

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
der Georg-August-Universität Göttingen

---

Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.),  
Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium  
resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen

Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren  
zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. sc. agr.)  
der Fakultät für Agrarwissenschaften  
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von  
Rüdiger Jung  
aus Rotenburg an der Fulda

Göttingen, im Juli 2003

D 7

1. Referent: Prof. Dr. R. Rauber  
2. Korreferent: Prof. Dr. J. Isselstein

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juli 2003

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht.....</b>	<b>4</b>
2.1	Feldfutterbau.....	4
2.2	Symbiotische Stickstoff-Fixierung.....	5
2.3	Methoden zur Schätzung der N <sub>2</sub> -Fixierleistung.....	10
<b>3</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Abschnitt 1 - Feldversuche.....</i></b>	<b><i>12</i></b>
3.1.1	Untersuchungstandorte.....	12
3.1.2	Bodenuntersuchungen.....	12
3.1.2.1	Bodenphysikalische Untersuchungsmethoden.....	12
3.1.2.2	Bodenchemische Untersuchungsmethoden.....	13
3.1.3	Beschreibung der Untersuchungsstandorte.....	14
3.1.3.1	Untersuchungsstandort Reinshof.....	14
3.1.3.2	Untersuchungsstandort Oederquart.....	18
3.1.3.3	Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	21
3.1.4	Klima und Witterungsverlauf.....	25
3.1.4.1	Messstationen.....	25
3.1.4.2	Untersuchungsstandort Reinshof.....	25
3.1.4.3	Untersuchungsstandort Oederquart.....	27
3.1.4.4	Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	28
3.1.4.5	Vergleich der Klimadaten.....	30
3.1.5	Versuchsanlage und -durchführung.....	32
3.1.6	Pflanzenmaterial.....	34
3.1.6.1	Ernte der Sprossmasse.....	34
3.1.6.2	Ernte der Wurzelmasse.....	34
3.1.6.3	Aufbereitung der Pflanzenproben zur Analyse.....	35
3.1.7	Analysen und Berechnungen.....	36
3.1.7.1	Parameter.....	36
3.1.7.2	Methoden zur Schätzung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung.....	36
3.1.7.3	Bestimmung der Isotopendiskriminierung.....	37
3.1.7.4	<sup>15</sup> N-Spurenanreicherung.....	38
3.1.7.5	Berechnung der Trockenmasse-Erträge und der Stickstoff-Fixierleistung.....	39
3.1.7.6	Berechnung des Transfer-Stickstoffs im Gemengeanbau.....	41
3.1.8	Statistische Verfahren.....	42

<b>3.2</b>	<b><i>Abschnitt 2 - Ableitung von Kalkulationstabellen.....</i></b>	<b>43</b>
3.2.1	Voraussetzungen zur Ableitung einer Kalkulationstabelle.....	43
3.2.2	Nutzungssysteme.....	44
3.2.3	Umsetzung zu Kalkulationstabellen.....	45
3.2.4	Erweiterter N-Flächenbilanzsaldo.....	46
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b><i>Abschnitt 1 - Feldversuche.....</i></b>	<b>50</b>
4.1.1	Trockenmasse-Ertrag.....	50
4.1.1.1	Untersuchungsstandort Reinshof.....	51
4.1.1.2.	Untersuchungsstandort Oederquart.....	55
4.1.1.3.	Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	60
4.1.2	Stickstoff-Akkumulation.....	65
4.1.2.1	Untersuchungsstandort Reinshof.....	65
4.1.2.2	Untersuchungsstandort Oederquart.....	69
4.1.2.3	Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	74
4.1.3	Stickstoff-Akkumulation aus der Luft und dem Boden.....	79
4.1.3.1	Untersuchungsstandort Reinshof.....	79
4.1.3.2	Untersuchungsstandort Oederquart.....	82
4.1.3.3	Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	85
4.1.4	N-Harvest-Index.....	89
4.1.4.1	Untersuchungsstandort Reinshof.....	89
4.1.4.2	Untersuchungsstandort Oederquart.....	91
4.1.4.3	Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	92
4.1.5	Vereinfachter Stickstoff-Flächenbilanzsaldo.....	94
4.1.5.1	Untersuchungsstandort Reinshof.....	95
4.1.5.2	Untersuchungsstandort Oederquart.....	96
4.1.5.3	Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	98
4.1.6	Stickstoff-Akkumulation der Beikräuter.....	100
4.1.7	Residuale N <sub>min</sub> -Menge.....	102
4.1.8	Vergleich der $\delta^{15}\text{N}$ -Methoden mit der erweiterten Differenzmethode.....	105
4.1.9	Transfer-Stickstoff im Gemengeanbau.....	110
4.1.10	Mehr- und einfaktorielle Varianzanalysen.....	115
<b>4.2</b>	<b><i>Abschnitt 2 - Ableitung von Kalkulationstabellen.....</i></b>	<b>118</b>
4.2.1	Lineare und nichtlineare Regressionen.....	118
4.2.1.1	Luzerne-Reinsaat - überjähriger Anbau.....	118
4.2.1.2	Luzerne-Reinsaat - zweijähriger Anbau.....	120
4.2.1.3	Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau.....	120

4.2.1.4	Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau.....	124
4.2.1.5	Rotklee-Reinsaat - überjähriger Anbau.....	125
4.2.1.6	Rotklee-Reinsaat - zweijähriger Anbau.....	125
4.2.1.7	Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau.....	126
4.2.1.8	Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau.....	127
4.2.1.9	Persischer Klee in Reinsaat - einjähriger Anbau.....	128
4.2.1.10	Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras - einjähriger Anbau.....	129
4.2.2	Schätzverfahren zur Ermittlung von Kalkulationstabellen.....	130
4.2.2.1	Beispiel 1: Luzerne-Reinsaat - überjähriger Anbau.....	130
4.2.2.2	Beispiel 2: Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau.....	139
4.2.3	Boden-N-Angebot am Standort.....	148
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>150</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Abschnitt 1 - Feldversuche.....</i></b>	<b>150</b>
5.1.1	Trockenmasse-Ertrag der Leguminosen.....	150
5.1.1.1	Schnittgut-Erträge.....	150
5.1.1.2	Ernterestmengen.....	153
5.1.2	Oberirdischer Bestandesabfall.....	156
5.1.3	Bestandeszusammensetzung der Gemenge.....	157
5.1.4	Konkurrenz im Gemenge.....	158
5.1.5	Schätzung der Stickstoff-Fixierleistung.....	159
5.1.5.1	Allgemeine Voraussetzungen.....	159
5.1.5.2	Standort und Stickstoff-Fixierleistung.....	160
5.1.5.3	Isotopenfraktionierung.....	161
5.1.5.4	Eignung der Referenzpflanzen.....	162
5.1.5.5	N <sub>2</sub> -Fixierleistung der Futterleguminosen.....	163
5.1.6	Stickstoff-Flächenbilanz.....	167
5.1.7	Vergleich der Ergebnisse der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode mit der erweiterten Differenzmethode.....	171
5.1.8	Transfer-Stickstoff im Gemengeanbau.....	174
5.1.9	Varianzanalysen.....	176
5.1.9.1	Luzerne-Reinsaat.....	176
5.1.9.2	Rotklee-Reinsaat.....	178
5.1.9.3	Persischer Klee in Reinsaat.....	179
5.1.9.4	Futterleguminosen im Gemenge mit Poaceen.....	179
<b>5.2</b>	<b><i>Abschnitt 2 - Ableitung von Kalkulationstabellen.....</i></b>	<b>181</b>
5.2.1	Wahl der Standorte.....	182
5.2.2	Vergleich der Schätzverfahren.....	182

5.2.3	Beziehungen zwischen Parametern.....	184
5.2.4	Schätzverfahren für Gemenge.....	185
5.2.5	Erweiterte N-Flächenbilanzsalden und N-Rhizodeposition.....	187
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick.....</b>	<b>188</b>
6.1	Feldversuche.....	188
6.2	Ableitung von Kalkulationstabellen.....	189
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>190</b>
<b>8</b>	<b>Summary.....</b>	<b>193</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>195</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>207</b>

**Verzeichnis der Abbildungen**

Abb. 1:	Geographische Lage der Untersuchungsstandorte in Niedersachsen.....	12
Abb. 2:	Porengrößenverteilung im Boden am Standort Reinshof.....	17
Abb. 3:	Porengrößenverteilung im Boden am Standort Oederquart.....	21
Abb. 4:	Porengrößenverteilung im Boden am Standort Dasselsbruch.....	24
Abb. 5:	Niederschlag und Temperatur im Versuchszeitraum 1998 bis 2001 und im langjährigen Mittel an der Wetterstation Göttingen.....	26
Abb. 6:	Niederschlag und Temperatur im Versuchszeitraum 1998 bis 2001 und im langjährigen Mittel an der Wetterstation Freiburg a. d. Elbe.....	27
Abb. 7:	Niederschlag und Temperatur im Versuchszeitraum 1998 bis 2001 am Untersuchungsstandort Dasselsbruch und im langjährigen Mittel in Celle-Wietzenbruch.....	29
Abb. 8:	Fließschema für die Herleitung vereinfachter und erweiterter N-Flächenbilanzsalden aus Basisdaten einzelner Nutzungssysteme.....	49
Abb. 9:	Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat im überjährigen Anbau.....	105
Abb. 10:	Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat im zweijährigen Anbau.....	106
Abb. 11:	Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat im überjährigen Anbau.....	107
Abb. 12:	Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat im zweijährigen Anbau.....	108
Abb. 13:	Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Persischer Klee in Reinsaat (einjähriger Anbau).....	109

Abb. 14:	$\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Wiesenschwingel-Schnittgutes in Reinsaat, im Gemenge mit Luzerne und im Gemenge mit Rotklee sowie $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Welschen Weidelgrases in Reinsaat und im Gemenge mit Persischem Klee am Untersuchungsstandort Reinshof.....	110
Abb. 15:	$\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Wiesenschwingel-Schnittgutes in Reinsaat, im Gemenge mit Luzerne und im Gemenge mit Rotklee sowie $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Welschen Weidelgrases in Reinsaat und im Gemenge mit Persischem Klee am Untersuchungsstandort Oederquart.....	111
Abb. 16:	$\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Wiesenschwingel-Schnittgutes in Reinsaat, im Gemenge mit Luzerne und im Gemenge mit Rotklee sowie $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Welschen Weidelgrases in Reinsaat und im Gemenge mit Persischem Klee am Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	112
Abb. 17:	Regression des jährlichen Schnittgut-TM-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr.....	118
Abb. 18:	Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Luzerne (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr.....	119
Abb. 19:	Regression der gesamt-pflanzlichen N-Menge ( $N_{\text{Bt}}$ ) im 1. Hauptnutzungsjahr auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Luzerne (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch.....	119
Abb. 20:	Regression des jährlichen Schnittgut-TM-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr.....	121
Abb. 21:	Regression des jährlichen Schnittgut-TM-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr.....	121



- 
- Abb. 22: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr..... 122
- Abb. 23: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr..... 123
- Abb. 24: Regression der Ernterest-N-Menge am Ende des 1. Hauptnutzungsjahres auf die jährliche Schnittgut-N-Menge des Gemenges aus Luzerne und Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch..... 123
- Abb. 25: Multiple Regression der Boden-N-Aufnahme von Luzerne (Reinsaat) im zweijährigen Anbau auf die Schnittgut-N-Menge bei Spitzwegerich (Referenzpflanze im zweijährigen Anbau) sowie den Schnittgut-TM-Ertrag der Luzerne (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch..... 148

**Verzeichnis der Tabellen**

Tab. 1	Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne ( <i>Medicago sativa</i> L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Gräsern.....	7
Tab. 2:	Stickstoff-Fixierleistung von Rotklee ( <i>Trifolium pratense</i> L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Gräsern.....	8
Tab. 3:	Stickstoff-Fixierleistung von Persischem Klee ( <i>Trifolium resupinatum</i> L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Gräsern (Einjähriger Anbau).....	9
Tab. 4:	Korngrößenfraktionen des Feinbodens am Untersuchungsstandort Reinshof.....	16
Tab. 5:	Chemische und physikalische Kennwerte des Bodens am Untersuchungsstandort Reinshof.....	17
Tab. 6:	Korngrößenfraktionen des Feinbodens am Untersuchungsstandort Oederquart.....	19
Tab. 7:	Chemische und physikalische Kennwerte des Bodens am Untersuchungsstandort Oederquart.....	20
Tab. 8:	Korngrößenfraktionen des Feinbodens am Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	23
Tab. 9:	Chemische und physikalische Kennwerte am Untersuchungsstandort Dasselsbruch.....	23
Tab. 10:	Chemische Kennwerte des Oberbodens (0 bis 25 cm) der Untersuchungsstandorte vor der Aussaat.....	24
Tab. 11:	Jährliche Niederschlagssummen der Versuchsjahre 1999 bis 2001 und langjährige Mittel der Niederschläge (1960 bis 1990) an den Untersuchungsstandorten.....	30
Tab. 12:	Jahresmitteltemperaturen der Versuchsjahre 1999 bis 2001 und langjährige Mitteltemperaturen (1960 bis 1990) an den Untersuchungsstandorten.....	31
Tab. 13:	Verwendete Sorten der untersuchten Futterleguminosen und Poaceen... 33	
Tab. 14:	$\delta^{15}\text{N}$ -Werte in der Biomasse der auf N-freiem Nährmedium angezogenen Leguminosen.....	38
Tab. 15:	Stickstoff-Anteil aus der Rhizodeposition (Ndfri) sowie remineralisierter Stickstoff-Anteil aus der Rhizodeposition (Ndfrm) an der gesamt-pflanzlichen N-Menge für verschiedene Nutzungssysteme.....	48

---

Tab. 16:	Gesamtpflanzlicher Trockenmasse-Ertrag bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Reinshof.....	53
Tab. 17:	Gesamtpflanzlicher Trockenmasse-Ertrag bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Oederquart.....	58
Tab. 18:	Gesamtpflanzlicher Trockenmasse-Ertrag bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Dasselsbruch.....	63
Tab. 19:	Gesamtpflanzliche Stickstoff-Menge bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Reinshof.....	67
Tab. 20:	Gesamtpflanzliche Stickstoff-Menge bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Oederquart.....	72
Tab. 21:	Gesamtpflanzliche Stickstoff-Menge bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Dasselsbruch.....	76
Tab. 22:	Gesamtpflanzliche Luft-Stickstoff-Menge (Nfix) bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Reinshof.....	80
Tab. 23:	Gesamtpflanzliche Luft-Stickstoff-Menge (Nfix) bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Oederquart.....	83
Tab. 24:	Gesamtpflanzliche Luft-Stickstoff-Menge (Nfix) bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Dasselsbruch.....	87
Tab. 25:	N-Harvest-Index ( $H_{NBt}$ ) bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Reinshof.....	90
Tab. 26:	N-Harvest-Index ( $H_{NBt}$ ) bei den Gemengen und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Oederquart.....	92
Tab. 27:	N-Harvest-Index ( $H_{NBt}$ ) bei den Gemenge und Reinsaatn der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Dasselsbruch.....	93

Tab. 28:	Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (S) der Gemenge und der Reinsaat der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Reinshof.....	96
Tab. 29:	Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (S) der Gemenge und der Reinsaat der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Oederquart.....	98
Tab. 30:	Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (S) der Gemenge und der Reinsaat der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Dasselsbruch.....	100
Tab. 31:	Stickstoff-Mengen in den Beikräutern bei den Gemengen und Reinsaat der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klee am Standort Oederquart.....	102
Tab. 32:	Residuale $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) bei den Arten Luzerne, Rotklee und Persischer Klee (Reinsaat) zum letzten Schnitttermin im Herbst an den Standorten Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch für verschiedene Nutzungszeiträume.....	103
Tab. 33:	Residuale $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) bei den Arten Luzerne und Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel sowie von Persischem Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras zum letzten Schnitttermin im Herbst an den Standorten Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch für verschiedene Nutzungszeiträume.....	104
Tab. 34:	Transferierte N-Menge aus der symbiotischen $N_2$ -Fixierung des legumen Gemengepartners in der Schnittgutmasse des Grases bei den Nutzungssystemen Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge, Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge und Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch.....	113
Tab. 35:	Anteil der transferierten N-Menge aus der symbiotischen $N_2$ -Fixierung des legumen Gemengepartners an der Gesamt-N-Menge in der Schnittgutmasse des Grases bei den Nutzungssystemen Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge, Rotklee-Weisenschwingel-Gemenge und Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch.....	114
Tab. 36:	Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages der Luzerne im überjährigen Anbau bei einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 35 bis 510 dt ha <sup>-1</sup> .....	131
Tab. 37:	Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages der Luzerne im überjährigen Anbau bei einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 515 bis 990 dt ha <sup>-1</sup> .....	132

Tab. 38:	Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem N-Angebot von 50 bis 140 kg ha <sup>-1</sup> .....	135
Tab. 39:	Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldo beim überjährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem N-Angebot von 150 bis 240 kg ha <sup>-1</sup> .....	136
Tab. 40:	Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Luzerne für unterschiedliche Schnittgut-TM-Erträge im 1. Hauptnutzungsjahr.....	138
Tab. 41:	Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne in Höhe von 10 bis 285 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> .....	140
Tab. 42:	Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne in Höhe von 290 bis 565 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> .....	141
Tab. 43:	Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandekomponente im Gemenge mit Luzerne) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Wiesenschwingels in Höhe von 50 bis 255 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> .....	142
Tab. 44:	Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Luzerne (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im 1. Hauptnutzungsjahr.....	143
Tab. 45:	Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandekomponente im Gemenge mit Luzerne) im 1. Hauptnutzungsjahr.....	144

Tab. 46:	Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo beim überjährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Luzernegrases im 1. Hauptnutzungsjahr für eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 150 bis 260 kg ha <sup>-1</sup> .....	146
Tab. 47:	Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo beim überjährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Luzernegrases im 1. Hauptnutzungsjahr für eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 262,5 bis 372,5 kg ha <sup>-1</sup> .....	147
Tab. 48:	Multiple Regression der Boden-N-Aufnahme verschiedener Leguminosenarten auf die Schnittgut-N-Menge der Referenzpflanze Spitzwegerich sowie auf den Schnittgut-TM-Ertrag verschiedener Leguminosenarten in zehn Nutzungssystemen.....	149
Tab. 49:	Faustzahlen zur Ermittlung der symbiotischen Stickstoff-Fixierung beim Anbau von Futterleguminosen.....	183

**Abkürzungen**

‰	Promille
%	Prozent
°C	Grad Celsius
$\delta^{15}\text{N}$	Abweichung des $^{15}\text{N}$ -Anteils in einer Probe vom Standard Luft (in ‰)
$\rho_r$	Rohdichte
$\mu\text{m}$	Mikrometer
a	Annus (Jahr)
Abb.	Abbildung
Abs.	Abschnitt
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
$\text{CaCl}_2$	Kalziumchlorid
cm	Zentimeter
$\text{cm}^{-3}$	Kubikzentimeter
Corg-C	organisch gebundener Kohlenstoff
$d_B$	Lagerungsdichte
dF	Dichte der Festsubstanz
dm	Dezimeter
dt	Dezitonne
et al.	et alteres (und andere)
FM	Frischmasse
fS	Feinsand
fU	Feinschluff
g	Gramm
Gew.-%	Gewichtsprozent
gS	Grobsand
gU	Grobschluff
ha	Hektar
HNJ	Hauptnutzungsjahr
$H_{\text{NBt}}$	Stickstoff-Harvest-Index
$H_{\text{TMBt}}$	Trockenmasse-Harvest-Index
K	Kalium
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
l	Liter
m	Meter
mg	Milligramm
M	Molar
Mg	Magnesium
mm	Millimeter
mS	Mittelsand

MTB	Messtischblatt
mU	Mittelschluff
N	Stickstoff
N <sub>2</sub>	Distickstoff
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid
N <sub>Boden</sub>	absolute Menge des Stickstoffs aus dem Boden
N <sub>Bt</sub>	N-Menge in der gesamtpflanzlichen Biomasse
Ndfa	Proportion of Nitrogen derived from the atmosphere (Anteil Stickstoff aus der Luft)
Ndfrl	Proportion of Nitrogen derived from rhizodeposition and litter (Anteil Stickstoff aus Rhizodeposition und Bestandesabfall)
Ndfrm	remineralisierter N-Anteil aus Ndfrl
Ndfs	Proportion of Nitrogen derived from the soil (Anteil Stickstoff aus dem Boden)
Nfix	absolute Menge des Stickstoffs aus der Luft
nFK	nutzbare Feldkapazität
nFKWe	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
nm	Nanometer
N <sub>min</sub>	Summe Nitrat- und Ammonium-Stickstoff
NN	Normalnull
N <sub>t</sub>	Gesamtstickstoff
N <sub>trans</sub>	transferierter Stickstoff von der Leguminose zur Nichtleguminose im Gemenge
P	Phosphor
pH	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration
r	Korrelationskoeffizient
r <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß
S	Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo
Sw	Erweiterter N-Flächenbilanzsaldo
T	Ton
Tab.	Tabelle
TM	Trockenmasse
TM <sub>Bt</sub>	gesamtpflanzliche Trockenmasse
U	Schluff
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche



## 1 Einleitung

Stickstoff ist ein essentielles Element für den pflanzlichen Metabolismus. Mit durchschnittlich  $15 \text{ g kg}^{-1}$  Trockenmasse ist Stickstoff der vierthäufigste Makronährstoff in der Biomasse einer landwirtschaftlichen Nutzpflanze (MOHR & SCHOPFER 1995). Pflanzen nehmen Stickstoff vorrangig in Ionenform als Nitrat oder Ammonium über die Wurzeln aus der Bodenlösung auf. Leguminosen (Fabales) können darüber hinaus durch die Symbiose mit Bakterien (Rhizobien) den  $\text{N}_2$ -Vorrat der Atmosphäre ( $3,86 \times 10^{15} \text{ t}$  nach GISL 1997) nutzen. Einer Biozönose, in der Leguminosen vorkommen, wird somit neben den anorganischen N-Fractionen des Bodens eine weitere Stickstoff-Quelle erschlossen.

Im ökologischen Landbau ist die symbiotische  $\text{N}_2$ -Fixierung der Leguminosen die tragende Säule für die Stickstoffversorgung der Feldfrüchte. Neben Körnerleguminosen werden vor allem verschiedene Futterleguminosen (verschiedene Kleearten, Luzerne), oft im Gemenge mit Poaceen, angebaut. Auch für konventionell wirtschaftende Betriebe kann der Anbau von Leguminosen von Interesse sein. Verbesserung der Bodenstruktur, Humusproduktion, günstige Vorfruchtwirkung und hohe Grundfutterqualität sind positive Effekte des Leguminosenanbaus (GEISLER 1988, BAEUMER 1992, LÜTKE-ENTRUP & OEHMICHEN 2000). Ferner können mineralische Düngemittel eingespart werden, deren Herstellung mit hohem Energieverbrauch gekoppelt ist (SCHMIDTKE 1997a, RAUBER & SCHMIDTKE 1999).

Die Quantifizierung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung beim Anbau von Leguminosen ist von besonderer Relevanz, da durch die Kenntnis der N-Einträge in eine Ackerbaufläche N-Flüsse nachvollzogen werden können. Zu diesem Zweck wurden Verfahren entwickelt, mit denen die Zufuhr und Abfuhr der Stickstoffmengen aus Luft und Boden bilanziert werden (SCHMIDTKE 1996, 1997b, 2001). Obwohl eine Messung der von Leguminosen im Freiland akkumulierten Luft-N-Menge nur indirekt möglich ist, existieren zahlreiche Veröffentlichungen zu diesem Thema. In KELLER et al. (1999) werden Fixierungsraten zwischen  $90$  und  $340 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für Luzerne sowie zwischen  $45$  und  $670 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für Kleearten angegeben. Die großen Spannweiten dieser Mengenangaben werden mit der Abhängigkeit der symbiotischen Stickstoff-Fixierung der Leguminosen von zahlreichen Faktoren (Ertragsleistung, Bodenreaktion, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit) begründet.

Bisher wurde vielfach nur die in der Sprossmasse enthaltene N-Menge aus der Luft ermittelt (WIVSTAD et al. 1987, BOLLER & NÖSBERGER 1994, KELNER et al. 1997). Um die Schätzgenauigkeit bei der Bestimmung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung zu verbessern, sollten allerdings möglichst alle Teile der Pflanze in die Erhebung einbezogen werden. Ein Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt

infolgedessen auf der Ermittlung sowohl der in der Sprossmasse als auch der in der Wurzelmasse enthaltenen N-Menge beim Anbau von Futterleguminosen an unterschiedlichen Standorten. Die Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoff-Menge der geprüften Leguminosen mit  $^{15}\text{N}$ -Isotopenmethoden (MCAULIFFE et al. 1958, SHEARER & KOHL 1986) ist von zentraler Bedeutung. Ergänzend wird ein Vergleich mit der erweiterten Differenzmethode (STÜLPNAGEL 1982) vorgenommen.

Im Gemenge mit Poaceen zeigen Luzerne und Rotklee in einigen Fällen einen Transfer von symbiotisch fixierten Stickstoff von der Leguminose zur Nichtleguminose (SCHNOTZ 1995, WALLEY et al. 1996). Falls die Voraussetzungen für den Nachweis dieser Stickstoff-Mengen erfüllt sind, soll der Transfer-Stickstoff im Gemengeanbau ebenfalls bestimmt werden.

Während bei Kulturen mit Nichtleguminosen vereinfachte Stickstoff-Flächenbilanzsalden relativ leicht bestimmt werden können (SCHMIDTKE 1996), liegen für Futterleguminosen nur wenige Ergebnisse vor, die eine Bestimmung vereinfachter Stickstoff-Flächenbilanzsalden erlauben. Zur Zeit werden für Ackerflächen, auf denen Leguminosen angebaut werden, lediglich grob vereinfachte Schätzverfahren zur Ermittlung der Höhe der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung angewandt (SCHUVO 1996, KRIEG 2000, HEYN et al. 2002). Hierbei werden Stickstoff-Flächenbilanzen auf der Basis artspezifischer Feldfruchterträge indirekt abgeleitet. Da die Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) möglichst treffgenaue Bilanzsalden zum Schutz der Umwelt verlangt, liegt ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Ableitung von so genannten Kalkulationstabellen. Das von SCHMIDTKE (2001) zu diesem Zweck für Reinsaaten vorgeschlagene Verfahren wird auf Gemenge erweitert. Die einheitlich erfaßten Parameter der eigenen Feldversuche ermöglichen eine breite Datenbasis, um Beziehungen zwischen den Ertrags- und Stickstoff-Parametern zu überprüfen.

Um die Genauigkeit der Aussagen über Stickstoff-Flüsse beim Anbau von Futterleguminosen zu erhöhen, wurden anhand von Literaturdaten zur N-Rhizodeposition (HØGH-JENSEN & SCHJØRRING, 2001) erweiterte Stickstoff-Flächenbilanzsalden abgeleitet.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist es,

- a) in mehrjährigen Feldversuchen den Einfluss des Standorts, der Sorte und der Anbauform (Reinsaat bzw. Gemenge mit Poaceen) bei Luzerne, Rotklee und Persischem Klee auf die in Spross und Wurzel enthaltene N-Menge zu quantifizieren,
- b) die symbiotische Stickstoff-Fixierleistung der Futterleguminosenarten Luzerne, Rotklee und Persischer Klee in Reinsaat und im Gemenge mit Poaceen an Hand unterschiedlicher Methoden ( $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und erweiterte Differenzmethode) zu schätzen,
- c) Kalkulationstabellen zu erstellen, mit dem eine treffgenauere Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge sowie des Stickstoff-Flächenbilanzsaldos beim Anbau von Futterleguminosen in der land- und wasserwirtschaftlichen Fachberatung möglich ist.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Feldfutterbau

Leguminosen (= Fabales, WEBERLING & SCHWANTES 2000) sind eine der wichtigsten Pflanzenfamilien, die im Feldfutterbau eingesetzt werden. Verschiedene Luzernearten (*Medicago ssp.*) sowie Ackerrotklee (*Trifolium pratense* var. *sativum* [Crome] Schreb.) können im überjährigen und mehrjährigen Hauptfruchtfutterbau genutzt werden (LÜTKE-ENTRUP & OEHMICHEN 1999). Die verwendeten Arten und zugelassenen Sorten müssen dabei den jeweiligen Standortsbedingungen (Bodenart, Nährstoffverfügbarkeit, Klima) angepasst sein. Gängige Luzerneart ist in Deutschland die Saatluzerne (*Medicago sativa* L. ssp. *sativa*). Laut BUNDESSORTENAMT HANNOVER (1999) haben alle Luzerne-Sorten einen mehr oder weniger stark ausgeprägten Bastardcharakter, wie er auch bei der Art *Medicago x varia* (Martyn) vorkommt. Dies wirkt sich auf die Nutzungsdauer allerdings nicht aus. In Mitteleuropa verwendete Rotklee-Sorten sind hauptsächlich dem Frühklee bzw. "Normalrotklee" zuzuordnen (*Trifolium pratense* var. *sativum* [Crome] Schreb. subvar. *praecox* Witte). Mit dieser Kleevarietät sind während einer Vegetationsperiode mehrere ertragreiche Schnitte möglich (FISCHBECK et al. 1982). Persischer Klee (*Trifolium resupinatum* L.) wird oft als Sommerzwischenfrucht (LÜTKE-ENTRUP 2001) eingesetzt, seltener als Hauptfrucht.

Neben Rotklee und Luzerne erlangen im Hauptfruchtfutterbau vor allem Weißklee (*Trifolium repens* L.) und Schwedenklee (*T. hybridum* L.) Bedeutung, Steinklee (*Melilotus ssp.*), Inkarnatklee (*T. incarnatum* L.), Alexandrinerklee (*T. alexandrinum* L.) und Persischer Klee werden gleichfalls eingesetzt (GEISLER 1988, KELLER et al. 1999).

Die Luzerne (*Medicago sativa* L.) ist eine aus Vorderasien stammende und seit der Antike angebaute Futterpflanze (MAAß 1996). Der Anbauschwerpunkt liegt in den gemäßigten und heißen Klimazonen. Sie benötigt Böden, deren pH-Wert nicht unter 6 liegen sollte. Mit ihrem tiefreichenden, massereichen Pfahlwurzelsystem (KUTSCHERA 1960) kann sie Nährstoffe und Wasser aus Bodentiefen beziehen, die vielen anderen Kulturpflanzen unzugänglich bleiben (GEISLER 1988). Unter ariden Bedingungen wird sie vielfach in Systemen mit künstlicher Bewässerung angebaut (KELLER et al. 1999). Da sie über eine ausgeprägte Frosthärte verfügt, sind zwei bis drei Hauptnutzungsjahre möglich.

Der Rotklee (*Trifolium pratense* L.) findet als Ackerfutterpflanze und im Grünland Verwendung. Viele Kulturformen sind verbreitet, die nach KELLER et al. (1999) besonders auf mittel- bis tiefgründigen Böden bei Niederschlägen über 600 mm a<sup>-1</sup> gut gedeihen. Das Pfahlwurzelsystem des Rotkleees weist nach VETTER & SCHARAFAT (1964) im Vergleich mit anderen Kulturpflanzen nur eine mittlere Verbreitung im

Boden auf. Wie KUTSCHERA (1960) beschreibt, zeigt der Rotklee im allgemeinen ein geringeres "Tiefenstreben" als die Luzerne. Stattdessen werden von der Pflanze oft kräftige Seitenwurzeln gebildet.

Der Persische Klee (*Trifolium resupinatum* L.) befindet sich in Mitteleuropa erst seit den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts im Anbau (KAUFHOLD & MÄRTIN 1972, GEISLER 1988). Die Ansprüche an den Boden sind gering (KELLER et al. 1999), auch niedrige pH-Werte werden, ebenso wie größere Trockenheit (UEHLING 1973), gut vertragen. Im Vergleich zu Rotklee und Luzerne bildet Persischer Klee weniger Wurzelmasse.

Neben Leguminosen-Reinsaaten werden im Feldfutterbau häufig Mischungen aus Poaceen mit Kleearten oder mit Luzerne angebaut. Die Gründe liegen u.a. in einer vielfach höheren Flächenleistung, außerdem kann das Anbaurisiko vermindert werden (GEISLER 1988). Nach FISCHBECK et al. (1982) werden die folgenden Grasarten im Gemenge am häufigsten eingesetzt: Knaulgras (*Dactylis glomerata* L.), Wiesenschwingel (*Festuca pratensis* Huds.), Glatthafer (*Arrhenatherum elatius* [L.] P.Beaur. ex. J. S. et K. B. Presl.), Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.), Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum* ssp. *italicum* [A. Br.] Volkart ex Schinz et Kell.), Bastardweidelgras (*Lolium hybridum* Hausskn.) und Einjähriges Weidelgras (*Lolium multiflorum* ssp. *gaudini* [Parl.] Schinz et Kett.).

Wiesenschwingel ist im mehrjährigen Feldfutterbau eines der wertvollsten Gräser. Es handelt sich um ein bodenblattreiches Obergras, das in halbaufrechten bis lockeren Horsten steht. Die Winterhärte ist ausreichend, aber die Konkurrenzkraft ist eher gering. Bei mehr als vier Nutzungen pro Vegetationsperiode reagiert Wiesenschwingel empfindlich (LÜTKE-ENTRUP & OEHMICHEN 1999). Der Wiesenschwingel ist ausdauernd und hat ein gutes Nachwuchsvermögen. Im Gemengeanbau ist über- und mehrjährige Nutzung möglich.

Welsches Weidelgras ist eine der wichtigsten Grasarten des Feldfutterbaus. Das halbaufrechte Obergras steht in lockeren Horsten. Es kann im Gemengeanbau überjährig und einjährig genutzt werden (LÜTKE-ENTRUP & OEHMICHEN 1999).

## 2.2 Symbiotische Stickstoff-Fixierung

Erst im 19. Jahrhundert wurde von HELLRIEGEL & WILFAHRT (1888) entdeckt, dass sich in den Wurzelknöllchen der Leguminosen Bakterien befinden, die atmosphärischen Stickstoff binden (BÖHM 1986). Die Symbiose zwischen den stickstoffbindenden Knöllchenbakterien der Gattungen *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* oder *Sinorhizobium* (AMARGER 2001) und den Leguminosen hat große praktische Bedeutung für die Landwirtschaft. Allein in der Familie der Leguminosen sind über 15.000 Arten bekannt, die mit verschiedenen Stämmen der Rhizobien

Wurzelknöllchen bilden (WERNER 1987). Die physiologischen und morphologischen Aspekte dieser Beziehung, werden in der Fachliteratur ausführlich dargestellt (WERNER 1987, SCHLEGEL 1992, MENGEL 1994, MARSCHNER 1995, RICHTER 1998, STRASBURGER 2000, LARCHER 2001).

In den Tabellen 1 bis 3 werden Ergebnisse zur symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung bei den Leguminosenarten Luzerne, Rotklee und Persischer Klee dargestellt. Die zitierten N-Akkumulationen wurden in fast allen Fällen entweder mit der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode durch Zugabe angereicherter Düngemittel oder mit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode über das natürliche Vorkommen von  $^{15}\text{N}$  im Boden ermittelt. Dabei muss ferner beachtet werden, welche Pflanzenteile in die Schätzung der Stickstoff-Fixierleistung einbezogen wurden. Die überwiegende Anzahl der angegebenen Arbeiten bezieht die symbiotisch fixierte N-Menge nur auf die Sprossmasse.

Die Angaben zur  $\text{N}_2$ -Fixierleistung verschiedener Futterleguminosen zeigen in der Literatur teilweise hohe Variationen. So schwanken die Angaben für *Medicago sativa* (Tab. 1) zwischen  $23 \text{ kg N ha}^{-1}$  (SPARROW et al. 1995, Reinsaat, nur Spross im 1.HNJ) und  $466 \text{ kg N ha}^{-1}$  (KELLNER et al. 1997, Reinsaat, Spross und Wurzeln im 2.HNJ). Bei *Trifolium pratense* (Tab. 2) finden sich Angaben zwischen  $8 \text{ kg N ha}^{-1}$  und (HEICHEL & HENJUM 1991, im Gemenge mit Poaceen, Spross und Wurzel im Ansaatjahr) und  $461 \text{ kg N ha}^{-1}$  (LOPOTZ 1996, in Reinsaat, Spross und Wurzel im 1.HNJ). Bei dem in der Regel nur einjährig angebauten Persischen Klee (*Trifolium resupinatum*) stehen nur wenige Literaturquellen zur Verfügung (Tab. 3). Stickstoff-Fixierleistungen zwischen  $46 \text{ kg N ha}^{-1}$  (BOLLER 1988a, im Gemenge mit Gräsern) und  $115 \text{ kg N ha}^{-1}$  (BECKMANN 1998, in Reinsaat) wurden beobachtet. Die hier wiedergegebenen mittleren  $\text{N}_2$ -Fixierleistungen sind im wesentlichen von folgenden Faktoren abhängig: Anbauform (Gemenge oder Reinsaat), Temperatur und Niederschlag, Verfügbarkeit von Wasser, Nährstoffversorgung und pH-Wert der Bodenlösung.

Tab. 1: Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Gräsern

Quelle	N-Menge in kg ha <sup>-1</sup> im Ansaatjahr	N-Menge in kg ha <sup>-1</sup> im ersten HNJ	N-Menge in kg ha <sup>-1</sup> im zweiten HNJ
<u>Luzerne in Reinsaat</u>			
HEICHEL et al. 1981 <sup>1)</sup>	148	165	
HEICHEL et al. 1984 <sup>2)7)</sup>	169	127	168 (198 im 3.HNJ)
TA & FARIS 1987b <sup>2)</sup>	180	183	
WIVSTAD et al. 1987 <sup>1)</sup>		242	319
HARDARSON et al. 1988 <sup>1)</sup>	141	274	
BURITY et al. 1989 <sup>1)</sup>	128	342	311
CLAUPEIN 1994 <sup>2)</sup>		354	
SPARROW et al. 1995 <sup>1)3)</sup>	44 / 58	23 / 63	
BROCKWELL et al. 1995 <sup>1)</sup>	90 (im 6. Bestandesjahr)		
LAMB et al. 1995 <sup>1)</sup>	50	245	
WALLEY et al. 1996 <sup>2)</sup>	210	430	438
KELLNER et al. 1997 <sup>2)3)</sup>	174	414 / 450	433 / 466
LOGES & TAUBE 1999 <sup>1)</sup>		246	
SCHMIDTKE & RAUBER 2000 <sup>2)</sup>	263	261	
BOWMAN et al. 2002 <sup>1)8)</sup>		46	54 (26 im 3.HNJ)
<u>Luzerne im Gemenge mit Gräsern</u>			
WEST & WEDIN 1985 <sup>1)</sup>		68	72
TA & FARIS 1987b <sup>2)4)</sup>	70	121	
TA & FARIS 1987b <sup>2)5)</sup>	88	149	
HARDARSON et al. 1988 <sup>1)5)</sup>	143	282	
HARDARSON et al. 1988 <sup>1)6)</sup>	114	230	
HEICHEL & HENJUM 1991 <sup>2)</sup>	82	254	
DANSO et al. 1988 <sup>1)</sup>	102	108	
BURITY et al. 1989 <sup>7)</sup>	153	344	328
LORY et al. 1992 <sup>2)</sup>		326	
WALLEY et al. 1996 <sup>2)</sup>	121	289	365
HEUWINKEL & GUTSER 1997 <sup>1)9)</sup>		320 / 430	

<sup>1)</sup> Nur Sprossmasse

<sup>2)</sup> Sprossmasse mit Ernteresten (Wurzeln)

<sup>3)</sup> An zwei Standorten ermittelt

<sup>4)</sup> Mischungsverhältnis Leguminose zu Gras: 1:1

<sup>5)</sup> Mischungsverhältnis Leguminose zu Gras: 2:1

<sup>6)</sup> Mischungsverhältnis Leguminose zu Gras: 1:2

<sup>7)</sup> Mittelwert aus mehreren Sorten

<sup>8)</sup> Mittelwert aus mehreren Standorten

<sup>9)</sup> Gemenge aus Luzerne, Rotklee und Gräsern bei zwei Bodenarten (Sand / Lehm)

Tab. 2: Stickstoff-Fixierleistung von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Gräsern

Quelle	N-Menge in kg ha <sup>-1</sup> im Ansaatjahr	N-Menge in kg ha <sup>-1</sup> im ersten HNJ	N-Menge in kg ha <sup>-1</sup> im zweiten HNJ
<u>Rotklee in Reinsaat</u>			
WITTY 1983 <sup>1)</sup>	40	56	
HEICHEL et al. 1985 <sup>2)</sup>	133	69	87 (76 im 3.HNJ)
BOLLER 1988b <sup>1)</sup>		146	
SPARROW et al. 1995 <sup>1) 3)</sup>	121 / 76	41 / 33	
LOPOTZ 1996		415 <sup>1)</sup> bzw. 461 <sup>2)</sup>	
SCHMIDTKE 1997a <sup>1) 3)</sup>		223 / 69	120 / 116
LOGES & TAUBE 1999 <sup>1)</sup>		255	
SCHMIDTKE & RAUBER 2000 <sup>2)</sup>	268	193	
REITER et al. 2002b <sup>2) 6)</sup>	147 / 208		
REITER et al. 2002b <sup>2) 7)</sup>	177 / 212		
<u>Rotklee im Gemenge mit Gräsern</u>			
BOLLER & NÖSBERGER 1987 <sup>1)</sup>	165 / 49	373 / 307	
BOLLER 1988a <sup>1)</sup>		340	
BOLLER 1988b <sup>1)</sup>		110	
MALLARINO et al. 1990a <sup>1) 3)</sup>	157 / 49	232 / 277	
HEICHEL & HENJUM 1991 <sup>2)</sup>	8	150	80
FARNHAM & GEORGE 1993 <sup>1)</sup>	153	93	
NESHEIM & ØYEN 1994 <sup>1) 3)</sup>	258 / 173	162 / 83	
BOLLER & NÖSBERGER 1994 <sup>1)</sup>	145	215	
SCHNOTZ 1995 <sup>1)</sup>	144	77	
LOPOTZ 1996 <sup>1)</sup>		313	
SCHMIDTKE 1997a <sup>1) 3) 4)</sup>		160 / 34	145 / 79
SCHMIDTKE 1997a <sup>1) 3) 5)</sup>		171 / 45	118 / 94
LOGES & TAUBE 1999 <sup>1)</sup>		248	
VINTHER & JENSEN 2000 <sup>1)</sup>		217	

<sup>1)</sup> Nur Sprossmasse

<sup>2)</sup> Sprossmasse mit Ernteresten (Wurzeln)

<sup>3)</sup> An zwei Standorten ermittelt

<sup>4)</sup> Mischungsverhältnis Leguminose zu Gras: 2:1

<sup>5)</sup> Mischungsverhältnis Leguminose zu Gras: 1:2

<sup>6)</sup> bei konventioneller Bodenbearbeitung (Pflug)

<sup>7)</sup> bei reduzierter Bodenbearbeitung (pfluglos)



Tab. 3: Stickstoff-Fixierleistung von Persischem Klee (*Trifolium resupinatum* L.) in Reinsaat und im Gemenge mit Gräsern (Einjähriger Anbau)

Quelle	N-Menge in kg ha <sup>-1</sup>	Anmerkungen
<u>Persischer Klee in Reinsaat</u>		
BOLLER 1988a <sup>1)</sup>	70	Ansaat im April
LOPOTZ 1996 <sup>1)</sup>	68	Ansaat im April
BECKMANN 1998 <sup>1)</sup>	115	Ansaat Anfang Juli
MÜLLER & THORUP-KRISTENSEN 2001 <sup>1)</sup>	100	Ansaat im August
PEOPLES et al. 2001 <sup>1)</sup>	64	Australien, bewässert
<u>Persischer Klee im Gemenge mit Gräsern</u>		
BOLLER 1988a <sup>1)</sup>	46	Ansaat im April
LOPOTZ 1996 <sup>1)</sup>	64	Ansaat im April
BECKMANN 1998 <sup>1)</sup>	54	Ansaat Anfang Juli

<sup>1)</sup> Nur Sprossmasse

Im Gemengeanbau von Leguminosen mit Poaceen kann im Verlauf der Vegetationsperiode eine Übertragung symbiotisch fixierter N-Mengen der Leguminose zum Grasgemengepartner stattfinden. Allgemein wird dieser Prozess als Stickstoff-Transfer bezeichnet. Nach PEOPLES et al. (1995) kann der Stickstoff-Transfer auf verschiedenen ober- und unterirdischen Wegen erfolgen:

- a. Exkretion von Stickstoff in die Rhizosphäre (TA et al. 1986)
- b. Abbau von Wurzeln und Wurzelknöllchen während des Wachstums (RUSSELLE et al. 1994)
- c. Direkter Stoffaustausch zwischen Leguminosen- und Graswurzeln durch Mykorrhiza-Pilze (HAYSTEAD et al. 1988)
- d. Zersetzung der Leguminosen- und der Graswurzeln durch die Mikro- und Makrofauna des Bodens (HEICHEL & HENJUM 1991)
- e. Zersetzung von Blattfall auf der Bodenoberfläche (TOMM et al. 1995)
- f. Auswaschung von Nährstoffen aus dem oberirdischen Pflanzenbestand durch Niederschläge (WHITNEY & KANEHIRO 1967)
- g. Gasförmige N-Verluste aus dem Leguminosenblattwerk werden vom Gras absorbiert (DENMEAD et al. 1976)
- h. Über die Exkrete von Weidetieren (LEDGARD 1991)

Am bedeutsamsten ist nach Angaben bei SCHNOTZ (1995) der N-Transfer über den mikrobiellen Abbau von abgestorbenen Wurzeln, Knöllchen und oberirdischen

Pflanzenresten. Dabei entstehen leicht lösliche N-Verbindungen (BURITY et al. 1989, HAYSTEDT & MARRIOT 1979). Direkte Übertragungen sind eher selten (BURITY et al. 1989, WACQUANT et al. 1989). Eine Reihe von Autoren dokumentierten transferierte N-Mengen u.a. in Luzernegrasgemengen (BROPHY et al. 1987, TA & FARIS 1987a, TA & FARIS 1987b, HARDARSON et al. 1988, BURITY et al. 1989, WALLEY et al. 1996) und in Rotklee-grasgemengen (BOLLER & NÖSBERGER 1987, BOLLER 1988b, MALLARINO et al. 1990b, HEICHEL & HENJUM 1991, FARNHAM & GEORGE 1993, SCHNOTZ 1995, HØGH-JENSEN & SCHJØRRING 2000). Die ermittelten Transfer-N-Mengen bzw. die Anteile an Stickstoff im Gras-Gemegepartner, die aus der symbiotisch fixierten N-Menge stammten, bewegten sich zwischen 3 und 58 kg N ha<sup>-1</sup> bzw. 8 % und 48 % bei Luzernegras sowie zwischen 1 und 58 kg N ha<sup>-1</sup> bzw. 2 % und 69 % bei Rotklee-gras. Ferner konnte LEDGARD (1985a) in Gefäßversuchen über <sup>15</sup>N-markierte Blätter einen N-Transfer zwischen Leguminose und Gras nachweisen. Desgleichen ermittelten BESCHOW et al. (2000) einen N-Transfer von Luzerne zu Weidelgras im Gefäßversuch. Nach BROPHY et al. (1987) können bei Kleepflanzen bis in eine Entfernung von 20 cm transferierte N-Mengen nachgewiesen werden.

### **2.3 Methoden zur Schätzung der N<sub>2</sub>-Fixierleistung**

Zahlreiche Methoden wurden in der Vergangenheit angewandt, um die N<sub>2</sub>-Fixierleistung - insbesondere bei Leguminosen - zu schätzen. Mit dem Acetylen-Reduktionstest (HARDY et al. 1973) können bei Gefäßversuchen unter kontrollierten Laborbedingungen schnelle und preisgünstige Messungen zur N<sub>2</sub>-Fixierleistung durchgeführt werden (WAREMBOURG 1993). Bei Feldversuchen ist diese Methode allerdings wenig geeignet, da nur die Nitrogenaseaktivität der Wurzelknöllchen zu einem bestimmten Zeitpunkt erfasst wird und daher nur eine Momentaufnahme darstellt (LOPOTZ 1996). Außerdem ist es schwierig, in Feldversuchen bei tiefwurzeln Pflanzen unversehrte Wurzelknöllchen zu gewinnen (LAJTHA & MARSHALL 1994). HEICHEL et al. (1981) sind ebenfalls der Meinung, dass der Acetylen-Reduktionstest für ausdauernde Feldversuche nicht geeignet sei.

Nach SCHMIDTKE (1997a) muss die N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Leguminosen als Integral über die Zeit erfasst werden, wenn die symbiotisch fixierte N-Menge unter Feldbedingungen assimiliert wurde. Dafür kommen mehrere Methoden in Frage: Die Differenzmethode (LA RUE & PATTERSON 1981, STÜLPNAGEL 1982, HAUSER 1987), die  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode (SHEARER & KOHL 1986, UNKOVICH et al. 1994, SCHMIDTKE 1997a) und die <sup>15</sup>N-Verdünnungsmethode (SHEARER & KOHL 1986, WAREMBOURG 1993, DANSO et al. 1993). Die Anwendung der beiden letztgenannten Methoden stützt sich auf das Verhältnis der stabilen Stickstoff-Isotope <sup>14</sup>N und <sup>15</sup>N in der Pflanze. In der Atmosphäre liegt dieses Verhältnis konstant bei 273:1, was 0,3663 atom % <sup>15</sup>N entspricht (MARIOTTI 1983). Das natürliche Vorkommen (natural abundance) des <sup>15</sup>N-Isotopes ist im Boden auf Grund biologischer und chemischer Prozesse Schwankungen unterworfen. Bei Anwendung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode wird der Unterschied

zwischen dem natürlichen Vorkommen der  $^{15}\text{N}$ -Isotope in Boden und Luft genutzt, um die  $\text{N}_2$ -Fixierleistung zu schätzen (Abs. 3.1.7.2). Bei Anwendung der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode (isotope dilution) wird die  $^{15}\text{N}$ -Menge im Boden durch kontrollierte Zugabe von  $^{15}\text{N}$ -Tracern künstlich angereichert (MCAULIFFE et al. 1958) oder abgereichert (WOLYN et al. 1991). Zur Messung der Isotopenverhältnisse wird der aufwendige Einsatz von Massenspektrometern notwendig, während bei Anwendung der erweiterten Differenzmethode lediglich die N-Akkumulation der Pflanze und gegebenenfalls die residuale  $\text{N}_{\text{min}}$ -Menge bestimmt werden muss.

Neben dem Stickstoff aus der Luft wird von den Leguminosen auch mineralischer Stickstoff aus dem Boden aufgenommen (LEDGARD et al. 1985b). Eine wichtige Voraussetzung zur Schätzung der luftbürtigen N-Aufnahme ist deshalb der Einsatz von Referenzkulturen, um zusätzlich die bodenbürtige N-Aufnahme und deren  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  Isotopenverhältnisse zu erfassen. Die Referenzpflanze darf keine symbiotische Stickstoff-Fixierung aufweisen und muss ihre N-Ernährung ausschließlich aus bodenbürtigen N-Vorräten speisen. In der Regel werden Nichtleguminosen verwendet (STÜLPNAGEL 1982, BOLLER & NÖSBERGER 1988) in seltenen Fällen auch isogene Linien nichtnodulierender Leguminosen (RUSCHEL et al. 1979, LORY et al. 1992, RUSSELLE et al. 1994). TA & FARIS (1987a) empfehlen den zu prüfenden Leguminosen mehrere Referenzpflanzen gegenüberzustellen, da der zeitliche Verlauf der N-Aufnahme bei Leguminose und Nichtleguminose in allen Pflanzenteilen möglichst gleichartig verlaufen soll. Auf die Verwendung von Referenzpflanzen kann nur dann verzichtet werden, wenn Methoden angewandt werden, die eine direkte Messung der  $\text{N}_2$ -Fixierleistung erlauben. Die einzige Methode, die dies ermöglicht, ist die  $^{15}\text{N}_2$ -Reduktionsmethode (WAREMBOURG 1993). In luftdicht geschlossenen Behältnissen wird statt des Bodens die Luft mit  $^{15}\text{N}$  angereichert. Im Gegensatz zu den indirekten Messungen wie bei der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode, können hier direkte Vergleiche vollzogen werden. Allerdings ist die Methode sehr aufwendig und teuer, so dass die Anwendungen auf wenige Teilbereiche beschränkt bleiben (SCHNOTZ 1995). Zudem können mit der  $^{15}\text{N}_2$ -Reduktionsmethode nur Gefäßversuche durchgeführt werden.

Ausführliche Beschreibungen zu Prinzipien und Details der verschiedenen Methoden, die bisher zur Schätzung der  $\text{N}_2$ -Fixierleistung von Leguminosen eingesetzt wurden, finden sich u.a. bei LEDGARD & PEOPLES (1988), SCHNOTZ (1995), SCHMIDTKE (1997a), UNKOVICH & PATE (2000) und REITER (2002).

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Abschnitt 1 - Feldversuche

##### 3.1.1 Untersuchungsstandorte

Die Auswahl der Untersuchungsstandorte für die Feldversuche erfolgte innerhalb Niedersachsens in Kooperation mit der Landwirtschaftskammer Hannover. Dabei wurden unterschiedliche naturräumliche Bedingungen hinsichtlich des Wärme-, Wasser- und Nährstoffangebotes berücksichtigt. Der Untersuchungsstandort Reinshof befand sich im Leinetalgraben im Landkreis Göttingen. Im Allertal im Landkreis Celle lag der Untersuchungsstandort Dasselsbruch. Der dritte Untersuchungsstandort Oederquart befand sich im Landkreis Stade (Abb. 1). Die Standorte zeigten deutliche Unterschiede hinsichtlich der chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften sowie bei Klima und Witterung, welche in den Abschnitten 3.1.3 und 3.1.4 beschrieben werden.

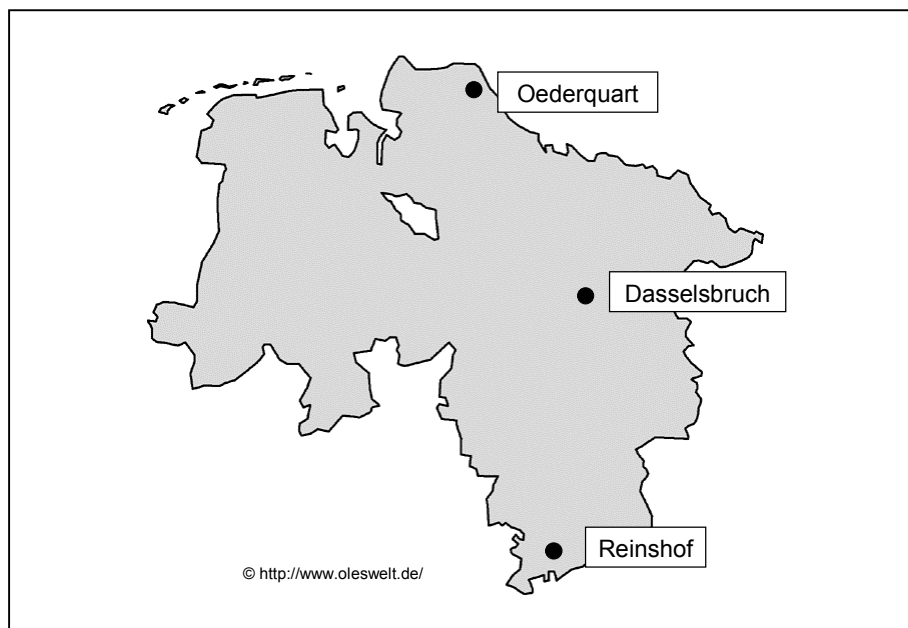


Abb. 1: Geographische Lage der Untersuchungsstandorte in Niedersachsen

##### 3.1.2 Bodenuntersuchungen

###### 3.1.2.1 Bodenphysikalische Untersuchungsmethoden

Für die Bestimmung der Lagerungsdichte, des Gesamtporenvolumens und der Porengrößenverteilung wurden acht Stechzylinderproben pro Bodenhorizont horizontal an jedem Untersuchungsstandort entnommen. Die Edelstahlstechzylinder besaßen eine Höhe von 4 cm und ein Volumen von 100 cm<sup>3</sup>. Zur Berechnung der bodenphysikalischen Parameter wurden die Stechzylinder-Proben mit der

Druckmethode nach RICHARDS & FIREMAN (1943) behandelt. Die Berechnungen der Lagerungsdichten der Böden an den drei Untersuchungsstandorten erfolgten auf Basis des Hauptbestandteils der mineralischen Phase, dem Quarz ( $\rho_r = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$ ). Die Korngrößenverteilung wurde nach entsprechender chemischer Vorbereitung des Feinbodens bestimmt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Zu diesem Zweck wurde der getrocknete und gesiebte Feinboden einer Humuszerstörung durch Wasserstoffperoxid und einer Kalkzerstörung durch Salzsäure unterzogen. Nachdem diese Lösung zentrifugiert und dekantiert wurde, erfolgte eine Dispergierung mit Natriummetaphosphat. Die Anteile der Sandfraktionen wurden durch Siebung ermittelt, während die Anteile der Ton- und Schlufffraktionen des Feinbodens durch Sedimentation bestimmt wurden (MOSHREFI 1993).

### 3.1.2.2 Bodenchemische Untersuchungsmethoden

Die Probenahme von Boden für die Bestimmung der mineralisierten Stickstoff-Verbindungen Nitrat und Ammonium ( $N_{\min}$ -Methode, WEHRMANN & SCHARPF 1979) erfolgte zu jedem Ernte- bzw. Schnittzeitpunkt, vor Beginn der Vegetationsperiode sowie zum Zeitpunkt der Aussaat. Die residualen  $N_{\min}$ -Mengen werden in Kap. 2.11 gezeigt (Tab. 2.13 und 2.14). Die Bodenproben wurden mit Hilfe einer halbautomatischen Probenahmeverrichtung (Typ Nietfeld) gewonnen. Dabei wurden Pürckhauer-Bohrstöcke durch eine Schlaghammer-Vorrichtung (Fa. Hilti) bis 125 cm Tiefe in den Boden getrieben und mit einer Seilzugwinde herausgezogen. Jeweils vier Einstiche pro Parzelle wurden zu einer Mischprobe in fünf Segmenten unterschiedlicher Bodentiefen vereinigt (0 bis 25 cm, 25 bis 50 cm, 50 bis 75 cm, 75 bis 100 cm und 100 bis 125 cm). Die Behandlung aller Bodenproben für den Transport erfolgte nach den Vorschriften der VDLUFA (1991). Alle Proben wurden in Kühltaschen zwischengelagert und mit einer Spezialbodenmühle (Fa. Fritzmeier) zerkleinert und durchmischt. Auf diese Zerkleinerung wurde bei den Proben vom Standort Oederquart verzichtet, da wegen des hohen Tongehaltes eine maschinelle Zerkleinerung nicht möglich war. Anschließend wurden die Proben bis zur Aufarbeitung für die chemische Analyse in Tiefkühltruhen bei mindestens  $-18^\circ\text{C}$  aufbewahrt.

Nachfolgend wurde je 100 g feldfeuchter Boden mit 250 ml einer 0,01 molaren  $\text{CaCl}_2$ -Lösung versetzt und in Polyethylen-Flaschen für 60 min bei Raumtemperatur geschüttelt (VDLUFA 1991). Es folgte die Filtration der Suspension über N-freie Faltenfilter (Fa. Macherey-Nagel, MN 619). Das Filtrat wurde über einen Probengeber (Fa. Alpkem) der Durchflussanalyse mit photometrischer Detektion (Flow Solution III, Fa. Perstorp Analytical) zugeführt, um die Gehalte an Nitrat und Ammonium zu bestimmen. Nitrat wird in einer Cadmium-Säule mit Kupfersulfat als Katalysator zu Nitrit reduziert. Nitrit reagiert mit Sulfanilamid unter Bildung eines Diazoniumsalzes. Durch Azokupplung entsteht ein rot-violetter Azofarbstoff, dessen Konzentration in der Messlösung photometrisch bei 520 nm erfasst wird. Grundlage

der Ammonium-Bestimmung ist die Berthelot-Reaktion, bei der Indophenole aus Phenolen und Ammoniak gebildet werden. Im konkreten Fall entsteht ein grün gefärbtes Indophenolderivat, welches bei 660 nm photometrisch gemessen wird (KÖNIG & FORTMANN 1996).

In lufttrockenen Bodenmischproben aus dem Oberboden (0-30 cm) der einzelnen Untersuchungsstandorte wurden im Institut für Agrikulturchemie der Universität Göttingen die Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium ermittelt. Dabei wurde für P und K nach der Calciumacetat-Lactat-(CAL)-Methode (SCHÜLLER 1969) und für Mg nach der  $\text{CaCl}_2$ -Methode (SCHACHTSCHABEL 1954) vorgegangen.

Der pH-Wert wurde ausgehend von lufttrockenen Bodenproben potentiometrisch in einer Bodensuspension gemessen. Als Suspendierungsmittel diente eine 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung, da Salzlösungen standardisierbare Messergebnisse liefern (ROWELL 1997). Als Messgeräte standen eine Glaselektrode (Fa. Mettler-Toledo, Typ 405-97/165) und ein pH-Meter (Fa. Radiometer, Typ pH-Meter 26) zur Verfügung.

### **3.1.3 Beschreibung der Untersuchungsstandorte**

#### **3.1.3.1 Untersuchungsstandort Reinshof**

Das Kloostergut Reinshof liegt ca. 4 km südlich von Göttingen im Naturraum südliches Leinetal (MTB 4525) und wird von der Universität Göttingen als Versuchsbetrieb für ökologischen und konventionellen Landbau genutzt. Die Versuchsflächen befanden sich auf dem "Schlag 3" in einer Höhe von 156 m ü NN. Der Boden der Versuchsflächen am Standort Reinshof wird nachfolgend anhand eines freigelegten Profils beschrieben, das direkt neben der Versuchsfläche angelegt wurde.

Aufnahmetermin: 24.04.2001

Naturraum: Leinetal

örtliche Lage: 100 m vom östlichen Ende und ca. 100 m vom nördlichen Ende des Schlages 3 auf dem Versuchsgut Reinshof

Gauss-Krüger-Koordinaten: Rechtswert <sup>35</sup>64400 Hochwert <sup>57</sup>07200

Relief: eben

Höhenlage: 156 m über NN

Nutzung: Acker

Ausgangssubstrat der Bodenbildung: Flusssedimente

Bodentyp: Vega

Horizont	Tiefenstufe	Beschreibung
Ap	0 – 30 cm	dunkel gelblichbrauner (10 YR 3/4) stark toniger Schluff, schwach humos, stark durchwurzelt, Bröckelgefüge, lessiviert, sehr carbonatarm
aM1	30 – 35 cm	gelblichbrauner (10 YR 5/4), stark toniger Schluff, schwach humos, feine hellere Einschlämmungsbänder (Schluff), gut durchwurzelt, Subpolyedergefüge, lessiviert, leicht verdichtet, sehr carbonatarm
aM2	35 – 42 cm	dunkelgelblichbrauner (10 YR 3/4), schluffiger Lehm, schwach humos, gut durchwurzelt, Polyedergefüge, humus- und Tonanreicherung an Aggregatoberflächen, sehr carbonatarm
MGor1	42 – 52 cm	stark brauner bis dunkel gelblich brauner (30 % 7,5 YR 4/6, 70 % 10 YR 3/4), schluffiger Lehm, sehr schwach humos, Polyedergefüge, gut durchwurzelt, Stauchwurzeln an Untergrenze deuten Pflugsohlenverdichtung an, wenige Regenwurmröhren, fleckige Vergleymerkmale, Oxidations- und Reduktionsmerkmale (Grundwasserschwankungsbereich), carbonatfrei
MGor2	52 – 108 cm	dunkel gelblich brauner bis stark brauner (70 % 7,5 YR 4/6, 30 % 10 YR 3/4), sandig-lehmiger Schluff, sehr schwach humos, Polyedergefüge, wenige Wurzeln, einige Regenwurmröhren, Einlagerung von Humus und Ton an Aggregatoberflächen, fleckige Vergleyung, vermehrt Reduktionsmerkmale, schwach carbonathaltig
IIaC	108 – 120 cm	dunkelbrauner (7,5 YR 3/2), stark lehmiger Sand, schwach humos, Terrassenkies, Kiesanteil nach unten zunehmend (von 25 bis 50 %), Kittgefüge, Grundwasser ca. bei 120 cm Tiefe anstehend, mittel carbonathaltig

Die Ergebnisse der Korngrößenanalyse für den Standort Reinshof sind in Tab. 4 wiedergegeben. Die Schluffanteile des Bodens lagen zwischen 56 Gew. % im Unterboden und 67 Gew. % im Oberboden. Im C-Horizont fanden sich nur 20 Gew. % Schluff. Die höchsten Tonanteile waren mit 29 Gew. % im aM2-Horizont, während die geringsten Tonanteile in Höhe von 16 Gew. % im MGor2-Horizont

anzutreffen waren. Bis zu einer Tiefe von 52 cm wurden Sandanteile zwischen 11 und 15 Gew. % registriert, während im MGor2-Horizont und im Terrassenkies höhere Sandanteile festgestellt wurden (28 bzw. 63 Gew. %). Daher wurde dieser Boden als stark toniger Schluff bis schluffiger Lehm angesprochen. Der C-Horizont (ab 108 cm) Tiefe bestand aus stark lehmigen Sand und Terrassenkies (AG BODEN 1994).

Tab. 4: Korngrößenfraktionen des Feinbodens (Äquivalentdurchmesser in  $\mu\text{m}$ ) am Untersuchungsstandort Reinshof (Angaben in Gew.%)

Horizont	Tiefe in cm	Textur *	T < 2	fU 2-6,3	mU 6,3-20	gU 20-63	U 2-63	fS 63-200	mS 200-630	gS 630-2000	S 63-2000
Ap	0 - 27	Ut4	17,79	17,49	11,66	39,17	68,32	7,91	5,70	0,28	13,89
aM1	- 35	Ut4	19,33	15,21	15,89	36,21	67,31	7,56	5,50	0,31	13,36
aM2	- 42	Lu	28,30	14,43	14,40	32,06	60,89	6,11	4,57	0,14	10,81
MGor1	- 52	Lu	22,63	15,96	0,11	46,84	62,91	8,08	6,28	0,10	14,46
MGor2	- 108	Uls	15,62	12,64	8,26	36,23	57,13	16,58	9,98	0,70	27,25
IlaC	- 120	SI4	16,87	11,99	5,29	3,78	21,06	16,61	40,85	4,61	62,07

\* nach AG BODEN (1994)

In Tabelle 5 sind bodenchemische- und physikalische Kenndaten des Standortes Reinshof wiedergegeben. Die pH-Werte im Boden bewegten sich zwischen 6,9 im aM2-Horizont und 7,4 im untersten Profilabschnitt. An diesem Untersuchungsstandort waren neutrale bis schwach alkalische Bodenreaktionen bestimmend. Bei einer Lagerungsdichte des Bodens von 1,48 bis 1,58  $\text{g cm}^{-3}$  konnte nach AG BODEN (1994) eine effektive Durchwurzelungstiefe ( $W_e$ ) von 11 dm angenommen werden. Der Grundwasserflurabstand wurde im Mittel des Jahres mit 1,5 m angesetzt. Freies Carbonat wurde vor allem im kiesigen C-Horizont aufgefunden (5,84 %). Im Ap-Horizont wurde lediglich 0,41 % freies Carbonat gemessen.

Auf eine Bestimmung der Lagerungsdichte im C-Horizont musste verzichtet werden, da durchgehende Kiesschichten keine Stechzylinder-Beprobung zuließen. Unter der Annahme, dass die Lagerungsdichte im C-Horizont 1,5 beträgt, befanden sich in 0-130 cm Bodentiefe 94 t  $\text{C}_{\text{org}}\text{-C ha}^{-1}$  und 12120 kg  $\text{N}_t \text{ ha}^{-1}$ . Der Humusgehalt des Oberbodens betrug 1,9 % und war damit nach AG BODEN (1994) als schwach humos einzustufen (Tab. 5).

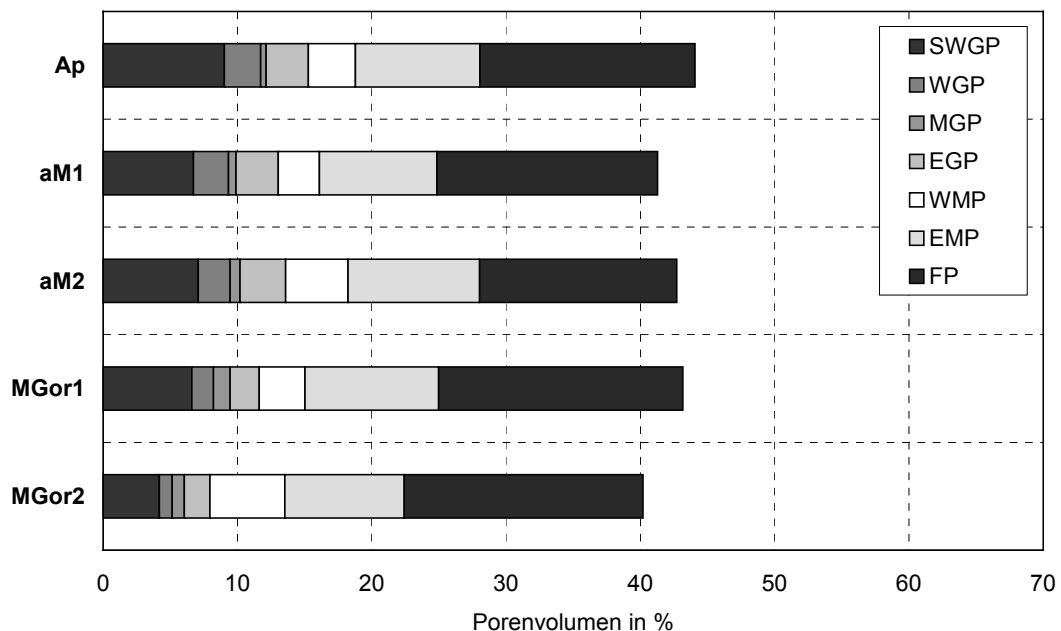


Tab. 5: Chemische und physikalische Kennwerte des Bodens am Untersuchungsstandort Reinshof

Horizont	Tiefe in cm	pH-Wert *	Carbonatgehalt in Gew.-%	C <sub>org</sub> -C-Gehalt in Gew.-%	N <sub>t</sub> -Gehalt in Gew.-%	C <sub>org</sub> -C / N <sub>t</sub> -Verhältnis	Lagerungsdichte des Bodens in g cm <sup>-3</sup>	nFKWE in mm
Ap	0 - 30	7,0	0,41	1,11	0,13	8,8	1,48	57,1
aM1	- 35	7,1	0,04	0,75	0,09	8,6	1,56	9,1
aM2	- 42	6,9	0,04	0,69	0,08	9,1	1,52	14,6
MGor1	- 52	7,1	0,00	0,44	0,06	8,0	1,51	18,4
MGor2	- 108	7,3	2,31	0,22	0,03	7,4	1,58	102,1
IIaC	- 120	7,4	5,84	0,16	0,04	4,4	n.g.	Σ 201,3

\* in 0,01 m CaCl<sub>2</sub>; Mittelwerte aus zwei Messungen; n.g.: nicht gemessen; Σ: Summe

In Abbildung 2 wird die Porengrößenverteilung innerhalb der untersuchten Horizonte des Standortes dargestellt. Das Gesamtporenvolumen war mit 40 bis 44 % in allen Profilabschnitten verhältnismäßig konstant. Das Volumen der Feinporen bewegte sich zwischen 15 % und 18 %, enge Mittelporen waren in allen Profilabschnitten mit etwa 9 % vertreten. Das Volumen der Grobporen sank mit steigender Bodentiefe von 15 % auf 8 %.



SWGP: sehr weite Grobporen, > 120 µm; WGP: weite Grobporen, 50 µm bis 120 µm; MGP: mittlere Grobporen, 30 µm bis 50 µm; EGP: enge Grobporen, 10 µm bis 30 µm; WMP: weite Mittelporen, 3 µm bis 10 µm; EMP: enge Mittelporen, 0,2 µm bis 3 µm; FP: Feinporen, < 0,2 µm

Abb. 2: Porengrößenverteilung im Boden am Standort Reinshof

Diese Porengrößenverteilung führte im effektiven Wurzelraum ( $W_e = 11 \text{ dm}$ ) zu einer nutzbaren Feldkapazität von 201 mm (Tab. 5). Nach FREDE & DABBERT (1999) ließ sich an Hand der langjährigen Niederschlagswerte ein Nitratauswaschungsfaktor des Standortes näherungsweise bestimmen. Demnach war die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers mit 45 % anzusetzen. Eine Nitrataustragsgefährdung war folglich nur bei länger anhaltenden Niederschlägen gegeben.

### 3.1.3.2 Untersuchungsstandort Oederquart

Der zweite Untersuchungsstandort befand sich auf einem privat genutzten Acker in der Nähe der Ortschaft Oederquart im Landkreis Stade (MTB 2121 Freiburg a. d. Elbe). Die Fläche wurde für den Zeitraum der Untersuchungen von einem Landwirt gepachtet. Das Versuchsgut Dietrichshof der Landwirtschaftskammer Hannover war ca. 10 km von der Versuchsfläche entfernt. Der Boden der Versuchsflächen wurde ebenfalls durch ein freigelegtes Profil beschrieben, welches direkt neben den Versuchspartzellen angelegt wurde.

Aufnahmetermin: 07.04.2001

Naturraum: Nordseeküste - Elbmündung

örtliche Lage: ca. 1 km westlich der Ortschaft Oederquart, Landkreis Stade

Gauss-Krüger-Koordinaten: 35.14 Rechtswert, 59.64 Hochwert

Relief: Wölbungen und Grüppen durch Entwässerungsmaßnahmen

Höhenlage: 1 m über NN

Nutzung: Acker

Ausgangssubstrat der Bodenbildung: semiterrestrisch

Bodentyp: Kleimarsch

Horizont	Tiefe	Beschreibung
Ap	0 bis 28 cm	dunkelgrauer (10 YR 3/3) schluffiger Lehm, Polyedergefüge, sehr starke Durchwurzelung, viele Regenwurmgänge, carbonatfrei, Makrowurzeln dringen in das Gefüge ein
Go	28 bis 51 cm	rötlichgrauer (10 YR 3/3) mittel schluffiger Ton, Kohärentgefüge bis Prismengefüge, carbonatfrei, mittlere Durchwurzelung
GrGo	51 bis 63 cm	sehr dunkler rötlichgrauer (10 YR 3/3) mitteltoniger Schluff, Kohärentgefüge, stellenweise Polyedergefüge, carbonatfrei, mittlere Durchwurzelung
GoGr	63 bis 90 cm	grünlichgrauer (5 Y 5/1) mittel schluffiger Ton mit dunkel rotgrauen (2.5 YR 3/6) Flecken durchsetzt, Kohärentgefüge, carbonatfrei, schwache Durchwurzelung

Gr 90 bis 120 cm dunkler grünlichgrauer (5 Y 4/1) mittel schluffiger Ton, Polyedergefüge, carbonatfrei, schwache Durchwurzelung bis ca. 110 cm Tiefe, bei 120 cm Tiefe Wasser anstehend

Der für die Feldversuche gepachtete Ackerschlag am Untersuchungsstandort Oederquart hatte, wie alle Schläge in der Region, ein typisches Relief. Durch anhaltende Entwässerungsmaßnahmen (u.a. durch "Kleien" und Drainage) entstanden Wölbstrukturen und Entwässerungsgräben ("Grüppen"). Die drei Wiederholungen des Feldversuches wurden parallel zu den Grüppen angelegt. Dadurch sollte für alle Prüfglieder einer Wiederholung annähernd gleiche Bedingungen geschaffen werden.

Der Boden am Untersuchungsstandort war durch hohe Ton- und Schluffanteile geprägt. Die Schluffanteile lagen zwischen 51 und 78 Gew. %, während Tonanteile zwischen 17 und 44 Gew. % nachgewiesen wurden (Tab. 6). Die Feinsandanteile bewegten sich zwischen 2 Gew. % im Unterboden und 22 Gew. % im Oberboden. Mittel- und Grobsand waren kaum vorhanden (0 bis 1 Gew. %). Daher wurde dieser Boden als schluffiger Lehm, mittel schluffiger Ton bzw. mittel toniger Schluff angesprochen.

Tab. 6: Korngrößenfraktionen des Feinbodens (Äquivalentdurchmesser in  $\mu\text{m}$ ) am Untersuchungsstandort Oederquart (Angaben in Gew.%)

Hori- zont	Tiefe in cm	Textur*	T < 2	fU 2-6,3	mU 6,3-20	gU 20-63	U 2-63	fS 63- 200	mS 200- 630	gS 630- 2000	S 63- 2000
Ap	0 - 28	Lu	25,47	4,50	11,63	35,69	51,82	21,61	1,08	0,02	22,71
Go	- 51	Tu3	33,66	5,11	10,64	35,78	51,53	14,47	0,31	0,03	14,81
GrGo	- 63	Ut3	16,57	37,96	17,63	22,85	78,44	4,78	0,19	0,02	4,99
GoGr	- 90	Tu3	41,84	7,25	14,72	29,03	51,00	6,17	0,90	0,09	7,16
Gr	- 120	Tu3	44,71	9,74	18,68	25,06	53,48	1,70	0,11	0,00	1,81

\* nach AG BODEN (1994)

Die pH-Werte im Boden bewegten sich zwischen 6,5 im Oberboden und 6,2 im untersten Profilabschnitt (Tab. 7). Damit lagen hier schwach saure Verhältnisse vor. Ein Uhrplastest mit 10 %iger HCl zeigte, dass alle Profilabschnitte entkalkt waren. Da ein durch Grundwasser beeinflusster Boden vorlag, wurde nach AG BODEN (1994) von einer effektiven Durchwurzelungstiefe ( $W_e$ ) von 9 dm (Obergrenze Gr-Horizont) ausgegangen. In 0 bis 120 cm Bodentiefe befanden sich  $125 \text{ t C}_{\text{org}}\text{-C ha}^{-1}$  und 15200

kg N<sub>t</sub> ha<sup>-1</sup>. Die Humusversorgung des Standortes war bei einem Humusgehalt von 2,0 Gew.-% nach AG BODEN (1994) als schwach bis mittel humos einzustufen.

Tab. 7: Chemische und physikalische Kennwerte des Bodens am Untersuchungsstandort Oederquart

Horizont	Tiefe in cm	pH-Wert *	Carbonat-geh. in Gew.-%	C <sub>org</sub> -C-Gehalt in Gew.-%	N <sub>t</sub> -Gehalt in Gew.-%	C <sub>org</sub> -C / N <sub>t</sub> -Verhältnis	Lagerungsdichte des Bodens in g cm <sup>-3</sup>	nFKWE in mm
Ap	0 - 30	6,5	0,0	1,16	0,13	8,65	1,49	48,8
Go	- 51	6,5	0,0	0,52	0,08	6,96	1,42	44,9
GrGo	- 63	6,3	0,0	0,89	0,09	9,41	1,29	18,9
GoGr	- 90	6,2	0,0	0,54	0,07	7,37	1,08	64,3
Gr	- 120	6,2	0,0	0,86	0,11	7,88	1,08	Σ 176,9

\* in 0,01 m CaCl<sub>2</sub>; Mittelwerte aus zwei Messungen; Σ: Summe

Das Gesamtporenvolumen betrug im Oberboden (Ap-Horizont) 43 % und stieg auf 59 % im unteren Profilabschnitt (Gr-Horizont). Im gesamten Profil waren kaum Grobporen vorhanden, sehr weite Grobporen fehlten. Daher ist anzunehmen, dass der Gasaustausch im Boden behindert war. Die Mittelporen füllten etwa ein Drittel des Gesamtporenvolumens aus. Der weitaus größte Anteil fiel in allen Profilabschnitten den Feinporen zu. Ihr Volumen stieg von 25 % im Oberboden auf 35 % im unteren Profilabschnitt (Abb. 3).

Diese Porengrößenverteilung führte im effektiven Wurzelraum zu einer nutzbaren Feldkapazität von 177 mm (Tab. 7). Die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers lag nach Berechnungen in Anlehnung an FREDE & DABBERT (1999) bei über 100 %. Dies war ein Hinweis auf eine erhöhte Nitrataustragsgefahr.

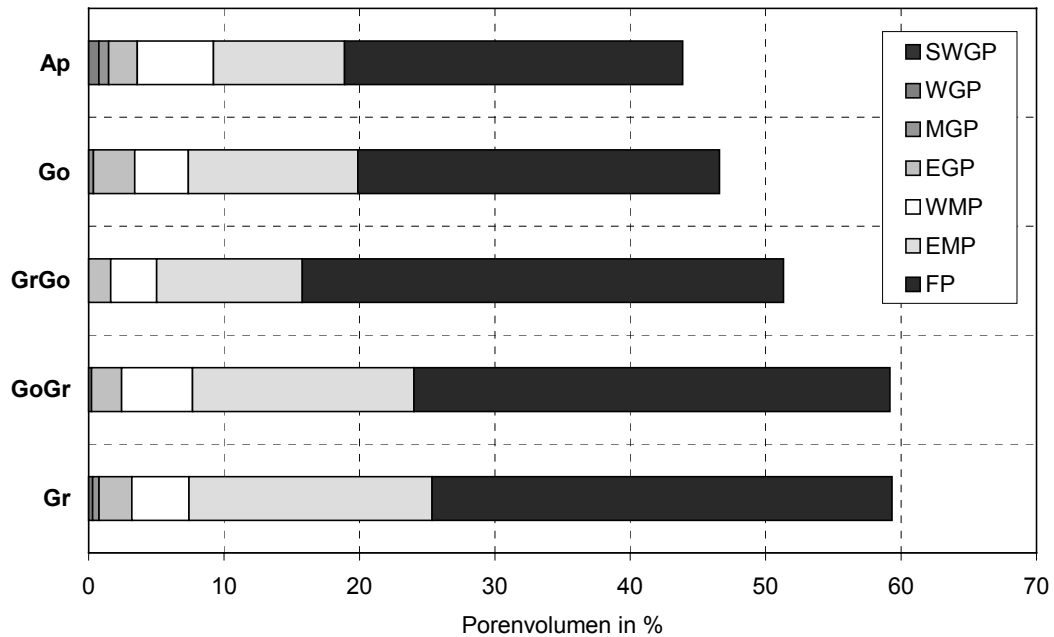


Abb. 3: Porengrößenverteilung im Boden am Standort Oederquart  
(Erläuterungen siehe Abb. 2)

### 3.1.3.3 Untersuchungsstandort Dasselsbruch

Der dritte Untersuchungsstandort Dasselsbruch lag im Landkreis Celle auf dem Gelände der Versuchsstation für Grünland und Futterbau der Landwirtschaftskammer Hannover (MTB 3426 Wathlingen). Auch hier wurde direkt neben der Versuchsfläche ein Bodenprofil für eine nähere Beschreibung des Standortes angelegt.

Aufnahmeterrain: 15.11.1999

Naturraum: Allertal

örtliche Lage: ca. 10 km südlich der Stadt Celle

Gauss-Krüger-Koordinaten: 35.69 Rechtswert, 58.26 Hochwert

Relief: eben

Höhenlage: 40 m über NN

Nutzung: Grünland und Ackerfutterbau im Versuchsbetrieb

Ausgangssubstrat der Bodenbildung: Flugsand über Niedermoor

Bodentyp: Treposol (Tiefumbruchboden)

Horizont	Tiefe	Beschreibung
R-Ap	0 bis 28 cm	sehr dunkelgrauer (10 YR 2/1) Mittelsand, Einzelkorngefüge, carbonatfrei, keine Pflugsohle sichtbar, starke Durchwurzelung

R-Ahe 1	28 bis 37 cm	grauer (10 YR 4/1) Mittelsand, Einzelkorngefüge, carbonatfrei, mittlere bis starke Durchwurzelung
R-Bv	37 bis 58 cm	braungrauer (7.5 YR 5/6) feinsandiger Mittelsand, Einzelkorngefüge, carbonatfrei, mittlere Durchwurzelung
R-Ahe 2	58 bis 72 cm	dunkelgrauer (10 YR 3/1) Mittelsand, Einzelkorngefüge, carbonatfrei, mittlere Durchwurzelung, Tiefenumbruch bis ca. 72 cm Tiefe
fBv 1	72 bis 96 cm	braungrauer (7.5 YR 5/6) Mittelsand, Einzelkorngefüge, carbonatfrei, schwache Durchwurzelung
fnH	96 bis 104 cm	dunkelbräunlichgrauer (5 YR 2,5/1) Mittelsand, Einzelkorngefüge, carbonatfrei, schwache Durchwurzelung, dünne Streifen von fossilen, niedermoor-torfbildenden Pflanzen
fBv 2	104 bis 120 cm	gelblichbraungrauer (10 YR 5/6) Mittelsand, Einzelkorngefüge, carbonatfrei, keine Durchwurzelung
II nH	120 cm ++	graubrauner (10 YR 4/3) anmooriger Horizont mit Resten torfbildender Pflanzen, Einzelkorngefüge, Grundwasser anstehend

Am Untersuchungsstandort Dasselsbruch wurde in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts ein Tiefenumbruch vorgenommen. Im Profil wurden daher zwischen 28 und 72 cm Tiefe entsprechende Umbruchsschollen vorgefunden. Die Bodenhorizonte R-Ahe1, R-Bv und R-Ahe2 waren schräg, in einem Winkel von circa 45° aufeinander geschichtet. Vermischungen und Umstrukturierungen der ursprünglichen Bodenhorizonte waren daher vorhanden. Der Bereich von 28 bis 72 cm Bodentiefe könnte auch als einheitlicher Horizont angesprochen werden. Darauf wird im folgenden verzichtet, da bodenchemische und bodenphysikalische Messungen auf obige Einteilung Bezug nehmen.

Der Boden bestand hauptsächlich aus Sanden. Mittelsand war zu hohen Anteilen vertreten (64 bis 76 Gew. %), die Anteile des Feinsandes lagen zwischen 19 Gew. % im fBV1-Horizont und 26 Gew. % in den beiden obersten Horizonten. Grobsand war hingegen kaum vorhanden (1 bis 2 Gew. %). Die Ton- und Schluffanteile bewegten sich in der Summe zwischen 1 und 9 Gew. % (Tab. 8). Diese geringen Anteile ließen keine getrennte Bestimmung der Korngrößenfraktionen Ton und Schluff durch Schlämmanalyse zu.

Tab. 8: Korngrößenfraktionen des Feinbodens (Äquivalentdurchmesser in  $\mu\text{m}$ ) am Untersuchungsstandort Dasselsbruch (Angaben in Gew.%)

Horizont	Tiefe in cm	Textur*	T + U < 63	fS 63-200	mS 200-630	gS 630-2000	S 63-2000
R-Ap	0 - 28	Ss / mS	5,43	26,62	66,05	1,90	94,57
R+Ahe 1	- 37	Ss / mS	4,57	26,61	67,24	1,58	95,43
R+Bv	- 58	Ss / mSfs	1,28	33,70	64,18	0,84	98,72
R+Ahe 2	- 72	Ss / mS	1,45	21,96	75,6	0,99	98,55
fBv 1	- 96	Ss / mS	9,46	19,19	70,43	0,92	90,54
fnH	- 104	Ss / mS	3,5	23,07	72,48	0,95	96,50

\* nach AG BODEN (1994)

Die pH-Werte im Boden bewegten sich zwischen 5,6 im Ap-Horizont und 5,0 in zwei weiteren Profilabschnitten. Die Bodenreaktion ist daher als mittel sauer einzustufen. Der untersuchte Treposol wies eine Lagerungsdichte zwischen 1,47 und 1,64  $\text{g cm}^{-3}$  auf. Daher konnte nach AG BODEN (1994) von einer effektiven Durchwurzelungsintensität ( $W_e$ ) von 8 dm ausgegangen werden. In 0 bis 120 cm Bodentiefe befanden sich 158 t  $C_{\text{org}}\text{-C ha}^{-1}$  und 8200 kg  $N_t \text{ ha}^{-1}$ . Die Humusversorgung des Standortes ist bei einem Humusgehalt von 3,03 Gew.-% nach AG BODEN (1994) als mittel humos einzustufen (Tab. 9).

Tab. 9: Chemische und physikalische Kennwerte am Untersuchungsstandort Dasselsbruch

Horizont	Tiefe in cm	pH-Wert *	Carbonat- geh. in Gew.-%	$C_{\text{org}}\text{-C}$ - Gehalt in Gew.-%	$N_t$ -Gehalt in Gew.-%	$C_{\text{org}}\text{-C} / N_t$ - Verhältnis	Lagerungs- dichte des Bodens in $\text{g cm}^{-3}$	nFKWE in mm
R-Ap	0 - 28	5,6	0,0	1,76	0,10	17,15	1,47	27,7
R-Ahe 1	- 37	5,0	0,0	0,87	0,04	19,90	1,64	8,8
R-Bv	- 58	5,2	0,0	1,36	0,07	18,61	1,52	21,0
R-Ahe 2	- 72	5,1	0,0	0,26	0,01	26,54	1,56	7,5
fBv 1	- 96	5,0	0,0	0,20	0,01	21,81	1,62	$\Sigma$ 65,0
fnH	- 104	5,1	0,0	1,19	0,05	25,65	1,62	

\* in 0,01 m  $\text{CaCl}_2$ ; Mittelwerte aus zwei Messungen;  $\Sigma$ : Summe

Das Gesamtporenvolumen betrug im regelmäßig bearbeiteten Ap-Horizont 45 % und sank im folgenden Profilabschnitt auf 38 %. Nach einem Anstieg auf 41 % im anschließenden Bv-Horizont, sank das Gesamtporenvolumen schließlich auf 39 % in den unteren Profilabschnitten. Bis 96 cm Bodentiefe hatten sehr weite und weite

Grobporen den größten Anteil am Gesamtporenvolumen (ca. 30 %). Feinporen und Mittelporen waren erst in dem Horizont mit fossilen Pflanzenresten (96 bis 104 cm) stärker vertreten (Abb. 4).

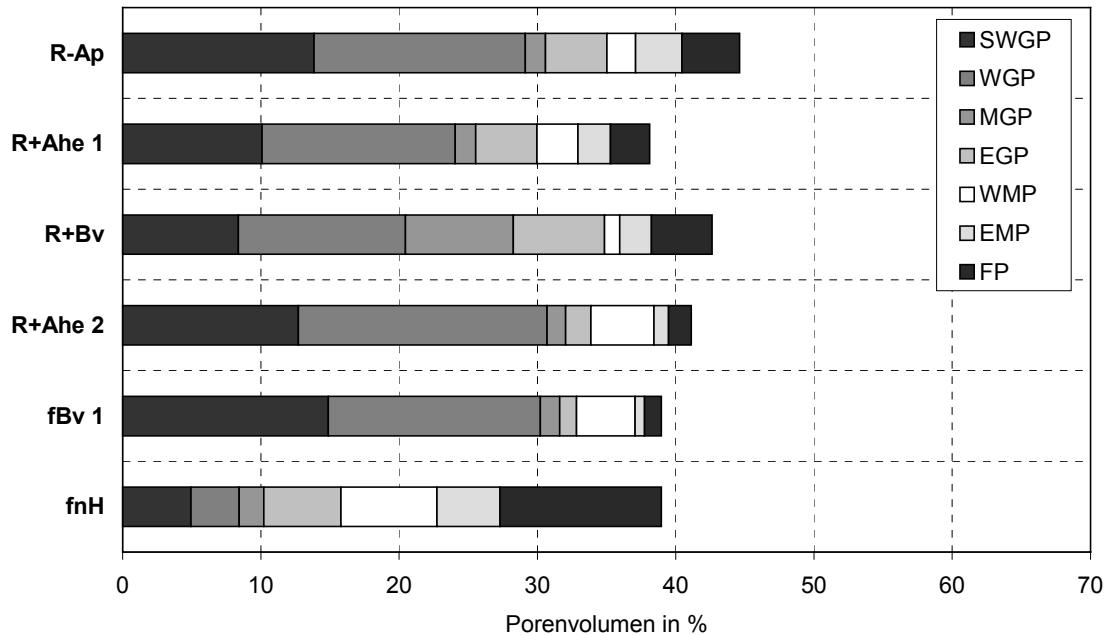


Abb. 4: Porengrößenverteilung im Boden am Standort Dasselsbruch (Erläuterungen siehe Abb. 2)

Die insgesamt geringen Anteile an Fein- und Mittelporen und der geringe effektive Wurzelraum ( $We = 8 \text{ dm}$ ) führten zu einer nutzbaren Feldkapazität von nur 65 mm. Die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers war am Standort nach Berechnungen in Anlehnung an FREDE & DABBERT (1999) als hoch einzuschätzen. Daher lag eine hohe Nitrataustragsgefährdung vor.

Tab. 10: Chemische Kennwerte des Oberbodens (0 bis 25 cm) der Untersuchungsstandorte vor der Aussaat (Probenahme im September 1998), Nährstoffgehaltsklasse nach LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (1998) in Klammern

Standort	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100g <sup>1)</sup>	mg K <sub>2</sub> O / 100g <sup>1)</sup>	mg Mg / 100g <sup>2)</sup>
Reinshof	16,6 (E)	23,8 (D)	6,9 (C)
Oederquart	12,0 (D)	16,5 (C/D)	15,4 (D)
Dasselsbruch	21,7 (D/E)	10,3 (D)	6,9 (D)

<sup>1)</sup> CAL-Methode <sup>2)</sup> CaCl<sub>2</sub>-Methode

Die Versorgung der Böden an den Versuchsstandorten mit den Grundnährstoffen Phosphor, Kalium und Magnesium ist in Tabelle 10 dargestellt. In Abhängigkeit von der Bodenart und dem Humusgehalt wurde die Versorgung der Böden mit Grund-



nährstoffen an den Standorten in Nährstoffgehaltsklassen (nach LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 1998) angegeben. Folglich waren alle untersuchten Böden gut bis sehr gut mit Phosphor, Kalium und Magnesium versorgt. Am Standort Reinshof und am Untersuchungsstandort Dasselsbruch waren die Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor im Boden sehr hoch. Pflanzenverfügbares Magnesium war am Standort Reinshof jedoch im ausreichenden Maße vorhanden.

### **3.1.4 Klima und Witterungsverlauf**

#### **3.1.4.1 Messstationen**

Für die Darstellung des Witterungsverlaufes während des Versuchszeitraumes wurden die Messdaten verschiedener Wetterstationen berücksichtigt. Das Versuchsgut Reinshof war ca. 1 km Luftlinie von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Göttingen entfernt (167 m ü. NN). Die Wetterstation des DWD in Freiburg a. d. Elbe (2 m ü. NN) lag ca. 3 km Luftlinie vom Versuchsfeld des Untersuchungsstandortes Oederquart entfernt. Die DWD-Messwerte für Niederschlag und Temperatur wurden daher im folgenden für die Untersuchungsstandorte Reinshof und Oederquart übernommen.

An der Versuchsstation in Dasselsbruch unterhält die Landwirtschaftskammer Hannover eine eigene Wetterstation. Allerdings lagen von dieser Station keine langjährigen Messdaten vor. Infolgedessen wurde für die Darstellung des langjährigen Mittels der Monatsniederschläge und der Monatsmitteltemperaturen auf Daten der DWD-Wetterstation in Celle-Wietzenbruch (39 m ü. NN) zurückgegriffen. Alle angegebenen langjährigen Mittelwerte beziehen sich auf den Zeitraum von 1960 bis 1990.

#### **3.1.4.2 Untersuchungsstandort Reinshof**

Abbildung 5 zeigt die monatlichen Niederschlagssummen und die Monatsmitteltemperaturen an der Wetterstation Göttingen für den Versuchszeitraum. Zum Vergleich sind die langjährigen Mittelwerte eingetragen. Die meisten Monate des Versuchszeitraumes zeigten geringere Niederschlagsmengen als nach Betrachtung des langjährigen Mittels zu erwarten gewesen wären. Damit einhergehend wurde in den meisten Monaten des Versuchszeitraumes überdurchschnittliche Monatsmitteltemperaturen registriert. Von April bis Juni 1999 sowie von Juli 2000 bis Februar 2001 wurden die durchschnittlichen Niederschlagsmengen unterschritten. Demgegenüber waren überdurchschnittliche monatliche Niederschlagsmengen lediglich von September bis November 1998 (zusammen 321 mm), sowie in vereinzelten Monaten (z.B. September 2001) zu verzeichnen.

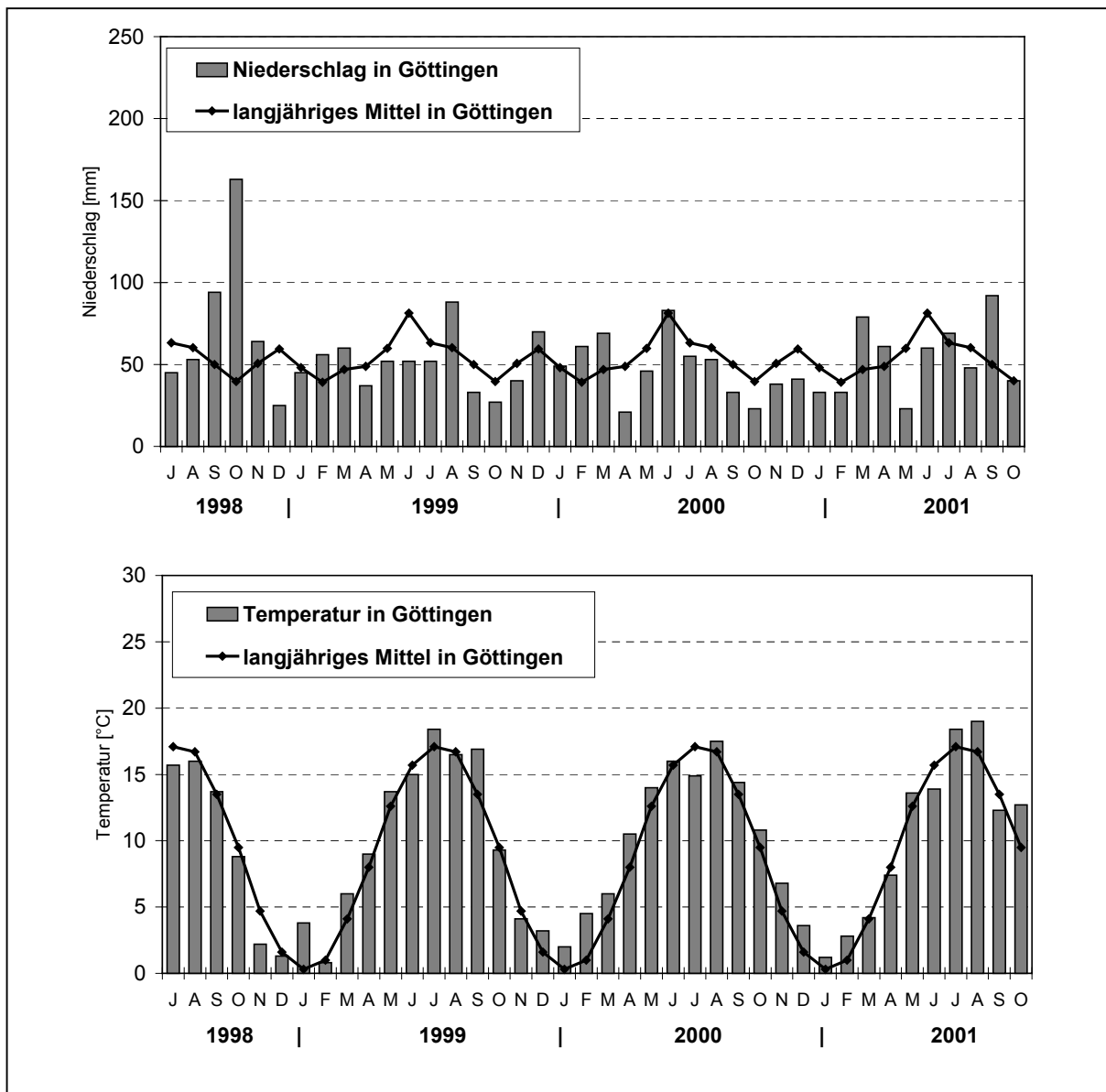


Abb. 5: Niederschlag und Temperatur im Versuchszeitraum 1998 bis 2001 und im langjährigen Mittel an der Wetterstation Göttingen

Von Dezember 1999 bis Juni 2000 sowie von August 2000 bis Februar 2001 wurden längere Perioden mit überdurchschnittlichen Monatsmitteltemperaturen registriert. Relativ kühl war hingegen der Juni 2001 sowie der Juli 2000, der mit  $14,9^{\circ}\text{C}$  um  $2,1^{\circ}\text{C}$  unter der monatlichen Durchschnittstemperatur blieb. Dagegen lag die Durchschnittstemperatur im August 2001 um  $2,3^{\circ}\text{C}$  über dem langjährigen Mittel für diesen Monat.

### 3.1.4.3 Untersuchungsstandort Oederquart

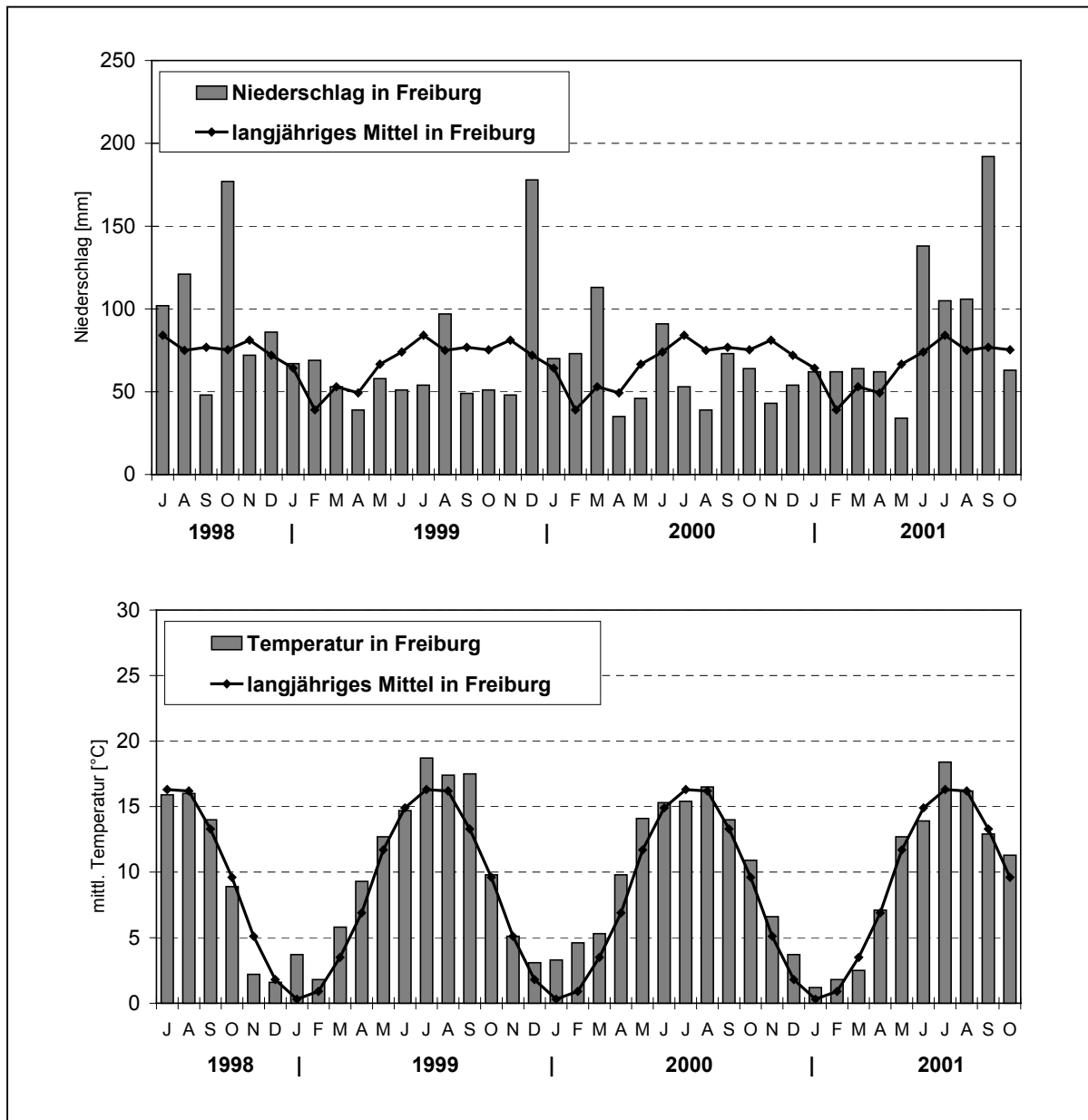


Abb. 6: Niederschlag und Temperatur im Versuchszeitraum 1998 bis 2001 und im langjährigen Mittel an der Wetterstation Freiburg a. d. Elbe

Abbildung 6 zeigt die monatlichen Niederschlagssummen und die Monatsmitteltemperaturen an der Wetterstation Freiburg a. d. Elbe für den Versuchszeitraum. Im September 1998 sowie im Zeitraum von April bis Juni und von September bis November 1999, von April bis Mai und von Juli bis Dezember 2000 und im Mai 2001 fielen in Freiburg geringere Niederschlagsmengen als im langjährigen Mittel. Demgegenüber waren überdurchschnittliche monatliche Niederschlagsmengen insbesondere im Oktober 1998 (177 mm), im Dezember 1999 (178 mm) sowie im September 2001 (192 mm) zu verzeichnen. Des Weiteren wurden von Januar bis

März 2000, im Juni 2000 sowie von Juni bis September 2001 die langjährigen Durchschnittswerte teilweise deutlich überschritten. Im Untersuchungsjahr 2001 fielen zwar im Mai nur 34 mm Niederschlag, aber monatlich über 100 mm Niederschlag von Juni bis September verursachten einen überdurchschnittlich feuchten Sommer.

Die Monatsmitteltemperaturen lagen in den meisten Monaten des Versuchszeitraumes über dem langjährigen Durchschnitt. In den Untersuchungsjahren 1999 und 2000 lag nur jeweils ein Monat unter der monatlichen Durchschnittstemperatur. Der Zeitraum von Juli bis September 1999 zeigte überdurchschnittliche hohe Monatsmitteltemperaturen. Relativ kühl war lediglich der Juli 2000, der Juni 2001 und insbesondere der November 1998, der mit 2,2°C um 2,9°C unter der monatlichen Durchschnittstemperatur blieb.

#### **3.1.4.4 Untersuchungsstandort Dasselsbruch**

Abbildung 7 zeigt für den Versuchszeitraum die monatlichen Niederschlagssummen und die Monatsmitteltemperaturen am Untersuchungsstandort Dasselsbruch sowie im Vergleich die langjährigen Mittelwerte der Wetterstation Celle-Wietzenbruch. Bei nur neun von 39 betrachteten Monaten des Versuchszeitraumes wurde eine Überschreitung der durchschnittlichen Niederschlagsmengen registriert. Insbesondere im Oktober 1998 (114 mm) sowie im September 2001 (160 mm) fielen überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen. Von Oktober bis Dezember 1999 wurde hingegen insgesamt nur 17 mm Niederschlag gemessen. Von Oktober 2000 bis August 2001 wurde der langjährige Mittelwert der Niederschlagsmengen unterschritten.

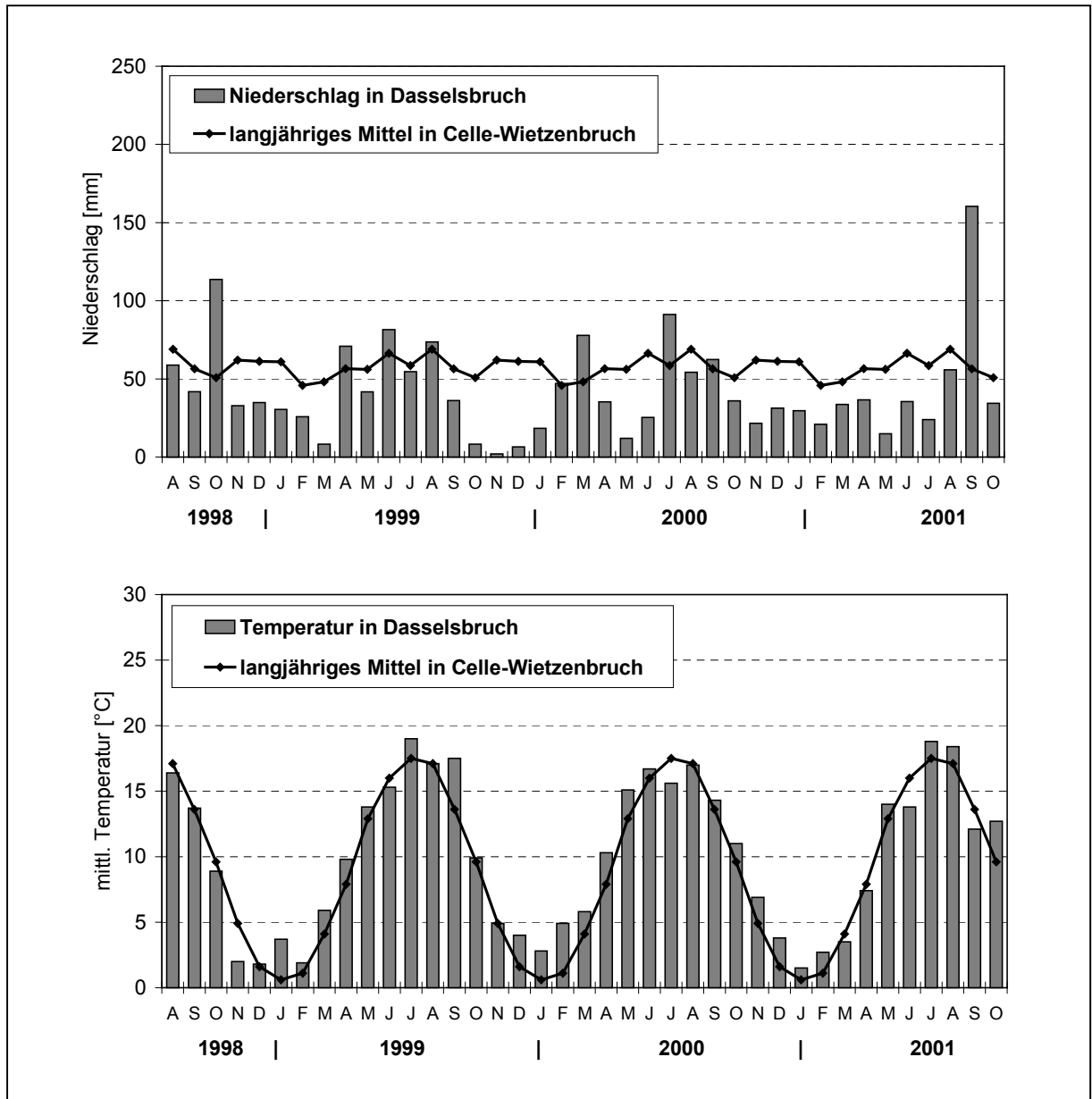


Abb. 7: Niederschlag und Temperatur im Versuchszeitraum 1998 bis 2001 am Untersuchungsstandort Dasselsbruch und im langjährigen Mittel in Celle-Wietzenbruch

Im Untersuchungszeitraum waren die durchschnittlichen Monatsmitteltemperaturen nur selten erreicht worden. Im November 1998, im Juli 2000, sowie im Juni und September 2001 lagen die Monatsmitteltemperaturen mindestens 1°C unter den durchschnittlichen Werten. Von Dezember 1999 bis Mai 2000 wurde eine Periode mit überdurchschnittlichen Monatsmitteltemperaturen registriert.

### 3.1.4.5 Vergleich der Klimadaten

In Tabelle 11 werden die gemessenen jährlichen Niederschlagssummen für die Versuchsjahre 1999 bis 2001 im Vergleich zum langjährigen Mittel an den Wetterstationen wiedergegeben. Die Versuchsjahre 1999 und 2000 waren vor allem am Untersuchungsstandort Dasselsbruch sehr trocken ausgefallen, während am Standort Reinshof die Durchschnittswerte dieser beiden Versuchsjahre gering unterschritten wurden. In allen Versuchsjahren fiel am Untersuchungsstandort Oederquart deutlich mehr Niederschlag als am Untersuchungsstandort Dasselsbruch (1999: +374 mm; 2000: +241 mm; 2001: +546 mm). Im Vergleich zum Untersuchungsstandort Reinshof waren die jährlichen Niederschlagssummen am Standort Oederquart höher (1999: +202 mm; 2000: +183 mm; 2001: +428 mm). Am Untersuchungsstandort Reinshof zeigte sich in allen Versuchsjahren ein höherer Jahresniederschlag als am Versuchsfeld Dasselsbruch (1999: +172 mm; 2000: +58 mm; 2001: +118 mm).

Tab. 11: Jährliche Niederschlagssummen der Versuchsjahre 1999 bis 2001 und langjährige Mittel der Niederschläge (1960 bis 1990) in mm an den Untersuchungsstandorten. Werte in Klammern zeigen die Differenz zum langjährigen Mittel.

	<b>Reinshof</b>	<b>Oederquart</b>	<b>Dasselsbruch</b>
Langjähriges Mittel	647	811	692
1999	612 (-35)	814 (+3)	440 (-252)
2000	572 (-75)	754 (-57)	513 (-179)
2001	647 ( $\pm 0$ )	1075 (+264)	529 (-163)

Im Vergleich der Untersuchungsjahre ist das Jahr 2001 an allen Standorten am regenreichsten gewesen. Das Untersuchungsjahr 2000 war an den Standorten Reinshof und Oederquart am regenärmsten, während am Standort Dasselsbruch das Untersuchungsjahr 1999 sehr regenarm ausfiel.

Tabelle 12 zeigt die gemessenen Jahresmitteltemperaturen für die Versuchsjahre 1999 und 2000 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel aus den Jahren 1960 bis 1990. In den Untersuchungsjahren 1999 und 2000 lagen die Jahresmitteltemperaturen an allen Standorten mindestens 1°C über dem langjährigen Mittel, wobei am Untersuchungsstandort Dasselsbruch in diesem Zeitraum die höchsten Jahresmitteltemperaturen registriert wurden. Das Untersuchungsjahr 2001 war gegenüber den vorhergehenden Jahren deutlich kühler.

Tab. 12: Jahresmitteltemperaturen der Versuchsjahre 1999 bis 2001 und langjährige Mitteltemperaturen (1960 bis 1990) in °C an den Untersuchungsstandorten. Werte in Klammern zeigen die Differenz zum langjährigen Mittel.

	<b>Reinshof</b>	<b>Oederquart</b>	<b>Dasselsbruch</b>
langjähriges Mittel	8,7	8,4	8,9
1999	9,7 (+1,0)	10,0 (+1,6)	10,2 (+1,3)
2000	10,1 (+1,4)	10,0 (+1,6)	10,4 (+1,5)
2001	9,2 (+0,5)	8,8 (+0,4)	9,2 (+0,3)

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Die Untersuchungsjahre 1999 und 2000 waren im Vergleich zum langjährigen Mittel zu warm und am Untersuchungsstandort Dasselsbruch auch zu trocken. Für das Untersuchungsjahr 2001 ergibt sich ein heterogenes Bild: Während am Untersuchungsstandort Oederquart sehr hohe Niederschlagsmengen anfielen, waren am Untersuchungsstandort Reinshof durchschnittliche Niederschlagsmengen zu beobachten. Am Untersuchungsstandort Dasselsbruch wurde allerdings, wie in den vorangegangenen Jahren, die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge unterschritten. Die Jahresmitteltemperaturen wurden im Jahre 2001 an allen Standorten nur unwesentlich überschritten.

### 3.1.5 Versuchsanlage und -durchführung

Zur Quantifizierung der Stickstoff-Fixierleistung und der Stickstoff-Flächenbilanz beim Anbau von Futterleguminosen wurden Rein- und Gemengesaaten von drei Futterleguminosenarten (*Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L., *Trifolium resupinatum* L.) in faktoriellen Feldversuchen mit drei Feldwiederholungen angelegt. Um die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Leguminosen ermitteln zu können, wurden für die Futterleguminosen-Arten Luzerne und Rotklee mit Wiesenschwingel (*Festuca pratensis* HUDS.) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.) zwei nichtlegume Referenzpflanzen angebaut. Für den Persischen Klee wurde als Referenzfrucht Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum* LAMK.) ausgewählt. Die Sortenwahl der Futterleguminosen erfolgte nach Kriterien wie Nachwuchsvermögen, Blühbeginn und genetische Variabilität. Es fanden nur Sorten Verwendung, die in der landbaulichen Praxis häufig eingesetzt werden (Tab. 13). Bei Spitzwegerich wurde Handelssaatgut eingesetzt. Die Versuchsanlagen umfassten an jedem Standort 14 Prüfglieder: Luzerne und Rotklee mit je drei Sorten in Reinsaat und zwei Sorten Persischer Klee in Reinsaat, sowie Gemenge mit jeweils einer Sorte der Leguminosen mit einer Sorte der Poaceen (Rotklee + Wiesenschwingel, Luzerne + Wiesenschwingel, Persischer Klee + Welsches Weidelgras).

Es wurden je Standort zwei identische Versuchsanlagen eingerichtet. Im Jahre 1998 wurde die Versuchsanlage A, im Jahre 1999 wurde die Versuchsanlage B angelegt. Jede Versuchsanlage stand für zwei Jahre mit übereinstimmenden Prüfgliedern in Hauptnutzung. Die Aussaat für Versuchsanlage A erfolgte an den Standorten Dasselsbruch und Reinshof Mitte August 1998. Aufgrund anhaltender Niederschläge Ende August 1998 wurde am Standort Oederquart die Aussaat erst Mitte September 1998 vorgenommen (Abb. 3). Die Aussaat für die Versuchsanlage B erfolgte an allen Untersuchungsstandorten Mitte August 1999 (Tab. A 1).

Die Prüfglieder von *Trifolium resupinatum* und dessen Referenzfrucht *Lolium multiflorum* wurden aufgrund der mangelnden Winterhärte des Persischen Klees nur im sommerjährigen Anbau für ein Hauptnutzungsjahr geprüft. Daher erfolgte die Ansaat dieser Prüfglieder in der Versuchsanlage A an allen Standorten im April 1999, in der Versuchsanlage B an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch im April 2000 sowie am Standort Oederquart im Mai 2000 (Tab. A 1). An den Standorten Reinshof und Oederquart wurden im Vegetationszeitraum des Jahres 1998 als Vorfrucht Winterweizen angebaut, am Untersuchungsstandort Dasselsbruch wurden im Jahr 1998 verschiedene Futtergräser angebaut, welche eine geschlossene Grasnarbe bildeten. Für die Anlage der Versuchsfelder wurden an allen Standorten geeignete Bodenbearbeitungsmaßnahmen durchgeführt, um ein Saatbett zu erstellen (Wendepflug, Packerwalze, Kreiselegge).



Tab. 13: Verwendete Sorten der untersuchten Futterleguminosen und Poaceen (nach BUNDESSORTENAMT HANNOVER 1999)

	<i>Medicago sativa</i>	<i>Trifolium pratense</i>	<i>Trifolium resupinatum</i>	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Lolium multiflorum</i>
<i>Reinsaaten</i>	Europe	Odenwälder	Felix		
	Franken neu	Titus *	Archibald	Cosmos 11	Lipo *
	Orca	Lucrum			
<i>Gemenge</i>	Europe	Odenwälder	Felix	Cosmos 11	Lipo *

\* tetraploide Sorten

Die Futterleguminosen-Reinsaaten und Referenzfrüchte wurden in einer Saatstärke von 800 keimfähigen Samen pro m<sup>2</sup>, die Gemenge in einer Saatstärke von 400 (Leguminosae) plus 400 (Poaceae) keimfähiger Samen pro m<sup>2</sup> angesät (substitutives Gemenge). Das Saatgut der Gemengepartner wurde gemischt und gemeinsam in Reihen abgelegt (mixed intercropping, AUFHAMMER 1999). Eine Beimpfung des Leguminosen-Saatgutes mit Rhizobien-Präparaten wurde nicht durchgeführt. Die einzelnen Parzellen eines Prüfgebietes bestanden aus je drei Drillspuren mit acht Drillreihen je Drillspur, die einen Reihenabstand von 18 cm aufwiesen.

Im Versuchszeitraum von 1999 bis 2001 wurden die Untersuchungsflächen nicht gedüngt. Vor Anlage der Feldversuche wurden im Jahr 1998 zur Vorfrucht am Untersuchungsstandort Reinshof und Oederquart ca. 200 kg ha<sup>-1</sup> Stickstoff und am Untersuchungsstandort Dasselsbruch 40 kg ha<sup>-1</sup> Stickstoff ausgebracht.

Zur Regulation des Beikrautbewuchses wurde auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet. An den Standort Reinshof und Dasselsbruch waren nur geringe Auflaufraten und Bestandesdichten standortspezifischer Beikräuter zu beobachten. Die Bekämpfung erfolgte mechanisch mit Roll- und Handhacke. Die zumeist geringe Biomasse der Beikräuter verblieb nach der Bekämpfung auf der Fläche, um keinen Stickstoff zu entziehen. Am Standort Oederquart waren zeitweise hohe Bestandesdichten von *Stellaria media* und *Lolium perenne* anzutreffen. Dennoch wurde lediglich mechanische Bekämpfung durchgeführt. Allerdings war die anfallende Biomasse zu groß, um sie auf der Untersuchungsfläche zu belassen. Die entzogenen Stickstoffmengen wurden aus arbeitstechnischen Gründen nicht immer quantifiziert.

### **3.1.6 Pflanzenmaterial**

#### **3.1.6.1 Ernte der Sprossmasse**

Der Aufwuchs der Pflanzenbestände wurde bei der Ernte oberirdisch in zwei Fraktionen aufgeteilt: Schnittgutmassen-Ertrag und Stoppelmassen-Ertrag. Der Schnittzeitpunkt richtete sich nach den Entwicklungsstadien von Rotklee, Luzerne und Persischem Klee. In den meisten Fällen wurden die Schnitte zwischen Blühbeginn und Vollblüte vorgenommen.

Die Maße und die Ausrichtung der Parzellen in den Versuchsanlagen erlaubte die Beerntung von Hand sowie den Einsatz von Erntemaschinen. Zur Ermittlung der Trockenmassegehalte und der N-Gehalte der verschiedenen Ertragskomponenten wurden Pflanzenproben in Kleinteilflächen (1,50 m Länge und 4 Drillreihen mit 0,18 m Reihenabstand = 1,08 m<sup>2</sup>) mit Gartenscheren geerntet. Die Ernte in den Kleinteilflächen wurden immer in den mittleren vier der acht Drillreihen einer Säspur vorgenommen, um Randeffekte auszuschließen. Das Schnittgut wurde bei einer Schnitthöhe von etwa 5 cm geerntet. Anschließend wurde die Stoppelmasse durch einen direkt auf der Bodenoberfläche durchgeführten Schnitt gewonnen. Eine Kleinteilfläche wurde im Versuchsverlauf nur einmal beerntet. Bei jedem Schnitt wurde daher ein anderer Abschnitt einer Drillspur für die Ernte in einer Kleinteilfläche genutzt. Daneben erfolgte an allen Untersuchungsstandorten auf einer Teilfläche von ca. 10 m<sup>2</sup> eine Mahd mit Futtervollertern (Typ Wintersteiger, Hege oder Haldrup). Am Untersuchungsstandort Reinshof wurde die Frischmasse des Erntegutes direkt mit einem automatischen Wäge- und Rechnersystem bei der Ernte ermittelt (Typ HarvestData System HM 300, Fa. Wintersteiger). Durch Aliquots der Erntemasse ließ sich die Trockenmasse bestimmen. An den Untersuchungsstandorten Oederquart und Dasselsbruch wurden durch die Versuchsingenieure der Landwirtschaftskammer Hannover vergleichbare Ertragsermittlungen durchgeführt. Nach jedem Schnitttermin wurde an allen Untersuchungsstandorten das Erntegut vollständig von der Versuchsfläche entfernt.

#### **3.1.6.2 Ernte der Wurzelmasse**

In jeder Parzelle der drei Versuchsfelder wurde in den Untersuchungsjahren 1999 bis 2001 zum letzten Schnitt in der Vegetationsperiode eine Probenahme zur Bestimmung der Wurzelmasse der untersuchten Prüfglieder vorgenommen. Die Probenahme erfolgte mit Rammkernsonden (Fa. Stitz), die einen Innendurchmesser von ca. 8,7 cm aufweisen. Im Untersuchungsjahr 1999 wurden nur Rammkernsonden mit 50 cm Länge eingesetzt, während in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 die Bohrtiefe auf 100 cm erweitert wurde. Die Rammkernsonden wurden per Handbetrieb von einem Abbruchhammer (Typ HM 1400, Fa. Makita) vorgetrieben. Die Ernte der Wurzelbiomasse wurde nach der Ernte der Spross- und Stoppelmasse in den angelegten Kleinteilflächen durchgeführt. Zwei Einstiche wurden auf der

Drillreihe angesetzt, so dass die Pflanzenwurzel in der Rammkernsonde zentral erfasst wurde. Zwei weitere Einstiche wurden zwischen den Drillreihen entnommen, um die Seitenwurzeln zu erfassen. Die gewonnenen Bodensäulen wurden in Segmenten zu je 25 cm Länge zerlegt. Die vier Einstiche einer Entnahmetiefe pro Parzelle (0 bis 25 cm und 25 bis 50 cm in den Jahren 1999 bis 2001, sowie zusätzlich 50 bis 75 cm und 75 bis 100 cm in den Jahren 2000 bis 2001) wurden gemischt und in Polyethylenbeuteln transportiert.

### 3.1.6.3 Aufbereitung der Pflanzenproben zur Analyse

Die Unterteilung des Erntegutes in Schnittgutmasse und Stoppelmasse sowie die Sortierung der Bestandekomponenten (Leguminosen, Gräser, Beikräuter) wurde anhand der auf der Kleinteilfläche gewonnenen Schnittgutmasse und Stoppelmasse durchgeführt. Die Gemengesaaten wurden in die Ertragsbestandteile "Leguminose" und "Nicht-Leguminose" getrennt. Die Frischmassen aller Sprossmasse-Ernten aus den Miniplots wurden mit einer Pflanzenwaage (Fa. Sartorius; Typ BP 34000-P,  $\pm 0,1$  g bis  $\pm 0,5$  g) ermittelt. Die Zerkleinerung des sortierten Erntegutes erfolgte mit einem Laborprobenhäcksler (Fa. Walter & Wintersteiger). Aliquots der Bestandekomponenten wurden für die Inhaltsstoffanalyse (Gesamt-N-Gehalt,  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert) bei 60°C getrocknet und in Polyethylenbeuteln zwischengelagert. Zur Ermittlung des Restfeuchtegehaltes wurden Teilproben des bei 60°C vorgetrockneten Materials bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Stoppelmasseproben wurden in Drahtgitterkörben per Wasserstrahl von Bodenpartikeln vollständig befreit, bevor sie bei 60°C getrocknet wurden.

Die Bodenproben mit der Wurzelmasse wurden im Gewächshaus luftgetrocknet und nach ein bis zwei Tagen bei 60°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Boden wurde gemeinsam mit den Wurzeln zur Trockenmassebestimmung mit einer Pflanzenwaage (Fa. Sartorius, Typ BP 34000-P) gewogen. Die Trennung der Wurzeln von der Bodenmatrix erfolgte durch eine halbautomatische Wurzelwaschanlage (geändert nach Delta-T, Fa. UP) über einem Sieb mit einer Maschenweite von 0,2 mm<sup>2</sup> (BÖHM 1979). Die Wurzeln wurden mit Pinzetten von Kies, Steine und organische Fremdpartikel getrennt und abermals bei 60°C bis zu Gewichtskonstanz getrocknet.

Zur Bestimmung der Gesamttrockenmasse pro Flächeneinheit wurden alle getrockneten Fraktionen der Pflanzenmasse (Schnittgutmasse, Stoppelmasse und Wurzelmasse) auf einer Feinwaage (Fa. Sartorius; Typ BL 310,  $\pm 0,01$  g) ausgewogen. Um die Proben der Analyse zuzuführen, mussten diese mit einer Ultrazentrifugalmühle (Fa. Retsch, Typ ZM 100) auf eine Partikelgröße von  $\leq 0,20$  mm zerkleinert werden. Die gemahlene Proben wurden in Mengen bis zu 10 g zur Aufbewahrung in PE-Behälter (Fa. Roth) überführt. Die Proben wurden mittels einer

speziellen Laborwaage (Fa. Sartorius, Typ M2P;  $\pm 0,001$  mg) in Massen von 3 bis 5 mg in vorgefertigten Zinnkapseln (Größe: 5 x 9 mm; Fa. IVA Analysentechnik) eingewogen, um sowohl in Massenspektrometern (Finnigan MAT 251 oder ThermoQuest Finnigan DELTA<sup>plus</sup>) die Anteile der stabilen Stickstoff-Isotope  $^{15}\text{N}$  und  $^{14}\text{N}$  zu bestimmen, als auch zur Bestimmung der Gesamtstickstoffmenge im Pflanzenmaterial. Als Vergleichsstandard diene Acetanilid ( $\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}$ ). Nähere Angaben zu Messverfahren finden sich u.a. bei KNOWLES & BLACKBURN (1993). Der Stickstoffgehalt aller Proben der Unkräuter wurde mit einem CN-Analysator (Fa. Elementar, Typ Vario EL) gemessen.

### 3.1.7 Analysen und Berechnungen

#### 3.1.7.1 Parameter

Für die nachfolgenden Berechnungen und Darstellungen werden folgende Parameter und Abkürzungen verwendet (erweitert nach SCHMIDTKE 1999 und REITER 2002):

$\text{TM}_{\text{Bt}}$	gesamtpflanzliche Trockenmasse (in dt ha <sup>-1</sup> )
$\text{H}_{\text{TMBt}}$	TM-Harvest-Index = Erntegut-TM $\times$ $\text{TM}_{\text{Bt}}^{-1}$
$\text{N}_{\text{Bt}}$	N-Gehalt der gesamtpflanzlichen Biomasse (in kg ha <sup>-1</sup> )
$\text{H}_{\text{NBt}}$	N-Harvest-Index = Erntegut-N $\times$ $\text{N}_{\text{Bt}}^{-1}$
$\text{N}_{\text{dfa}}$	Anteil Stickstoff aus der Luft in der Leguminosenbiomasse
$\text{N}_{\text{fix}}$	absolute Menge des Stickstoffs aus der Luft (in kg ha <sup>-1</sup> )
$\text{N}_{\text{dfs}}$	Anteil Stickstoff aus dem Boden in der Leguminosenbiomasse
$\text{N}_{\text{Boden}}$	absolute Menge des Stickstoffs aus dem Boden (in kg ha <sup>-1</sup> )
$\text{N}_{\text{trans}}$	transferierter Stickstoff von der Leguminose zur Nichtleguminose im Gemenge (in kg ha <sup>-1</sup> )
$\text{S}$	Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (in kg ha <sup>-1</sup> )
$\text{Sw}$	Erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (in kg ha <sup>-1</sup> )

#### 3.1.7.2 Methoden zur Schätzung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung

Die Schätzung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung der Leguminosen erfolgte an den Untersuchungsstandorten Reinshof und Oederquart mit der bei SHEARER & KOHL (1986) beschriebenen  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode (natural  $^{15}\text{N}$  abundance method). Der Anteil des Stickstoffs aus der Luft in der Biomasse der im Feld gewachsenen Leguminosen kann mit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode als Integral über die Zeit erfasst werden. Das natürliche Vorkommen der stabilen, nicht-radioaktiven Stickstoff-Isotope  $^{15}\text{N}$  und  $^{14}\text{N}$  in der Luft und das damit verbundene weltweit konstante Vorkommen von  $^{15}\text{N}$  (0,3663 atom %) im molekularen Luftstickstoff liefern die Grundvoraussetzung für diese Methode (JUNK & SVEC 1958, MARIOTTI 1983). Das  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -Verhältnis wird im natürlich vorkommenden Bereich allgemein als  $\delta^{15}\text{N}$  angegeben und entspricht der

tausendstel atom %  $^{15}\text{N}$ -Abweichung vom Standard Luft (SHEARER & KOHL 1986). Der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert einer Probe wird demnach in ‰ angegeben. Nach dieser Definition ist der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Luft gleich Null. Unterschiede im Isotopenverhältnis zwischen dem molekularen Atmosphären-Stickstoff und dem pflanzenverfügbaren Stickstoff im Boden können herangezogen werden, um in der Biomasse der Leguminosen den Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa: **N**itrogen **d**erived from the **a**tmosphere) zu bestimmen. Zu diesem Zweck ist zusätzlich der Anbau von nicht-nodulierenden Referenzpflanzen neben den Leguminosen nötig, in diesem Fall Poaceen (*Festuca pratensis* und *Lolium multiflorum*) als monokotyle Pflanzen sowie die dikotyle Pflanze *Plantago lanceolata*. Die Referenzpflanze nimmt ausschließlich Boden-Stickstoff auf und soll daher den  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im pflanzenverfügbarem Bodenstickstoff abbilden.

Am Untersuchungsstandort Dasselsbruch wurde eine modifizierte  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode (Spurenanreicherung nach REITER et al. 2002a) angewandt, bei der der Boden der Versuchsfläche großflächig durch Zufuhr geringer Mengen mineralischen Stickstoffs künstlich mit  $^{15}\text{N}$  angereichert wurde (ähnlich der klassischen  $^{15}\text{N}$  isotope dilution method, McAULIFFE et. al. 1958, CHALK 1985).

### 3.1.7.3 Bestimmung der Isotopendiskriminierung

Da bei der symbiotischen Stickstoff-Fixierung der Leguminosen eine art- und sortenspezifische Isotopendiskriminierung stattfindet, muss dieser Faktor ( $\beta$ ) als Korrekturgröße in die Berechnung von Ndfa mit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode einfließen (SCHMIDTKE 1997a). Zu diesem Zweck wurden von allen zu prüfenden Leguminosen im Gewächshaus Kulturen in Gefäßen mit Vermiculit-Perlit auf N-freiem Nährmedium angezogen (acht Wiederholungen je Sorte). Die Samen der Leguminosen wurden vor der Aussaat zunächst sterilisiert und mit artspezifischen Rhizobienkulturen inokuliert. Für die Kleearten und- sorten wurde *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* (Stamm Tal 381, Herkunft: DSMZ) verwendet, bei den Luzernesorten wurde *Sinorhizobium meliloti* (Stamm ATCC 10312, Herkunft: DSMZ) eingesetzt. Die Nährlösung für die Vermehrung der Bakterien wurde nach Angaben von WERNER et al. (1975) zusammengestellt. Während ihres Wachstums wurden die Leguminosen täglich mit N-freier Nährlösung (WERNER et al. 1975) versorgt. In wöchentlichem Abstand wurden die Gefäße mit destilliertem Wasser gespült, um u.a. wachstumshemmende Pflanzenexsudate zu beseitigen.

Nach 14 bis 20 Wochen Wachstumsdauer wurden die Pflanzen geerntet und in Spross und Wurzelmasse aufgeteilt. Nach Trocknung bei 60°C wurden die Trockenmasseerträge ermittelt. Durch Massenspektrometeranalyse und vorgeschalteter Elementaranalyse (Abschnitt 3.1.6.3) wurden die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte und die Gesamtstickstoffmengen in der Biomasse bestimmt. Die in Tabelle 14 dargestellten Werte für den gewogenen gesamt-pflanzlichen Mittelwert werden als Korrekturgrößen ( $\delta^{15}\text{N}_0$ ) für die Berechnung von Ndfa verwendet.

Tab. 14:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte in der Biomasse der auf N-freiem Nährmedium angezogenen Leguminosen (Angaben in Promille)

Pflanzenart und -sorte	Spross	Wurzel	gewogenes gesamt- pflanzliches Mittel
Luzerne cv. Europe	- 0,83147	- 0,69947	- 0,78089
Luzerne cv. Franken neu	- 1,12118	- 0,86238	- 1,02076
Luzerne cv. Orca	- 1,02038	- 0,81013	- 0,96283
Rotklee cv. Odenwälder Rotklee	- 0,66776	- 0,66303	- 0,66517
Rotklee cv. Titus	- 0,67538	- 0,58325	- 0,65024
Rotklee cv. Lucrum	- 1,23512	- 0,90422	- 1,15841
Persischer Klee cv. Felix	- 0,96064	- 0,69822	- 0,88439
Persischer Klee cv. Archibald	- 1,08216	- 0,67235	- 1,00253

#### 3.1.7.4 $^{15}\text{N}$ -Spurenanreicherung

Am Untersuchungsstandort Dasselsbruch wurden Voruntersuchungen an nichtlegumen Pflanzenmaterial durchgeführt, um über  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte die Isotopenkonzentrationen am Standort bestimmen zu können. Die Untersuchungen im Juli 1998 ergaben für die Sprossmasse von *Taraxacum officinale* einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von - 0,912. Daher wurde für eine erfolgreiche Bestimmung der Stickstoff-Fixierleistung von Leguminosen eine Anreicherungen des Bodens mit  $^{15}\text{N}$ -Düngemitteln notwendig. Zu diesem Zweck wurde  $\text{CO}(^{15}\text{NH}_2)_2$  mit 10 atom %  $^{15}\text{N}$  als Dünger verwendet (Urea, Fa. Euriso-Top). Nach Gleichung 1 wurde der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert des eingesetzten Harnstoff-Düngers berechnet (PEOPLES et al. 1989, REITER et al. 2002a):

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{{}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N} (\text{Probe}) - {}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N} (\text{Standard})}{{}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N} (\text{Standard})} \times 1000 \quad (1)$$

Als Standard diente molekularer Luftstickstoff (0,3663 atom %  $^{15}\text{N}$ , MARIOTTI 1983). Daraus ergab sich ein  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 29222 ‰.

Die Applikation von  $^{15}\text{N}$ -Harnstoff am Untersuchungsstandort Dasselsbruch erfolgte für die Versuchsfläche A zu zwei Zeitpunkten: Anfang September 1998, gut zwei Wochen nach der Aussaat sowie am 17.04.2000. Die Versuchsfläche B wurde ebenfalls zu zwei Zeitpunkten mit  $^{15}\text{N}$ -Harnstoff angereichert: Ende August 1999, zwei Wochen nach der Aussaat sowie am 12.03.2001.

Für die Düngetermine im Spätsommer wurde  $^{15}\text{N}$ -Harnstoff in einer Menge von 25 g in einer Feldspritze mit 300 l Wasser gelöst. Das Gemisch wurde in mehreren Fahrten gleichmäßig auf der Versuchsfläche (je Versuchsanlage 2800 m<sup>2</sup>) ausgebracht. Dies entsprach einer applizierten Düngermenge von 7 g N ha<sup>-1</sup> bzw. 0,7 g  $^{15}\text{N}$  ha<sup>-1</sup>. Die Applikationen im Frühjahr wurden auf gleiche Art und Weise, allerdings lediglich mit 12,5 g  $^{15}\text{N}$ -Harnstoff durchgeführt.

### 3.1.7.5 Berechnung der Trockenmasse-Erträge und der Stickstoff-Fixierleistung

Die Schnittgutmasse einer Vegetationsperiode setzte sich aus mehreren Aufwüchsen zusammen, die in aufeinanderfolgenden Zeitpunkten geerntet wurden (Abschnitt 3.1.4.1). Die Ergebnisse dieser Arbeit beziehen sich ausschließlich auf Jahresgesamterträge. Ergebnisse für einzelne Aufwüchse werden nicht angegeben. Die Schnittgutmassenerträge einzelner Erntezeitpunkte bilden den Jahresgesamtertrag der Schnittgutmasse (in dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>):

$$TM_{\text{Schnittgut}} = TM_{\text{Aufwuchs 1}} + TM_{\text{Aufwuchs 2}} + TM_{\text{Aufwuchs 3}} + TM_{\text{Aufwuchs 4}} \quad (2)$$

$TM_{\text{Aufwuchs}}$ : Schnittgutertrag eines Aufwuchses (maximal 4 pro Vegetationsperiode)

$TM_{\text{Schnittgut}}$ : Jahresgesamtertrag der Schnittgutmasse

Alle Angaben in dt ha<sup>-1</sup>

Unter Einbeziehung von Gleichung 2 wird die zuwachsbezogene Quantifizierung des Trockenmasse-Gesamtertrages über das Jahr (in dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) durch die Addition von Stoppelmasse und Wurzelmasse zum letzten Erntezeitpunkt ergänzt:

$$TM_{\text{Bt}} = TM_{\text{Schnittgut}} + TM_{\text{Stoppel}} + TM_{\text{Wurzel}} \quad (3)$$

$TM_{\text{Stoppel}}$ : Stoppelmassenertrag zum letzten Erntezeitpunkt im Jahr

$TM_{\text{Wurzel}}$ : Wurzelmassenertrag zum letzten Erntezeitpunkt im Jahr

Alle Angaben in dt ha<sup>-1</sup>

Im nächsten Schritt wurde durch Multiplikation der Stickstoffgehalte (%) der einzelnen Erntefractionen (Aufwüchse, Stoppel und Wurzel) mit den TM-Erträgen die N-Menge (kg ha<sup>-1</sup>) berechnet. Die N-Mengen der Erntefractionen ( $N_{\text{Schnittgut}}$ ,  $N_{\text{Stoppel}}$ ,  $N_{\text{Wurzel}}$ ) wurden zur gesamt-pflanzlichen Biomasse ( $N_{\text{Bt}}$ ) zusammengefasst (Gleichungen 2 und 3). Alle N-Mengen werden im folgenden in kg ha<sup>-1</sup> angegeben.

Mit den Massenspektrometern (Abschnitt 3.1.6.3) wurden  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte für die beschriebenen Ertragskomponenten ermittelt. Mit diesen Messwerten wurde durch

Multiplikation mit den N-Gehalten der Pflanzenteile ein gewogener  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert berechnet (REITER et. al. 2002b):

$$\delta^{15}\text{N}_w = \frac{(N_{\text{Schnittgut}} \times \delta^{15}\text{N}_{\text{Schnittgut}}) + (N_{\text{Stoppel}} \times \delta^{15}\text{N}_{\text{Stoppel}}) + (N_{\text{Wurzel}} \times \delta^{15}\text{N}_{\text{Wurzel}})}{(N_{\text{Schnittgut}} + N_{\text{Stoppel}} + N_{\text{Wurzel}})} \quad (4)$$

$\delta^{15}\text{N}_w$  : gewogener  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert in der gesamtpflanzlichen Biomasse  
 $N_{\text{Schnittgut}}, N_{\text{Stoppel}}, N_{\text{Wurzel}}$  : N im Schnittgut, in der Stoppelmasse und in den Wurzeln  
 ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ); Summe =  $N_{\text{Bt}}$   
 $\delta^{15}\text{N}_{\text{Schnittgut}}, \delta^{15}\text{N}_{\text{Stoppel}}, \delta^{15}\text{N}_{\text{Wurzel}}$  :  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Schnittgut, in der Stoppelmasse und in den Wurzeln

Anhand der gewogenen  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Leguminosen und Referenzpflanzen ( $\delta^{15}\text{N}_w$ ) wurde der gesamtpflanzliche N-Anteil aus der Luft ( $N_{\text{dfa}}$ ) in der Leguminose berechnet. Die Korrekturgröße für die Isotopendiskriminierung ( $\delta^{15}\text{N}_0$  als gewogenes gesamtpflanzliches Mittel; Abschnitt 3.1.7.3) musste dabei berücksichtigt werden und ist Bestandteil der Gleichung (SHEARER & KOHL 1986):

$$N_{\text{dfa}} = (\delta^{15}\text{N}_{w\text{Ref}} - \delta^{15}\text{N}_{w\text{Leg}}) \times (\delta^{15}\text{N}_{w\text{Ref}} - \delta^{15}\text{N}_0)^{-1} \quad (5)$$

$\delta^{15}\text{N}_{w\text{Ref}}$  : gewogener  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der gesamtpflanzlichen Biomasse  
 in der Referenzpflanze  
 $\delta^{15}\text{N}_{w\text{Leg}}$  : gewogener  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der gesamtpflanzlichen Biomasse der Leguminose  
 $\delta^{15}\text{N}_0$  : gewogenes gesamtpflanzliches Mittel des  $\delta^{15}\text{N}$ -Wertes der auf  
 N-freiem Nährmedium gewachsenen Leguminose

Die Multiplikation des N-Anteils aus der Luft ( $N_{\text{dfa}}$ ) mit der Gesamt-N-Menge in der Biomasse ( $N_{\text{Bt}}$ ) ergab die symbiotisch fixierte N-Menge ( $N_{\text{fix}}$ ) in der Gesamtbiomasse eines Hauptnutzungsjahres (HNJ) in  $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

$$N_{\text{fix}} = N_{\text{dfa}} \times N_{\text{Bt}} \quad (6)$$

Alle Angaben in  $\text{kg N ha}^{-1}$ , außer  $N_{\text{dfa}}$  ( $0 \leq N_{\text{dfa}} \leq 1$ )

Der Anteil des von der Pflanze aufgenommen bodenbürtigen Stickstoff ( $N_{\text{dfs}}$  = **Nitrogen derived from the soil**) errechnete sich aus dem Differenzbetrag zwischen 1 und  $N_{\text{dfa}}$ , während die bodenbürtige N-Menge ( $N_{\text{Boden}}$  in  $\text{kg ha}^{-1}$ ) aus der Differenz zwischen  $N_{\text{Bt}}$  und  $N_{\text{fix}}$  ermittelt wurde.



Ein Versuch zur Darstellung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim Anbau von Leguminosen wurde von SCHMIDTKE (1996) unternommen. Gleichung 7 zeigt den Einfluss der N-Zufuhr und des N-Entzuges auf den N-Saldo. Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Gleichung ist die Tatsache, dass während des Leguminosen-Anbaus kein Dünger-N verabreicht wird.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{S} &= [\mathbf{N}_{\text{Bt}} \times (1 - \mathbf{H}_{\text{NBt}}) \times \mathbf{N}_{\text{dfa}}] - [\mathbf{N}_{\text{Bt}} \times (1 - \mathbf{N}_{\text{dfa}}) \times \mathbf{H}_{\text{NBt}}] & (7) \\
 &= (\mathbf{N}_{\text{Bt}} \times \mathbf{N}_{\text{dfa}}) - (\mathbf{N}_{\text{Bt}} \times \mathbf{H}_{\text{NBt}}) \\
 &= \mathbf{N}_{\text{fix}} - \mathbf{N}_{\text{Schnittgut}}
 \end{aligned}$$

S,  $\mathbf{N}_{\text{Bt}}$ ,  $\mathbf{N}_{\text{fix}}$  und  $\mathbf{N}_{\text{Schnittgut}}$  in  $\text{kg ha}^{-1}$   
 $\mathbf{N}_{\text{dfa}}$  und  $\mathbf{H}_{\text{NBt}}$ :  $0 \leq \mathbf{N}_{\text{dfa}} \leq 1$ ;  $0 \leq \mathbf{H}_{\text{NBt}} \leq 1$

Durch mathematische Umformung auf wenige Parameter wird gezeigt, dass die N-Zufuhr ausschließlich als symbiotisch fixierte Luft-N-Menge definiert ist, während der N-Entzug beim Anbau von Futterleguminosen ausschließlich über die Abfuhr des Schnittgutes erfolgt.

### 3.1.7.6 Berechnung des Transfer-Stickstoffs im Gemengeanbau

Die Anwendung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methoden zur Schätzung der Stickstoff-Fixierleistung beim Anbau von Leguminosen im Gemenge mit Gräsern ermöglicht unter bestimmten Voraussetzungen die Schätzung jener symbiotisch fixierter N-Menge, die im Laufe der Vegetationsperiode durch verschiedene Mechanismen über den Boden an den nicht-legumen Gemengepartner von der Leguminose abgegeben werden (siehe Abschnitt 4.1.9). Nachfolgend werden die Formeln genannt, mit deren Hilfe sowohl der Anteil, als auch die absolute Höhe (in  $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) des transferierten Stickstoffs ( $\mathbf{N}_{\text{trans}}$ ) berechnet wurde. Die gewogenen Mittelwerte der Parameter aus Gleichung 8 wurden auf gleiche Art und Weise ermittelt, wie in Gleichung 4 beschreiben. Jedoch beziehen sich alle Berechnungen für  $\mathbf{N}_{\text{trans}}$  lediglich auf die Sprossmasse, welche als Schnittgut in verschiedenen Aufwüchsen geerntet wurde.

$$N_{\text{trans}} = (\delta^{15}\text{N}_{\text{wsRef}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{wsGem}}) \times (\delta^{15}\text{N}_{\text{wsRef}} - \delta^{15}\text{N}_0)^{-1} \quad (8)$$

$\delta^{15}\text{N}_{\text{wsRef}}$  : gewogener  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Sprossmasse bei der Referenzpflanze

$\delta^{15}\text{N}_{\text{wsLeg}}$  : gewogener  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Sprossmasse beim nicht-legumen Gemengepartner

$\delta^{15}\text{N}_0$  :  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert einer auf N-freiem Nährmedium gewachsenen Leguminose (Spross)

Durch die Multiplikation des Transfer-N-Anteils mit der Gesamt-N-Menge in der Sprossmasse des nicht-legumen Gemengepartners ( $N_{\text{Schnittgut nlGem}}$ ) wurde die transferierte N-Menge ( $N_{\text{trans}}$ ) in  $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  dargestellt (Gleichung 9):

$$N_{\text{trans}} [\text{in kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}] = N_{\text{trans}} (\text{Anteil}) \times N_{\text{Schnittgut nlGem}} \quad (9)$$

### 3.1.8 Statistische Verfahren

Statistische Analysen wurden mit Hilfe des Programmpaketes SAS für Personalcomputer vorgenommen (SAS-INSTITUTE 1999, Version 8.1). Tests auf Normalverteilung der Residuen wurden mit dem Shapiro-Wilk-Test (SHAPIRO & WILK 1965) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden für die Tabellendarstellung einzelner Parameter als einfaktorielle Varianzanalyse nach den Faktoren Anbauform, Art und Sorte gesondert verrechnet (vollständig randomisierte einfaktorielle Blockanlagen, SAS Prozedur GLM). Zusätzlich wurden für die wichtigsten Messparameter mehrfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt, um Wechselwirkungen zwischen den untersuchten Faktoren aufzudecken.

Multiple Vergleiche der Mittelwerte und simultane Vertrauensbereiche wurden mit Hilfe des Tukey-Testes ermittelt (TUKEY 1953). Simultane Irrtumswahrscheinlichkeiten wurden, wenn nicht anders angegeben, für  $P < 0,05$  berechnet. Mittelwerte relativer Häufigkeiten wurden erst nach Winkeltransformation ( $\arcsin \sqrt{x}$ ) miteinander verglichen (SACHS 1992) Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten einzelner Prüfglieder wurden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet. Bei Varianzanalysen und Regressionsanalysen ist die Irrtumswahrscheinlichkeit mit " \* " für  $P < 0,05$ ; mit " \*\* " für  $P < 0,01$  sowie mit " \*\*\* " für  $P < 0,001$  angegeben. Ferner wurden graphische Abbildungen mit Hilfe des Programmes SigmaPlot 2001 (Version 7.101) hergestellt.

### 3.2 Abschnitt 2 - Ableitung von Kalkulationstabellen

Zur Zeit werden beim Anbau von Futterleguminosen einige wenige Faustzahlen zur Ermittlung der Höhe der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung angewandt (SCHUVO 1996, KRIEG 2000). N-Flächenbilanzen werden dabei auf Grundlage von Feldfruchterträgen indirekt abgeleitet. Die gesetzlichen Vorschriften der Düngeverordnung fordern gleichwohl möglichst treffgenaue Bilanzsalden, um Auswaschungsverluste ins Grundwasser zu vermeiden (HEYN et al. 2002). SCHMIDTKE (1997b) konnte nachweisen, dass mit einfachen Faustzahlen weder die  $N_2$ -Fixierleistung, noch die N-Flächenbilanzsalden beim Anbau von Leguminosen hinreichend geschätzt werden können. Des Weiteren können u.a. der Standort oder der Genotyp (Sorte) der angebauten Leguminose einen Einfluss auf die symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung ausüben (SCHMIDTKE 1996). Im Folgenden wird deshalb ein verbessertes Schätzverfahren vorgeschlagen. Damit könnten Landwirte in Zukunft in die Lage versetzt werden, N-Flächenbilanzsalden beim Anbau von Futterleguminosen mit Hilfe sogenannter Kalkulationstabellen abzuleiten. Die Entwicklung eines verbesserten Schätzverfahrens aus den Ergebnissen der in dieser Arbeit beschriebenen Feldversuchen erfordert verschiedene sachlogische Schritte, die nachfolgend erläutert werden.

#### 3.2.1 Voraussetzungen zur Ableitung einer Kalkulationstabelle

Um für bestimmte Nutzungssysteme Schätzverfahren ableiten zu können, sollten einige Grundvoraussetzungen erfüllt sein: Die eingesetzten Basisdaten müssen mehrjährigen und mehrortigen Feldversuchen entstammen. Ferner müssen die Bestandesparameter mit einheitlichen Methoden erhoben worden sein. Daher ist es naheliegend, zunächst die in dieser Arbeit beschriebenen Daten zu verwenden. Theoretisch könnten allerdings auch bereits anderwertig in der Literatur beschriebene Daten eingesetzt werden. Grundsätzlich gilt, das je größer und vielschichtiger der Datenvorrat, desto genauer die Ableitung eines Schätzverfahrens.

Ein Modell zur Ableitung von Kalkulationstabellen muss auf wenige realitätsnahe Kenngrößen reduziert werden, um in der Praxis angewandt zu werden. Folgende Zielgrößen mussten herangezogen werden, um grundlegende Zusammenhänge herzustellen:

- A. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag
- B. Schnittgut-Trockenmasse- Ertrag
- C. N-Ertrag des Schnittgutes
- D. Gesamtpflanzlich akkumulierte N-Menge *oder* N-Menge in den Ernteresten
- E. Residuale  $N_{\min}$ -Menge im Boden

Schnittgut-Frischmasse-Erträge sowie Schnittgut-Trockenmasse-Erträge wurden in allen Nutzungssystemen zu Jahressummen zusammengefasst. Die Ertragsmengen der Erntereste wurden zuwachsbezogen für einzelne Hauptnutzungsjahre ermittelt (Abs. 3.1.7.5). Mit Hilfe der relevanten N-Parameter konnten für alle Nutzungssysteme vereinfachte N-Flächenbilanzsalden geschätzt werden. Zusätzlich wurde in einigen Fällen, soweit dies auf Grund der aktuellen Datengrundlage aus der Literatur möglich war, die Bestimmung erweiterter N-Flächenbilanzsalden durchgeführt (Abs. 3.2.4). Die Ableitung der Kalkulationsverfahren erfolgte nach einer von SCHMIDTKE (2001) entwickelten Methode zur Schätzung der erweiterten symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistung und des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim Anbau von Futterleguminosen-Reinsaaten.

### **3.2.2 Nutzungssysteme**

Kalkulationstabellen wurden für die Arten Luzerne (*Medicago sativa*), Rotklee (*Trifolium pratense*) und Persischer Klee (*Trifolium resupinatum*) erstellt. Zwei Anbauformen werden dabei für jede Futterleguminosenart unterschieden:

- Reinsaaten der Leguminosen
- Gemengesaaten der Leguminosen mit Gräsern

Ferner wurden drei Nutzungszeiträume unterschieden:

a.) einjähriger Anbau:

Ansaat im Frühling (März oder April), letzte Ernte im Spätsommer oder Frühherbst des gleichen Jahres (ein Hauptnutzungsjahr).

b.) überjähriger Anbau:

Ansaat im Frühsommer oder Spätsommer, eine Überwinterung, letzte Ernte im Spätsommer oder Frühherbst des folgenden Jahres (ein Hauptnutzungsjahr).

c.) zweijähriger Anbau:

Ansaat im Frühsommer oder Spätsommer, erste Überwinterung, Endernte im Spätsommer oder Frühherbst des folgenden Jahres, zweite Überwinterung, letzte Ernte im Spätsommer oder Frühherbst des zweiten Jahres (zwei Hauptnutzungsjahre).

Die Luzerne- und die Rotklee-Bestände wurden lediglich im überjährigen und zweijährigen Anbau untersucht, während die Bestände des Persischen Klees nur im einjährigen Anbau geprüft wurden.

Als Konsequenz der Kombination von Pflanzenart, Anbauform sowie Nutzungsdauer werden zehn verschiedene Nutzungssysteme definiert:

1. Luzerne-Reinsaat - überjähriger Anbau
2. Luzerne-Reinsaat - zweijähriger Anbau
3. Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau
4. Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau
5. Rotklee-Reinsaat - überjähriger Anbau
6. Rotklee-Reinsaat - zweijähriger Anbau
7. Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau
8. Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau
9. Persischer Klee - einjähriger Anbau
10. Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras - einjähriger Anbau

### 3.2.3 Umsetzung zu Kalkulationstabellen

Um in der landwirtschaftlichen Praxis anwendbare Kalkulationstabellen zu entwickeln, mussten mehrere Zielvariablen über Regressionsanalysen ermittelt werden. Die Korrelationen von abhängigen auf unabhängige Variablen wurden für jede Zielvariable auf zwei Wegen durchgeführt. Zum einen wurden die Werte einzelner Parzellen, zum anderen die Mittelwerte eines Prüfgebietes je Standort in regressionsanalytischen Auswertungen genutzt. Die Qualität der resultierenden Zusammenhänge wurde mit Hilfe des Bestimmtheitsmaßes ( $r^2$ ) dargestellt. Nachfolgend wurde für die jeweilige Schätzung einer Zielvariable diejenige Regressionsgleichung herangezogen, die das höhere Bestimmtheitsmaß aufwies. Abbildung 8 zeigt die Reihenfolge von Rechenschritten, die vollzogen wurden, um zu den gesuchten Zielvariablen zu gelangen.

Im praktischen Feldfutterbau ist in der Regel die Schnittgut-Frischmasse eine bekannte bzw. vergleichsweise einfach zu schätzende Kenngröße. Daher wurde mit Hilfe der gewonnenen Basisdaten für alle Nutzungssysteme eine Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages aus dem Frischmasse-Ertrag abgeleitet. Dies geschah im 1. Schritt durch Regression der abhängigen Variablen (Schnittgut-Trockenmasse) auf die unabhängige Variable (Schnittgut-Frischmasse). Die so gewonnene Beziehung wurde mit einer Regressionsgleichung dargestellt (Abb. 17, 20 und 21 sowie A 3, A 6, A 7, A 11, A 14, A 17, A 18, A 22, A 23, A 27, A 30 und A 31). Daraus resultierend können in jedem Nutzungssystem Kalkulationstabellen erstellt werden, die für einen praktisch relevanten Frischmasse-Ertrag den zu erwartenden Trockenmasse-Ertrag gegenüber stellen (Tab. 36 bis 37 und 41 bis 43 sowie A 44 bis A 47, A 55 bis A 59, A 72 bis A 74, A 78 bis A 81, A 89 bis A 92, A 102 bis A 108, A 121 und A 123 bis A 124).

Im Anschluss daran wurde in gleicher Weise eine Regressionsanalyse durchgeführt, deren Zielvariable die Schnittgut-N-Menge sowie die gesamtplanzliche N-Menge

war. Unabhängige Variable war in diesen Fällen die Schnittgut-Trockenmasse (Abb. 18, 22 und 23 sowie A 4, A 5, A 8, A 9, A 12, A 13, A 15, A 16, A 19, A 20, A 24, A 25, A 28, A 29, A 32 und A 33). Mit Hilfe der ermittelten Regressionsgleichungen wurde einem bestimmten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag eine gesamt-pflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) in jedem Nutzungssystem zugeordnet (2. Schritt). Nachfolgend wurde aus der gesamt-pflanzlichen N-Menge, der Boden-N-Menge und aus der residualen  $N_{min}$ -Menge die biologisch fixierte N-Menge ( $N_{fix}$ ) berechnet (3. Schritt, Gleichung 10).

$$N_{fix} = N_{Bt} - (\text{Boden-N} - \text{residuale } N_{min}\text{-Menge}) \quad (10)$$

Alle Angaben in  $\text{kg N ha}^{-1}$

$N_{fix}$ : Biologisch fixierte N-Menge aus der Luft in der Biomasse der Leguminose

$N_{Bt}$ : N-Menge in der gesamten Pflanzen-Biomasse

Im 4. Schritt wurde mit den vorliegenden Zielvariablen (N-Entzug über Schnittgut-Ertrag und N-Zufuhr über  $N_{fix}$ ) der vereinfachte N-Flächenbilanzsaldo (Gleichung 7) der Nutzungssysteme berechnet.  $N_{fix}$  wurde dabei wie in Gleichung 10 beschrieben verändert.

Die Nutzungssysteme Reinsaat und Gemengesaat erforderten bei der Umsetzung zu Kalkulationstabellen geringfügig unterschiedliche Herangehensweisen. Die Schätzung der gesamt-pflanzlichen N-Menge (2. Schritt, Abb. 8) konnte bei der Gemengesaat nicht direkt abgeleitet werden, da die Wurzelmasse der Gemengekomponenten gemeinsam erfasst wurde. Stattdessen wurde mit einer Regression der Ernterest-N-Menge bzw. der N-Harvest-Indices auf die Schnittgut-N-Menge der Gemengesaat die gesamt-pflanzliche N-Menge geschätzt (Abb. 24 sowie A 10, A 21, A 26, und A 34). Ferner wurde die Schätzung der Schnittgut-Trockenmasse über die Schnittgut-Frischmasse (1. Schritt, Abb. 8) sowie die Schätzung der Schnittgut-N-Menge über die Schnittgut-Trockenmasse (2. Schritt, Abb. 8) für die zwei Gemengekomponenten Leguminose und Gras getrennt durchgeführt.

### 3.2.4 Erweiterter N-Flächenbilanzsaldo

Um eine treffgenauere Schätzung der N-Flüsse beim Anbau von Futterleguminosen zu erreichen, wurde die N-Rhizodeposition in das Schätzverfahren einbezogen. Zu diesem Zweck werden die Parameter  $N_{dfrl}$ ,  $N_{dfrm}$  und  $N_{rm}$  (Gleichung 11 und 12) genutzt, die bereits in dem von SCHMIDTKE (2001) entwickelten Verfahren abgeleitet wurden. Eigene Messungen dieser Parameter liegen nicht vor, deshalb wird im folgenden auf Literaturangaben zurückgegriffen.

Der Parameter  $N_{dfrl}$  repräsentiert einen wesentlichen Faktor im Stickstoff-Kreislauf eines ein- oder mehrjährigen Pflanzenbestandes. Die Rhizodeposition ist allgemein definiert als die Gesamtmenge der (organischen) Kohlenstoffverbindungen, die über die Pflanzenwurzeln in den Boden gelangen (MARSCHNER 1995). Dies geschieht in der Regel über Exsudate (Aminosäuren, Zucker, organische Säuren), Sekretionsprodukte (hochpolymere Kohlenhydrate, Enzyme) oder Lysate (Inhalte sich auflösender Zellen, Zellwände, ganze Wurzeln). Viele dieser Substanzgruppen enthalten relevante Mengen an Stickstoff, so dass davon auszugehen war, dass eine signifikante N-Menge während der Vegetationsperiode dem Boden zugeführt wurde. Auf Basis von Literaturangaben (HØGH-JENSEN & SCHJØRRING 2001, KUNZMANN 1972) ermittelte SCHMIDTKE (2001) für die Arten Luzerne und Rotklee abgeleitete Werte für  $N_{dfrl}$  und  $N_{dfrm}$  (Gleichung 11), die in dieser Arbeit verwendet wurden. Zusätzlich wurde in den Nutzungssystemen mit erweitertem N-Flächenbilanzsaldo, die Remineralisation der N-Menge aus der Rhizodeposition geschätzt (Gleichung 12).

Im abschließenden 5. Schritt (Gleichung 11) wurde der erweiterte N-Flächenbilanzsaldo ermittelt, soweit aus der Literatur Angaben zum N-Anteil aus der Rhizodeposition vorlagen.

$$\text{Erweiterte N-Flächenbilanz } \mathbf{S_w} = [ N_{fix} \times N_{dfrl} ] + S \quad (11)$$

Alle Größen in  $\text{kg ha}^{-1}$ , außer  $N_{dfrl}$  ( $0 \leq N_{dfrl} \leq 1$ )

$N_{dfrl}$ : Proportion of Nitrogen derived from rhizodeposition and litter

(Stickstoff-Anteil aus der Rhizodeposition und dem Bestandesabfall an der fixierten N-Menge)

Diese erweiterte N-Flächenbilanz wurde nur bei den Nutzungssystemen Luzerne-Reinsaat, Rotklee-Reinsaat sowie Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge angewandt, da nur für diese Nutzungssysteme die notwendigen Kennwerte aus der Literatur vorlagen (Tab. 15). Bei den Nutzungssystemen des Persischen Klees sowie bei dem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wurde in den Kalkulationstabellen lediglich der vereinfachte Stickstoff-Flächenbilanzsaldo angegeben.

$$\text{Remineralisierte N-Menge } \mathbf{N_{rm}} = N_{Bt} \times N_{dfrl} \times N_{dfrm} \quad (12)$$

$N_{rm}$  = remineralisierte N-Menge in  $\text{kg ha}^{-1}$

$N_{dfrm}$  = remineralisierter N-Anteil aus  $N_{dfrl}$

$N_{dfrl}$ : ( $0 \leq N_{dfrl} \leq 1$ )

Die so gewonnenen Daten wurden durch bereits vorliegende Regressionen zwischen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und gesamt-pflanzlicher N-Menge in entsprechenden Kalkulationstabellen verschiedenen Ertragsstufen zugeordnet. Die remineralisierte N-Menge einer bestimmten Ertragsstufe (z.B. 100 dt ha<sup>-1</sup> Schnittgut-TM-Ertrag) muss in den entsprechenden Nutzungssystemen auf das Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum aufgeschlagen werden.

Tab. 15: Stickstoff-Anteil aus der Rhizodeposition (Ndfri) sowie remineralisierter Stickstoff-Anteil aus der Rhizodeposition (Ndfrm) an der gesamt-pflanzlichen N-Menge für verschiedene Nutzungssysteme (verändert nach SCHMIDTKE 2001)

Nutzungssystem	Ndfri	Ndfrm
Luzerne-Reinsaat - überjähriger Anbau	0,40	0,10
Luzerne-Reinsaat - zweijähriger Anbau	0,425	0,125
Rotklee-Reinsaat - überjähriger Anbau	0,70	0,10
Rotklee-Reinsaat - zweijähriger Anbau	0,70	0,125
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge überjähriger Anbau	0,71	0,10
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zweijähriger Anbau	0,71	0,125

Die auf diese Weise abgeleiteten Kalkulationstabellen werden im Abschnitt 4.2.2 (Tab. 38 und 39) sowie im Anhang wiedergegeben (Tab. A 48 bis A 54 und A 75 bis A 120). Nach SCHMIDTKE (1996) müssen für die Erstellung detaillierter Stickstoffflussanalysen beim Anbau von Leguminosen weitere N-Parameter beachtet werden (trockene und nasse Deposition, gasförmige Entweichung). Eine Einbeziehung dieser Größen in das vorgestellte Schatzverfahren wurde nicht vorgenommen, da zunächst nur der durch die Leguminosen bedingte Zufluss an Stickstoff sowie der bei der Ernte der Bestände bedingte Abfluss an Stickstoff saldiert werden soll.

In dieser Arbeit wurde somit erstmals ein Verfahren zur Kalkulation der erweiterten N<sub>2</sub>-Fixierleistung und des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos für den Anbau von Futterleguminosen im Gemenge mit Poaceen entwickelt.



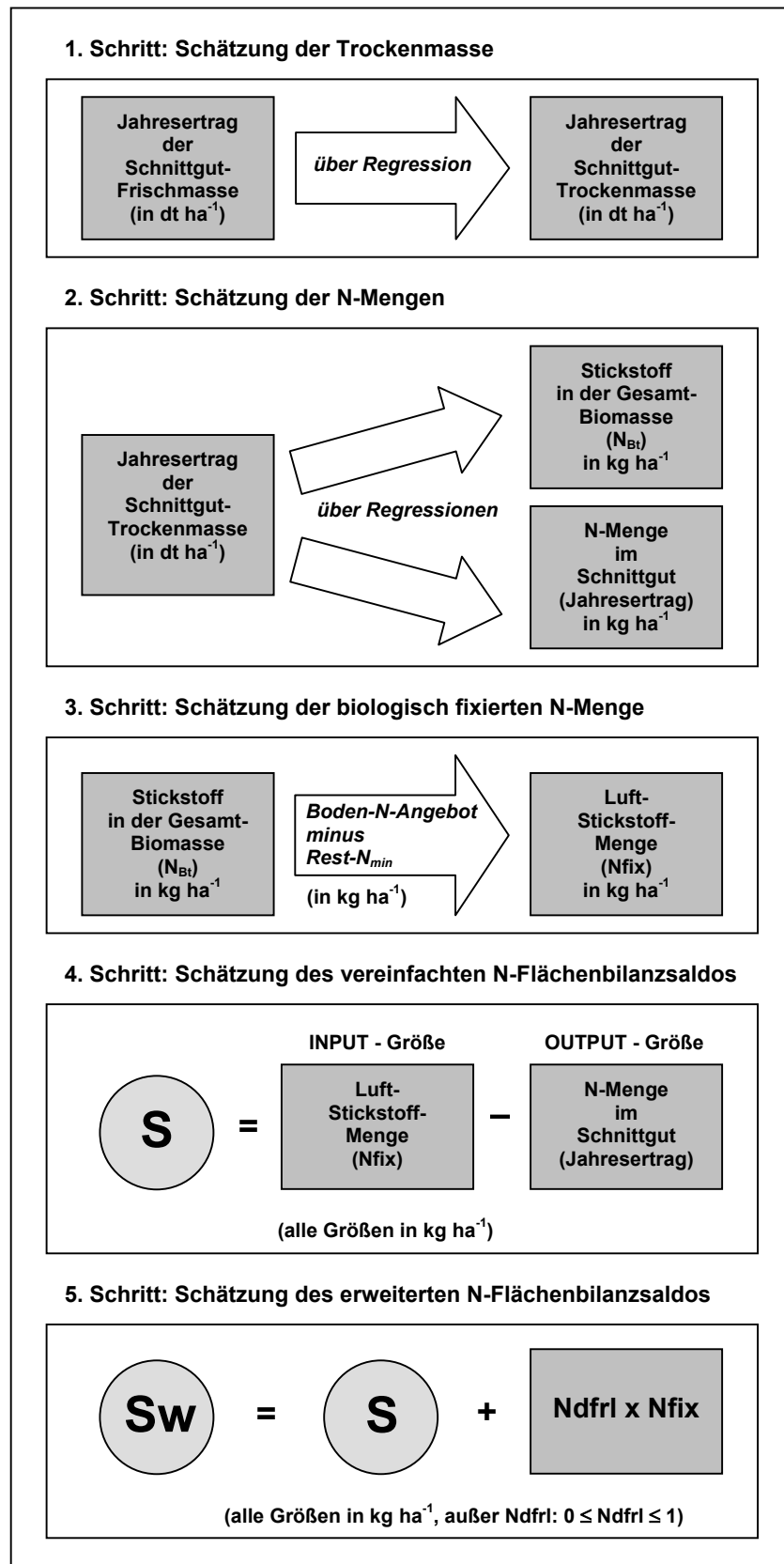


Abb. 8: Fließschema für die Herleitung vereinfachter und erweiterter N-Flächenbilanzsalden aus Basisdaten einzelner Nutzungssysteme (verändert nach SCHMIDTKE 2001)

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Abschnitt 1 - Feldversuche**

#### **4.1.1 Trockenmasse-Ertrag**

Die in den Feldversuchen des Projektes ermittelten Basisdaten gliedern sich bei Futterleguminosen in Spross-Trockenmasse-Ertrag (Schnittgut), Ernterestmenge (Stoppel- und Wurzelmasse) sowie in deren Summe, dem gesamtplanzlichen Trockenmasse-Ertrag ( $TM_{BT}$ ). Der Spross-Trockenmasse-Ertrag (Schnittgut) wird hier als Jahressumme mehrerer Aufwüchse gezeigt. Die Ernterestmengen wurden im 2. HNJ zuwachsbezogen verrechnet, d.h. gegenüber dem 1. HNJ wurde lediglich der positive Differenzbetrag dargestellt. Falls die Ernterestmenge im 2. HNJ geringer ausfiel als im 1. HNJ, wurde für das 2. HNJ kein Zuwachs an Ernteresten berücksichtigt.

Im folgenden werden, getrennt nach Untersuchungsstandorten, die Ertragsparameter in Tabellenform dargestellt (Tab. 16 bis 18 sowie Tab. A 6, A 7, A 12, A 13, A 17, A 18). Dabei werden Gemengesaat und Leguminosen-Reinsaaten mit je zwei Versuchsanlagen pro Standort verglichen. Versuchsanlage A umfasst die Hauptnutzungsjahre (HNJ) 1999 und 2000, Versuchsanlage B umfasst die Hauptnutzungsjahre 2000 und 2001. Ergebnisse für die überjährigen Nutzungssysteme werden durch das jeweilige 1. HNJ (1999 oder 2000) repräsentiert, während die Ergebnisse für zweijährige Nutzungssysteme als Summe zweier HNJ (1999 und 2000 sowie 2000 und 2001) gezeigt werden. Zusätzlich wurden die Ertragsdaten des einjährig genutzten Persischen Klees getrennt nach Jahren (1999 bzw. 2000) dargestellt.

Die statistischen Untersuchungen wurden auf Basis einer einfaktoriellen Varianzanalyse erstellt. Multiple Vergleiche der Mittelwerte wurden mit Hilfe des Tukey-Tests bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ( $P < 0,05$ ) berechnet. Untersucht wurden die Faktoren Art, Sorte und Anbauform. Beim Faktor Art wurden die Datensätze von der Luzerne und dem Rotklee verglichen, während beim Faktor Sorte innerhalb der Reinsaaten die Ertragsdaten der geprüften Sorten verglichen wurden (je drei Sorten bei der Luzerne und beim Rotklee sowie zwei Sorten beim Persischen Klee). Beim Faktor Anbauform wurden Gemenge- und Reinsaaten verglichen, die mit identischen Leguminosen-Sorten angebaut worden waren. Dies war bei der Luzerne eine Gemengesaat aus den Sorten Europe (Luzerne) und Cosmos 11 (Wiesenschwingel) sowie eine Reinsaat mit der Sorte Europe. Beim Rotklee wurde eine Gemengesaat aus den Sorten Odenwälder Rotklee und Cosmos 11 (Wiesenschwingel) mit der Reinsaat der Sorte Odenwälder Rotklee verglichen.

#### 4.1.1.1 Untersuchungsstandort Reinshof

Der Schnittgutertrag und die Ernterestmenge am Untersuchungsstandort Reinshof finden sich in den Tabellen A 6 und A 7, während der gesampflanzliche Trockenmasseertrag ( $TM_{BT}$ ) in Tabelle 16 dargestellt wird.

Der Spross-Trockenmasse-Ertrag aller Aufwüchse eines Hauptnutzungsjahres (im folgenden Schnittguterträge) lag im überjährigen Anbau bei den Luzerne-Reinsaaten zwischen 119 und 181 dt ha<sup>-1</sup> (HNJ 1999 sowie 2000). Im gleichen Nutzungszeitraum fand sich beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein Schnittgutertrag von 116 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A, HNJ 1999) bzw. von 128 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B, HNJ 2000). Im 2. HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten ein Schnittgutertrag zwischen 139 und 183 dt ha<sup>-1</sup> ermittelt, das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wies einen Schnittgutertrag in Höhe von 168 bzw. 117 dt ha<sup>-1</sup> auf. Bei den Luzerne-Reinsaaten war in der Summe aus zwei HNJ ein Schnittgutertrag zwischen 259 und 338 dt ha<sup>-1</sup> zu beobachten, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge der Schnittgutertrag auf 284 bzw. 245 dt ha<sup>-1</sup> beziffert wurde (Tab. A 6).

Der Schnittgutertrag der Sorte Europe war im überjährigen Anbau (Versuchsanlage B, 2000) mit 119 dt ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als bei den anderen Sorten (181 bzw. 160 dt ha<sup>-1</sup>). Des Weiteren war in der Summe aus zwei HNJ (2000 und 2001) der Schnittgutertrag der Sorte Europe mit 259 dt ha<sup>-1</sup> signifikant geringer als bei anderen Sorten (321 bzw. 338 dt ha<sup>-1</sup>). In der Versuchsanlage A gab es keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der Schnittguterträge der Sorten. In der Summe aus zwei HNJ war der Schnittgutertrag des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges in der Versuchsanlage A mit 284 dt ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als der Schnittgutertrag der vergleichbaren Luzerne Reinsaat (Sorte Europe: 304 dt ha<sup>-1</sup>). Auch in der Versuchsanlage B war in der Summe aus zwei HNJ der Schnittgutertrag des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges niedriger als der Schnittgutertrag der Luzerne-Reinsaat, allerdings gab es keine signifikanten Unterschiede. Am ertragreichsten war das 2. HNJ (2000) in der Versuchsanlage A, da sowohl im Mittel der Sorten (171 dt ha<sup>-1</sup>), als auch beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (168 dt ha<sup>-1</sup>) im Vergleich der Jahre der höchste Schnittgutertrag erzielt wurde (Tab. A 6).

Bei den Rotklee-Reinsaaten fand sich im überjährigen Anbau ein Schnittgutertrag zwischen 130 und 174 dt ha<sup>-1</sup>. Der Schnittgutertrag des Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenges lag bei 152 bzw. 168 dt ha<sup>-1</sup>. Den höchsten Schnittgutertrag zeigte die Sorte Titus in der Versuchsanlage B (174 dt ha<sup>-1</sup> im überjährigen Anbau sowie 314 dt ha<sup>-1</sup> in der Summe aus zwei HNJ). Beim Vergleich des Ertrages im überjährigen Anbau wurde in der Versuchsanlage B im Sortenmittel (169 dt ha<sup>-1</sup>) ein höherer Schnittgut-Ertrag erzielt als in der Versuchsanlage A (137 dt ha<sup>-1</sup>). Der Vergleich der Sorten sowie der Anbauformen des Rotkleees zeigte hinsichtlich des Schnittgutertrages keine signifikanten Unterschiede (Tab. A 6).

Im überjährigen Anbau zeigte der Rotklee in beiden Versuchsanlagen mit durchschnittlich 137 bzw. 169 dt ha<sup>-1</sup> ein signifikant höheren Schnittgutertrag als die Luzerne (125 und 153 dt ha<sup>-1</sup>). Demgegenüber war im 2. HNJ beider Versuchsanlagen der Schnittgutertrag der Luzerne signifikant größer als der Schnittgutertrag des Rotklees (170 zu 156 dt ha<sup>-1</sup> sowie 153 zu 136 dt ha<sup>-1</sup>). In der Summe aus zwei HNJ war der Schnittgutertrag (Sortenmittel) der Luzerne und des Rotklees in beiden Versuchsanlagen fast identisch (Versuchsanlage A: 296 bzw. 293 dt ha<sup>-1</sup>; Versuchsanlage B: 306 bzw. 305 dt ha<sup>-1</sup>).

Der Schnittgutertrag des einjährig angebauten Persischen Klees lag bei den Reinsaaten im Mittel bei 87 dt ha<sup>-1</sup>. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras zeigte mit 65 dt ha<sup>-1</sup> einen geringeren Schnittgutertrag. Beim Persischen Klee ergab der statistische Vergleich des Schnittgutertrages keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten und Anbauformen (Tab. A 6).

Die Ernterestmenge der Luzerne-Reinsaaten bewegte sich im überjährigen Anbau zwischen 58 und 126 dt ha<sup>-1</sup>, während in der Summe aus zwei HNJ eine Ernterestmenge zwischen 92 und 126 dt ha<sup>-1</sup> zu beobachten war. Dabei zeigte die Sorte Orca mit 58 bzw. 79 dt ha<sup>-1</sup> (überjähriger Anbau) sowie 92 bzw. 101 dt ha<sup>-1</sup> (in der Summe aus zwei HNJ) die jeweils niedrigste Ernterestmenge im Vergleich der Sorten. Die höchste Ernterestmenge fand sich im 1. HNJ (2000) der Versuchsanlage B mit 126 dt ha<sup>-1</sup> bei der Sorte Europe. Bei dieser Sorte wurde keine Zunahme der Ernterestmenge gegenüber dem 1. HNJ beobachtet. Signifikante Unterschiede in der Ernterestmenge der Sorten wurden jedoch zu keinem Zeitpunkt registriert (Tab. A 7). Der Zuwachs der Ernterestmenge im 2. HNJ bewegte sich bei den Luzerne-Reinsaaten zwischen 0 und 34 dt ha<sup>-1</sup>, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein Zuwachs der Ernterestmenge von 44 bzw. 28 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Des Weiteren wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge mit 64 bzw. 91 dt ha<sup>-1</sup> (im überjährigen Anbau) sowie mit 108 bzw. 119 dt ha<sup>-1</sup> (in der Summe aus zwei HNJ) in jedem Nutzungszeitraum eine geringere Ernterestmenge als bei der Reinsaat (Sorte Europe) beobachtet. Im 1. HNJ (2000) der Versuchsanlage B zeigte das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine signifikant geringere Ernterestmenge (91 dt ha<sup>-1</sup>) als die Reinsaat der Sorte Europe (126 dt ha<sup>-1</sup>).

Im überjährigen Anbau fand sich bei den Rotklee-Reinsaaten eine Ernterestmenge zwischen 42 und 62 dt ha<sup>-1</sup>, während in der Summe aus zwei HNJ eine Ernterestmenge zwischen 57 und 84 dt ha<sup>-1</sup> zu verzeichnen war. Die Sorte Lucrum zeigte im 1. HNJ in beiden Versuchsanlagen die höchste Ernterestmenge (je 62 dt ha<sup>-1</sup>). Diese unterschieden sich allerdings nicht signifikant von der Ernterestmenge der anderen Sorten. In der Versuchsanlage A wurde im 2. HNJ (2000) bei der Sorte Titus mit 42 dt ha<sup>-1</sup> ein signifikant höherer Ernterestzuwachs als bei der Sorte Lucrum (6 dt ha<sup>-1</sup>) festgestellt. Folglich war bei der Sorte Titus die höchste Ernterestmenge in der Summe aus zwei HNJ zu beobachten (84 dt ha<sup>-1</sup>). Beim Rotklee-Wiesenschwingel-

Gemenge wurde eine Ernterestmenge von 39 bzw. 55 dt ha<sup>-1</sup> (überjähriger Anbau) sowie von 64 bzw. 58 dt ha<sup>-1</sup> (in der Summe von zwei HNJ) registriert (Tab. A 6).

Tab. 16: Gesamtpflanzlicher Trockenmasse-Ertrag (Schnittgutertrag + Ernterestmenge: **TM<sub>Bt</sub>**) des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Reinshof**. Versuchsanlage A mit erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (1999 und 2000), Versuchsanlage B mit erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (2000 und 2001) sowie Addition des TM-Ertrages aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich des TM-Ertrages

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM <sub>Bt</sub> [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	179,0 A	212,5 A	391,5 A	218,7 A	145,3 A	364,0 A
Europe	218,7 A a	198,2 A a	416,9 A a	244,9 B a	139,3 A a	384,2 A a
Franken neu	223,7 a	171,7 a	395,3 ab	288,1 b	157,7 a	445,8 b
Orca	178,2 a	196,6 a	374,8 b	238,2 a	183,2 a	421,4 ab
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	206,9 $\alpha$	188,8 $\alpha$	395,7 $\alpha$	257,1 $\alpha$	160,1 $\alpha$	417,1 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	191,3 A	186,7 A	378,0 A	223,0 A	122,0 A	345,0 A
Odenwälder Rotklee	183,5 A a	170,0 A a	353,5 A a	226,4 A a	135,9 B a	362,3 A a
Titus	183,2 a	194,0 a	377,1 a	235,5 a	144,9 a	380,4 a
Lucrum	191,8 a	164,4 a	356,2 a	225,4 a	138,5 a	363,9 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	186,2 $\beta$	176,1 $\beta$	362,3 $\beta$	229,1 $\alpha$	139,8 $\alpha$	368,1 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	113,9 A			---- *		
Felix	100,4 A a			----		
Archibald	106,4 a			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	103,4			----		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

\* - Ernteausfall des Persischen Kleees wegen Pilzbefalls

Im überjährigen Anbau war die mittlere Ernterestmenge der Luzerne mit 82 bzw. 104 dt ha<sup>-1</sup> in beiden Versuchsanlagen signifikant höher als die mittlere Ernterestmenge des Rotkleees (49 bzw. 60 dt ha<sup>-1</sup>). Ferner wurde bei der Luzerne in der Summe aus zwei HNJ mit 100 bzw. 112 dt ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere mittlere Ernterestmenge als beim Rotklee (69 bzw. 64 dt ha<sup>-1</sup>) beobachtet. Der Ernterestzuwachs im 2. HNJ zeigte in beiden Versuchsanlagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Arten Luzerne und Rotklee.

Das Gemenge des Persischen Klees mit Welschem Weidelgras zeigte im Untersuchungsjahr 1999 mit  $49 \text{ dt ha}^{-1}$  im Mittel eine zwei- bis dreimal höhere Ernterestmenge als die Reinsaaten des Persischen Klees ( $14$  bzw.  $18 \text{ dt ha}^{-1}$ ). Signifikante Unterschiede zwischen den Anbauformen wurden hinsichtlich der Ernterestmenge auf Grund der hohen Streuung erst bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $10 \%$  beobachtet (Tab. A 7).

Im überjährigen Anbau wurde bei den Luzerne-Reinsaaten ein gesamt-pflanzlicher TM-Ertrag zwischen  $178$  und  $288 \text{ dt ha}^{-1}$  festgestellt, während das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge insgesamt eine Trockenmasse in Höhe von  $179 \text{ dt ha}^{-1}$  (Versuchsanlage A) bzw.  $219 \text{ dt ha}^{-1}$  (Versuchsanlage B) akkumulierte (Tab. 16). In der Versuchsanlage B (2000) zeigte die Sorte Franken neu mit  $288 \text{ dt ha}^{-1}$  einen signifikant größeren gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag als die Sorten Europe ( $245 \text{ dt ha}^{-1}$ ) und Orca ( $238 \text{ dt ha}^{-1}$ ). Der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag der Reinsaat (Sorte Europe) war überdies signifikant größer als die des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges ( $219 \text{ dt ha}^{-1}$ ).

Der gesamt-pflanzliche TM-Ertragszuwachs im 2. HNJ (2000 und 2001) bewegte sich bei den Reinsaaten zwischen  $139$  und  $198 \text{ dt ha}^{-1}$ , während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein gesamt-pflanzlicher TM-Ertragszuwachs in Höhe von  $213$  bzw.  $145 \text{ dt ha}^{-1}$  beobachtet wurde. Es gab hinsichtlich der Ertragszuwächse im 2. HNJ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten und den Anbauformen.

Die Luzerne-Reinsaaten zeigten in der Summe aus zwei HNJ (zweijähriger Anbau) einen gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag zwischen  $375$  und  $446 \text{ dt ha}^{-1}$ . Dabei war in der Versuchsanlage A die Ertragsmenge der Sorte Europe mit  $417 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant höher als die der Sorte Orca ( $375 \text{ dt ha}^{-1}$ ). In Versuchsanlage B war der TM-Ertrag der Sorte Franken neu mit  $446 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant höher als bei der Sorte Europe ( $384 \text{ dt ha}^{-1}$ ). In beiden Versuchsanlagen gab es zwischen dem gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges ( $392 \text{ dt ha}^{-1}$  in Versuchsanlage A bzw.  $364 \text{ dt ha}^{-1}$  in Versuchsanlage B) und der Reinsaat (Sorte Europe:  $417 \text{ dt ha}^{-1}$  in Versuchsanlage A sowie  $364 \text{ dt ha}^{-1}$  in Versuchsanlage B) keine signifikanten Unterschiede (Tab. 16). Bei den Luzerne-Reinsaaten wurden in der Versuchsanlage B mit durchschnittlich  $417 \text{ dt ha}^{-1}$  mehr gesamt-pflanzliche Trockenmasse akkumuliert als in der Versuchsanlage A ( $396 \text{ dt ha}^{-1}$ ).

Der überjährige Anbau der Rotklee-Reinsaaten zeigte eine gesamt-pflanzliche TM-Ertragsmenge zwischen  $183$  und  $236 \text{ dt ha}^{-1}$ . Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im überjährigen Anbau eine gesamt-pflanzliche TM-Akkumulation in Höhe von  $191 \text{ dt ha}^{-1}$  (Versuchsanlage A) bzw.  $223 \text{ dt ha}^{-1}$  (Versuchsanlage B) festgestellt. Demgegenüber lag die gesamt-pflanzliche TM-Zuwachsmenge im 2. HNJ bei den Rotklee-Reinsaaten zwischen  $136$  und  $194 \text{ dt ha}^{-1}$ . Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde ein TM-Zuwachs in Höhe von  $187$  bzw.  $122 \text{ dt}$

ha<sup>-1</sup> registriert. Lediglich beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im 2. HNJ (2001) mit 122 dt ha<sup>-1</sup> ein signifikant niedrigerer TM-Ertrag als bei der Reinsaat (Sorte Odenwälder Rotklee: 136 dt ha<sup>-1</sup>) ermittelt. Zwischen den Sorten wurden allerdings hinsichtlich des gesamt-pflanzlichen TM-Ertrages keine signifikanten Unterschiede beobachtet (Tab. 16).

In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaat ein gesamt-pflanzlicher TM-Ertrag zwischen 354 und 380 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde in der Summe aus zwei HNJ eine gesamt-pflanzliche TM-Ertragsmenge in Höhe von 378 bzw. 345 dt ha<sup>-1</sup> beobachtet. Beim TM-Ertrag aus der Summe zweier HNJ wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten und den Anbauformen vorgefunden.

Im überjährigen Anbau zeigte die Luzerne im Sortenmittel mit 207 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A: 1999) einen signifikant größeren gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag als der Rotklee (Sortenmittel: 186 dt ha<sup>-1</sup>), während in der Versuchsanlage B (2000) der mittlere gesamt-pflanzliche TM-Ertrag der Luzerne mit 257 dt ha<sup>-1</sup> höher war als beim Rotklee (229 dt ha<sup>-1</sup>). Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant. Ferner war in der Summe aus zwei HNJ die mittlere gesamt-pflanzliche TM-Ertragsmenge der Luzerne (396 bzw. 417 dt ha<sup>-1</sup>) in beiden Versuchsanlagen signifikant größer als beim Rotklee (363 bzw. 368 dt ha<sup>-1</sup>).

Im Untersuchungsjahr 1999 zeigten die Reinsaat des Persischen Klees einen gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag in Höhe von 100 dt ha<sup>-1</sup> bei der Sorte Felix bzw. 106 dt ha<sup>-1</sup> bei der Sorte Archibald. Die höchste Ertragsmenge wurde bei dem Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras mit 114 dt ha<sup>-1</sup> erzielt. Sowohl zwischen den Sorten als auch zwischen den Anbauformen gab es hinsichtlich des gesamt-pflanzlichen TM-Ertrages keine signifikanten Unterschiede (Tab. 16).

#### **4.1.1.2 Untersuchungsstandort Oederquart**

Der Schnittgutertrag und die Ernterückstandsmenge der Futterleguminosen am Untersuchungsstandort Oederquart sind im Anhang wiedergegeben (Tab. A 12 und A 13), während in der Tabelle 17 die gesamt-pflanzlichen TM-Erträge der Futterleguminosen dargestellt werden.

Der Schnittgutertrag der Luzerne-Reinsaat bewegte sich im überjährigen Anbau zwischen 28 und 66 dt ha<sup>-1</sup>, während das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im gleichen Nutzungszeitraum einen Schnittgutertrag in Höhe von 48 bzw. 47 dt ha<sup>-1</sup> aufwies. Im 2. HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaat mit einem Schnittgutertrag zwischen 68 und 128 dt ha<sup>-1</sup> eine erhebliche Ertragssteigerung insbesondere in der Versuchsanlage A gegenüber dem 1. HNJ festgestellt. Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte im 2. HNJ einen Schnittgutertrag in Höhe von 64

bzw. 83 dt ha<sup>-1</sup>. Dabei war in der Versuchsanlage A der Schnittgutertrag der Sorte Europe mit 128 dt ha<sup>-1</sup> signifikant höher als der Schnittgutertrag des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges (Tab. A 12). Der höchste Schnittgutertrag in der Summe aus zwei HNJ fand sich bei der Sorte Europe in der Versuchsanlage A (1999 und 2000) mit 192 dt ha<sup>-1</sup>, während in der Versuchsanlage B (2000 und 2001) bei der Sorte Europe mit 96 dt ha<sup>-1</sup> der geringste Schnittgutertrag beobachtet wurde. Der Schnittgutertrag der Sorte Orca war in der Summe der HNJ 1999 und 2000 mit 156 dt ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als der Schnittgutertrag der anderen Sorten (192 und 188 dt ha<sup>-1</sup>). Hingegen war der Schnittgutertrag der Sorte Europe in der Summe der HNJ 2000 und 2001 mit 96 dt ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als der Schnittgutertrag der anderen Sorten (126 und 119 dt ha<sup>-1</sup>).

Der Schnittgutertrag des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges lag in der Summe der HNJ 1999 und 2000 mit 112 dt ha<sup>-1</sup> unter dem Schnittgutertrag der Reinsaat (192 dt ha<sup>-1</sup>). In Versuchsanlage B wurden in beiden HNJ mit dem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein höherer Schnittgutertrag als mit der Sorte Europe erzielt. Allerdings zeigte sich dort beim Vergleich des Schnittgutertrages der Anbauformen und der Sorten kein signifikanter Unterschied (Tab. A 12).

Die Rotklee-Reinsaat zeigte im überjährigen Anbau einen Schnittgutertrag zwischen 95 und 140 dt ha<sup>-1</sup>. Demgegenüber wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge im gleichen Nutzungszeitraum ein Schnittgutertrag in Höhe von 153 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 120 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) registriert. In der Versuchsanlage A war der Schnittgutertrag der Sorte Odenwälder Rotklee im überjährigen Anbau mit 140 dt ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als der Schnittgutertrag des Gemenges. Der insgesamt höchste Schnittgutertrag wurde mit dem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge im 1. HNJ (1999) in der Versuchsanlage A erzielt. Im Vergleich der Sorten fand sich der höchste Schnittgutertrag in allen HNJ bei der Sorte Titus. Allerdings unterscheidet sich dieser Schnittgutertrag nicht signifikant vom Schnittgutertrag der anderen Sorten (Tab. A 12).

Während bei den Rotklee-Reinsaat in der Summe aus zwei HNJ ein Schnittgutertrag zwischen 205 und 279 dt ha<sup>-1</sup> erzielt wurde, war hingegen beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein Schnittgutertrag in Höhe von 296 bzw. 219 dt ha<sup>-1</sup> erzielt worden. Damit war der Schnittgutertrag des Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenges in beiden Versuchsanlagen größer als der Schnittgutertrag der Reinsaat (Sorte Odenwälder Rotklee: 265 bzw. 205 dt ha<sup>-1</sup>). Signifikante Unterschiede im Schnittgutertrag wurden zwischen den Sorten oder Anbauformen in der Summe aus zwei HNJ nicht registriert (Tab. A 12).

Der Rotklee zeigte im Sortenmittel im gesamten Nutzungszeitraum (1999 bis 2001) einen signifikant größeren Schnittgutertrag als die Luzerne. Beim überjährigen Anbau des Rotkleees wurde ein mittlerer Schnittgutertrag in Höhe von 138 dt ha<sup>-1</sup>



(Versuchsanlage A) bzw. 101 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) erzielt, die Luzerne erreichte im gleichen Zeitraum einen mittleren Schnittgutertrag von lediglich 59 bzw. 35 dt ha<sup>-1</sup>. In der Summe der HNJ 1999 und 2000 wurde beim Rotklee ein Schnittgutertrag in Höhe von 269 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt, unterdessen zeigte die Luzerne ein mittleren Schnittgutertrag in Höhe von 179 dt ha<sup>-1</sup>. In der Versuchsanlage B war der Schnittgutertrag des Rotklee und der Luzerne geringer als in Versuchsanlage A. In der Summe der HNJ 2000 und 2001 zeigte der Rotklee einen durchschnittlichen Schnittgutertrag in Höhe von 212 dt ha<sup>-1</sup>, während die Luzerne im gleichen Zeitraum lediglich 114 dt ha<sup>-1</sup> aufwies.

Beim Persischem Klee wurde im Mittel der Sorten ein Schnittgutertrag von 67 dt ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 1999) sowie von 23 dt ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 2000) erzielt. Bei dem Gemenge des Persischen Klees mit dem Welschen Weidelgras wurde mit 66 sowie mit 30 dt ha<sup>-1</sup> ein Schnittgutertrag in vergleichbarer Größenordnung erreicht (Tab. A 12). Der höchste Schnittgutertrag wurde im Untersuchungsjahr 1999 bei der Sorte Felix beobachtet (71 dt ha<sup>-1</sup>). Signifikante Unterschiede im Schnittgutertrag waren zwischen den Sorten und Anbauformen beim Persischen Klee nicht zu beobachten.

Die Ernterestmenge der Luzerne-Reinsaaten bewegten sich im überjährigen Anbau zwischen 24 und 48 dt ha<sup>-1</sup>, während im 2. HNJ (2000 bzw. 2001) ein Zuwachs an Ernterestmenge zwischen 7 und 35 dt ha<sup>-1</sup> beobachtet wurde. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine Ernterestmenge zwischen 37 und 75 dt ha<sup>-1</sup> registriert. Unterdessen war im überjährigen Anbau die Ernterestmenge des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges mit 51 bzw. 41 dt ha<sup>-1</sup> größer als die Ernterestmenge der Reinsaat (Sorte Europe: 27 bzw. 24 dt ha<sup>-1</sup>). Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant. In der Summe aus zwei HNJ war die Ernterestmenge des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges mit 60 bzw. 49 dt ha<sup>-1</sup> nur geringfügig größer als bei der Reinsaat (Sorte Europe: 59 und 47 dt ha<sup>-1</sup>). Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Sorten und Anbauformen hinsichtlich der Höhe der Ernterestmenge nicht festgestellt (Tab. A 13).

Im überjährigen Anbau wurde bei den Rotklee-Reinsaaten eine Ernterestmenge zwischen 35 und 63 dt ha<sup>-1</sup> ermittelt, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge im gleichen Nutzungszeitraum eine Ernterestmenge von 33 bzw. 41 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Der Zuwachs an Ernterestmenge im 2. HNJ betrug maximal 17 dt ha<sup>-1</sup>. In der Summe aus zwei HNJ erstreckte sich bei den Rotklee-Reinsaaten die Ernterestmenge von 42 bis 71 dt ha<sup>-1</sup>, während das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Ernterestmenge in Höhe von 44 bzw. 41 dt ha<sup>-1</sup> zeigte. Wie bei der Luzerne, so wurde auch beim Rotklee hinsichtlich der Höhe der Ernterestmenge kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten und den Anbauformen vorgefunden (Tab. A 13).

Der Rotklee zeigte im Sortenmittel mit 48 bzw. 39 dt ha<sup>-1</sup> im überjährigen Anbau höhere Ernterestmengen als die Luzerne (38 bzw. 29 dt ha<sup>-1</sup>), diese Unterschiede waren allerdings nicht signifikant (Tab. A 13). In der Summe aus zwei HNJ wurden bei der Luzerne im Sortenmittel mit 68 bzw. 44 dt ha<sup>-1</sup> ähnliche hohe Ernterestmengen ermittelt wie beim Rotklee (61 bzw. 44 dt ha<sup>-1</sup>).

Tab. 17: Gesamtpflanzlicher Trockenmasse-Ertrag (Schnittgutertrag + Ernterestmenge: **TM<sub>Bt</sub>**) des Gemenges und der Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Oederquart**. Versuchsanlage A mit erstem und zweiten Hauptnutzungsjahr (1999 und 2000), Versuchsanlage B mit erstem und zweiten Hauptnutzungsjahr (2000 und 2001) sowie Addition des TM-Ertrages von zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich des TM-Ertrages

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM <sub>Bt</sub> [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	99,1 A	73,0 A	172,1 A	88,0 A	89,9 A	177,9 A
Europe	90,4 A a	159,8 A a	250,2 A a	52,1 B a	90,9 A a	143,0 B a
Franken neu	105,5 a	157,5 a	263,0 a	70,0 b	93,4 a	163,4 a
Orca	96,2 a	128,6 a	224,8 a	68,1 ab	97,7 a	165,8 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>97,4 <math>\alpha</math></i>	<i>148,6 <math>\alpha</math></i>	<i>246,0 <math>\alpha</math></i>	<i>63,4 <math>\alpha</math></i>	<i>94,0 <math>\alpha</math></i>	<i>157,4 <math>\alpha</math></i>
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	185,8 A	154,0 A	339,8 A	160,4 A	99,9 A	260,3 A
Odenwälder Rotklee	181,2 A a	141,9 A a	323,1 A a	131,6 A a	115,6 A a	247,2 A a
Titus	202,9 a	146,6 a	349,4 b	156,6 a	114,0 a	270,6 a
Lucrum	172,2 a	145,7 a	317,9 a	133,5 a	116,5 a	250,0 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>185,4 <math>\beta</math></i>	<i>144,8 <math>\alpha</math></i>	<i>330,2 <math>\beta</math></i>	<i>140,6 <math>\beta</math></i>	<i>115,4 <math>\alpha</math></i>	<i>255,9 <math>\beta</math></i>
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	108,4 A			91,1 A		
Felix	90,6 A a			34,6 A a		
Archibald	92,1 a			35,3 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>91,3</i>			<i>35,0</i>		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Im Untersuchungsjahr 1999 wurde bei den Reinsaaten des Persischen Kleees eine Ernterestmenge in Höhe von 24 dt ha<sup>-1</sup> (Sortenmittel) festgestellt, während im Untersuchungsjahr 2000 lediglich 12 dt ha<sup>-1</sup> registriert wurde. Die Ernterestmenge des Gemenges aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras lag im Untersuchungsjahr 1999 bei 43 dt ha<sup>-1</sup> (Tab. A 13). Im Untersuchungsjahr 2000 war

die Ernterestmenge des Gemenges mit  $61 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant größer als die Ernterestmenge der Reinsaat (Sorte Felix:  $13 \text{ dt ha}^{-1}$ ).

Bei den Luzerne-Reinsaaten fand sich im überjährigen Anbau ein gesamt-pflanzlicher TM-Ertrag zwischen  $52$  und  $106 \text{ dt ha}^{-1}$ , während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im gleichen Nutzungszeitraum eine gesamt-pflanzliche TM-Ertragsmenge in Höhe von  $99$  bzw.  $88 \text{ dt ha}^{-1}$  festgestellt wurde. Dabei war in der Versuchsanlage B (1. HNJ 2000) der TM-Ertrag der Sorte Europe mit  $52 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant niedriger als der TM-Ertrag des Gemenges. Im 2. HNJ zeigte sich bei den Luzerne-Reinsaaten eine Ertragssteigerung mit gesamt-pflanzlichen TM-Mengen zwischen  $129$  und  $160 \text{ dt ha}^{-1}$  (Versuchsanlage A) sowie zwischen  $91$  und  $98 \text{ dt ha}^{-1}$  (Versuchsanlage B). In der Summe aus zwei HNJ zeigte die Luzerne in der Versuchsanlage A eine gesamt-pflanzliche TM-Ertragsmenge zwischen  $225$  und  $263 \text{ dt ha}^{-1}$ , während der Ertrag in der Versuchsanlage B lediglich zwischen  $143$  und  $166 \text{ dt ha}^{-1}$  lag. In der Summe aus zwei HNJ betrug der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges  $172$  bzw.  $178 \text{ dt ha}^{-1}$ . In der Versuchsanlage B war der Ertrag der Sorte Europe mit  $143 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant niedriger als der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag des Gemenges. Demgegenüber wurde zwischen den Sorten kein signifikanter Unterschied im Ertrag festgestellt (Tab. 17).

Beim überjährigen Anbau zeigten die Rotklee-Reinsaaten einen gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag zwischen  $132$  und  $203 \text{ dt ha}^{-1}$ , während das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Ertragsmenge in Höhe von  $186$  bzw.  $160 \text{ dt ha}^{-1}$  aufwies. In der Summe aus zwei HNJ bewegte sich die Ertragsmenge der Reinsaaten zwischen  $247$  und  $349 \text{ dt ha}^{-1}$ . Dabei war der durchschnittliche TM-Ertrag in der Versuchsanlage A mit  $330 \text{ dt ha}^{-1}$  deutlich höher als in der Versuchsanlage B ( $256 \text{ dt ha}^{-1}$ ). In der Summe der HNJ 1999 und 2000 war der Ertrag der Sorte Titus mit  $349 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant höher als bei den anderen Sorten ( $323$  bzw.  $318 \text{ dt ha}^{-1}$ ). Auch in der Summe der HNJ 2000 und 2001 zeigte die Sorte Titus mit  $271 \text{ dt ha}^{-1}$  die höchste Ertragsmenge. Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge erzielte in der Summe aus zwei HNJ einen gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag in Höhe von  $340$  bzw.  $260 \text{ dt ha}^{-1}$ . Zwischen den Anbauformen wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede im TM-Ertrag festgestellt (Tab. 17).

Der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag des Rotklees (überjähriger Anbau) war im Sortenmittel mit  $185$  bzw.  $141 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant höher als die durchschnittliche Ertragsmenge der Luzerne ( $97$  bzw.  $63 \text{ dt ha}^{-1}$ ). Gleiches galt für den TM-Ertrag aus der Summe zweier HNJ. Rotklee zeigte im Sortenmittel mit  $330$  bzw.  $256 \text{ dt ha}^{-1}$  signifikant höhere Erträge als die Luzerne ( $246$  bzw.  $157 \text{ dt ha}^{-1}$ ).

Der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag der Reinsaaten des Persischen Klees betrug im Untersuchungsjahr 1999 durchschnittlich  $91 \text{ dt ha}^{-1}$ , während das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras einen gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag in

Höhe von 108 dt ha<sup>-1</sup> aufwies. Im Untersuchungsjahr 2000 wurden im Sortenmittel lediglich 35 dt ha<sup>-1</sup> geerntet, während beim Gemenge 91 dt ha<sup>-1</sup> akkumuliert wurden. Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Sorten und den Anbauformen hinsichtlich des gesamtplanzlichen TM-Ertrages nicht ermittelt (Tab. 17).

#### 4.1.1.3 Untersuchungsstandort Dasselsbruch

Der Schnittgutertrag und die Ernterestmenge sind im Anhang in den Tabellen A 17 und A 18 für den Untersuchungsstandort Dasselsbruch dargestellt. In Tabelle 18 werden die gesamtplanzlichen TM-Erträge der Futterleguminosen gezeigt.

Der Schnittgutertrag der Luzerne-Reinsaaten bewegte sich im überjährigen Anbau zwischen 11 und 58 dt ha<sup>-1</sup>, indessen war beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein Schnittgutertrag in Höhe von 39 bzw. 28 dt ha<sup>-1</sup> zu beobachten. Im 2. HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine Ertragssteigerung beobachtet. In der Versuchsanlage A lag der Schnittgutertrag zwischen 91 und 113 dt ha<sup>-1</sup>, während in der Versuchsanlage B ein Schnittgutertrag zwischen 30 und 53 dt ha<sup>-1</sup> erzielt wurde. Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wies mit 66 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 38 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) ebenfalls einen höheren Schnittgutertrag als im 1. HNJ auf. Die Sorte Franken neu zeigte in allen HNJ beider Versuchsanlagen den jeweils höchsten Ertrag im Vergleich mit den anderen Luzerne-Reinsaaten. Im 1. HNJ der Versuchsanlage B war der Schnittgutertrag der Sorte Europe mit 11 dt ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als der Schnittgutertrag der anderen Sorten (20 bzw. 18 dt ha<sup>-1</sup>). Zwischen den Anbauformen wurde kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Schnittgutertrages beobachtet (Tab. A 17).

In der Summe aus zwei HNJ fand sich bei den Luzerne-Reinsaaten ein Schnittgutertrag zwischen 41 und 171 dt ha<sup>-1</sup>, das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge erreichte einen Schnittgutertrag in Höhe von 104 bzw. 65 dt ha<sup>-1</sup>. In diesem Nutzungszeitraum wurde bei der Sorte Franken neu mit 171 dt ha<sup>-1</sup> in der Versuchsanlage A der höchste Schnittgutertrag registriert, in der Versuchsanlage B war bei der Sorte Europe mit 41 dt ha<sup>-1</sup> der geringste Schnittgutertrag zu finden. Im Mittel der Sorten war der Schnittgutertrag in der Versuchsanlage A mit 147 dt ha<sup>-1</sup> etwa 90 dt ha<sup>-1</sup> höher als in der Versuchsanlage B (Tab. A 17).

Bei den Rotklee-Reinsaaten erstreckte sich der Schnittgutertrag im überjährigen Anbau von 51 bis 87 dt ha<sup>-1</sup>, während das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge einen Schnittgutertrag in Höhe von 46 bzw. 94 dt ha<sup>-1</sup> erreichte. In der Versuchsanlage A war der Schnittgutertrag der Sorte Titus in beiden Hauptnutzungsjahren (1. HNJ: 72 dt ha<sup>-1</sup>, 2. HNJ: 110 dt ha<sup>-1</sup>) sowie in der Summe aus zwei HNJ (181 dt ha<sup>-1</sup>) signifikant höher als der Schnittgutertrag der anderen Sorten. In der Versuchsanlage B war der Schnittgutertrag des 2. HNJ (104 dt ha<sup>-1</sup>) und der Schnittgutertrag in der Summe der HNJ 2000 und 2001 bei der Sorte Titus (188 dt ha<sup>-1</sup>) höher als bei

den anderen Sorten, allerdings war der Unterschied nicht signifikant (Tab. A15). Der Schnittgutertrag des Rotkleees war im Sortenmittel in der Versuchsanlage B signifikant höher als der Schnittgutertrag der Luzerne (1. HNJ: 84 dt ha<sup>-1</sup> zu 17 dt ha<sup>-1</sup> sowie 2. HNJ: 96 dt ha<sup>-1</sup> zu 41 dt ha<sup>-1</sup>).

Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte im 2. HNJ (2000) in der Versuchsanlage A mit 52 dt ha<sup>-1</sup> einen signifikant niedrigeren Schnittgutertrag als die Reinsaat (Sorte Odenwälder Rotklee: 81 dt ha<sup>-1</sup>). Im 1. HNJ (1999) der Versuchsanlage A war der Schnittgutertrag des Gemenges mit 46 dt ha<sup>-1</sup> niedriger als der Schnittgutertrag der Reinsaat (Sorte Odenwälder Rotklee: 53 dt ha<sup>-1</sup>), die Unterschiede waren gleichwohl nicht signifikant (Tab. A 17).

Bei den Reinsaaten des Persischen Klees wurde im Mittel der Sorten ein Schnittgutertrag von 41 dt ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 1999) bzw. von 54 dt ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 2000) erzielt. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras zeigte mit 41 bzw. 52 dt ha<sup>-1</sup> einen fast identischen Schnittgutertrag. Den höchsten Schnittgutertrag zeigte die Sorte Felix im Untersuchungsjahr 2000 mit 57 dt ha<sup>-1</sup>. Signifikante Unterschiede im Schnittgutertrag waren zwischen den Sorten und Anbauformen beim Persischem Klee nicht zu beobachten (Tab. A 17).

Im überjährigen Anbau wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine Ernterestmenge zwischen 22 und 86 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt, während das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine Ernterestmenge in Höhe von 51 bzw. 31 dt ha<sup>-1</sup> zeigte. Dabei war in der Versuchsanlage A (1999) die Ernterestmenge der Sorte Orca mit 86 dt ha<sup>-1</sup> signifikant höher als die Ernterestmenge der Sorte Franken neu (38 dt ha<sup>-1</sup>). Der Zuwachs an Ernterestmenge im 2. HNJ (2000 bzw. 2001) lag bei den Reinsaaten zwischen 47 und 77 dt ha<sup>-1</sup>. Gleichzeitig wurde für das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein Zuwachs an Ernterestmenge nur in der Versuchsanlage A festgestellt (20 dt ha<sup>-1</sup>). In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine Ernterestmenge zwischen 84 und 122 dt ha<sup>-1</sup> beobachtet, während das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine Ernterestmenge von 70 bzw. 31 dt ha<sup>-1</sup> aufwies (Tab. A 17).

Die Rotklee-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau eine Ernterestmenge zwischen 33 und 50 dt ha<sup>-1</sup>, unterdessen wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Ernterestmenge in Höhe von 53 bzw. 40 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt. Der Zuwachs der Ernterestmenge im 2. HNJ (2000 sowie 2001) war niedriger als bei der Luzerne und bewegte sich zwischen 0 und 23 dt ha<sup>-1</sup>. In der Versuchsanlage A wurde im 2. HNJ (2000) bei der Sorte Odenwälder Rotklee und beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge kein Zuwachs an Ernterestmenge registriert. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Reinsaaten eine Ernterestmenge zwischen 37 und 61 dt ha<sup>-1</sup> ermittelt, während das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine

Ernterestmenge von 53 bzw. 51 dt ha<sup>-1</sup> zeigte. Signifikante Unterschiede zwischen Sorten oder Anbauformen in der Höhe der Erntereste waren nicht vorhanden (Tab. A 18).

Die mittlere Ernterestmenge der Luzerne war zu jedem Zeitpunkt - außer im 1. HNJ (2000) der Versuchsanlage B - höher als die mittlere Ernterestmenge des Rotklee. Insbesondere in der Summe aus zwei HNJ zeigte die Luzerne mit 87 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) eine signifikant höhere mittlere Ernterestmenge als der Rotklee (51 dt ha<sup>-1</sup>). In der Summe der HNJ 1999 und 2000 war die Differenz zwischen den Arten noch größer. Der Unterschied war allerdings nicht signifikant (Tab. A 18). Der Zuwachs an Ernterestmenge im 2. HNJ (2000) bei der Luzerne war in der Versuchsanlage A mit 53 dt ha<sup>-1</sup> signifikant höher als der Zuwachs an Ernterestmenge beim Rotklee (5 dt ha<sup>-1</sup>).

Im Untersuchungsjahr 1999 wurde bei den Reinsaaten des Persischen Klees eine mittlere Ernterestmenge von 30 dt ha<sup>-1</sup> vorgefunden, während im Untersuchungsjahr 2000 eine Ernterestmenge von lediglich 14 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras wurde mit 51 bzw. 21 dt ha<sup>-1</sup> eine höhere Ernterestmenge beobachtet als bei den Reinsaaten. Es gab jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anbauformen (Tab. A 18).

Der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag der Luzerne-Reinsaaten bewegte sich im überjährigen Anbau zwischen 33 und 137 dt ha<sup>-1</sup>, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein Ertrag in Höhe von 89 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 59 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) festgestellt wurde. Der Zuwachs an gesamt-pflanzlicher Trockenmasse lag im 2. HNJ bei den Reinsaaten zwischen 96 und 191 dt ha<sup>-1</sup>, während beim Gemenge ein TM-Ertrag in Höhe von 85 bzw. 38 dt ha<sup>-1</sup> ermittelt wurde. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten ein gesamt-pflanzlicher TM-Ertrag zwischen 129 und 286 dt ha<sup>-1</sup> registriert. Unterdessen zeigte das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamt-pflanzliche Ertragsmenge in Höhe von 174 bzw. 96 dt ha<sup>-1</sup> (Tab. 18).

Der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges war mit 96 dt ha<sup>-1</sup> in der Summe der HNJ 2000 und 2001 signifikant niedriger als bei der Sorte Europe (129 dt ha<sup>-1</sup>), während im überjährigen Anbau das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge mit 59 dt ha<sup>-1</sup> einen signifikant höheren TM-Ertrag als die Sorte Europe (33 dt ha<sup>-1</sup>) zeigte. In der Versuchsanlage B wurde von den Luzerne-Reinsaaten eine Trockenmasse zwischen 129 und 164 dt ha<sup>-1</sup> (Sortenmittel: 145 dt ha<sup>-1</sup>) akkumuliert. Damit war der TM-Gesamtertrag der Luzerne um etwa 120 dt ha<sup>-1</sup> geringer als in der Versuchsanlage A. Im 1. HNJ (2000) erreichte die Luzerne eine mittlere Ertragsmenge von nur 46 dt ha<sup>-1</sup>, während der TM-Zuwachs im 2. HNJ (2001) mit 99 dt ha<sup>-1</sup> größer war. Zwischen den Sorten wurden keine signifikanten Unterschiede in der Ertragsleistung beobachtet.

Tab. 18: Gesamtpflanzlicher Trockenmasse-Ertrag (Schnittgutertrag + Ernterestmenge: **TM<sub>Bt</sub>**) der Gemenge und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Dasselsbruch**. Versuchsanlage A mit erstem und zweiten Hauptnutzungsjahr (1999 und 2000), Versuchsanlage B mit erstem und zweiten Hauptnutzungsjahr (2000 und 2001) sowie Addition des TM-Ertrages von zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich des TM-Ertrages  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM <sub>Bt</sub> [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
<b>Luzerne</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Europe + Cosmos 11	89,2 A	85,0 A	174,2 A	58,5 A	37,7 A	96,2 A
Europe	100,6 A a	137,8 A a	238,4 A a	33,0 B a	95,6 B a	128,6 B a
Franken neu	95,7 a	190,5 a	286,2 a	59,6 a	104,5 a	164,1 a
Orca	137,2 a	127,0 a	264,2 a	44,5 a	98,3 a	142,8 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	111,2 $\alpha$	151,7 $\alpha$	262,9 $\alpha$	45,7 $\alpha$	99,5 $\alpha$	145,2 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	98,9 A	52,4 A	151,3 A	133,9 A	122,5 A	218,9 A
Odenwälder Rotklee	89,8 A a	81,4 B a	171,2 A a	113,9 A a	102,6 A a	216,5 A a
Titus	122,0 a	120,5 b	242,5 b	117,9 a	118,4 a	236,3 a
Lucrum	89,2 a	86,1 a	175,3 ab	121,7 a	116,5 a	238,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	100,3 $\alpha$	96,0 $\beta$	196,3 $\alpha$	117,9 $\beta$	112,5 $\alpha$	230,4 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	92,8 A			73,1 A		
Felix	62,9 A a			71,6 A a		
Archibald	77,6 a			64,1 b		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	70,3			67,8		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Im überjährigen Anbau bewegte sich der gesamtpflanzliche TM-Ertrag der Rotklee-Reinsaat zwischen 89 und 122 dt ha<sup>-1</sup>, während das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge einen Ertrag in Höhe von 99 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. von 134 dt ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) aufwies. Der TM-Ertragszuwachs lag im 2. HNJ bei den Rotklee-Reinsaat zwischen 81 und 121 dt ha<sup>-1</sup>, während beim Gemenge ein TM-Ertragszuwachs in Höhe von 52 bzw. 123 dt ha<sup>-1</sup> ermittelt wurde. Dabei war in der Versuchsanlage A der TM-Ertragszuwachs der Sorte Odenwälder Rotklee mit 81 dt ha<sup>-1</sup> signifikant größer als beim Gemenge. Zwischen den Sorten ergaben sich ebenfalls signifikante Unterschiede: Die Sorte Titus zeigte mit 121 dt ha<sup>-1</sup> einen signifikant höheren Ertrag als die anderen Sorten (81 bzw. 86 dt ha<sup>-1</sup>).

Der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag der Rotklee-Reinsaaten bewegte sich in der Summe der HNJ 1999 und 2000 zwischen 171 und 243 dt ha<sup>-1</sup>, während in der Summe der HNJ 2000 und 2001 eine Ertragsmenge zwischen 214 und 238 dt ha<sup>-1</sup> erreicht wurde. In der Versuchsanlage A war der gesamt-pflanzliche TM-Ertrag der Sorte Titus mit 243 dt ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei der Sorte Odenwälder Rotklee (171 dt ha<sup>-1</sup>), demgegenüber war in der Versuchsanlage B zwischen den Sorten nur ein geringfügiger, nicht signifikanter Ertragsunterschied zu beobachten (Tab. 18).

Der mittlere gesamt-pflanzliche TM-Ertrag des Rotkleees war im überjährigen Anbau mit 118 dt ha<sup>-1</sup> (HNJ 2000) signifikant höher als bei der Luzerne (46 dt ha<sup>-1</sup>), indessen wurde im Untersuchungsjahr 1999 zwischen den Arten kein signifikanter Unterschied festgestellt (Luzerne: 111 dt ha<sup>-1</sup>; Rotklee: 100 dt ha<sup>-1</sup>). Im Mittel der Sorten war die gesamt-pflanzliche TM-Ertragsmenge der Luzerne in der Summe der HNJ 1999 und 2000 mit 263 dt ha<sup>-1</sup> größer als der Ertrag des Rotkleees (196 dt ha<sup>-1</sup>) im gleichen Nutzungszeitraum. Dagegen war der mittlere gesamt-pflanzliche TM-Ertrag der Luzerne in der Summe der HNJ 2000 und 2001 mit 145 dt ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als der Ertrag des Rotkleees (230 dt ha<sup>-1</sup>).

Im Untersuchungsjahr 1999 zeigten die Reinsaaten des Persischen Kleees einen gesamt-pflanzlichen TM-Ertrag in Höhe von 63 dt ha<sup>-1</sup> bei der Sorte Felix und 78 dt ha<sup>-1</sup> bei der Sorte Archibald. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras wies gleichzeitig mit 93 dt ha<sup>-1</sup> einen höheren Gesamtertrag auf. Im Untersuchungsjahr 2000 war die Ertragsmenge der Sorte Felix mit 72 dt ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei der Sorte Archibald (64 dt ha<sup>-1</sup>). Beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras wurde im gleichen Nutzungszeitraum ein gesamt-pflanzlicher TM-Ertrag in Höhe von 73 dt ha<sup>-1</sup> beobachtet. Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Anbauformen hinsichtlich der gesamt-pflanzlichen Ertragsleistung nicht festgestellt (Tab. 18).



#### 4.1.2 Stickstoff-Akkumulation

Im folgenden wird die N-Menge im Schnittgut (im Anhang: Tab. A 8, A 14 und A 19), die N-Menge in den Ernteresten (im Anhang: Tab. A 9, A 15 und A 20) sowie die gesamt-pflanzliche Stickstoff-Akkumulation (N im Schnittgut + N in den Ernteresten =  $N_{Bt}$ ) der geprüften Leguminosen getrennt nach Standorten dargestellt (Tab. 19 bis 21). Die N-Menge im Schnittgut wird wie bei der Darstellung des Trockenmasse-Ertrages als Jahressumme mehrerer Aufwüchse wiedergegeben. Die N-Mengen in den Ernteresten des 2. HNJ werden als positive Differenzen gegenüber dem 1. HNJ dargestellt (Abschnitt 3.1.7). Bei der Gemengesaat wurde der Wert für  $N_{Bt}$  aus der Summe der N-Menge in der Leguminose und des Wiesenschwings gebildet. Die Gemengesaat und die Reinsaaten wurden in je zwei Versuchsanlagen pro Standort verglichen (Versuchsanlage A: 1999 bis 2000; Versuchsanlage B: 2000 bis 2001). Zusätzlich wurde die N-Menge beim einjährig genutzten Persischen Klee getrennt nach Jahren (1999 und 2000) dargestellt. Die vergleichenden statistischen Analysen wurden wie bei den Untersuchungen zur Trockenmasse-Akkumulation auf Basis einer einfaktoriellen Varianzanalyse erstellt.

##### 4.1.2.1 Untersuchungsstandort Reinshof

Die N-Menge im Schnittgut und die N-Menge in den Ernteresten sind in den Tab. A 8 und A 9 dargestellt. Die gesamt-pflanzliche Stickstoff-Akkumulation ( $N_{Bt}$ ) wird für den Untersuchungsstandort Reinshof in der Tabelle 19 wiedergegeben.

Im überjährigen Anbau zeigten die Luzerne-Reinsaaten eine Schnittgut-N-Menge zwischen 324 und 480 kg ha<sup>-1</sup> (HNJ 1999 und 2000), während das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 325 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A, HNJ 1999) bzw. 348 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B, HNJ 2000) aufwies (Summe beider Gemengepartner). Im 2. HNJ wurde im Schnittgut der Luzerne-Reinsaaten eine N-Menge zwischen 408 und 496 kg ha<sup>-1</sup> beobachtet, indessen wurde die Schnittgut-N-Menge des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges auf 438 bzw. 331 kg ha<sup>-1</sup> beziffert. In der Summe aus zwei HNJ zeigten die Luzerne-Reinsaaten eine Schnittgut-N-Menge zwischen 732 und 976 kg ha<sup>-1</sup>. Beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge fand sich im gleichen Nutzungszeitraum eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von lediglich 761 bzw. 679 kg ha<sup>-1</sup>. Zwischen den Anbauformen wurden dabei keine signifikanten Unterschiede festgestellt. In der Versuchsanlage B waren sowohl im überjährigen Anbau, wie auch in der Summe aus zwei HNJ die Schnittgut-N-Mengen aller Sorten signifikant verschieden. Die höchste Schnittgut-N-Menge wurde bei der Sorte Franken neu mit 480 kg ha<sup>-1</sup> (überjähriger Anbau) bzw. 976 kg ha<sup>-1</sup> (Summe von zwei HNJ) beobachtet, während die Sorte Europe mit 324 kg ha<sup>-1</sup> (überjähriger Anbau) bzw. 732 kg ha<sup>-1</sup> (Summe von zwei HNJ) die niedrigste Schnittgut-N-Menge aufwies (Tab. A 8).

Die Rotklee-Reinsaaten akkumulierten im Schnittgut eine N-Menge zwischen 341 und 478 kg ha<sup>-1</sup> (überjähriger Anbau), während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemengen eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 369 bzw. 433 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Im 2. HNJ erstreckte sich die Schnittgut-N-Menge bei den Rotklee-Reinsaaten zwischen 344 und 413 kg ha<sup>-1</sup>, während die N-Menge im Schnittgut (Summe der Gemegepartner) des Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenges mit 428 bzw. 297 kg ha<sup>-1</sup> veranschlagt wurde. In der Summe aus zwei HNJ fand sich bei den Rotklee-Reinsaaten eine Schnittgut-N-Menge zwischen 752 und 869 kg ha<sup>-1</sup>, das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte gleichzeitig eine N-Akkumulation in Höhe von 798 bzw. 730 kg ha<sup>-1</sup> im Schnittgut. Im überjährigen Anbau wurden hinsichtlich der Schnittgut-N-Mengen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anbauformen und Sorten festgestellt. In der Summe aus zwei HNJ war in der Versuchsanlage A die Schnittgut-N-Menge der Sorte Titus mit 812 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als die der Sorte Lucrum (752 kg ha<sup>-1</sup>). In der Versuchsanlage B zeigten im gleichen Nutzungszeitraum alle Sorten signifikante Unterschiede hinsichtlich der Schnittgut-N-Menge. Die höchste N-Mengen zeigte dabei wiederum die Sorte Titus mit 869 kg ha<sup>-1</sup>, während die Sorte Odenwälder Rotklee mit 776 kg ha<sup>-1</sup> die geringste N-Menge im Schnittgut aufwies. Diese Sorte in Reinsaat angebaut ließ gleichzeitig eine signifikant höhere Schnittgut-N-Menge als das vergleichbare Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (730 kg ha<sup>-1</sup>) erkennen (Tab. A 8).

Der Vergleich der Arten Luzerne und Rotklee (Mittel der Sorten) ergab im überjährigen Anbau nur geringfügige Unterschiede (368 zu 367 kg ha<sup>-1</sup> in Versuchsanlage A sowie 412 zu 453 kg ha<sup>-1</sup> in Versuchsanlage B), während in der Summe aus zwei HNJ die mittlere Schnittgut-N-Menge der Luzerne in beiden Versuchsanlagen höher war als die mittlere Schnittgut-N-Menge des Rotklees (827 zu 779 kg ha<sup>-1</sup> in Versuchsanlage A sowie 868 zu 821 kg ha<sup>-1</sup> in Versuchsanlage B). Allerdings wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Lediglich im 2. HNJ der Versuchsanlage B war die mittlere Schnittgut-N-Menge der Luzerne mit 457 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als die mittlere Schnittgut-N-Menge des Rotklees (368 kg ha<sup>-1</sup>). Deshalb ergaben sich hinsichtlich der mittleren Schnittgut-N-Mengen zwischen den Versuchsanlagen größere Unterschiede als zwischen den Arten (Tab. A 8).

Die mittlere Schnittgut-N-Menge des Persischen Klees lag im Untersuchungsjahr 1999 bei 235 kg ha<sup>-1</sup>, während beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras im Schnittgut eine N-Menge in Höhe von lediglich 134 kg ha<sup>-1</sup> registriert wurde. Zwischen Anbauformen und Sorten wurden keine signifikanten Unterschiede beobachtet (Tab. A 8).

Bei den Luzerne-Reinsaaten wurde zum Ende des 1. HNJ (1999 sowie 2000) in den Ernteresten eine N-Menge zwischen 131 und 275 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von 122 bzw. 180 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Die Zunahme an N in den Ernteresten vom

ersten zum zweiten HNJ betrug bei den Luzerne-Reinsaaten durchschnittlich 30 bzw. 12 kg ha<sup>-1</sup>. Demgegenüber wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten ein Zuwachs an Stickstoff im zweiten HNJ in Höhe von 77 bzw. 26 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt. In der Summe aus zwei HNJ bewegte sich bei den Luzerne-Reinsaaten die N-Menge in den Ernteresten zwischen 187 und 275 kg ha<sup>-1</sup>, währenddessen beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von 200 bzw. 206 kg ha<sup>-1</sup> registriert wurde. Weder zwischen den Anbauformen, noch zwischen den Sorten wurden signifikante Unterschiede hinsichtlich der N-Menge in den Ernteresten festgestellt (Tab. A 9).

Tab. 19: Gesamtpflanzliche Stickstoff-Menge (N im Schnittgut + N in den Ernteresten: **N<sub>Bt</sub>**) im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischem Kleees am Standort **Reinshof**. N<sub>Bt</sub> des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Stickstoff-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren (Σ, nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der gesamtpflanzlichen N-Menge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N <sub>Bt</sub> [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	Σ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	Σ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	446,9 A	514,2 A	961,1 A	527,3 A	357,5 A	884,7 A
Europe	563,1 B a	478,9 A a	1042,0 A a	598,6 A a	408,4 A a	1006,9 A a
Franken neu	569,4 a	459,7 a	1029,6 a	711,6 a	496,1 a	1207,7 b
Orca	493,2 a	528,6 b	1021,8 a	600,5 a	500,2 a	1100,7 ab
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>541,9 α</i>	<i>489,1 α</i>	<i>1031,0 α</i>	<i>636,9 α</i>	<i>468,2 α</i>	<i>1105,1 α</i>
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	438,2 A	489,0 A	927,3 A	547,0 A	296,7 A	843,7 A
Odenwälder Rotklee	437,1 A a	453,8 A a	890,9 A a	556,4 A a	344,6 B a	901,0 B a
Titus	485,9 a	506,2 a	992,2 a	615,9 a	391,9 a	1007,8 a
Lucrum	458,2 a	432,5 a	890,7 a	588,2 a	375,0 a	963,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>460,4 β</i>	<i>464,2 α</i>	<i>924,6 β</i>	<i>586,8 α</i>	<i>370,5 β</i>	<i>957,3 α</i>
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	182,9 A			---- *		
Felix	259,4 A a			----		
Archibald	273,7 a			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>266,5</i>			----		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

\* - Ernteausfall des Persischen Kleees wegen Pilzbefalls

Nach überjährigem Anbau war bei den Reinsaaten des Rotklee in den Ernteresten eine N-Menge zwischen 79 und 139 kg ha<sup>-1</sup> registriert worden, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von 69 bzw. 114 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Im 2. HNJ der Versuchsanlage B betrug die mittlere zuwachsbezogene N-Menge in den Ernteresten der Rotklee-Reinsaaten nur 2 kg ha<sup>-1</sup>. Dagegen wurde im 2. HNJ der Versuchsanlage A in den Ernteresten eine Zunahme der N-Menge in Höhe von durchschnittlich 53 kg ha<sup>-1</sup> beobachtet. Noch größer war dieser Unterschied beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge: 61 kg ha<sup>-1</sup> in der Versuchsanlage A und keine Zunahme der N-Menge in der Versuchsanlage B. Nach zwei HNJ zeigte sich bei den Rotklee-Reinsaaten in den Ernteresten eine N-Menge zwischen 119 und 180 kg ha<sup>-1</sup>, währenddessen beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von 130 bzw. 114 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt wurde. Wie auch bei der Luzerne wurde beim Vergleich der N-Mengen in den Ernteresten zwischen den Sorten und Anbauformen kein signifikanter Unterschied festgestellt (Tab. A 9).

Im überjährigem Anbau war die N-Menge in den Ernteresten (Sortenmittel) der Luzerne mit 174 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 225 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) signifikant größer als beim Rotklee (93 bzw. 134 kg ha<sup>-1</sup>). Gleiches gilt für die N-Menge in den Ernteresten, die sich in der Summe aus zwei HNJ ergab: Die Luzerne zeigte mit 204 bzw. 237 kg ha<sup>-1</sup> signifikant größere Werte als der Rotklee (146 bzw. 137 kg ha<sup>-1</sup>).

Die mittlere N-Menge in den Ernteresten der Reinsaaten des Persischen Klees betrug 32 kg ha<sup>-1</sup> im Untersuchungsjahr 1999, gleichzeitig wurde in den Ernteresten des Gemenges aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras eine mittlere N-Menge in Höhe von 49 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt. Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Anbauformen oder den Sorten nicht beobachtet (Tab. A 9).

Bei den Luzerne-Reinsaaten wurde im überjährigem Anbau eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation zwischen 493 und 712 kg ha<sup>-1</sup> registriert. Im gleichen Nutzungszeitraum wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamt-pflanzliche N-Aufnahme in Höhe von 447 bzw. 527 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt. Dabei war die N-Akkumulation der Sorte Europe in der Versuchsanlage A mit 563 kg ha<sup>-1</sup> signifikant größer als die N-Aufnahme im Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (447 kg ha<sup>-1</sup>). Die Menge an Stickstoff in der Gesamtbio-masse der Pflanze bewegte sich bei den Luzerne-Reinsaaten im 2. HNJ zwischen 408 und 529 kg ha<sup>-1</sup>, während das Gemenge eine N-Aufnahme in Höhe von 514 bzw. 358 kg ha<sup>-1</sup> zeigte. In der Versuchsanlage A war im 2. HNJ (2000) die Akkumulation an gesamt-pflanzlichem Stickstoff bei der Sorte Orca mit 528 kg ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei den anderen Sorten (460 bzw. 479 kg ha<sup>-1</sup>). In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten ein gesamt-pflanzlicher N-Ertrag zwischen 1007 und 1208 kg ha<sup>-1</sup> beobachtet (Tab. 19). Dagegen betrug der gesamt-pflanzliche N-Ertrag des Luzerne-

Wiesenschwingel-Gemenges in der Summe aus zwei HNJ lediglich 961 bzw. 885 kg ha<sup>-1</sup>. Indessen war in der Versuchsanlage B die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Sorte Franken neu mit 1208 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als die der Sorte Europe (1007 kg ha<sup>-1</sup>).

Die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Rotklee-Reinsaaten bewegte sich im überjährigen Anbau zwischen 438 und 616 kg ha<sup>-1</sup>. Dabei zeigte die Sorte Titus in beiden Versuchsanlagen die höchste gesamt-pflanzliche N-Akkumulation, die allerdings nicht signifikant größer war als bei den anderen Sorten. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im gleichen Nutzungszeitraum eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von 438 bzw. 547 kg ha<sup>-1</sup> vorgefunden. Die Rotklee-Reinsaaten zeigten im 2. HNJ in der Gesamtbiomasse eine N-Aufnahme zwischen 345 und 506 kg ha<sup>-1</sup>, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine N-Menge in Höhe von 489 bzw. 297 kg ha<sup>-1</sup> registriert wurde (Tab. 19).

In der Summe aus zwei HNJ bewegte sich die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation bei den Rotklee-Reinsaaten zwischen 891 und 1008 kg ha<sup>-1</sup>. Unterdessen war beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von 927 bzw. 844 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt worden. Zugleich war in der Versuchsanlage B bei der Sorte Odenwälder Rotklee mit 901 kg ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation festzustellen als beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge. Zwischen den Sorten wurden zu keinem Nutzungszeitpunkt signifikante Unterschiede in der Höhe der N-Akkumulation beobachtet (Tab. 19).

In der Versuchsanlage A war im überjährigen Anbau die durchschnittliche gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Luzerne mit 542 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als beim Rotklee (460 kg ha<sup>-1</sup>). Auch in der Summe aus zwei HNJ (1999 und 2000) zeigte die Luzerne mit 1031 kg ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation als der Rotklee (925 kg ha<sup>-1</sup>).

Die Reinsaaten des Persischen Klees wiesen im Untersuchungsjahr 1999 eine mittlere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von 267 kg ha<sup>-1</sup> auf. Beim Gemenge des Persischen Klees mit Welschem Weidelgras wurde mit 183 kg ha<sup>-1</sup> eine geringere gesamt-pflanzliche N-Aufnahme erreicht. Signifikante Unterschiede wurden weder beim Vergleich der Sorten, noch beim Vergleich der Anbauformen gefunden (Tab. 19).

#### **4.1.2.2 Untersuchungsstandort Oederquart**

Für den Standort Oederquart sind die N-Mengen im Schnittgut und in den Ernteresten im Anhang in den Tab. A 14 und A 15 dargestellt. Die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Leguminosen (N<sub>Bt</sub>) wird in der Tabelle 20 wiedergegeben.

Die Luzerne-Reinsaaten verzeichneten im überjährigen Anbau eine Schnittgut-N-Menge zwischen 89 und 218 kg ha<sup>-1</sup>, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im Schnittgut eine N-Menge in Höhe von 83 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 90 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) vorgefunden wurde. Im 2. HNJ (2000 oder 2001) wurde bei den Luzerne-Reinsaaten im Schnittgut eine N-Menge zwischen 187 und 390 kg ha<sup>-1</sup> registriert. Im gleichen Nutzungszeitraum zeigte das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 117 bzw. 127 kg ha<sup>-1</sup>. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten im Schnittgut eine N-Menge zwischen 277 und 598 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt. In diesem Nutzungszeitraum war die Schnittgut-N-Menge der Sorte Europe in der Versuchsanlage B mit 277 kg ha<sup>-1</sup> signifikant geringer als die N-Menge im Schnittgut der anderen Sorten. Beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wurde in der Summe aus zwei HNJ eine Schnittgut-N-Menge von lediglich 200 bzw. 217 kg ha<sup>-1</sup> beobachtet. Unterdessen war in der Versuchsanlage A die Schnittgut-N-Menge der Sorte Europe (in der Summe der HNJ 1999 und 2000) mit 598 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als die Schnittgut-N-Menge des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges (200 kg ha<sup>-1</sup>). Die Luzerne-Reinsaaten zeigten zu allen Nutzungszeiträumen in der Versuchsanlage B eine geringere N-Menge im Schnittgut als in der Versuchsanlage A (Tab. A 14).

Im überjährigen Anbau war bei den Rotklee-Reinsaaten im Schnittgut eine N-Menge zwischen 293 und 461 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt worden, während das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge im Schnittgut eine N-Mengen in Höhe von 434 bzw. 322 kg ha<sup>-1</sup> zeigte. Im 2. HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaaten eine N-Menge zwischen 254 und 451 kg ha<sup>-1</sup> im Schnittgut beobachtet. Dabei zeigte die Sorte Titus in der Versuchsanlage B mit 304 kg N ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere N-Menge im Schnittgut als die Sorte Odenwälder Rotklee (254 kg ha<sup>-1</sup>). Im gleichen Nutzungszeitraum war im Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Schnittgut-N-Menge von 399 bzw. 226 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt worden. Bei den Rotklee-Reinsaaten wurde in der Summe aus zwei HNJ eine Schnittgut-N-Menge zwischen 547 und 912 kg ha<sup>-1</sup> beobachtet, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 833 bzw. 548 kg ha<sup>-1</sup> registriert wurde (Tab. A 14).

Die durchschnittliche N-Menge im Schnittgut war im überjährigen Anbau beim Rotklee mit 438 bzw. 331 kg ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei der Luzerne (202 bzw. 112 kg ha<sup>-1</sup>). Dieser Sachverhalt änderte sich in der Summe von zwei HNJ nicht. Der Rotklee zeigte im Sortenmittel mit 846 bzw. 615 kg ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere N-Menge im Schnittgut als die Luzerne (577 bzw. 332 kg ha<sup>-1</sup>).

In den Reinsaaten des Persischen Klees war die mittlere N-Menge im Schnittgut mit 197 kg ha<sup>-1</sup> im Untersuchungsjahr 1999 größer als im Untersuchungsjahr 2000 (74 kg ha<sup>-1</sup>). Demgegenüber fand sich beim Gemenge des Persischen Klees mit Welschem Weidelgras im Untersuchungsjahr 1999 eine Schnittgut-N-Menge in Höhe

von  $128 \text{ kg ha}^{-1}$ , während im Untersuchungsjahr 2000 im Schnittgut eine N-Menge von lediglich  $69 \text{ kg ha}^{-1}$  registriert wurde (Tab. A 14).

Bei den Luzerne-Reinsaaten wurde im überjährigen Anbau in den Ernteresten eine N-Menge zwischen  $37$  und  $88 \text{ kg ha}^{-1}$  festgestellt. Im gleichen Nutzungszeitraum wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von  $62$  bzw.  $42 \text{ kg ha}^{-1}$  vorgefunden. Der Zuwachs an N in den Ernteresten des 2. HNJ lag zwischen  $8$  und  $56 \text{ kg ha}^{-1}$  bei den Luzerne-Reinsaaten, unterdessen war beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge lediglich eine N-Menge in Höhe von  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  (Versuchsanlage A) bzw.  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  (Versuchsanlage B) in den Ernteresten ermittelt worden. In der Summe aus zwei HNJ bewegte sich die N-Menge in den Ernteresten der Reinsaaten zwischen  $58$  und  $132 \text{ kg ha}^{-1}$ , während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von  $75$  bzw.  $44 \text{ kg ha}^{-1}$  registriert wurde. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten sowie den Anbauformen wurden hinsichtlich der N-Menge in den Ernteresten nicht beobachtet (Tab. A 15).

Die Rotklee-Reinsaaten zeigten in den Ernteresten eine N-Menge zwischen  $68$  und  $127 \text{ kg ha}^{-1}$ , gleichzeitig war beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Ernterest-N-Menge in Höhe von  $63$  bzw.  $69 \text{ kg ha}^{-1}$  beobachtet worden (überjähriger Anbau). In der Versuchsanlage B war bei der Sorte Titus nach überjährigem Anbau die N-Menge in den Ernteresten mit  $97 \text{ kg ha}^{-1}$  signifikant größer als bei der Sorte Odenwälder Rotklee ( $68 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Im 2. HNJ lag die N-Menge in den zugewachsenen Ernteresten zwischen  $0$  und  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  bei den Rotklee-Reinsaaten, sowie bei  $7$  bzw.  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge. Nach zweijährigem Anbau wurde in der Summe aus zwei HNJ bei den Rotklee-Reinsaaten eine N-Menge zwischen  $71$  und  $141 \text{ kg ha}^{-1}$  in den Ernteresten ermittelt, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine N-Menge in Höhe von  $71$  bzw.  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  festgestellt wurde (Tab. A 15).

Die mittlere N-Menge in den Ernteresten war bei Rotklee nach über- und zweijährigen Anbau größer als bei Luzerne. Dabei zeigte Rotklee in der Versuchsanlage B am Ende des 1. HNJ 2000 mit durchschnittlich  $81 \text{ kg ha}^{-1}$  signifikant höhere N-Mengen in den Ernteresten als Luzerne ( $47 \text{ kg ha}^{-1}$ ). In der Summe aus zwei HNJ waren die Differenzen zwischen Rotklee und Luzerne indes geringer als im überjährigen Anbau.

In den Ernteresten des Persischen Klees (Reinsaaten) war die mittlere N-Menge am Ende des Untersuchungsjahres 1999 mit  $56 \text{ kg ha}^{-1}$  höher als am Ende des Untersuchungsjahres 2000 ( $29 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Dagegen war die N-Menge in den Ernteresten des Gemenges aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras mit  $37 \text{ kg ha}^{-1}$  am Ende des Nutzungsjahres 1999 sowie mit  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  am Ende des Nutzungsjahres 2000 nur geringfügig verschieden (Tab. A 15).

Tab. 20: Gesamtpflanzliche Stickstoff-Menge (Schnittgut + Erntereste:  $N_{Bt}$ ) im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotklee und des Persischem Klees am Standort **Oederquart**.  $N_{Bt}$  des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Stickstoff-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der gesamtpflanzlichen N-Menge

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

$N_{Bt}$ [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	145,5 A	129,4 A	274,8 A	131,8 A	128,8 A	260,6 A
Europe	250,4 A a	437,2 B a	687,6 B a	126,7 A a	233,3 B a	360,0 B a
Franken neu	284,5 a	435,4 a	719,8 a	180,9 b	255,0 a	436,0 b
Orca	266,9 a	401,3 a	668,2 a	169,2 a	253,0 a	422,2 ab
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	267,2 $\alpha$	424,6 $\alpha$	691,9 $\alpha$	158,9 $\alpha$	247,1 $\alpha$	406,0 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	497,4 A	406,0 A	903,4 A	390,9 A	226,8 A	617,7 A
Odenwälder Rotklee	505,5 A a	395,1 A a	900,5 A a	360,2 A a	257,3 A a	617,5 A a
Titus	587,7 a	465,3 a	1053,0 b	465,4 a	303,9 a	769,3 b
Lucrum	505,1 a	434,7 a	939,6 a	409,0 a	301,2 a	710,1 ab
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	532,7 $\beta$	431,7 $\alpha$	964,4 $\beta$	411,5 $\beta$	287,5 $\alpha$	699,0 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>		1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo		164,9 A			103,6 A	
Felix		260,7 A a			104,1 A a	
Archibald		243,7 a			101,6 a	
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		252,2			102,9	

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Die Luzerne-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau eine gesamtpflanzliche N-Akkumulation zwischen 127 und 285 kg ha<sup>-1</sup>, während im gleichen Nutzungszeitraum das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamtpflanzliche N-Akkumulation in Höhe von 146 bzw. 132 kg ha<sup>-1</sup> aufwies. Die gesamtpflanzliche N-Menge lag bei den Luzerne-Reinsaaten im 2. HNJ zwischen 233 und 437 kg ha<sup>-1</sup>. Unterdessen wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge in beiden Versuchsanlagen eine N-Menge in Höhe von je 129 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt. Diese Akkumulation an Stickstoff beim Gemenge war im 2. HNJ signifikant geringer als die N-Aufnahme bei der Sorte Europe (437 kg ha<sup>-1</sup> in Versuchsanlage A sowie 233 kg ha<sup>-1</sup> in Versuchsanlage B). In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Reinsaaten eine gesamtpflanzliche N-Akkumulation zwischen 360 und 720 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt, unterdessen zeigte das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamtpflanzliche N-Akkumulation in Höhe von 275 bzw. 261 kg ha<sup>-1</sup>. Auch hier war die N-Aufnahme



des Gemenges signifikant geringer als diejenige der Sorte Europe in Reinsaat ( $688 \text{ kg ha}^{-1}$  in Versuchsanlage A sowie  $361 \text{ kg ha}^{-1}$  in Versuchsanlage B). Darüber hinaus war in der Versuchsanlage B die N-Menge in der Sorte Franken neu mit  $436 \text{ kg ha}^{-1}$  signifikant größer als in der Sorte Europe (Tab. 20).

Die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Rotklee-Reinsaaten lag im überjährigen Anbau zwischen  $360$  und  $588 \text{ kg ha}^{-1}$ . Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte im überjährigen Anbau eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation von  $497$  bzw.  $391 \text{ kg ha}^{-1}$ . Der Stickstoff in der gesamt-pflanzlichen Biomasse der Reinsaaten bewegte sich im 2. HNJ zwischen  $257$  und  $465 \text{ kg ha}^{-1}$ , indes wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von  $406$  bzw.  $227 \text{ kg ha}^{-1}$  beobachtet. Die Rotklee-Reinsaaten wiesen in der Summe aus zwei HNJ eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation zwischen  $618$  und  $1053 \text{ kg ha}^{-1}$  auf. Bei der Sorte Titus ( $1053 \text{ kg ha}^{-1}$  in Versuchsanlage A sowie  $769 \text{ kg ha}^{-1}$  in Versuchsanlage B) wurde eine signifikant höhere gesamt-pflanzliche N-Aufnahme verzeichnet als bei der Sorte Odenwälder Rotklee ( $901 \text{ kg ha}^{-1}$  in Versuchsanlage A sowie  $618 \text{ kg ha}^{-1}$  in Versuchsanlage B). Im gleichen Nutzungs-zeitraum zeigte das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von  $903$  bzw.  $618 \text{ kg ha}^{-1}$ . Zwischen den Anbauformen wurden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Höhe der gesamt-pflanzlich akkumulierten N-Menge festgestellt (Tab. 20).

Beim Vergleich der Sortenmittel der gesamt-pflanzlichen N-Akkumulation der Luzerne und des Rotklees zeigte sich in beiden Versuchsanlagen, dass der Rotklee im überjährigen Anbau eine signifikant höhere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation aufwies als die Luzerne (Versuchsanlage A:  $524$  zu  $267 \text{ kg ha}^{-1}$ ; Versuchsanlage B:  $412$  zu  $159 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Auch in der Summe aus zwei HNJ zeigte der Rotklee im Mittel der Sorten eine signifikant höhere N-Akkumulation als die Luzerne (Versuchsanlage A:  $964$  zu  $692 \text{ kg ha}^{-1}$ ; Versuchsanlage B:  $699$  zu  $406 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Des Weiteren wurde bei allen Leguminosenarten in der Versuchsanlage A (1999 bis 2000) eine höhere Schnittgut-N-Menge, eine höhere Ernterest-N-Menge sowie eine höhere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation als in der Versuchsanlage B (2000 bis 2001) beobachtet (Tab. 20).

Im Untersuchungs-jahr 1999 wurde von den Reinsaaten des Persischen Klees durchschnittlich  $252 \text{ kg N ha}^{-1}$  akkumuliert, während die Reinsaaten im Untersuchungs-jahr 2000 eine mittlere gesamt-pflanzliche N-Menge von lediglich  $103 \text{ kg ha}^{-1}$  aufwiesen. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras zeigte im Untersuchungs-jahr 1999 eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von  $165 \text{ kg ha}^{-1}$ , während im Untersuchungs-jahr 2000 eine gesamt-pflanzliche N-Aufnahme in Höhe von  $104 \text{ kg ha}^{-1}$  festgestellt wurde. Beim Vergleich der Sorten und der Anbauformen wurde in keinem Untersuchungs-jahr ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der gesamt-pflanzlichen N-Akkumulation registriert (Tab. 20).

#### 4.1.2.3 Untersuchungsstandort Dasselsbruch

In den Anhangstabellen A 19 und A 20 werden für den Standort Dasselsbruch die Schnittgut-N-Mengen und die N-Mengen in den Ernteresten wiedergegeben. Die gesamtplanzliche N-Akkumulation ( $N_{Bt}$ ) wird in Tabelle 21 dargestellt.

Im überjährigen Anbau wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine Schnittgut-N-Menge zwischen 26 und 171 kg ha<sup>-1</sup> registriert, während im gleichen Nutzungszeitraum beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im Schnittgut eine N-Menge in Höhe von 82 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 40 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) festgestellt wurde. In der Versuchsanlage B (überjähriger Anbau) war die Schnittgut-N-Menge der Sorte Franken neu mit 44 kg ha<sup>-1</sup> signifikant größer als die N-Menge im Schnittgut der Sorte Europe (26 kg ha<sup>-1</sup>). Im 2. HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine Schnittgut-N-Menge zwischen 80 und 321 kg ha<sup>-1</sup> vorgefunden. Beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte sich im 2. HNJ eine Schnittgut-N-Menge von 142 bzw. 47 kg ha<sup>-1</sup>. Schließlich wurde in der Summe aus zwei HNJ bei den Luzerne-Reinsaaten eine Schnittgut-N-Menge zwischen 105 und 492 kg ha<sup>-1</sup> beobachtet. Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wies in der Summe aus zwei HNJ eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 225 bzw. 88 kg ha<sup>-1</sup> auf (Tab A 19).

Die Rotklee-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau eine Schnittgut-N-Menge zwischen 142 und 241 kg ha<sup>-1</sup>, unterdessen wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 88 bzw. 224 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt. Im 2. HNJ war bei den Reinsaaten im Schnittgut eine N-Menge zwischen 206 und 290 kg ha<sup>-1</sup> beobachtet worden, das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wies im gleichen Nutzungszeitraum eine Schnittgut-N-Mengen in Höhe von 116 bzw. 168 kg ha<sup>-1</sup> auf. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaaten eine Schnittgut-N-Menge zwischen 348 und 522 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im gleichen Nutzungszeitraum eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 203 bzw. 392 kg ha<sup>-1</sup> vorgefunden (Tab A 19).

Die Sorte Titus zeigte in jedem Nutzungszeitraum die höchste Schnittgut-N-Menge, dabei waren diese im 1. HNJ (1999) und in der Summe der HNJ 1999 und 2000 mit 220 bzw. 510 kg ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei den anderen Sorten (142 und 146 kg ha<sup>-1</sup> sowie 348 und 357 kg ha<sup>-1</sup>). Des Weiteren war die Schnittgut-N-Menge bei der Sorte Odenwälder Rotklee in der Summe aus zwei HNJ (1999 und 2000) mit 348 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (203 kg ha<sup>-1</sup>).

Die mittlere N-Menge im Schnittgut des Rotkleees war im überjährigen Anbau (Versuchsanlage B; Untersuchungsjahr 2000) mit 228 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als bei der Luzerne (37 kg ha<sup>-1</sup>). Auch im 2. HNJ (2001) und in der Summe aus zwei HNJ (2000 und 2001) war die durchschnittliche N-Menge im Schnittgut des Rotkleees

mit 254 bzw. 481 kg ha<sup>-1</sup> signifikant höher als bei der Luzerne in den gleichen Nutzungszeiträumen (108 bzw. 145 kg ha<sup>-1</sup>).

Bei den Reinsaaten des Persischem Klees wurde eine mittlere Schnittgut-N-Menge in Höhe von 117 kg ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 1999) bzw. 123 kg ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 2000) festgestellt. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras zeigte in diesen Zeiträumen eine Schnittgut-N-Menge von 87 bzw. 125 kg ha<sup>-1</sup>. Zwischen den Sorten und Anbauformen wurden dabei keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Schnittgut-N-Menge beobachtet (Tab A 19).

Im überjährigen Anbau wurde in den Ernteresten der Luzerne-Reinsaaten eine N-Menge zwischen 23 und 158 kg ha<sup>-1</sup> registriert, indes wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von 72 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 31 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) beobachtet. Die N-Menge in den Ernteresten des 2. HNJ lag bei den Luzerne-Reinsaaten zwischen 75 und 148 kg ha<sup>-1</sup>. Bei den Luzerne-Reinsaaten wurden in der Summe aus zwei HNJ eine Ernterest-N-Menge zwischen 102 und 233 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge lediglich 108 bzw. 31 kg N ha<sup>-1</sup> in den Ernteresten registriert wurde (Tab. A 20). Die N-Menge in den Ernteresten, die in der Summe aus zwei HNJ (2000 und 2001) beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges festgestellt wurde, war mit 31 kg ha<sup>-1</sup> signifikant geringer als bei der vergleichbaren Reinsaat (Sorte Europe: 102 kg ha<sup>-1</sup>).

Die N-Menge in den Ernteresten der Rotklee-Reinsaaten lag im überjährigen Anbau zwischen 68 und 105 kg ha<sup>-1</sup>, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine Ernterest-N-Menge in Höhe von nur 62 bzw. 67 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt wurde. Die N-Menge in den Ernteresten erstreckte sich bei den Rotklee-Reinsaaten im 2. HNJ von 1 bis 46 kg ha<sup>-1</sup>. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge lag sie bei 7 bzw. 26 kg ha<sup>-1</sup>. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaaten eine Ernterest-N-Menge zwischen 69 und 129 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt, unterdessen wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge in den Ernteresten eine N-Menge in Höhe von 69 bzw. 92 kg ha<sup>-1</sup> verzeichnet (Tab. A 20). Die Sorte Titus wies im überjährigen Anbau (Untersuchungsjahr 1999) mit 105 kg ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere N-Menge in den Ernteresten auf, als die beiden anderen Sorten (69 bzw. 70 kg ha<sup>-1</sup>). Ferner zeigte die Sorte Titus in der Summe aus zwei HNJ (1999 und 2000) eine signifikant höhere N-Menge in den Ernteresten als die Sorte Odenwälder Rotklee (69 kg ha<sup>-1</sup>).

Im Sortenmittel wurde bei der Luzerne in fast jedem Nutzungszeitraum eine höhere N-Menge in den Ernteresten nachgewiesen als beim Rotklee. Im überjährigen Anbau zeigte die Luzerne eine mittlere Ernterest-N-Menge in Höhe von 108 bzw. 33 kg ha<sup>-1</sup>, in der Summe von zwei HNJ in Höhe von 210 bzw. 116 kg ha<sup>-1</sup>. Beim Rotklee betrug die mittlere N-Menge in den Ernteresten im überjährigen Anbau 81 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 72 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B). In der Summe aus zwei

HNJ wurde beim Rotklee eine mittlere N-Menge in den Ernteresten in Höhe von 92 bzw. 102 kg ha<sup>-1</sup> vorgefunden. Eine Ausnahme bildet das Untersuchungs-jahr 2000 (Versuchsanlage B). In diesem Jahr zeigte der Rotklee im Mittel die höhere N-Menge in den Ernteresten. Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Arten hinsichtlich der Ernterest-N-Menge allerdings nicht beobachtet (Tab. A 20).

Tab. 21: Gesamtpflanzliche Stickstoff-Menge (Schnittgut + Erntereste:  $N_{Bt}$ ) im Gemengen und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Dasselsbruch**.  $N_{Bt}$  des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Stickstoff-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der gesamtpflanzlichen N-Menge

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

$N_{Bt}$ [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
<b>Luzerne</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Europe + Cosmos 11	154,3 A	178,6 A	332,9 A	70,9 A	47,2 A	118,1 A
Europe	205,7 A a	306,1 A a	511,8 A a	48,2 A a	159,1 B a	207,2 B a
Franken neu	234,2 a	469,3 a	703,5 a	91,9 a	236,4 a	328,3 a
Orca	310,7 a	337,3 a	648,1 a	68,0 a	177,5 a	245,5 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	250,2 $\alpha$	370,9 $\alpha$	621,1 $\alpha$	69,4 $\alpha$	191,0 $\alpha$	260,3 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	149,6 A	122,5 A	272,1 A	290,8 A	193,9 A	484,7 A
Odenwälder Rotklee	210,7 A a	206,9 A a	417,7 A a	275,3 A a	246,9 A a	522,2 A a
Titus	325,2 b	313,6 b	638,8 b	317,8 a	305,4 a	623,2 a
Lucrum	216,5 a	218,2 ab	434,7 a	304,0 a	300,2 a	604,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	250,8 $\alpha$	246,3 $\beta$	497,1 $\alpha$	299,0 $\beta$	284,2 $\beta$	583,2 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	149,8 A			166,7 A		
Felix	157,4 A a			159,0 A a		
Archibald	201,2 a			148,8 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	179,3			153,9		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Die mittlere N-Menge in den Ernteresten der Reinsaaten des Persischen Kleees betrug 62 kg ha<sup>-1</sup> im Untersuchungs-jahr 1999, sowie 31 kg ha<sup>-1</sup> im Untersuchungs-jahr 2000. Im Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras wurde eine N-Menge in Höhe von 63 kg ha<sup>-1</sup> (Untersuchungs-jahr 1999) bzw. 42 kg ha<sup>-1</sup> (Untersuchungs-jahr 2000) festgestellt. Zwischen Anbauformen und Sorten

wurden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der N-Menge in den Ernteresten registriert (Tab. A 20).

Die Luzerne-Reinsaaten zeigten während des überjährigen Anbaus eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation zwischen 48 und 311 kg ha<sup>-1</sup>, indessen wurde im gleichen Nutzungszeitraum beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamt-pflanzliche N-Aufnahme in Höhe von 154 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 71 kg ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) beobachtet. Die N-Menge in der gesamt-pflanzlichen Biomasse lag bei den Reinsaaten im 2. HNJ zwischen 159 und 469 kg ha<sup>-1</sup>, das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte im 2. HNJ eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von 179 bzw. 47 kg ha<sup>-1</sup>. Dabei war im Untersuchungsjahr 2001 (Versuchsanlage B) die N-Menge in der Biomasse des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges war signifikant geringer als die der Reinsaat (Sorte Europe: 159 kg ha<sup>-1</sup>). In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten zwischen 207 und 704 kg N ha<sup>-1</sup> gesamt-pflanzlich akkumuliert. Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge erreichte in der Summe aus zwei HNJ eine N-Akkumulation in Höhe von 333 bzw. 118 kg N ha<sup>-1</sup>. Wiederum war die gesamt-pflanzliche N-Aufnahme des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges signifikant niedriger als bei der vergleichbaren Reinsaat (Sorte Europe: 207 kg N ha<sup>-1</sup>). In beiden Versuchsanlagen fand sich die höchste N-Menge bei der Sorte Franken neu. Allerdings wurde zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten gefunden, da am Standort Dasselsbruch große Unterschiede in den Erträgen zwischen den Parzellen eines Prüfgebietes auftraten (Tab. 21).

Die gesamt-pflanzliche N-Menge in den Rotklee-Reinsaaten bewegte sich im überjährigen Anbau zwischen 211 und 325 kg ha<sup>-1</sup>, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamt-pflanzliche N-Menge in Höhe von 150 bzw. 291 kg ha<sup>-1</sup> vorlag. Die N-Menge in der gesamt-pflanzlichen Biomasse des 2. HNJ belief sich beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge auf 123 bzw. 194 kg ha<sup>-1</sup>, bei den Rotklee-Reinsaaten wurden N-Mengen zwischen 207 und 314 kg ha<sup>-1</sup> ermittelt. In der Summe aus zwei HNJ war bei den Reinsaaten eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation zwischen 418 und 639 kg ha<sup>-1</sup> festgestellt worden, das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte in der Summe aus zwei HNJ für die Gesamtbiomasse eine N-Aufnahme in Höhe von 272 bzw. 485 kg ha<sup>-1</sup> (Tab. 21).

Zwischen den Anbauformen wurden zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede hinsichtlich der gesamt-pflanzlichen N-Aufnahme festgestellt. Demgegenüber war die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Sorte Titus sowohl im überjährigen Anbau (Versuchsanlage A) mit 325 kg ha<sup>-1</sup>, als auch in der Summe aus zwei HNJ (1999 und 2000) mit 639 kg ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei den anderen Sorten (211 bzw. 217 kg ha<sup>-1</sup> im überjährigen Anbau sowie 418 bzw. 435 kg ha<sup>-1</sup> in der Summe aus zwei HNJ).

In der Versuchsanlage B war die mittlere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation des Rotklee zu jedem Nutzungszeitraum signifikant größer als bei der Luzerne. Im überjährigen Anbau (2000) zeigte der Rotklee im Sortenmittel eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von  $299 \text{ kg ha}^{-1}$ , während die Luzerne durchschnittlich lediglich  $69 \text{ kg N ha}^{-1}$  gesamt-pflanzlich akkumulierte. Des Weiteren war die mittlere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation des Rotklee in der Summe aus zwei HNJ (2000 und 2001) mit  $583 \text{ kg ha}^{-1}$  signifikant größer als bei der Luzerne (im Mittel  $260 \text{ kg ha}^{-1}$ ). In der Versuchsanlage A wurde von der Luzerne in der Summe aus zwei HNJ im Mittel  $621 \text{ kg N ha}^{-1}$  gesamt-pflanzlich aufgenommen, während der Rotklee eine mittlere  $N_{\text{Bt}}$ -Menge von lediglich  $497 \text{ kg ha}^{-1}$  aufwies (Tab. 21). Damit einhergehend war im 2. HNJ (Versuchsanlage A) die mittlere gesamt-pflanzliche N-Akkumulation bei der Luzerne mit  $371 \text{ kg ha}^{-1}$  signifikant größer als die durchschnittliche gesamt-pflanzliche N-Aufnahme des Rotklee ( $246 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Die Reinsaaten des Persischen Klee zeigten im Sortenmittel eine gesamt-pflanzliche N-Aufnahme in Höhe von  $179 \text{ kg ha}^{-1}$  (Untersuchungsjahr 1999), während im Untersuchungsjahr 2000 im Mittel lediglich  $154 \text{ kg N ha}^{-1}$  gesamt-pflanzlich akkumuliert wurden. Die höchste  $N_{\text{Bt}}$ -Menge fand sich mit  $201 \text{ kg ha}^{-1}$  bei der Sorte Archibald im Untersuchungsjahr 1999. Beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras wurde eine gesamt-pflanzliche N-Akkumulation in Höhe von  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  (1999) bzw. von  $167 \text{ kg ha}^{-1}$  (2000) registriert. Beim Vergleich der Anbauformen sowie der Sorten wurden keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der gesamt-pflanzlichen N-Menge gefunden (Tab. 21).

### 4.1.3 Stickstoff-Akkumulation aus der Luft und dem Boden

Die gesamtplanzliche Stickstoff-Menge ( $N_{Bt}$ ) einer Leguminose kann in eine N-Fraktion aus der Luft (aus der  $N_2$ -Fixierung) und eine N-Fraktion aus dem Boden (aus der  $NO_3^-$  und  $NH_4^+$ -Aufnahme) aufgegliedert werden. Im folgenden Abschnitt wird die gesamtplanzlich akkumulierte Luft-Stickstoff-Menge (in  $kg\ N\ ha^{-1}$ ) sowie die gesamtplanzlich akkumulierte Boden-Stickstoff-Menge (in  $kg\ N\ ha^{-1}$ ) für die verschiedenen Leguminosen-Arten, -Sorten und -Anbauformen in Tabellenform gezeigt (Tab. 22 bis 24 sowie A 10, A 16 und A 21). Die dargestellten N-Mengen wurden auf Grundlage der  $\delta^{15}N$ -Methode ermittelt. Darstellungen der Luft- und Boden-Stickstoff-Menge bei der Gemengesaat ergaben sich aus der Summe der jeweiligen N-Fraktionen in den zwei Bestandekomponenten (Leguminose und Wiesenschwingel). Die Gemengesaat und die Reinsaaten wurden in zwei Versuchsanlagen pro Untersuchungsstandort mit über- und zweijährigem Anbau verglichen (Versuchsanlage A: 1999 bis 2000; Versuchsanlage B: 2000 bis 2001). Zusätzlich wurde die N-Menge aus der Luft und dem Boden für den einjährig genutzten Persischen Klee getrennt nach Jahren (1999 und 2000) dargestellt. Die statistischen Analysen wurden auf Basis einer einfaktoriellen Varianzanalyse erstellt.

#### 4.1.3.1 Untersuchungsstandort Reinshof

Die gesamtplanzliche N-Menge aus der Luft sowie die gesamtplanzliche N-Menge aus dem Boden werden für den Standort Reinshof in den Tabellen 22 und A 10 wiedergegeben. Bei den Luzerne-Reinsaaten bewegte sich die gesamtplanzlich akkumulierte Luft-Stickstoff-Menge im überjährigen Anbau zwischen 361 und 518  $kg\ ha^{-1}$ , während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine gesamtplanzlich Luft-N-Menge in Höhe von 356  $kg\ N\ ha^{-1}$  (Versuchsanlage A) bzw. 359  $kg\ N\ ha^{-1}$  (Versuchsanlage B) akkumuliert wurde (Tab. 22). Demgegenüber wurde bei den Luzerne-Reinsaaten im gleichen Nutzungszeitraum eine Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff zwischen 132 und 194  $kg\ N\ ha^{-1}$  ermittelt. Dabei zeigte die Sorte Franken neu im Untersuchungsjahr 1999 mit 157  $kg\ N\ ha^{-1}$  eine signifikant höhere Boden-N-Aufnahme als die Sorte Europe (110  $kg\ N\ ha^{-1}$ ). Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge erreichte im überjährigen Anbau eine gesamtplanzlich akkumulierte Boden-N-Menge in Höhe von 93 bzw. 168  $kg\ N\ ha^{-1}$  (Tab. A 10).

Die im 2. HNJ gesamtplanzlich akkumulierte Luft-N-Menge der Luzerne-Reinsaaten war mit Werten zwischen 204 und 333  $kg\ ha^{-1}$  niedriger als im 1. HNJ. Hingegen hatte sich die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff mit Werten zwischen 146 und 249  $kg\ ha^{-1}$  gegenüber dem 1. HNJ erhöht. Indessen wies das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine  $N_2$ -Fixierung in Höhe von 356  $kg\ N\ ha^{-1}$  (Versuchsanlage A) bzw. 212  $kg\ N\ ha^{-1}$  (Versuchsanlage B) und eine gesamtplanzlich akkumulierte Boden-N-Menge in Höhe von 159 bzw. 145  $kg\ N\ ha^{-1}$  auf (Tab 22 und A 10).

In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Reinsaaten der Luzerne eine Aufnahme von luftbürtigem Stickstoff zwischen 643 und 800 kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet, die gesamt-pflanzlich akkumulierte Boden-N-Menge lag zwischen 256 und 442 kg N ha<sup>-1</sup>. In der Summe der HNJ 2000 und 2001 war die gesamt-pflanzlich akkumulierte Luft-N-Menge der Sorte Franken neu mit 800 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant höher als die der anderen Sorten (643 bzw. 658 kg N ha<sup>-1</sup>). Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wies in Versuchsanlage A in der Summe von zwei HNJ mit 711 kg N ha<sup>-1</sup> eine höhere N<sub>2</sub>-Fixierleistung auf als in der Versuchsanlage B (571 kg N ha<sup>-1</sup>). Die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff war hingegen in der Versuchsanlage B mit 313 kg N ha<sup>-1</sup> höher als in Versuchsanlage A (250 kg N ha<sup>-1</sup>).

Tab. 22: Gesamtpflanzliche Luft-Stickstoff-Menge (Nfix) im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**. Nfix des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Luft-N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Luft-N-Menge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

Nfix [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	355,7 A	355,5 A	711,2 A	358,9 A	212,4 A	571,3 A
Europe	452,8 A a	333,2 A a	786,0 A a	438,9 A a	203,9 A a	642,8 A a
Franken neu	412,2 a	251,8 a	664,0 a	518,4 a	281,6 a	800,1 b
Orca	361,0 a	332,6 a	693,6 a	407,0 a	251,3 a	658,3 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	408,7 $\alpha$	305,9 $\alpha$	714,5 $\alpha$	454,8 $\alpha$	245,6 $\alpha$	700,4 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	370,9 A	400,7 A	771,5 A	438,9 A	216,7 A	655,6 A
Odenwälder Rotklee	370,0 A a	379,8 A a	749,8 A a	469,2 A a	226,4 A a	695,6 A a
Titus	364,7 a	389,6 a	754,3 a	447,4 a	261,8 a	709,2 a
Lucrum	347,6 a	314,2 a	661,8 a	409,0 a	244,1 a	653,1 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	360,8 $\alpha$	361,2 $\beta$	722,0 $\alpha$	441,9 $\alpha$	244,1 $\alpha$	686,0 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	105,2 A			---- *		
Felix	167,3 A a			----		
Archibald	163,2 a			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	165,3			----		

Nfix nach  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode berechnet, Referenzpflanze Wiesenschwingel;

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

\* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls



Die Rotklee-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau eine gesamt-pflanzliche Akkumulation von Luft-Stickstoff zwischen 348 und 469 kg N ha<sup>-1</sup>, während eine gesamt-pflanzliche Akkumulation von Boden-N zwischen 67 und 179 kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet wurde. Dabei wies im Untersuchungsjahr 2000 die Sorte Lucrum mit 179 kg N ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere Aufnahme an bodenbürtigem Stickstoff auf als die Sorte Odenwälder Rotklee (87 kg N ha<sup>-1</sup>). Unterdessen war beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine luftbürtige N-Menge in Höhe von 371 bzw. 439 kg N ha<sup>-1</sup> sowie eine bodenbürtige N-Menge in Höhe von 67 bzw. 108 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt worden (Tab. 22 und A 10).

Im 2. HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaaten eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme zwischen 226 und 390 kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet. Die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff lag zwischen 74 und 131 kg N ha<sup>-1</sup>. Dabei war im Untersuchungsjahr 2000 (Versuchsanlage A) die Boden-N-Aufnahme bei der Sorte Odenwälder Rotklee mit 74 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant niedriger als bei den anderen Sorten (117 bzw. 118 kg N ha<sup>-1</sup>).

Bei den Rotklee-Reinsaaten wurde in der Summe aus zwei HNJ eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme zwischen 653 und 750 kg N ha<sup>-1</sup> vorgefunden. Die Boden-N-Aufnahme lag zwischen 141 und 310 kg N ha<sup>-1</sup>. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde in der Summe aus zwei HNJ eine N<sub>2</sub>-Fixierleistung in Höhe von 777 bzw. 656 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt, während im gleichen Nutzungszeitraum bodenbürtiger Stickstoff in Höhe von 150 bzw. 188 kg N ha<sup>-1</sup> aufgenommen wurde. Zwischen den Anbauformen wurden bei der Luzerne und dem Rotklee keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Luft- und Boden-N-Aufnahme festgestellt.

Der Vergleich der Arten ergab lediglich im 2. HNJ 2000 (Versuchsanlage A) beim Rotklee eine mit 361 kg N ha<sup>-1</sup> (Mittel der Sorten) signifikant höhere gesamt-pflanzliche N<sub>2</sub>-Fixierleistung als bei der Luzerne (306 kg N ha<sup>-1</sup>). Im überjährigen Anbau zeigte die Luzerne im Mittel der Sorten (409 bzw. 455 kg N ha<sup>-1</sup>) eine höhere Luft-N-Aufnahme als der Rotklee (361 bzw. 442 kg N ha<sup>-1</sup>). Diese Unterschiede waren allerdings nicht signifikant. In der Summe von zwei HNJ wurde bei der Luzerne und dem Rotklee eine nahezu gleich hohe mittlere N<sub>2</sub>-Fixierleistungen ermittelt (Versuchsanlage A: 715 und 722 kg N ha<sup>-1</sup> sowie Versuchsanlage B: 700 und 686 kg N ha<sup>-1</sup>).

Die Akkumulation von N aus dem Boden war im Sortenmittel bei der Luzerne in jedem Nutzungszeitraum höher als beim Rotklee. In der Versuchsanlage A zeigte die Luzerne sowohl im 1. HNJ 1999 mit 133 kg N ha<sup>-1</sup>, wie auch im 2. HNJ 2000 mit 183 kg N ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere mittlere Boden-N-Aufnahme als der Rotklee (100 kg N ha<sup>-1</sup> bzw. 103 kg N ha<sup>-1</sup>). Daraus resultierend war auch in der Summe aus zwei HNJ (1999 und 2000) die mittlere gesamt-pflanzlich akkumulierte Boden-N-Menge der Luzerne mit 316 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant höher als die des Rotklees (203 kg N ha<sup>-1</sup>). In

der Versuchsanlage B war lediglich im 2. HNJ ein signifikanter Unterschied zwischen den Arten festzustellen (Luzerne: 223 kg N ha<sup>-1</sup>; Rotklee: 127 kg N ha<sup>-1</sup>).

Bei den Reinsaaten des Persischen Klees wurde eine mittlere gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme von 165 kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet, während eine mittlere bodenbürtige N-Aufnahme in Höhe von 101 kg N ha<sup>-1</sup> registriert wurde. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras zeigte eine gesamt-pflanzlich akkumulierte Luft-N-Menge in Höhe von 105 kg N ha<sup>-1</sup>. Die Aufnahme von Boden-N lag mit 78 kg N ha<sup>-1</sup> niedriger als bei den Reinsaaten. Weder Luft- noch Boden-N-Aufnahme zeigten beim Vergleich der Sorten und der Anbauformen des Persischen Klees signifikante Unterschiede (Tab. 22 und A 10).

#### **4.1.3.2 Untersuchungsstandort Oederquart**

Die gesamt-pflanzlich akkumulierte Luft-Stickstoffmenge sowie die gesamt-pflanzlich aus dem Boden aufgenommene N-Menge werden für den Untersuchungsstandort Oederquart in den Tabellen 23 und A 16 dargestellt. Die Luzerne-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme zwischen 43 und 168 kg N ha<sup>-1</sup> sowie eine gesamt-pflanzliche Boden-N-Aufnahme zwischen 84 und 121 kg N ha<sup>-1</sup>. Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wies im überjährigen Anbau eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation in Höhe von 49 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 22 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) auf. Gleichzeitig wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff in Höhe von 96 bzw. 110 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt. In diesem Nutzungszeitraum wurde beim Vergleich der Anbauformen und der Sorten kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Luft- und Boden-N-Aufnahme beobachtet (Tab. 23 und A 16).

Bei den Luzerne-Reinsaaten wurde im 2. HNJ mit Werten zwischen 176 und 247 kg N ha<sup>-1</sup> eine höhere gesamt-pflanzliche Luft-N-Menge ermittelt als im 1. HNJ. Die Boden-N-Aufnahme der Luzerne-Reinsaaten lag in diesem Nutzungszeitraum zwischen 57 und 227 kg N ha<sup>-1</sup>. Beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte sich im 2. HNJ eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation in Höhe von 29 bzw. 43 kg N ha<sup>-1</sup>, die Boden-N-Akkumulation lag bei 101 bzw. 86 kg N ha<sup>-1</sup>. In der Versuchsanlage B war im 2. HNJ (2001) die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff bei der Sorte Franken neu mit 88 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei der Sorte Europe (57 kg N ha<sup>-1</sup>). Des Weiteren war die im 2. HNJ aufgenommene Luft-N-Menge bei der Sorte Europe mit 247 kg N ha<sup>-1</sup> (2000) bzw. 176 kg N ha<sup>-1</sup> (2001) signifikant größer als die des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges im gleichen Nutzungszeitraum. Die Boden-N-Aufnahme der Sorte Europe war mit 190 kg N ha<sup>-1</sup> (2000) ebenfalls signifikant größer als die des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges (Tab. 23 und A 16).

Tab. 23: Gesamtpflanzliche Luft-Stickstoff-Menge (Nfix) im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Oederquart**. Nfix des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Luft-N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Luft-N-Menge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

Nfix [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	49,2 A	28,5 A	77,7 A	22,3 A	42,5 A	64,8 A
Europe	160,2 A a	247,1 B a	407,3 B a	42,7 A a	175,9 B a	218,6 B a
Franken neu	168,2 a	208,8 a	377,0 a	71,7 a	166,9 a	238,6 a
Orca	146,3 a	216,8 a	363,1 a	63,7 a	177,2 a	240,9 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	158,2 $\alpha$	224,2 #	382,4 $\alpha$	59,4 $\alpha$	173,3 $\alpha$	232,7 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	383,8 A	290,1 A	673,9 A	273,8 A	157,6 A	431,4 A
Odenwälder Rotklee	388,9 A a	249,3 A a	638,3 A a	282,3 A a	197,3 A a	479,6 A a
Titus	435,5 a	299,7 a	735,2 a	334,8 a	179,1 a	513,9 a
Lucrum	349,1 a	246,7 a	595,9 a	280,6 a	182,0 a	462,6 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	391,2 $\beta$	265,2 #	656,4 $\beta$	299,2 $\beta$	186,1 $\alpha$	485,4 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	43,9 A			4,5 A		
Felix	182,3 B a			43,0 B a		
Archibald	171,8 a			40,1 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	177,0			41,5		

Nfix nach  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode berechnet, Referenzpflanze Wiesenschwingel;  
 verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).  
 # Daten nicht normalverteilt, Varianzanalyse nicht möglich.

In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine gesamtpflanzliche Luft-N-Akkumulation zwischen 219 und 407 kg N ha<sup>-1</sup> registriert, während eine Boden-N-Aufnahme in Höhe von 141 bis 343 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Dabei war in der Versuchsanlage B (HNJ 2000 und 2001) die gesamtpflanzliche Boden-N-Aufnahme der Sorte Europe mit 141 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant kleiner als bei den anderen Sorten (181 bzw. 197 kg N ha<sup>-1</sup>). Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte in der Summe aus zwei HNJ eine gesamtpflanzliche Luft-N-Aufnahme in Höhe von lediglich 78 bzw. 65 kg N ha<sup>-1</sup>, die Boden-N-Aufnahme lag in diesem Nutzungszeitraum bei 197 bzw. 196 kg N ha<sup>-1</sup>. Entsprechend war die N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Reinsaat (Sorte Europe) mit 407 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 219 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) in der Summe aus

zwei HNJ signifikant größer als beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge. Darüber hinaus war in der Summe der HNJ 1999 und 2000 die gesamt-pflanzliche Boden-N-Aufnahme der Sorte Europe mit  $280 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer als beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ( $197 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

Bei den Rotklee-Reinsaaten wurde im überjährigen Anbau eine symbiotische  $\text{N}_2$ -Fixierleistung zwischen  $281$  und  $436 \text{ kg N ha}^{-1}$  beobachtet, währenddessen lag die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff zwischen  $78$  und  $156 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Im 1. HNJ 2000 (Versuchsanlage B) war dabei die Boden-N-Aufnahme der Sorte Odenwälder Rotklee mit  $78 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant kleiner als bei den anderen Sorten ( $128$  bzw.  $131 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wies im überjährigen Anbau eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation in Höhe von  $384 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Versuchsanlage A) bzw.  $274 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Versuchsanlage B) auf. Die Boden-N-Aufnahme des Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenges belief sich im gleichen Nutzungszeitraum auf  $114$  bzw.  $117 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Tab. 23 und A 16).

Im 2. HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaaten eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme zwischen  $182$  und  $300 \text{ kg N ha}^{-1}$  ermittelt, die gesamt-pflanzliche Boden-N-Akkumulation erreichte Werte zwischen  $60$  und  $188 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Dabei erzielte die Sorte Lucrum mit  $188 \text{ kg N ha}^{-1}$  in der Versuchsanlage A (2. HNJ 2000) eine signifikant größere Boden-N-Aufnahme als die Sorte Odenwälder Rotklee ( $146 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im 2. HNJ eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation in Höhe von  $291$  bzw.  $158 \text{ kg N ha}^{-1}$  beobachtet. Gleichzeitig war eine Boden-N-Akkumulation in Höhe von  $116$  bzw.  $69 \text{ kg N ha}^{-1}$  zu verzeichnen.

Die Rotklee-Reinsaaten zeigten in der Summe von zwei HNJ eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme zwischen  $463$  und  $735 \text{ kg N ha}^{-1}$  und eine Boden-N-Aufnahme zwischen  $138$  und  $344 \text{ kg N ha}^{-1}$ . In der Versuchsanlage A (HNJ 1999 und 2000) war dabei die Boden-N-Aufnahme der Sorte Lucrum mit  $344 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer als bei der Sorte Odenwälder Rotklee ( $263 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). In der Versuchsanlage B (HNJ 2000 und 2001) nahm die Sorte Odenwälder Rotklee mit  $138 \text{ kg N ha}^{-1}$  eine signifikant geringe bodenbürtige N-Menge auf als die anderen Sorten ( $248$  bzw.  $255 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge akkumulierte in der Summe von zwei HNJ eine Luft-Stickstoff-Menge in Höhe von  $674$  bzw.  $432 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Die Boden-N-Akkumulation betrug in diesem Nutzungszeitraum  $230$  bzw.  $186 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Zwischen den Anbauformen wurde zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied in Hinsicht auf die Luft- und Boden-N-Aufnahme registriert.

Die mittlere symbiotische  $\text{N}_2$ -Fixierleistung war im gesamten Nutzungszeitraum (1999 bis 2001) bei den Reinsaaten des Rotklees größer als bei den Reinsaaten der Luzerne. Im überjährigen Anbau wurde beim Rotklee mit einer Luft-N-Akkumulation in Höhe von  $391 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Versuchsanlage A, 1999) bzw.  $299 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Versuchs-

anlage B, 2000) eine signifikant höhere symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung erzielt als bei der Luzerne (158 bzw. 59 kg N ha<sup>-1</sup>). In der Summe von zwei HNJ war die mittlere Luft-N-Aufnahme beim Rotklee mit 656 bzw. 485 kg N ha<sup>-1</sup> ebenfalls signifikant größer als bei der Luzerne (382 bzw. 233 kg N ha<sup>-1</sup>). Bei der Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff zeigten die Arten nur geringe Unterschiede. Im überjährigen Anbau wies der Rotklee mit 142 bzw. 112 kg N ha<sup>-1</sup> eine nur wenig höhere mittlere Boden-N-Akkumulation als die Luzerne auf (109 bzw. 100 kg N ha<sup>-1</sup>). Lediglich im 2. HNJ (2001) war die mittlere Boden-N-Akkumulation des Rotklee signifikant größer als die durchschnittliche Boden-N-Aufnahme der Luzerne (74 kg N ha<sup>-1</sup>). In der Summe der HNJ 1999 und 2000 (Versuchsanlage A) war die mittlere Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff fast identisch (Luzerne: 309 kg N ha<sup>-1</sup>; Rotklee: 308 kg N ha<sup>-1</sup>), während in der Summe der HNJ 2000 und 2001 (Versuchsanlage B) beim Rotklee mit 214 kg N ha<sup>-1</sup> eine höhere N-Aufnahme aus dem Boden als bei der Luzerne (173 kg N ha<sup>-1</sup>) festgestellt wurde. Allerdings war dieser Unterschied nicht signifikant (Tab. 23 und A 16).

Die Reinsaaten des Persischen Klees zeigten im Untersuchungsjahr 1999 eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme in Höhe von 177 kg N ha<sup>-1</sup> sowie eine gesamt-pflanzliche Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff in Höhe von 75 kg N ha<sup>-1</sup> (Sortenmittel). Im Untersuchungsjahr 2000 wurde von den Reinsaaten lediglich 42 kg N ha<sup>-1</sup> aus der Luft aufgenommen, während die mittlere bodenbürtige N-Aufnahme 61 kg N ha<sup>-1</sup> betrug. Beim Vergleich der Sorten wurde kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Luft- und Boden-N-Akkumulation festgestellt. Auf Grund des niedrigen Leguminosen-Anteils zeigte das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras mit 44 kg N ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 1999) und 5 kg N ha<sup>-1</sup> (Untersuchungsjahr 2000) eine geringe symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung. Dementsprechend war die Luft-N-Akkumulation der Sorte Felix mit 182 bzw. 43 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei dem Gemenge. Im Untersuchungsjahr 1999 betrug die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff im Gemenge 121 kg N ha<sup>-1</sup>, während im Untersuchungsjahr 2000 im Gemenge 99 kg N ha<sup>-1</sup> bodenbürtiger Stickstoff aufgenommen wurde (Tab. 23 und A 16).

#### 4.1.3.3 Untersuchungsstandort Dasselsbruch

In den Tabellen 24 und A 21 werden für den Standort Dasselsbruch die gesamt-pflanzlich akkumulierte Luft-Stickstoffmenge sowie die gesamt-pflanzlich aus dem Boden akkumulierte Stickstoff-Menge gezeigt. Die gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme der Luzerne-Reinsaaten erstreckte sich im überjährigem Anbau zwischen 10 und 133 kg N ha<sup>-1</sup>. Im gleichen Nutzungszeitraum lag die gesamt-pflanzliche bodenbürtige N-Aufnahme zwischen 38 und 177 kg N ha<sup>-1</sup>. Im 1. HNJ (1999) war die Boden-N-Aufnahme bei der Sorte Orca mit 177 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei der Sorte Europe (85 kg N ha<sup>-1</sup>), während im 1. HNJ (2000) die bodenbürtige N-Aufnahme bei der Sorte Franken neu mit 59 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant

größer war als bei der Sorte Europe ( $38 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte im überjährigen Anbau eine symbiotische  $\text{N}_2$ -Fixierleistung in Höhe von  $73 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Versuchsanlage A), indessen wurde in der Versuchsanlage B keine Stickstoff-Aufnahme aus der Luft verzeichnet, da der Leguminosen-Anteil im Gemenge sehr gering war. Demzufolge war im 1. HNJ 2000 die Luft-N-Akkumulation der Reinsaat-Sorte Europe mit nur  $10 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer als beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ( $< 0,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

Im 2. HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation zwischen  $141$  und  $332 \text{ kg N ha}^{-1}$  registriert, die Boden-N-Aufnahme lag zwischen  $18$  und  $138 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Dabei zeigte die Sorte Franken neu mit  $138 \text{ kg N ha}^{-1}$  im 2. HNJ (2000) eine signifikant größere Boden-N-Aufnahme als die Sorte Europe ( $68 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im 2. HNJ eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Aufnahme in Höhe von  $104$  bzw.  $2 \text{ kg N ha}^{-1}$  festgestellt, die Boden-N-Akkumulation wurde auf  $74$  bzw.  $46 \text{ kg N ha}^{-1}$  beziffert. Wiederum war in der Versuchsanlage B die Luft-N-Akkumulation der Reinsaat (Sorte Europe) mit  $141 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer als beim Gemenge ( $2 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Demgegenüber war allerdings die Boden-N-Aufnahme des Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenges in diesem Zeitraum (2. HNJ 2001) mit  $46 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer als bei der Reinsaat (Sorte Europe:  $18 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

In der Summe von zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation zwischen  $151$  und  $442 \text{ kg N ha}^{-1}$  ermittelt, während eine bodenbürtige N-Akkumulation zwischen  $56$  und  $262 \text{ kg N ha}^{-1}$  vorgefunden wurde. Bei der Sorte Franken neu wurde in drei von vier HNJ das höchste Aneignungsvermögen für Luft-N beobachtet. Allerdings wurde in Hinsicht auf die symbiotische  $\text{N}_2$ -Fixierleistung kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten verzeichnet (Tab. 24 und A 21). Gleichzeitig zeigte die Sorte Europe mit  $153 \text{ kg N ha}^{-1}$  in der Versuchsanlage A (HNJ 1999 und 2000) eine signifikant geringere bodenbürtige N-Aufnahme als die anderen Sorten ( $258$  bzw.  $262 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

In der Versuchsanlage B (HNJ 2000 und 2001) war die gesamt-pflanzliche Akkumulation an bodenbürtigem Stickstoff bei der Sorte Franken neu mit  $117 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer als bei der Sorte Europe ( $56 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte in der Summe aus zwei HNJ eine gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation in Höhe von  $177$  bzw.  $2 \text{ kg N ha}^{-1}$ , unterdessen wurde eine Aufnahme an bodenbürtigem Stickstoff in Höhe von  $156$  bzw.  $117 \text{ kg N ha}^{-1}$  festgestellt (Tab. 24 und A 21). In der Versuchsanlage B (HNJ 2000 und 2001) war die symbiotisch fixierte N-Menge der Reinsaat (Sorte Europe) mit  $151 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer als beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (nur  $2 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), während hingegen die Aufnahme an bodenbürtigem Stickstoff im gleichen Nutzungszeitraum beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge mit  $117 \text{ kg N ha}^{-1}$  signifikant größer war als bei der Reinsaat (Sorte Europe:  $56 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

Tab. 24: Gesamtpflanzliche Luft-Stickstoff-Menge (Nfix) im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Dasselsbruch**. Nfix des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Luft-N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Luft-N-Menge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

Nfix [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	72,8 A	104,3 A	177,0 A	0,0 A	1,5 A	1,5 A
Europe	121,1 A a	238,1 A a	359,2 A a	9,9 B a	141,1 B a	151,0 B a
Franken neu	109,7 a	331,8 a	441,5 a	32,7 a	178,4 a	211,1 a
Orca	133,4 a	257,0 a	390,4 a	17,8 a	143,4 a	161,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	121,4 $\alpha$	275,7 $\alpha$	397,0 $\alpha$	20,1 $\alpha$	154,3 $\alpha$	174,4 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	75,4 A	79,7 A	155,0 A	213,5 A	131,9 A	345,4 A
Odenwälder Rotklee	126,4 A a	160,3 A a	286,7 A a	202,2 A a	171,6 A a	371,8 A a
Titus	216,4 b	242,9 a	459,3 b	203,4 a	191,5 a	394,8 a
Lucrum	103,9 a	154,3 a	258,3 a	186,1 a	173,1 a	359,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	148,9 $\alpha$	185,8 $\beta$	334,8 $\alpha$	196,6 $\beta$	178,7 $\alpha$	375,3 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>		1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo		65,6 A			109,7 A	
Felix		102,0 A a			103,6 B a	
Archibald		107,7 a			98,2 a	
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		104,9			100,9	

Nfix nach  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode berechnet, Referenzpflanze Wiesenschwingel;  
 verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Die Rotklee-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau eine gesamtpflanzliche luftbürtige N-Akkumulation zwischen 104 und 216 kg N ha<sup>-1</sup>, während im gleichen Nutzungszeitraum eine gesamtpflanzliche Boden-N-Aufnahme zwischen 75 und 118 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt wurde (Tab. A 21). Im 1. HNJ 1999 zeigte dabei die Sorte Titus mit 216 kg N ha<sup>-1</sup> eine signifikant größere symbiotisch fixierte N-Menge als die anderen Sorten (104 bzw. 126 kg N ha<sup>-1</sup>). Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wies im gleichen Nutzungszeitraum eine Aufnahme von Stickstoff aus der Luft in Höhe von 75 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 214 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) auf. Die ermittelte Boden-N-Aufnahme des Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenges lag bei 74 bzw. 77 kg N ha<sup>-1</sup> (Tab. 24 und A 21).

Im 2. HNJ lag die gesamt-pflanzliche Luft-N-Akkumulation der Rotklee-Reinsaaten zwischen 154 und 243 kg N ha<sup>-1</sup>, die gesamt-pflanzliche Boden-N-Aufnahme erstreckte sich gleichzeitig von 47 bis 127 kg N ha<sup>-1</sup>. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im 2. HNJ eine Luft-N-Aufnahme in Höhe von 80 bzw. 132 kg N ha<sup>-1</sup> registriert, während eine Boden-N-Aufnahme in Höhe von 43 bzw. 62 kg N ha<sup>-1</sup> vorlag. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten und Anbauformen wurden im 2. HNJ hinsichtlich der N-Fractionen aus Luft und Boden nicht beobachtet.

In der Summe der HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaaten eine Luft-N-Menge zwischen 258 und 459 kg N ha<sup>-1</sup> gesamt-pflanzlich akkumuliert, gleichzeitig lag die bodenbürtige N-Akkumulation zwischen 131 und 245 kg N ha<sup>-1</sup>. In der Versuchsanlage A war in der Summe der HNJ (1999 und 2000) die luftbürtige N-Akkumulation der Sorte Titus mit 459 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant größer als die Luft-N-Aufnahme der beiden anderen Sorten (258 bzw. 287 kg N ha<sup>-1</sup>). In der Versuchsanlage B zeigte die Sorte Titus ebenfalls die höchste symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierleistung (395 kg N ha<sup>-1</sup>), gleichwohl wurde kein signifikanter Unterschied zu den anderen Sorten festgestellt. Die Sorte Odenwälder Rotklee zeigte stets eine geringere gesamt-pflanzliche Boden-N-Aufnahme als die anderen Sorten. Es wurde allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten registriert. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge fand sich in der Summe von zwei HNJ eine luftbürtige N-Menge in Höhe von 155 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 345 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B), währenddessen eine gesamt-pflanzliche Boden-N-Aufnahme in Höhe von 117 bzw. 139 kg N ha<sup>-1</sup> vorlag. Bei beiden N-Fractionen wurden keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Anbauform Reinsaat (Sorte Odenwälder Rotklee) gefunden (Tab. 24 und A 21).

Im 1. HNJ 2000 (Versuchsanlage B) war beim Rotklee (Sortenmittel) sowohl die symbiotisch fixierte N-Menge mit 197 kg N ha<sup>-1</sup>, als auch die aus dem Boden aufgenommene N-Menge mit 103 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant größer als bei der Luzerne (20 bzw. 49 kg N ha<sup>-1</sup>). Gleichmaßen war beim Rotklee in der Summe der HNJ 2000 und 2001 die Luft-N-Aufnahme mit 375 kg N ha<sup>-1</sup> größer als bei der Luzerne (174 kg N ha<sup>-1</sup>). Die Akkumulation des bodenbürtigen Stickstoffs war beim Rotklee mit 208 kg N ha<sup>-1</sup> ebenfalls signifikant größer als bei der Luzerne (86 kg N ha<sup>-1</sup>). In Versuchsanlage A zeigte die Luzerne einen höheren Trockenmasse-Ertrag als in Versuchsanlage B. Daher war im 2. HNJ (2000) die mittlere symbiotisch fixierte N-Menge der Luzerne mit 276 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant größer als beim Rotklee (186 kg N ha<sup>-1</sup>). In der Summe der zwei HNJ 1999 und 2000 erzielte die Luzerne eine symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierleistung in Höhe von 397 kg N ha<sup>-1</sup>, während im gleichen Nutzungszeitraum beim Rotklee lediglich 335 kg N ha<sup>-1</sup> (Sortenmittel) aus der Luft akkumuliert wurde. Dieser Unterschied war nicht signifikant. Bei der Luzerne war die Aufnahme von Boden-N zu jedem Nutzungszeitpunkt in der Versuchsanlage A größer als beim Rotklee, indes ergab sich dabei kein signifikanter Unterschied zwischen den Arten (Tab. 24 und A 21).



Die Reinsaat des Persischen Klees zeigten im Sortenmittel in den Untersuchungsjahren 1999 und 2000 eine Luft-N-Aufnahme in Höhe von 105 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. 101 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B), während eine bodenbürtige N-Menge in Höhe von 74 bzw. 53 kg N ha<sup>-1</sup> akkumuliert wurde. Die luftbürtige N-Menge war beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras mit 66 kg N ha<sup>-1</sup> (1999) bzw. 110 kg N ha<sup>-1</sup> (2000) geringer als in der Reinsaat. Die bodenbürtige N-Menge war mit 84 kg N ha<sup>-1</sup> (1999) bzw. 57 kg N ha<sup>-1</sup> (2000) indes größer als bei der Reinsaat. Signifikante Unterschiede wurden beim Vergleich der Anbauformen und der Sorten des Persischen Klees hinsichtlich der zwei N-Fractionen nicht beobachtet.

#### 4.1.4 N-Harvest-Index

Der N-Harvest-Index ( $H_{NBI}$ ) ist definiert als das Verhältnis zwischen Erntegut-N ( $N_{Schnittgut}$ ) und der N-Menge in der gesamt-pflanzlichen Biomasse ( $N_{Bt}$ ). Mit Hilfe dieses Parameters lassen sich Aussagen über die N-Menge treffen, die mit dem Erntegut von der Fläche abgefahren wird. Darüber hinaus können die N-Mengen berechnet werden, die mit den Ernterückständen auf der Fläche verbleiben. In diesem Abschnitt werden die N-Harvest-Indices für verschiedene Leguminosen-Arten, -Sorten und -Anbauformen in Tabellen wiedergegeben. Die Darstellungsweise der Tabellen entspricht den bereits gezeigten Tabellen in den Abschnitten 4.1.1 bis 4.1.3. Für das 2. HNJ wurden keine Ergebnisse gezeigt, da diese lediglich die Veränderung bei einer zuwachsbezogenen Verrechnung wiedergeben. Die Ergebnisse der statistischen Vergleiche stützen sich auf die Originaldaten (Wiederholungen der Prüfglieder;  $n = 3$ ), während die in den Tabellen dargestellten N-Harvest-Indices den gewogenen arithmetischen Mittelwert zeigen.

##### 4.1.4.1 Untersuchungsstandort Reinshof

In Tabelle 25 sind die N-Harvest-Indices der Futterleguminosen für den Untersuchungsstandort Reinshof dargestellt. Im überjährigen Anbau bewegte sich der N-Harvest-Index der Luzerne-Reinsaat zwischen 54 und 73 % (HNJ 1999 sowie 2000), während das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Harvest-Index in Höhe von 73 % (Versuchsanlage A, HNJ 1999) bzw. 66 % (Versuchsanlage B, HNJ 2000) aufwies. In der Summe aus zwei HNJ (Versuchsanlage A: HNJ 1999 und 2000 sowie Versuchsanlage B: HNJ 2000 und 2001) wurde bei den Luzerne-Reinsaat ein N-Harvest-Index zwischen 73 % und 82 % festgestellt, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im gleichen Zeitraum ein N-Harvest-Index in Höhe von 79 % bzw. 77 % nachgewiesen wurde. Weder zwischen den Sorten, noch zwischen den Anbauformen wurden signifikante Unterschiede aufgezeigt.

Die Rotklee-Reinsaat zeigten im überjährigen Anbau ein N-Harvest-Index zwischen 74 % und 83 %. Gleichzeitig wurde bei dem Rotklee-Wiesenschwingel-

Gemenge ein  $H_{NBt}$  in Höhe von 84 % bzw. 79 % festgestellt. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Rotklee-Reinsaaten ein N-Harvest-Index zwischen 82 % und 87 % beobachtet. Im gleichen Zeitraum zeigte das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein  $H_{NBt}$  in Höhe von 86 % bzw. 87 %. Auch beim Rotklee wurde weder zwischen den Sorten, noch zwischen den Anbauformen ein signifikanter Unterschied ermittelt (Tab. 25).

Tab. 25: N-Harvest-Index ( $H_{NBt}$ ) bei den Gemengen und Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**.  $H_{NBt}$  des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000) sowie in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee) für Versuchsanlage A (1999 + 2000) und Versuchsanlage B (2000 + 2001). Vergleich der N-Harvest-Indices  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

$H_{NBt}$	Versuchsanlage A		Versuchsanlage B	
	1999 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne:</b>				
Europe + Cosmos 11	0,726 A	0,792 A	0,659 A	0,767 A
Europe	0,635 A a	0,793 A A	0,541 A a	0,727 A a
Franken neu	0,674 a	0,819 A	0,675 a	0,808 a
Orca	0,734 a	0,795 A	0,717 a	0,814 a
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	0,678 $\alpha$	0,802 $\alpha$	0,646 $\alpha$	0,785 $\alpha$
<b>Rotklee:</b>	1999 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	0,843 A	0,860 A	0,791 A	0,865 A
Odenwälder Rotklee	0,820 A a	0,866 A A	0,776 A a	0,861 A a
Titus	0,829 a	0,819 A	0,776 a	0,862 a
Lucrum	0,743 a	0,844 A	0,763 a	0,849 a
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	0,798 $\beta$	0,842 $\beta$	0,772 $\beta$	0,857 $\beta$
<b>Persischer Klee:</b>	1999 ↓ ↓		2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo	0,735 A		-----	*
Felix	0,888 A a		-----	
Archibald	0,872 a		-----	
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	0,880		-----	

Alle dargestellten Daten: gewogener arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ); Statistik basierend auf Originaldaten ( $n = 3$ ), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

\* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Der mittlere N-Harvest-Index war beim Rotklee am Untersuchungsstandort Reinshof in jedem Nutzungszeitraum signifikant höher als bei Luzerne. Im überjährigen Anbau zeigte Rotklee einen mittleren N-Harvest-Index in Höhe von 80 % (Versuchsanlage A) bzw. 77 % (Versuchsanlage B), während bei Luzerne lediglich 68 % bzw.

65 % festgestellt wurden. In der Summe aus zwei HNJ waren die N-Harvest-Indices insgesamt höher als im überjährigen Anbau. Der mittlere N-Harvest-Index des Rotkleees war mit 84 % bzw. 86 % auch in diesem Nutzungszeitraum signifikant höher als der N-Harvest-Index der Luzerne (80 % bzw. 79 %).

Im einjährigen Anbau (HNJ 1999) zeigten die Reinsaaten des Persischen Kleees einen mittleren N-Harvest-Index in Höhe von 88 %. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras wies einen N-Harvest-Index in Höhe von 74 % auf. Zwischen den Sorten und Anbauformen wurden keine signifikanten Unterschiede beobachtet (Tab. 25).

#### **4.1.4.2 Untersuchungsstandort Oederquart**

Die N-Harvest-Indices der Futterleguminosen für den Untersuchungsstandort Oederquart werden in Tabelle 26 dargestellt. Die Luzerne-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau einen N-Harvest-Index zwischen 67 % und 83 % (HNJ 1999 sowie 2000), während das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im gleichen Nutzungszeitraum ein N-Harvest-Index in Höhe von 57 % (Versuchsanlage A, HNJ 1999) bzw. 69 % (Versuchsanlage B, HNJ 2000) aufwies. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten ein N-Harvest-Index zwischen 77 % und 87 % nachgewiesen, indessen zeigte das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge einen N-Harvest-Index in Höhe von 73 % bzw. 83 %. Zwischen den Luzerne-Sorten wurden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des N-Harvest-Indexes festgestellt. Allerdings war in der Versuchsanlage A der N-Harvest-Index der Reinsaat (Sorte Europe) sowohl im überjährigen Anbau mit 83 %, als auch im Anbau über zwei HNJ mit 87 % signifikant höher als der N-Harvest-Index im Gemenge mit Wiesenschwingel (Tab. 26).

Für die Rotklee-Reinsaaten wurde im überjährigen Anbau ein N-Harvest-Index zwischen 79 % und 84 % ermittelt, während das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge im überjährigen Anbau einen N-Harvest-Index in Höhe von 87 % bzw. 82 % aufwies. Des Weiteren zeigten die Rotklee-Reinsaaten in der Summe aus zwei HNJ einen N-Harvest-Index zwischen 87 und 89 %, indessen wurde im gleichen Zeitraum für das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Harvest-Index in Höhe von 92 % bzw. 89 % registriert. Bei Rotklee wurde weder zwischen den Sorten, noch zwischen den Anbauformen ein signifikanter Unterschied nachgewiesen.

Rotklee zeigte in allen Nutzungszeiträumen einen höheren mittleren N-Harvest-Index als Luzerne. Allerdings war lediglich im überjährigen Anbau in der Versuchsanlage B (HNJ 2000) der N-Harvest-Index des Rotkleees mit 80 % signifikant höher als der N-Harvest-Index der Luzerne (70 %).

Bei den Reinsaaten des Persischen Klees wurde im einjährigen Anbau ein N-Harvest-Index zwischen 68 % und 81 % beobachtet, während das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras einen N-Harvest-Index in Höhe von 77 % bzw. 67 % aufwies. In der Versuchsanlage A waren die mittleren N-Harvest-Indices der Sorten und Gemenge höher als in Versuchsanlage B. Der Vergleich zwischen Sorten und Anbauformen erbrachte hinsichtlich des N-Harvest-Indexes keine signifikanten Unterschiede (Tab. 26).

Tab. 26: N-Harvest-Index ( $H_{NBt}$ ) bei den Gemengen und Reinsaaten der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klees am Standort **Oederquart**.  $H_{NBt}$  des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000) sowie in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee) für Versuchsanlage A (1999 + 2000) und Versuchsanlage B (2000 + 2001). Vergleich der N-Harvest-Indices  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

$H_{NBt}$	Versuchsanlage A		Versuchsanlage B	
	1999 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne:</b>				
Europe + Cosmos 11	0,572 A	0,729 A	0,685 A	0,833 A
Europe	0,831 B A	0,870 B a	0,704 A a	0,768 A a
Franken neu	0,765 A	0,830 a	0,724 a	0,867 a
Orca	0,671 A	0,802 a	0,681 a	0,801 a
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	0,755 $\alpha$	0,834 $\alpha$	0,703 $\alpha$	0,815 $\alpha$
<b>Rotklee:</b>				
Odenwälder + Cosmos 11	0,873 A	0,922 A	0,822 A	0,887 A
Odenwälder Rotklee	0,844 A A	0,882 A a	0,812 A a	0,886 A a
Titus	0,785 A	0,866 a	0,791 a	0,874 a
Lucrum	0,843 A	0,884 a	0,811 a	0,880 a
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	0,822 $\alpha$	0,877 $\alpha$	0,804 $\beta$	0,879 $\alpha$
<b>Persischer Klee:</b>				
	1999 ↓ ↓		2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo	0,774 A		0,665 A	
Felix	0,806 A a		0,681 A a	
Archibald	0,751 a		0,758 a	
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	0,779		0,719	

Alle dargestellten Daten: gewogener arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ); Statistik basierend auf Originaldaten ( $n = 3$ ), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓)

#### 4.1.4.3 Untersuchungsstandort Dasselsbruch

Für den Standort Dasselsbruch werden die N-Harvest-Indices der Futterleguminosen in Tab. 27 gezeigt. Bei den Luzerne-Reinsaaten wurde im überjährigen Anbau ein N-Harvest-Index zwischen 48 % und 73 % (HNJ 1999 sowie 2000) beobachtet,

während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im gleichen Nutzungszeitraum ein N-Harvest-Index in Höhe von 53 % (Versuchs-anlage A, HNJ 1999) bzw. 57 % (Versuchsanlage B, HNJ 2000) registriert wurde. In der Summe aus zwei HNJ wurde bei den Luzerne-Reinsaaten ein N-Harvest-Index zwischen lediglich 51 % und 70 % nachgewiesen, gleichzeitig wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Harvest-Index in Höhe von 68 % bzw. 74 % festgestellt. Zwischen den Sorten und Anbauformen gab es hinsichtlich  $H_{NBt}$ , bis auf eine Ausnahme keine signifikanten Unterschiede. Im 1. HNJ (1999) in der Versuchsanlage A war der N-Harvest-Index der Sorte Franken neu mit 73 % signifikant höher als der N-Harvest-Index der beiden anderen Sorten (49 % bzw. 50 %).

Tab. 27: N-Harvest-Index ( $H_{NBt}$ ) bei den Gemenge und Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Dasselsbruch**.  $H_{NBt}$  des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000) sowie in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee) für Versuchsanlage A (1999 + 2000) und Versuchsanlage B (2000 + 2001). Vergleich der N-Harvest-Indices  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

$H_{NBt}$	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓		
<b>Luzerne:</b>						
Europe + Cosmos 11	0,533 A	0,675 A	0,568 A	0,741 A		
Europe	0,508 A a	0,639 A a	0,531 A a	0,507 A a		
Franken neu	0,729 b	0,699 a	0,480 a	0,565 a		
Orca	0,492 a	0,640 a	0,592 a	0,583 a		
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	<i>0,570 <math>\alpha</math></i>	<i>0,662 <math>\alpha</math></i>	<i>0,528 <math>\alpha</math></i>	<i>0,555 <math>\alpha</math></i>		
<b>Rotklee:</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	0,585 A	0,748 A	0,771 A	0,809 A		
Odenwälder Rotklee	0,674 A a	0,834 B a	0,754 A a	0,828 A a		
Titus	0,676 a	0,798 a	0,757 a	0,837 a		
Lucrum	0,676 a	0,822 a	0,771 a	0,809 a		
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	<i>0,676 <math>\alpha</math></i>	<i>0,815 <math>\alpha</math></i>	<i>0,761 <math>\beta</math></i>	<i>0,825 <math>\beta</math></i>		
<b>Persischer Klee:</b>						
	1999 ↓ ↓		2000 ↓ ↓			
Felix + Lipo	0,579 A		0,750 A			
Felix	0,647 A a		0,807 A a			
Archibald	0,656 a		0,785 a			
<i>gew. Mittel der Sorten</i>	<i>0,652</i>		<i>0,796</i>			

Alle dargestellten Daten: gewogener arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ); Statistik basierend auf Originaldaten (n = 3), verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓)

Im überjährigen Anbau zeigten die Rotklee-Reinsaaten einen N-Harvest-Index zwischen 67 % und 77 %, wobei zwischen dem HNJ 1999 und dem HNJ 2000 deutliche Unterschiede beobachtet wurden. Im Mittel der Sorten war der N-Harvest-Index im HNJ 2000 um 8 % höher als im HNJ 1999. Beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurde im gleichen Nutzungszeitraum ein N-Harvest-Index in Höhe von 59 % bzw. 77 % festgestellt. In der Summe aus zwei HNJ wiesen die Rotklee-Reinsaaten einen N-Harvest-Index zwischen 81 % und 84 % auf, indessen wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Harvest-Index in Höhe von 75 % bzw. 81 % registriert. Hinsichtlich des N-Harvest-Indexes wurde zwischen den Sorten kein signifikanter Unterschied vorgefunden. Die Rotklee-Reinsaat zeigte in der Summe aus zwei HNJ (1999 und 2000) mit 83 % ein signifikant höheren N-Harvest-Index als das Gemenge mit Wiesenschwingel (75 %). In den anderen Nutzungszeiträumen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anbauformen beobachtet (Tab. 27).

Der mittlere N-Harvest-Index des Rotkleees war, wie bereits bei den beiden anderen Untersuchungsstandorten beobachtet, in allen Nutzungszeiträumen höher als der mittlere N-Harvest-Index der Luzerne. Signifikante Unterschiede wurden lediglich in der Versuchsanlage B ermittelt. Im überjährigen Anbau war der mittlere N-Harvest-Index des Rotkleees mit 76 % und in der Summe aus zwei HNJ mit 83 % signifikant höher als der mittlere N-Harvest-Index der Luzerne (53 % bzw. 56 %).

Die Reinsaten des Persischen Kleees wiesen im einjährigen Anbau einen N-Harvest-Index zwischen 65 % und 81 % auf, unterdessen zeigte das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras einen N-Harvest-Index in Höhe von 58 % bzw. 75 %. Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Sorten und Anbauformen nicht festgestellt (Tab. 27).

#### **4.1.5 Vereinfachter Stickstoff-Flächenbilanzsaldo**

Eine Definition des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos (S) wurde bereits in Abschnitt 3.2.3 vorgenommen. Der vereinfachte N-Flächenbilanzsaldo (in kg N N ha<sup>-1</sup>) wird in den folgenden Ergebnistabellen (Tab. 28 bis 30) für alle relevanten Nutzungszeiträume dargestellt. Dies sind der überjährige Anbau und der Anbau in der Summe aus zwei HNJ bei Luzerne und Rotklee sowie der einjährige Anbau bei Persischem Klee. Gezeigt werden im Gegensatz zu den vorherigen Ergebnistabellen arithmetische Mittelwerte mit dem Standardfehler des Mittelwertes, da im vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo (kurz: N-Saldo) alle bisher betrachteten Parameter kulminieren.

#### 4.1.5.1 Untersuchungsstandort Reinshof

Die Ergebnisse für den vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo am Standort Reinshof werden in der Tabelle 28 gezeigt. Die Luzerne-Reinsaaten wiesen im überjährigen Anbau (HNJ 1999 und 2000) einen vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo zwischen -24 und +115 kg N ha<sup>-1</sup> auf, indessen wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo in Höhe von +31 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A, HNJ 1999) bzw. +12 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B, HNJ 2000) festgestellt. In der Summe aus zwei HNJ (Versuchsanlage A: HNJ 1999 und 2000 sowie Versuchsanlage B: HNJ 2000 und 2001) wurde für die Luzerne-Reinsaaten ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo zwischen -237 und -40 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von -50 kg N ha<sup>-1</sup> bzw. -108 kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet wurde. Im HNJ 2000 (überjähriger Anbau) zeigte die Sorte Europe mit +115 kg N ha<sup>-1</sup> einen signifikant höheren vereinfachten N-Saldo als die Sorte Orca (-24 kg N ha<sup>-1</sup>). Bei der Sorte Europe wurde mit -40 kg N ha<sup>-1</sup> in der Summe der HNJ 1999 und 2000 ein signifikant höherer N-Saldo als bei der Sorte Franken neu (-178 kg N ha<sup>-1</sup>) beobachtet. Zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat wurde hinsichtlich des vereinfachten N-Saldos kein signifikanter Unterschied ermittelt (Tab. 28).

Die Rotklee-Reinsaaten zeigten im überjährigen Anbau einen vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo zwischen -40 und +11 kg N ha<sup>-1</sup>, unterdessen wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von +2 kg N ha<sup>-1</sup> bzw. +6 kg N ha<sup>-1</sup> registriert. Ferner wurde bei den Rotklee-Reinsaaten in der Summe aus zwei HNJ ein N-Flächenbilanzsaldo zwischen -164 und -22 kg N ha<sup>-1</sup> erzielt. Gleichzeitig zeigte das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge einen N-Saldo in Höhe von -26 bzw. -74 kg N ha<sup>-1</sup>. Zwischen den Sorten und den Anbauformen wurde hinsichtlich des N-Flächenbilanzsaldos kein signifikanter Unterschied registriert (Tab. 28).

Die mittleren N-Flächenbilanzsalden der Luzerne waren im überjährigen Anbau positiv, während in der Summe aus zwei HNJ nur negative N-Flächenbilanzsalden erreicht wurden. Beim Rotklee waren die mittleren N-Flächenbilanzsalden zu jedem Nutzungszeitpunkt negativ. Nur in der Summe der HNJ 1999 und 2000 war der mittlere N-Saldo des Rotklees mit -57 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant höher als der mittlere N-Saldo der Luzerne (-113 kg N ha<sup>-1</sup>).

Bei den Reinsaaten des Persischen Kleees wurde im einjährigen Anbau ein vereinfachter N-Saldo zwischen -63 und -75 kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet, während das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras einen N-Saldo in Höhe von -29 kg N ha<sup>-1</sup> aufwies. In diesem Nutzungssystem wurde hinsichtlich des N-Flächenbilanzsaldos kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten sowie zwischen den Anbauformen registriert (Tab. 28).

Tab. 28: Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (S) der Gemenge und der Reinsaaten der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**. S des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000) sowie in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee) für Versuchsanlage A (1999 + 2000) und Versuchsanlage B (2000 + 2001). Vergleich der vereinfachten N-Flächenbilanzsalden

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

S [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓		
<b>Luzerne:</b>						
Europe + Cosmos 11	31,0 ± 19,7 A	-50,2 ± 15,8 A	11,5 ± 24,1 A	-107,5 ± 11,3 A		
Europe	95,4 ± 21,4 A a	-40,4 ± 32,6 A a	114,8 ± 60,1 A a	-89,6 ± 94,0 A a		
Franken neu	28,7 ± 7,8 a	-178,4 ± 28,4 b	38,4 ± 54,3 ab	-176,0 ± 74,4 a		
Orca	-1,1 ± 36,9 a	-118,8 ± 26,2 ab	-23,5 ± 39,4 b	-237,2 ± 72,2 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	41,0 ± 14,9 $\alpha$	-112,5 ± 18,9 $\alpha$	43,2 ± 47,0 $\alpha$	-167,6 ± 76,9 $\alpha$		
<b>Rotklee:</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	1,5 ± 27,7 A	-26,0 ± 39,5 A	6,0 ± 8,4 A	-74,1 ± 14,1 A		
Odenwälder Rotklee	11,4 ± 6,3 A a	-22,0 ± 16,5 A a	37,5 ± 18,5 A a	-80,4 ± 28,8 A a		
Titus	-38,3 ± 11,9 a	-57,8 ± 30,5 a	-30,4 ± 40,1 a	-159,8 ± 49,0 a		
Lucrum	7,1 ± 15,2 a	-90,0 ± 25,1 a	-39,8 ± 22,8 a	-164,3 ± 24,5 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	-6,6 ± 5,6 $\alpha$	-56,6 ± 12,9 $\beta$	-10,9 ± 19,2 $\alpha$	-134,8 ± 30,1 $\alpha$		
<b>Persischer Klee:</b>	1999 ↓ ↓		2000 ↓ ↓			
Felix + Lipo	-29,3 ± 18,3 A		----- ± -----	*		
Felix	-63,0 ± 18,7 A a		----- ± -----			
Archibald	-75,4 ± 26,1 a		----- ± -----			
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	-69,2 ± 12,1		----- ± -----			

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓);

\* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

#### 4.1.5.2 Untersuchungsstandort Oederquart

In der Tabelle 29 werden die Ergebnisse für den vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo am Untersuchungsstandort Oederquart wiedergegeben. Im überjährigen Anbau (HNJ 1999 und 2000) zeigten die Luzerne-Reinsaaten einen vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo zwischen -59 und -33 kg N ha<sup>-1</sup>, während beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo in Höhe von -34 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A, HNJ 1999) bzw. -68 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B, HNJ 2000) festgestellt wurde. Des Weiteren wurde für die Luzerne-Reinsaaten in der Summe aus zwei HNJ (Versuchsanlage A: HNJ 1999 und 2000 sowie



Versuchsanlage B: HNJ 2000 und 2001) ein vereinfachter N-Saldo zwischen -220 und -58 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt. Indes wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von -123 kg N ha<sup>-1</sup> bzw. -152 kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet. Die Sorte Europe zeigte in der Summe der HNJ 2000 und 2001 mit -58 kg N ha<sup>-1</sup> einen signifikant höheren N-Saldo als die Sorte Franken neu (-139 kg N ha<sup>-1</sup>). In den übrigen Nutzungszeiträumen wurde zwischen den Anbauformen sowie zwischen den Sorten kein signifikanter Unterschied ermittelt (Tab. 29).

Der vereinfachte N-Flächenbilanzsaldo der Rotklee-Reinsaaten lag im überjährigen Anbau zwischen -77 und -10 kg N ha<sup>-1</sup>, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von -50 kg N ha<sup>-1</sup> bzw. -48 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Die Rotklee-Reinsaaten wiesen in der Summe aus zwei HNJ ein N-Saldo zwischen -235 und -67 kg N ha<sup>-1</sup> auf, unterdessen wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von -159 bzw. -116 kg N ha<sup>-1</sup> registriert. Im überjährigen Anbau (HNJ 2000) war der N-Saldo bei der Sorte Odenwälder Rotklee mit -10 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant höher als bei der Sorte Lucrum (-51 kg N ha<sup>-1</sup>). Ferner war der N-Flächenbilanzsaldo in der Summe der HNJ 1999 und 2000 bei der Sorte Odenwälder Rotklee mit -156 kg N ha<sup>-1</sup> signifikant höher als bei der Sorte Lucrum (-235 kg N ha<sup>-1</sup>). Zwischen den Anbauformen wurde hinsichtlich des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos kein signifikanter Unterschied beobachtet (Tab. 29).

Die mittleren N-Flächenbilanzsalden der Luzerne und des Rotkleees zeigten am Untersuchungsstandort Oderquart beim Vergleich innerhalb der gleichen Nutzungszeiträume keine signifikanten Unterschiede. Des Weiteren waren alle beobachteten mittleren N-Salden negativ. Die niedrigsten mittleren N-Salden waren bei beiden Arten mit Werten in Höhe von -98 und -195 kg N ha<sup>-1</sup> in der Summe aus zwei HNJ ermittelt worden.

Die Reinsaaten des Persischen Klees zeigten im einjährigen Anbau einen vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo zwischen -37 und -11 kg N ha<sup>-1</sup>, indessen wurde beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras ein N-Saldo in Höhe von -84 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw. -64 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) erzielt. Die statistischen Vergleiche hinsichtlich der N-Flächenbilanzsalden erbrachten keine signifikanten Unterschiede bei den Sorten und den Anbauformen (Tab. 29).

Tab. 29: Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (S) der Gemenge und der Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Oederquart**. S des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000) sowie in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee) für Versuchsanlage A (1999 + 2000) und Versuchsanlage B (2000 + 2001). Vergleich der vereinfachten N-Flächenbilanzsalden

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

S [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A				Versuchsanlage B							
	1999	↓	↓	$\Sigma$	↓	↓	2000	↓	↓	$\Sigma$	↓	↓
<b>Luzerne:</b>												
Europe + Cosmos 11	-34,0 ± 12,2 A			-122,6 ± 20,7 A			-68,0 ± 29,5 A			-152,3 ± 43,9 A		
Europe	-47,9 ± 2,9 A a			-191,1 ± 31,3 B a			-46,5 ± 11,6 A a			-58,0 ± 26,4 A a		
Franken neu	-49,5 ± 31,0 a			-220,1 ± 51,2 a			-59,3 ± 23,7 a			-139,2 ± 11,2 b		
Orca	-32,9 ± 64,9 a			-172,7 ± 54,2 a			-51,4 ± 13,6 a			-97,4 ± 24,1 ab		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>-43,4 ± 30,7 <math>\alpha</math></i>			<i>-194,6 ± 45,3 <math>\alpha</math></i>			<i>-52,4 ± 14,8 <math>\alpha</math></i>			<i>-98,2 ± 17,8 <math>\alpha</math></i>		
<b>Rotklee:</b>												
Odenwälder + Cosmos 11	-50,4 ± 33,4 A			-158,9 ± 64,9 A			-47,7 ± 39,1 A			-116,4 ± 46,2 A		
Odenwälder Rotklee	-37,7 ± 36,8 A a			-156,4 ± 41,3 A a			-10,3 ± 2,7 A a			-67,3 ± 7,9 A a		
Titus	-25,7 ± 26,7 a			-176,7 ± 47,3 a			-33,3 ± 8,6 ab			-158,1 ± 21,2 a		
Lucrum	-76,6 ± 19,7 a			-234,6 ± 45,6 b			-51,2 ± 6,0 b			-162,5 ± 16,5 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>-46,7 ± 26,6 <math>\alpha</math></i>			<i>-189,2 ± 44,4 <math>\alpha</math></i>			<i>-31,6 ± 4,7 <math>\alpha</math></i>			<i>-129,3 ± 0,6 <math>\alpha</math></i>		
<b>Persischer Klee:</b>												
		1999	↓	↓			2000	↓	↓			
Felix + Lipo		-83,6 ± 25,9 A					-64,3 ± 1,6 A					
Felix		-28,0 ± 7,8 A a					-28,0 ± 12,7 A a					
Archibald		-11,2 ± 14,2 a					-36,9 ± 12,1 a					
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		<i>-19,6 ± 17,2</i>					<i>-32,5 ± 11,7</i>					

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes;

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓);

#### 4.1.5.3 Untersuchungsstandort Dasselsbruch

Die vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo der am Untersuchungsstandort Oederquart untersuchten Futterleguminosen werden in Tabelle 30 dargestellt. Bei den Luzerne-Reinsaaten wurde im überjährigen Anbau (HNJ 1999 und 2000) ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo zwischen -61 und +17 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt. Gleichzeitig wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo in Höhe von -9 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A, HNJ 1999) bzw. -40 kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B, HNJ 2000) ermittelt (Tab. 30).

In der Summe aus zwei HNJ (Versuchsanlage A: HNJ 1999 und 2000 sowie Versuchsanlage B: HNJ 2000 und 2001) wurde bei den Luzerne-Reinsaaten ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo zwischen  $-50$  und  $+46$  kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet, währenddessen wurde beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von  $-48$  kg N ha<sup>-1</sup> bzw.  $-86$  kg N ha<sup>-1</sup> registriert. Die Sorte Europe zeigte im überjährigen Anbau (HNJ 1999) mit  $+17$  kg N ha<sup>-1</sup> einen signifikant höheren N-Saldo als die Sorte Franken neu ( $-61$  kg N ha<sup>-1</sup>). In den anderen Nutzungszeiträumen wurde zwischen den Sorten kein signifikanter Unterschied ermittelt. In der Summe der HNJ 2000 und 2001 wurde bei der Reinsaat (Sorte Europe) mit  $+46$  kg N ha<sup>-1</sup> ein signifikant höherer N-Saldo als bei dem Gemenge mit Wiesenschwingel registriert ( $-86$  kg N ha<sup>-1</sup>).

Die Rotklee-Reinsaaten wiesen im überjährigen Anbau einen vereinfachten N-Flächenbilanzsaldo zwischen  $-48$  und  $-4$  kg N ha<sup>-1</sup> auf, während im gleichen Zeitraum beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von  $-12$  kg N ha<sup>-1</sup> bzw.  $-11$  kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Überdies wurde bei den Rotklee-Reinsaaten in der Summe aus zwei HNJ ein N-Flächenbilanzsaldo zwischen  $-130$  und  $-50$  kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt, indessen wurde beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ein N-Saldo in Höhe von  $-48$  bzw.  $-47$  kg N ha<sup>-1</sup> beobachtet. Im überjährigen Anbau (HNJ 1999) war der N-Saldo bei der Sorte Lucrum mit  $-43$  kg N ha<sup>-1</sup> signifikant geringer als bei beiden anderen Sorten ( $-16$  kg N ha<sup>-1</sup> bzw.  $-4$  kg N ha<sup>-1</sup>). Zwischen den Anbauformen wurde hinsichtlich der vereinfachten N-Flächenbilanzsalden kein signifikanter Unterschied nachgewiesen (Tab. 30).

Die mittleren N-Flächenbilanzsalden der Luzerne lagen zwischen  $-21$  und  $+30$  kg N ha<sup>-1</sup> und waren damit zumeist höher als bei Rotklee ( $-106$  bis  $-21$  kg N ha<sup>-1</sup>). Im HNJ 2000 (überjähriger Anbau) war der mittlere N-Saldo der Luzerne mit  $-17$  kg N ha<sup>-1</sup> signifikant höher als der mittlere N-Saldo des Rotklee ( $-31$  kg N ha<sup>-1</sup>). Ferner zeigte Luzerne mit  $+30$  kg N ha<sup>-1</sup> auch in der Summe der HNJ 2000 und 2001 einen signifikant höheren mittleren N-Saldo als der Rotklee ( $-106$  kg N ha<sup>-1</sup>).

Im einjährigen Anbau wurde bei den Reinsaaten des Persischen Klees ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo zwischen  $-25$  und  $0$  kg N ha<sup>-1</sup> vorgefunden, unterdessen wurde beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras ein N-Saldo in Höhe von  $-21$  kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage A) bzw.  $-15$  kg N ha<sup>-1</sup> (Versuchsanlage B) ermittelt. Hinsichtlich des vereinfachten N-Saldos wurde zwischen den Sorten sowie zwischen den Anbauformen kein signifikanter Unterschied festgestellt (Tab. 30).

Tab. 30: Vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (S) der Gemenge und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Dasselsbruch**. S des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000) sowie in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee) für Versuchsanlage A (1999 + 2000) und Versuchsanlage B (2000 + 2001). Vergleich der vereinfachten N-Flächenbilanzen

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

S [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓		
<b>Luzerne:</b>						
Europe + Cosmos 11	-9,4 ± 13,4 A	-47,6 ± 10,4 A	-40,3 ± 6,6 A	-86,0 ± 9,5 A		
Europe	16,6 ± 34,9 A a	31,6 ± 63,1 A a	-15,7 ± 3,5 A a	45,9 ± 7,7 B a		
Franken neu	-61,0 ± 32,6 b	-50,1 ± 82,0 a	-11,4 ± 15,2 a	25,7 ± 5,8 a		
Orca	-19,6 ± 43,1 ab	-24,7 ± 76,2 a	-22,5 ± 5,1 a	18,1 ± 31,7 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	-21,3 ± 36,1 $\alpha$	-14,4 ± 64,4 $\alpha$	-16,5 ± 5,8 $\alpha$	29,9 ± 6,8 $\alpha$		
<b>Rotklee:</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	-12,2 ± 6,5 A	-48,4 ± 10,1 A	-10,7 ± 12,2 A	-47,0 ± 29,9 A		
Odenwälder Rotklee	-15,7 ± 4,9 A a	-61,6 ± 28,6 A a	-7,4 ± 15,2 A a	-60,7 ± 5,6 A a		
Titus	-3,5 ± 2,9 a	-50,4 ± 12,4 a	-37,2 ± 7,7 a	-126,6 ± 43,7 a		
Lucrum	-42,5 ± 5,4 b	-99,2 ± 23,5 a	-48,4 ± 14,5 a	-129,9 ± 17,1 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	-20,6 ± 3,1 $\alpha$	-70,4 ± 20,8 $\alpha$	-31,0 ± 5,1 $\beta$	-105,8 ± 21,6 $\beta$		
<b>Persischer Klee:</b>						
	1999 ↓ ↓		2000 ↓ ↓			
Felix + Lipo	-21,2 ± 19,6 A		-15,4 ± 8,8 A			
Felix	0,1 ± 8,3 A a		-24,7 ± 6,7 A a			
Archibald	-24,2 ± 38,3 a		-18,6 ± 11,2 a			
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	-12,1 ± 21,8		-21,7 ± 7,0			

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes;

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓)

#### 4.1.6 Stickstoff-Akkumulation der Beikräuter

Der Zuwachs an Beikräutern aus dem Samenvorrat des Bodens war während des Versuchszeitraumes (1999 bis 2001) an den drei Untersuchungsstandorten unterschiedlich hoch. Zur korrekten Einschätzung der N-Umsätze am Standort wird die von den Beikräutern akkumulierte N-Menge nachfolgend für den Standort Oederquart in Tabelle 31 dargestellt. Für die Standorte Reinshof und Dasselsbruch sind diese N-Mengen im Anhang wiedergegeben (Tab. A 11 und A 22).

Am Untersuchungsstandort Reinshof wurde in den Beikräutern, die in den Luzerne- und Rotklee-Reinsaat gewachsen waren, eine N-Menge von maximal 10 kg N ha<sup>-1</sup>

ermittelt, während bei den Leguminosen-Gras-Gemengen eine N-Menge von maximal  $4 \text{ kg N ha}^{-1}$  festgestellt wurde. In den Gemengen und Reinsaaten des Persischen Klees waren im HNJ 1999 keine Beikräuter aufgetreten (Tab. A 11).

Ein anderes Bild ergab sich am Untersuchungsstandort Oederquart. Im 1. HNJ 1999 wurde in allen Nutzungssystemen ein vergleichsweise geringer Zuwachs an Beikräutern ermittelt. Die N-Menge in den Beikräutern lag in diesem Jahr bei den Reinsaaten zwischen  $4$  und  $16 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Die N-Menge in den Beikräutern, die im Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge ermittelt wurde ( $3 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), war signifikant geringer als bei der vergleichbaren Reinsaat (Sorte Odenwälder Rotklee;  $12 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Im HNJ 2000 (Versuchsanlage A und B) stieg die Beikraut-TM und damit die N-Menge in den Beikräutern auf Werte von bis zu  $41 \text{ kg N ha}^{-1}$  in Parzellen mit Persischem Klee, bis zu  $25 \text{ kg N ha}^{-1}$  bei Rotklee-Reinsaaten und bis zu  $24 \text{ kg N ha}^{-1}$  bei Luzerne-Reinsaaten. Im Mittel wurden im HNJ 2000 (Versuchsanlage B) bei den Luzerne- und Rotklee-Reinsaaten eine N-Menge in Höhe von circa  $22 \text{ kg N ha}^{-1}$  registriert. In der Versuchsanlage A wurde von den Beikräutern eine etwas geringere mittlere N-Menge in Höhe von  $15 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Rotklee-Reinsaaten) bzw.  $21 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Luzerne-Reinsaaten) akkumuliert (Summe HNJ 1999 und 2000). Die höchsten N-Mengen in den Beikräutern wurden allerdings im HNJ 2001 nachgewiesen ( $29$  bis  $52 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), wobei die Beikräuter in den Luzerne- und Rotklee-Reinsaaten mittlere N-Mengen in Höhe von  $43$  bzw.  $46 \text{ kg N ha}^{-1}$  zeigten. In der Summe der HNJ 2000 und 2001 ergab das eine durchschnittliche N-Menge in Höhe von  $65$  bzw.  $67 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Auch beim Persischen Klee wurde im HNJ 2000 in der Beikraut-TM der Reinsaaten eine N-Menge in Höhe von durchschnittlich  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$  festgestellt (Tab. 31). Mit  $16 \text{ kg N ha}^{-1}$  war im HNJ 2000 die N-Menge in den Beikräutern des Gemenges aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras signifikant geringer als die N-Menge in den Beikräutern bei der Sorte Felix ( $41 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

Am Untersuchungsstandort Dasselsbruch wurde in den Beikräutern, die in den Luzerne- und Rotklee-Reinsaaten gewachsen waren, eine N-Menge zwischen  $2$  und  $5 \text{ kg N ha}^{-1}$  beobachtet (überjähriger Anbau), während bei den Gemengen mit Wiesenschwingel maximal  $3 \text{ kg N ha}^{-1}$  je HNJ in den Beikräutern registriert wurde (Tab. A 22). Im 2. HNJ (2000 oder 2001) stiegen bei den Reinsaaten die Beikraut-Trockenmassen zum Teil an. Bei den Rotklee-Sorten Lucrum und Odenwälder Rotklee wurden im HNJ 2000 (Versuchsanlage A) eine N-Menge in Höhe von  $11 \text{ kg N ha}^{-1}$  in den Beikräutern festgestellt. Bei der Luzerne-Sorte Orca wurde im gleichen Zeitraum eine N-Menge in Höhe von  $12 \text{ kg N ha}^{-1}$  beobachtet. Die höchsten N-Mengen in den Beikräutern zeigten sich im HNJ 2001 (Versuchsanlage B) bei den Luzerne-Reinsaaten mit Werten zwischen  $13$  und  $17 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Beim Persischen Klee wurden maximal  $7 \text{ kg N ha}^{-1}$  von den Beikräutern akkumuliert (HNJ 1999).

Tab. 31: Stickstoff-Mengen in den Beikräutern bei den Gemengen und Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Oederquart**. N-Mengen der Beikräuter im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der N-Mengen von zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Mengen in den Beikräutern  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	2,6 A	0 A	2,6 A	1,9 A	9,1 A	11,0 A
Europe	7,3 A a	13,0 A a	20,3 A a	23,6 A a	51,3 A a	74,9 A a
Franken neu	4,4 a	13,9 a	18,4 a	21,0 a	47,5 a	68,6 a
Orca	5,2 a	17,9 a	23,1 a	22,0 a	29,0 b	51,0 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	5,6 $\alpha$	15,0 $\alpha$	20,6 $\alpha$	22,2 $\alpha$	42,6 $\alpha$	64,8 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	3,2 A	0 A	3,2 A	4,0 A	50,0 A	54,0 A
Odenwälder Rotklee	11,8 B a	9,1 A a	21,0 B a	21,3 A a	51,9 A a	73,2 A a
Titus	5,3 ab	4,2 a	9,5 a	15,9 a	44,6 a	60,5 a
Lucrum	3,9 b	9,3 a	13,1 a	24,9 a	41,2 a	66,1 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	7,0 $\alpha$	7,5 $\alpha$	14,5 $\alpha$	20,7 $\alpha$	45,9 $\alpha$	66,6 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	15,8 A			15,9 A		
Felix	1,7 A a			40,7 B a		
Archibald	0,9 a			39,2 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	1,3			40,0		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

#### 4.1.7 Residuale N<sub>min</sub>-Menge

Das Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff aus Vorräten des Bodens kann am Standort unterschiedlich hoch ausfallen. Dieses Angebot wurde von den Futterleguminosen-Beständen weitgehend genutzt. Ungenutzt blieb die N<sub>min</sub>-Menge, die zum letzten Schnitttermin im Herbst im Boden vorgefunden wurde (Probenahme von 0 bis 125 cm Tiefe). Im Rahmen dieser Untersuchungen zeigten sich zwischen den Standorten und Nutzungssystemen nur vergleichsweise geringfügige Unterschiede in der Höhe der residualen N<sub>min</sub>-N-Menge im Boden (Tab. 32 und Tab. 33).

Tab. 32: Residuale  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) bei den Arten Luzerne, Rotklee und Persischer Klee (Reinsaaten) zum letzten Schnitttermin im Herbst an den Standorten Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch für verschiedene Nutzungszeiträume

$N_{\min}$ [kg ha <sup>-1</sup> ]	Nutzung	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch	arithm. Mittelwert
Luzerne	Überjährig A →	24,9 a	26,0 a	23,7 a	23,4
	Überjährig B →	26,1 a	21,0 a	18,8 a	
	Zweijährig A →	25,2 a	23,0 a	17,0 a	19,6
	Zweijährig B →	23,5 a	13,6 b	15,4 ab	
Rotklee	Überjährig A →	28,0 a	34,6 a	23,2 a	28,8
	Überjährig B →	22,6 a	32,1 a	32,4 a	
	Zweijährig A →	28,4 a	28,2 a	19,6 a	24,2
	Zweijährig B →	30,5 a	13,3 a	25,2 a	
Persischer Klee	Einjährig A →	32,7 a	30,9 a	37,7 a	32,7
	Einjährig B →	#	29,1 a	33,2 a	

Entnahmetiefe: 0-125 cm; arithmetischer Mittelwert der Sorten, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: →);  
 "A" bzw. "B": Ergebnisse für Versuchsanlage A (1999-2000) bzw. Versuchsanlage B (2000-2001)  
 # - Ausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Die residuale  $N_{\min}$ -Menge der untersuchten Arten und Nutzungssysteme wurde in den Tabellen 32 (Reinsaaten) und 33 (Gemenge) zusammengestellt. Bei den Reinsaaten zeigte sich bei nur einem von 29 Datensätzen ( $n = 3$ ) ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten (Tab. A 31). Dabei handelte es sich um die Sorte Franken neu (Luzerne) am Standort Dasselsbruch, bei der am Ende des 1. HNJ (2000) mit  $13,3 \text{ kg N ha}^{-1}$  eine signifikant geringere residuale  $N_{\min}$ -Menge festgestellt wurde als bei der Sorte Orca ( $22,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Aus diesem Grund wurde die residuale  $N_{\min}$ -Menge der Reinsaaten einzelner Standorte zu einem arithmetischen Mittelwert zusammengefasst.

Bei der Luzerne-Reinsaat wurde eine mittlere residuale  $N_{\min}$ -Menge zwischen  $18,8$  und  $26,1 \text{ kg N ha}^{-1}$  im überjährigen Anbau und zwischen  $13,6$  und  $25,2 \text{ kg N ha}^{-1}$  im zweijährigen Anbau ermittelt. In der Versuchsanlage B wurde nach zweijährigem Anbau ein signifikanter Unterschied zwischen den Standorten Reinshof und Oederquart festgestellt. Der absolute Unterschied betrug indes nur  $9,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Bei der Rotklee-Reinsaat wurde im überjährigen Anbau eine residuale  $N_{\min}$ -Menge zwischen  $22,6$  und  $34,6 \text{ kg N ha}^{-1}$  vorgefunden. Nach zweijährigem Anbau wurde eine residuale  $N_{\min}$ -Menge zwischen  $13,3$  und  $30,5 \text{ kg N ha}^{-1}$  beobachtet. Der Persische Klee zeigte in Reinsaat eine residuale  $N_{\min}$ -Menge zwischen  $29,1$  und  $37,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

Tab. 33: Residuale  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) bei den Arten Luzerne und Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel sowie von Persischem Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras zum letzten Schnitttermin im Herbst an den Standorten Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch für verschiedene Nutzungszeiträume

$N_{\min}$ [kg ha <sup>-1</sup> ]	Nutzung	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch	arithm. Mittelwert
Luzerne mit Wiesen- schwingel:	Überjährig A →	15,5 a	12,0 a	17,6 a	16,2
	Überjährig B →	20,6 a	11,6 a	19,8 a	
	Zweijährig A →	21,3 a	13,2 a	14,9 a	17,5
	Zweijährig B →	29,1 a	10,9 b	15,5 ab	
Rotklee mit Wiesen- schwingel:	Überjährig A →	19,5 a	25,4 a	16,0 a	19,5
	Überjährig B →	19,7 a	19,7 a	16,6 a	
	Zweijährig A →	14,9 a	18,3 a	14,8 a	19,3
	Zweijährig B →	23,4 a	13,4 b	31,0 c	
Persischer Klee mit Welschem Weidelgras	Einjährig A →	19,2 a	11,0 a	19,0 a	18,4
	Einjährig B →	#	13,8 a	28,9 a	

Entnahmetiefe: 0-125 cm; arithmetischer Mittelwert der Sorten, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: →);  
 "A" bzw. "B": Ergebnisse für Versuchsanlage A (1999-2000) bzw. Versuchsanlage B (2000-2001).  
 # - Ausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Bei der Gemengesaat zeigte Luzernegras im überjährigem Anbau einen residualen  $N_{\min}$ -Wert zwischen 11,6 und 20,6 kg N ha<sup>-1</sup>, während im zweijährigem Anbau ein residualer  $N_{\min}$ -Wert zwischen 10,9 und 29,1 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt wurde. Auch hier ergab sich in der Versuchsanlage B ein signifikanter Unterschied zwischen den Standorten Reinshof und Oederquart (zweijährigen Anbau). Unter dem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge war im überjährigen Anbau ein residualer  $N_{\min}$ -Wert zwischen 16,0 und 25,4 kg N ha<sup>-1</sup> zu beobachten. Im zweijährigen Anbau wurde ein residualer  $N_{\min}$ -Wert zwischen 13,4 und 31,0 kg N ha<sup>-1</sup> registriert, der sich in der Versuchsanlage B zwischen allen Standorten signifikant unterschied. Beim Persischen Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras wurde ein residualer  $N_{\min}$ -Wert zwischen 11,0 und 28,9 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt.

Ein Vergleich der Mittelwerte wurde bei 20 Datensätzen (drei Standorte mit je  $n = 3$ ) vorgenommen. Bei lediglich drei Datensätze wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Standorten beobachtet. Es handelte sich um die Reinsaaten und Gemenge der Luzerne sowie um das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge am Ende der zweijährigen Nutzungsperiode in der Versuchsanlage B (Tab. 32 und 33). Auf Grund dieses Ergebnisses erschien es statthaft, für jedes der zehn Nutzungssysteme einen arithmetischen Mittelwert aus den einzelnen residualen  $N_{\min}$ -Werten zu berechnen. Dieser Wert repräsentierte ungenutzte  $N_{\min}$ -Vorräte im Boden und wurde



im Kalkulationsverfahren zur Schätzung der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung sowie des N-Flächenbilanzsaldo einbezogen (vgl. Abschnitt 3.2.3).

#### 4.1.8 Vergleich der $\delta^{15}\text{N}$ -Methoden mit der erweiterten Differenzmethode

Die in den Nutzungssystemen gesamt-pflanzlich akkumulierte Luft-Stickstoff-Menge (Nfix) wurde an den Standorten Reinshof und Oederquart über das natürliche Vorkommen der Isotope <sup>15</sup>N und <sup>14</sup>N geschätzt (natural abundance method). Am Standort Dasselsbruch wurde die symbiotisch fixierte N-Menge über die <sup>15</sup>N-Verdünnungsmethode (isotope dilution method) ermittelt, wobei lediglich eine Anreicherung in Spuren durchgeführt wurde. Da beide Methoden große Ähnlichkeiten bei der Berechnung von Ndfa bzw. Nfix aufweisen und da ein umfassender Vergleich über die drei Untersuchungsstandorte stattfinden sollte, werden die Ergebnisse für Nfix in den Abb. 9 bis 13 zur  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode zusammengefaßt. Zusätzlich wurde die symbiotisch fixierte N-Menge der Leguminosen über die erweiterte Differenzmethode ermittelt. Die Schätzungen erfolgten für die Luzerne- und Rotklee-Nutzungssysteme mit zwei Referenzpflanzen (Wiesenschwingel und Spitzwegerich). Die Schätzergebnisse die mit den beiden Referenzpflanzen erzielt wurden, werden in Abbildungen gegenübergestellt. Ferner wird in Abb. 13 der Methodenvergleich für das Nutzungssystem Persischer Klee (Reinsaat) im einjährigen Anbau dargestellt, wobei nur eine Referenzpflanze für einen Vergleich zur Verfügung stand.

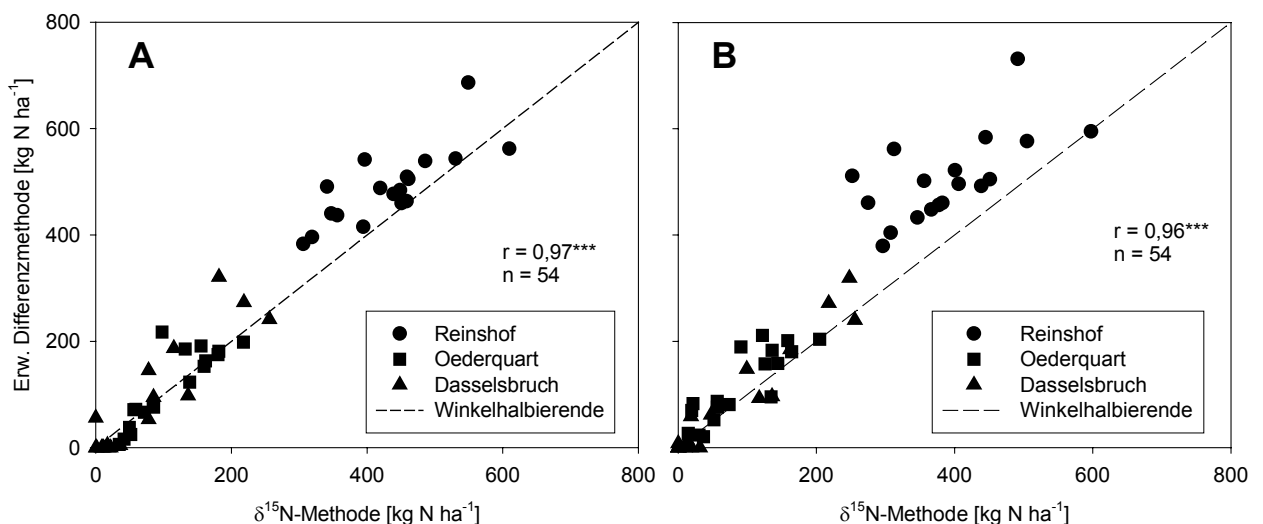


Abb. 9: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat im überjährigen Anbau  
 A. - mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel  
 B. - mit der Referenzpflanze Spitzwegerich

In den Tab. A 41 bis A 43 werden die Ergebnisse der Korrelationsrechnungen wiedergegeben, die bei einer Gegenüberstellung der mit den beiden Methoden geschätzten Luft-Stickstoff-Mengen an einzelnen Standorten auftraten. Alle Darstellungen beruhen auf Erträgen, die als Jahressummen verrechnet wurden (Abschnitt 3.1.7). Einzelne Aufwüchse werden hier nicht dargestellt. Der Methodenvergleich wird im folgenden auf Reinsaat-Nutzungssysteme begrenzt, da in den Gemengen möglicherweise symbiotisch fixierte N-Mengen von den Leguminosen zu den Gras-Gemengepartnern transferiert wurden (Abschnitt 4.1.9), die sich mit Hilfe der erweiterten Differenzmethode nicht gesondert ausweisen lassen.

Die Korrelationskoeffizienten für den Vergleich beider Methoden lagen bei den Luzerne-Nutzungssystemen zwischen 0,90 (zweijähriger Anbau mit der Referenzpflanze Spitzwegerich) und 0,97 (überjähriger Anbau mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel). Alle Vergleiche erbrachten eine sehr hohe signifikante Korrelation zwischen den Schätzergebnissen ( $P < 0,001$ ). Bei den Luzerne-Nutzungssystemen wurde mit der erweiterten Differenzmethode eine höhere Stickstoff-Fixierleistung ermittelt als mit den  $^{15}\text{N}$ -Methoden. Die Unterschiede der Schätzergebnisse lagen zwischen  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  und  $151 \text{ kg ha}^{-1}$  (Abb. 9 und 10). Zusätzlich werden die Korrelationen zwischen den Ergebnissen der Methoden in Tab. A 41 getrennt nach Standorten betrachtet.

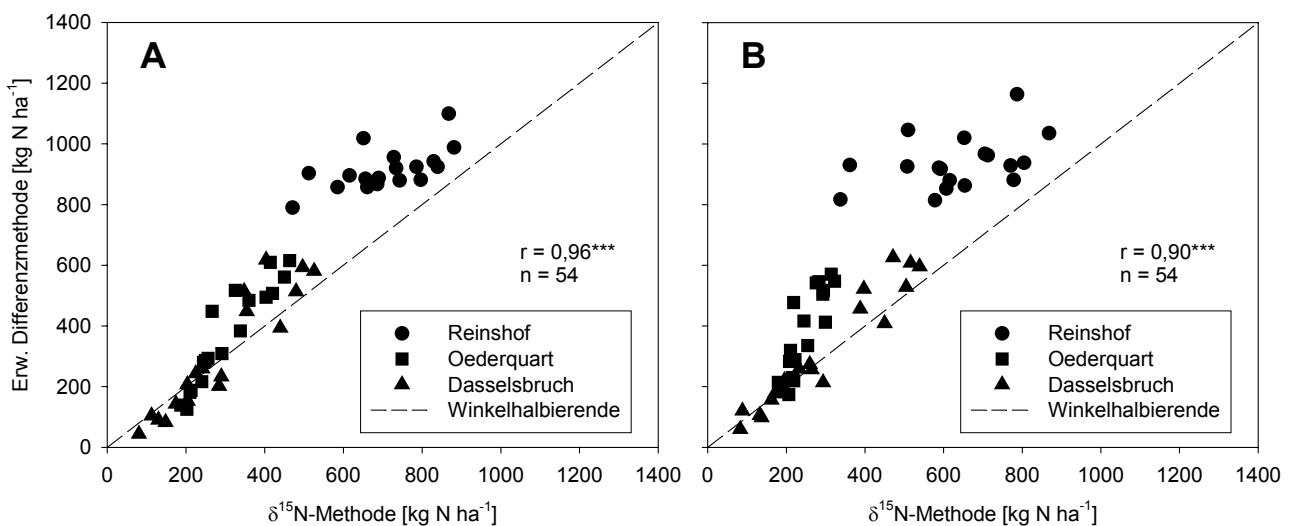


Abb. 10: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat im zweijährigen Anbau  
 A. - mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel  
 B. - mit der Referenzpflanze Spitzwegerich

Es zeigte sich, dass die Korrelationskoeffizienten für den Standort Reinshof mit Werten zwischen 0,41 (zweijähriger Anbau mit der Referenzpflanze Spitzwegerich) und 0,78 (überjähriger Anbau mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel) niedriger als die an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch ermittelten Korrelationskoeffizienten (0,85 bis 0,97) ausfielen. In einem Fall (zweijähriger Anbau mit der Referenzpflanze Spitzwegerich) wurde am Standort Reinshof kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der beiden Methoden gefunden ( $P = 0,0875$ ).

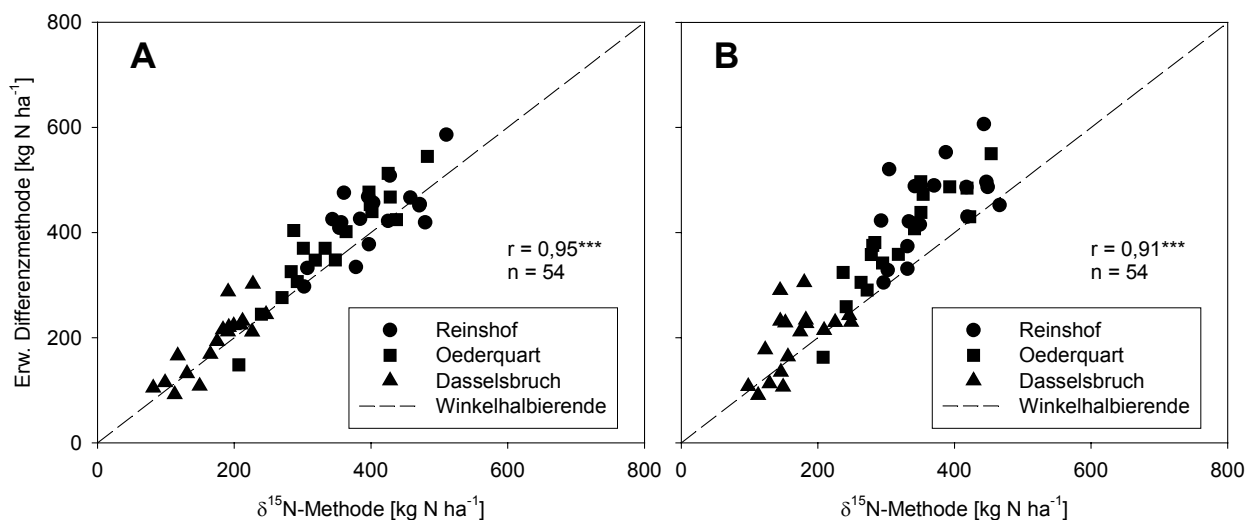


Abb. 11: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$  Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamtanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat im überjährigen Anbau  
 A. - mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel  
 B. - mit der Referenzpflanze Spitzwegerich

Entsprechend unterschiedlich waren die absoluten Abweichungen bei der Ergebnisberechnung für einzelne Standorte. Während am Standort Reinshof die symbiotisch fixierte N-Menge der Luzerne-Reinsaaten mit der erweiterten Differenzmethode zwischen  $59 \text{ kg ha}^{-1}$  und  $302 \text{ kg ha}^{-1}$  gegenüber der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methoden überschätzt wurde, zeigten die Schätzergebnisse mit der erweiterten Differenzmethode an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch im Mittel geringere Abweichungen ( $4 \text{ kg ha}^{-1}$  bis  $130 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

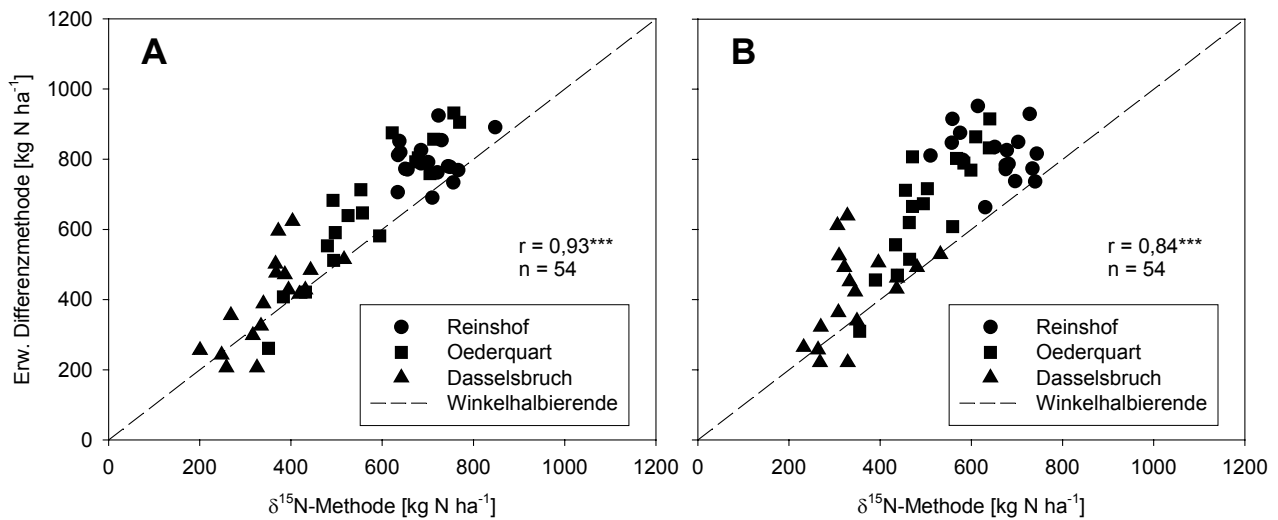


Abb. 12: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat im zweijährigen Anbau  
 A. - mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel  
 B. - mit der Referenzpflanze Spitzwegerich

Der Vergleich der Ergebnisse der beiden Methoden für die Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge bei den Rotklee-Reinsaaten ergab über die Standorte enge, signifikante Korrelationen mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,84 (zweijähriger Anbau mit der Referenzpflanze Spitzwegerich) und 0,95 (überjähriger Anbau mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel). Erneut wurde mit der erweiterten Differenzmethode eine höhere Stickstoff-Fixierleistung geschätzt als mit den  $\delta^{15}\text{N}$ -Methoden. Je nach Nutzungssystem und Referenzpflanze lagen die Unterschiede im Mittel der Stichproben ( $n = 54$ ) zwischen  $28 \text{ kg ha}^{-1}$  und  $134 \text{ kg ha}^{-1}$  (Abb. 11 und 12).

Der Methodenvergleich zu der  $\text{N}_2$ -Fixierleistung zeigte für einzelne Standorte bei den Rotklee-Reinsaaten sehr unterschiedliche Zusammenhänge. Bei der Betrachtung des Standortes Oederquart wurde zwischen den Ergebnissen der Methoden signifikante Beziehungen mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,86 und 0,93 ermittelt. Am Standort Dasselsbruch wurde mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Methoden beobachtet ( $P < 0,001$ ), während mit der Referenzpflanze Spitzwegerich an den Standorten Dasselsbruch und Reinshof im zweijährigen Anbau keine signifikanten Beziehungen ( $P = 0,0516$  bzw.  $P = 0,3021$ ) zwischen den Ergebnissen der Methoden ermittelt wurde. Darüber hinaus wurde bei Schätzungen der  $\text{N}_2$ -Fixierleistung mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel am Standort Reinshof im zweijährigen Anbau keine signifikante Beziehung zwischen den Ergebnissen der Methoden gefunden ( $P = 0,4066$ ).

In den weitaus meisten Fällen (Luzerne und Rotklee) verstärkten sich die methodisch bedingten Unterschiede zwischen den Ergebnissen für die Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge, sofern die Referenzpflanze Spitzwegerich als Berechnungsgrundlage verwendet wurde. P-Wert und Korrelationskoeffizient waren bei Nutzung der Referenzpflanze Spitzwegerich durchgehend geringer als bei Verwendung der Referenzpflanze Wiesenschwingel (Abb. 9 bis 12 sowie Tab. A 41 und A 42).

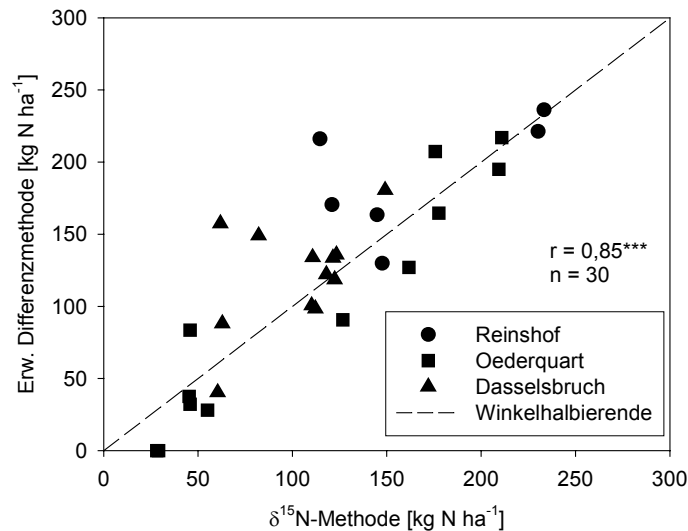


Abb. 13: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der gesamt-pflanzlich fixierten Luft-N-Menge für das Nutzungssystem Persischer Klee in Reinsaat (einjähriger Anbau) mit der Referenzpflanze Welsches Weidelgras

Beim einjährigen Anbau der Reinsaat des Persischen Klees wurde beim Vergleich der Methoden über alle Standorte eine enge, signifikante Korrelation zwischen den Ergebnissen für die  $\text{N}_2$ -Fixierleistung festgestellt ( $r = 0,85$ ;  $P < 0,001$ ). Mit der erweiterten Differenzmethode wurden Luft-N-Mengen geschätzt, die im Mittel lediglich  $8 \text{ kg ha}^{-1}$  über den Schätzungen mit den  $\delta^{15}\text{N}$ -Methoden lagen (Abb. 13). Allerdings bestanden im Einzelfall erhebliche Abweiche zwischen den Schätzergebnissen. Am Standort Reinshof bestand keine signifikante Beziehung zwischen den Ergebnissen der Methoden (Tab. A 43), allerdings war die Stichprobenzahl relativ gering ( $n = 6$ ). Des Weiteren wurde auch am Standort Dasselsbruch kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Methoden beim Persischen Klee ermittelt ( $P = 0,1096$ ).

#### 4.1.9 Transfer-Stickstoff im Gemengeanbau

Beim Anbau von Futterleguminosen im Gemenge mit Poaceen kann im Laufe der Vegetationsperiode ein Teil des von den Leguminosen symbiotisch fixierten Stickstoffs über den Boden zu den nicht-legumen Gemengepartnern transferiert werden. Dieser Prozess wurde in der Vergangenheit vielfach in Feld- und Gefäßversuchen beobachtet und beschrieben (u.a. HAYSTEAD & MARRIOT 1979, BROPHY et. al. 1987, BOLLER & NÖSBERGER 1988, SCHNOTZ 1995, PAYNEL et. al. 2001). Um einen N-Transfer mit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode nachweisen zu können, müssen signifikante Unterschiede zwischen den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Poaceen in Reinsaat und den Poaceen im Gemenge vorliegen. In den Abb. 14 bis 16 sind die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (in ‰) im Schnittgut (ohne Stoppelmasse) der betreffenden Gemenge und Reinsaat für die verschiedenen Untersuchungsstandorte dargestellt. Es handelt sich dabei um die gewogenen arithmetischen Mittelwerte eines Hauptnutzungsjahres (Versuchsanlage A: 1999 und 2000; Versuchsanlage B: 2000 und 2001).

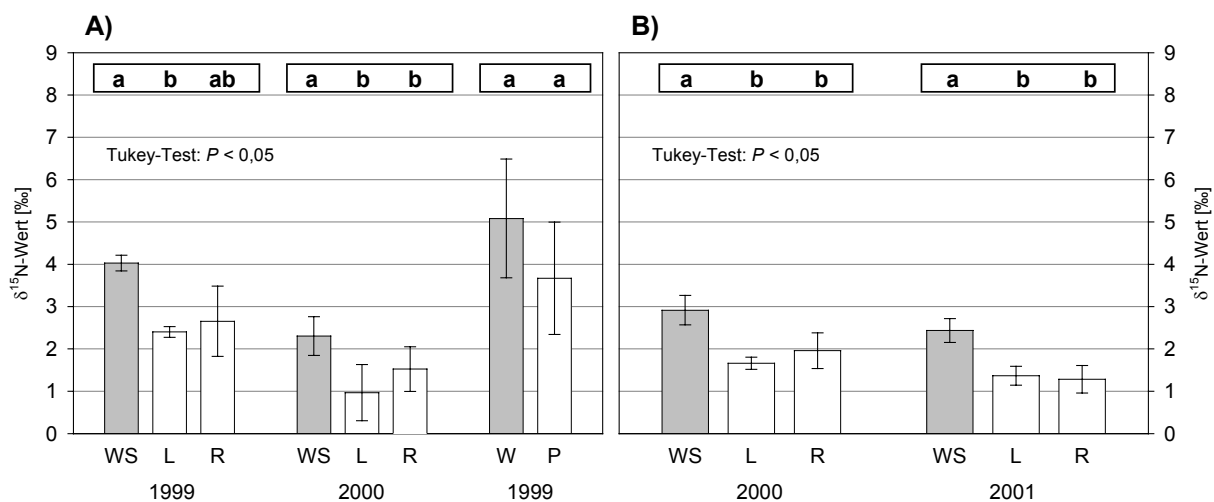


Abb. 14:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung in ‰;  $n = 3$ ) des Wiesenschwingel-Schnittgutes in Reinsaat (WS), im Gemenge mit Luzerne (L) und im Gemenge mit Rotklee (R) sowie  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Welschen Weidelgrases in Reinsaat (W) und im Gemenge mit Persischem Klee (P) am Untersuchungsstandort Reinshof  
 A) 1. HNJ 1999 und 2. HNJ 2000 in der Versuchsanlage A  
 B) 1. HNJ 2000 und 2. HNJ 2001 in der Versuchsanlage B

Am Untersuchungsstandort Reinshof wurde in fast allen HNJ ein signifikanter Unterschied zwischen den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Poaceen in Reinsaat und den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Poaceen im Gemenge mit Luzerne oder Rotklee nachgewiesen. Der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Referenzpflanze Wiesenschwingel war mit 4,03 ‰ (1. HNJ 1999) und 2,30 ‰ (2. HNJ 2000) in der Versuchsanlage A signifikant höher als der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Wiesenschwingel-Schnittgutmasse im Gemenge mit Luzerne (2,40 ‰ bzw. 0,97 ‰). Der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Wiesenschwingel-Schnittgutmasse im Gemenge mit Rotklee

war lediglich im 2. HNJ 2000 mit 1,52 ‰ signifikant geringer als der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert bei der Reinsaat. Zwischen dem  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Schnittgut des Welschen Weidelgrases in Reinsaat (5,08 ‰) und dem  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Schnittgut des Welschen Weidelgrases im Gemenge mit Persischem Klee (3,67 ‰) wurde im HNJ 1999 kein signifikanter Unterschied ermittelt (Abb. 14). In den HNJ 2000 und 2001 (Versuchsanlage B) waren am Untersuchungsstandort Reinshof die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Wiesenschwingsels im Gemenge mit Luzerne (1,66 ‰ bzw. 1,37 ‰) sowie mit Rotklee (1,96 ‰ bzw. 1,28 ‰) signifikant geringer als der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Wiesenschwengel-Schnittgutmasse in Reinsaat (2,92 ‰ bzw. 2,43 ‰).

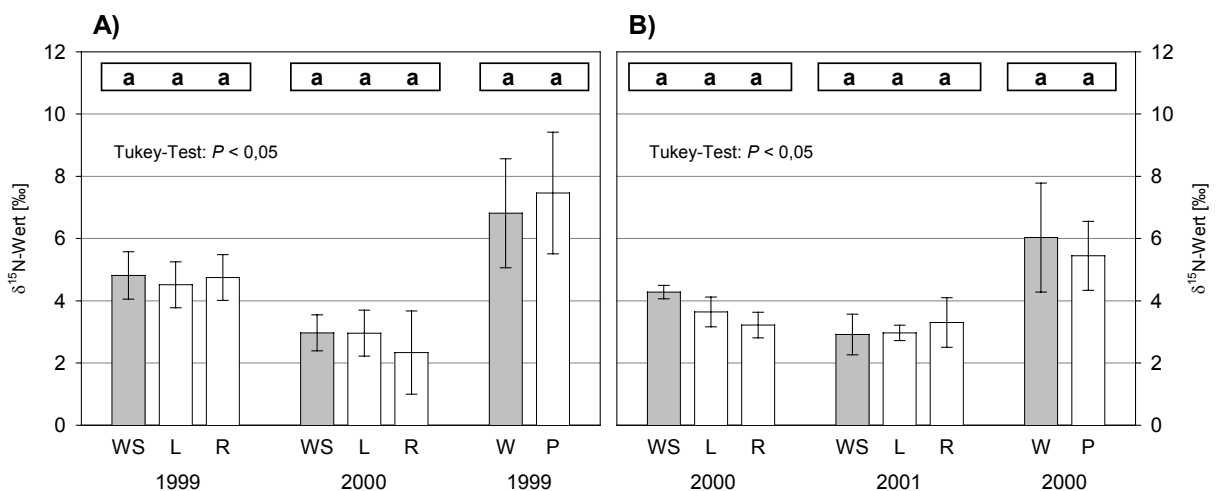


Abb. 15:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung in ‰;  $n = 3$ ) des Wiesenschwengel-Schnittgutes in Reinsaat (WS), im Gemenge mit Luzerne (L) und im Gemenge mit Rotklee (R) sowie  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Welschen Weidelgrases in Reinsaat (W) und im Gemenge mit Persischem Klee (P) am Untersuchungsstandort Oederquart  
 A) 1. HNJ 1999 und 2. HNJ 2000 in der Versuchsanlage A  
 B) 1. HNJ 2000 und 2. HNJ 2001 in der Versuchsanlage B

Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Wiesenschwingsels in Reinsaat zeigten am Untersuchungsstandort Oederquart zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zu den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten im Schnittgut des Wiesenschwingsels im Gemenge mit Luzerne oder Rotklee. Das gleiche gilt für die Vergleiche zwischen den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten in der Schnittgutmasse des Welschen Weidelgrases in Reinsaat (6,81 ‰ im HNJ 1999 bzw. 6,03 ‰ im HNJ 2000) und im Gemenge mit Persischem Klee (7,46 ‰ im HNJ 1999 bzw. 5,44 ‰ im HNJ 2000). Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Wiesenschwengel-Schnittgut in Reinsaat bewegten sich im Untersuchungszeitraum zwischen 2,97 und 4,82 ‰. Im Gemenge mit Luzerne fanden sich in der Wiesenschwengel-Schnittgutmasse  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zwischen 2,96 ‰ und 4,51 ‰; während im Gemenge mit Rotklee  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zwischen 2,34 ‰ und 4,75 ‰ registriert wurden (Abb. 15).

Am Untersuchungsstandort Dasselsbruch wurden zwischen den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten in der Schnittgutmasse des Wiesenschwingsels in Reinsaat (2,03 ‰ bis 3,60 ‰) und den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Schnittgutmasse des Wiesenschwingsels im Gemenge mit Luzerne (2,03 ‰ bis 2,36 ‰) lediglich im 2. HNJ (2000) in der Versuchsanlage A signifikante Unterschiede festgestellt. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Wiesenschwingsels im Gemenge mit Rotklee (1,23 ‰ bis 2,56 ‰) waren indes zu jedem Zeitpunkt signifikant geringer als die vergleichbaren  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Reinsaat (Abb. 16). Schließlich zeigte die Schnittgutmasse des Welschen Weidelgrases in Reinsaat mit einem  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert in Höhe von 3,03 ‰ im HNJ 2000 einen signifikant höheren  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert als die Schnittgutmasse des Welschen Weidelgrases im Gemenge mit Persischem Klee (1,08 ‰ im HNJ 2000).

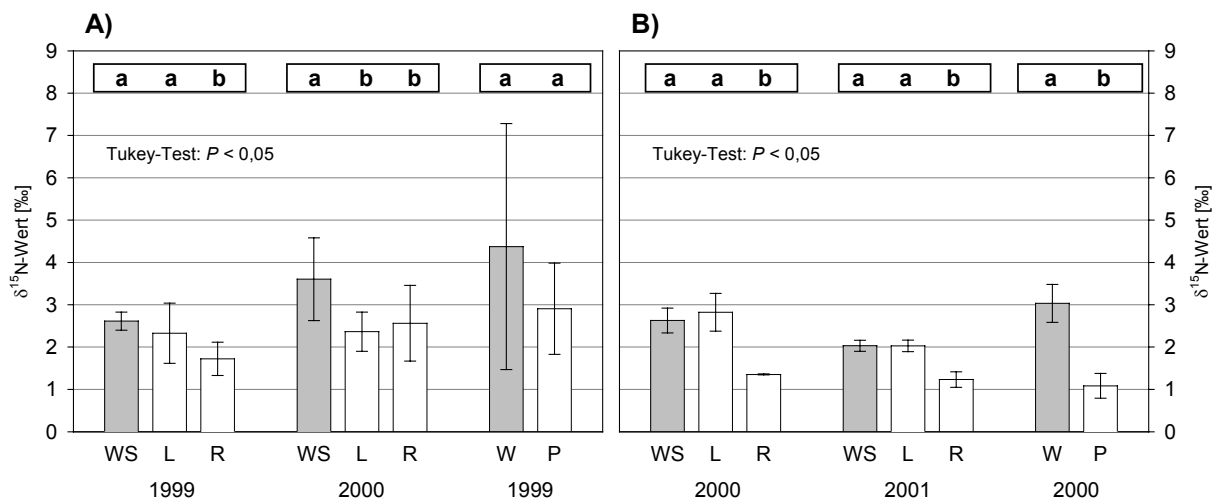


Abb. 16:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung in ‰;  $n = 3$ ) des Wiesenschwengel-Schnittgutes in Reinsaat (WS), im Gemenge mit Luzerne (L) und im Gemenge mit Rotklee (R) sowie  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Schnittgut des Welschen Weidelgrases in Reinsaat (W) und im Gemenge mit Persischem Klee (P) am Untersuchungsstandort Dasselsbruch  
 A) 1. HNJ 1999 und 2. HNJ 2000 in der Versuchsanlage A  
 B) 1. HNJ 2000 und 2. HNJ 2001 in der Versuchsanlage B

Anhand dieser Resultate wurden an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch in der Schnittgutmasse der Grasgemengepartner N-Mengen nachgewiesen, die aus der symbiotischen  $\text{N}_2$ -Fixierung der Leguminosen-Gemengepartner stammten. Diese in den Feldversuchen ermittelten transferierten N-Mengen sind in Tab. 34 wiedergegeben. Dabei ist zu beachten, dass sich alle Angaben auf die N-Mengen in der Schnittgutmasse beziehen. Die Ernterestmengen wurden nicht verrechnet, da für diese Fraktion keine getrennten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte für die jeweiligen Gemengepartner vorlagen. Am Standort Oederquart fanden sich im Untersuchungszeitraum in keinem Nutzungssystem signifikante Unterschiede zwischen den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Gräser-Schnittgutmasse in Reinsaat und den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Gräser-Schnittgutmasse im Gemenge.



Tab. 34: Transferierte N-Menge (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung; n = 3) aus der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung des legumen Gemengepartners in der Schnittgutmasse des Grases bei den Nutzungssystemen Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge, Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge und Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A		Versuchsanlage B	
	1. HNJ 1999	2. HNJ 2000	1. HNJ 2000	2. HNJ 2001
<b>Reinshof</b>				
Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge	7,9 $\pm$ 1,5	5,0 $\pm$ 1,8	11,9 $\pm$ 0,9	12,2 $\pm$ 4,0
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge	5,1 $\pm$ 1,6	7,9 $\pm$ 1,8	3,7 $\pm$ 0,5	15,2 $\pm$ 6,1
<b>Dasselsbruch</b>				
Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge	k.N.	10,7 $\pm$ 1,2	k.N.	k.N.
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge	13,5 $\pm$ 6,1	10,1 $\pm$ 1,6	21,4 $\pm$ 3,5	10,3 $\pm$ 2,6
	HNJ 1999		HNJ 2000	
Welsches Weidelgras im Gemenge mit Persischem Klee	k.N.		13,9 $\pm$ 5,7	

k.N. = kein Nachweis für Transfer-N vorhanden; HNJ = Hauptnutzungsjahr

Die an den Untersuchungsstandorten Reinshof und Dasselsbruch ermittelten Transfer-N-Mengen bewegten sich im Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zwischen 5,0 und 12,2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Damit erstreckte sich der Anteil des Transfer-Stickstoffes an der Gesamt-N-Menge in der Sprossmasse des Grasmengengepartners von 27,5 % (2. HNJ 2000, Dasselsbruch) bis zu 44,2 % (2. HNJ 2000, Reinshof). In drei von fünf untersuchten HNJ betrug dieser Anteil jedoch annähernd ein Drittel der Gesamt-N-Menge (Tab. 35).

Im Gemenge mit Rotklee wurde an beiden Standorten in der Sprossmasse des Wiesenschwingels eine absolute Transfer-N-Menge zwischen 3,7 und 21,4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> festgestellt (Tab. 34). In drei von vier HNJ wurden für dieses Nutzungssystem am Standort Dasselsbruch höhere Transfer-N-Mengen beobachtet als am Standort Reinshof.

Der Anteil des Transfer-Stickstoffes an der Gesamt-N-Menge in der Schnittgutmasse des Grasmengengepartners bewegte sich im Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge an beiden Standorten zwischen 25,0 und 38,4 %. In sechs von acht HNJ lagen diese Anteile unter 30 %, während die HNJ mit den höchsten absoluten Transfer-N-Mengen (15,2 und 21,4 kg ha<sup>-1</sup>) mit den höchsten prozentualen Anteilen des Transfer-Stickstoffs am Gesamt-N der Gräser-Schnittgutmasse einhergingen (38,0 und 38,4 %).

Tab. 35: Anteil der transferierten N-Menge (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung; n = 3) aus der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung des legumen Gemengepartners an der Gesamt-N-Menge in der Schnittgutmasse des Grases bei den Nutzungssystemen Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge, Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge und Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch

N [%]	Versuchsanlage A		Versuchsanlage B	
	1. HNJ 1999	2. HNJ 2000	1. HNJ 2000	2. HNJ 2001
<b>Reinshof</b>				
Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge	33,7 $\pm$ 5,0	44,2 $\pm$ 16,1	33,8 $\pm$ 3,5	33,1 $\pm$ 6,1
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge	29,2 $\pm$ 19,6	27,1 $\pm$ 9,1	27,3 $\pm$ 4,6	38,0 $\pm$ 4,8
<b>Dasselsbruch</b>	1. HNJ 1999	2. HNJ 2000	1. HNJ 2000	2. HNJ 2001
Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge	k.N.	27,5 $\pm$ 5,8	k.N.	k.N.
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge	27,5 $\pm$ 7,5	25,0 $\pm$ 5,3	38,4 $\pm$ 5,6	29,4 $\pm$ 8,4
	HNJ 1999		HNJ 2000	
Welsches Weidelgras im Gemenge mit Persischem Klee	k.N.		49,2 $\pm$ 10,6	

k.N. = kein Nachweis für Transfer-N vorhanden; HNJ = Hauptnutzungsjahr

Für das Nutzungssystem Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras wurde lediglich am Standort Dasselsbruch im HNJ 2000 ein N-Transfer zwischen Leguminose und Grasmengengepartner nachgewiesen. Die absolute Transfer-N-Menge betrug 13,9 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Dies entsprach einem prozentualen Anteil in Höhe von 49,2 % am Gesamt-N im Schnittgut des Welschen Weidelgrases im Gemenge (Tab. 35).

#### 4.1.10 Mehr- und einfaktorielle Varianzanalysen

In den Tabellen A 23 bis A 28 wurden die Resultate mehrfaktorieller Varianzanalysen (ANOVA) für die acht bedeutsamsten Parameter dieser Untersuchungen zusammengestellt. In den Abschnitten 4.1.1 bis 4.1.5 wurden bereits Ergebnisse für Sorten, Arten und Standorte vorgestellt, wobei die Parameter TM-Harvest-Index ( $H_{TM_{Bt}}$ ) und der N-Anteil aus der Luft ( $N_{dfa}$ ) nicht gesondert berücksichtigt wurden, da diese Werte aus den anderen Ergebnissen berechnet werden können.

Bei den Nutzungssystemen Luzerne-Reinsaat und Rotklee-Reinsaat wurden dreifaktorielle Varianzanalysen durchgeführt. Geprüft wurden die Faktoren Jahr (= Versuchsanlage), Standort und Sorte. Bei den Nutzungssystemen Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge und Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge wurden zweifaktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren Jahr und Standort ausgearbeitet. Überdies wurde beim Nutzungssystem Persischer Klee in Reinsaat eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Sorte und Standort angefertigt. Beim Nutzungssystem Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras erfolgte eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor Standort.

Beim Faktor Jahr wurden im überjährigen Anbau die Ergebnisse der Parameter im HNJ 1999 (Versuchsanlage A) mit den Ergebnissen aus dem HNJ 2000 (Versuchsanlage B) verglichen, während im zweijährigen Anbau die Ergebnisse aus den Summen der HNJ 1999 und 2000 (Versuchsanlage A) mit den Ergebnissen aus den HNJ 2000 und 2001 (Versuchsanlage B) verglichen werden. Beim Faktor Standort erfolgte ein Vergleich der drei Untersuchungsstandorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch. Ferner wurden beim Faktor Sorte die in den jeweiligen Nutzungssystemen verwendeten Sorten verglichen (Tab. 13). Bei Gemengesaaten wurde nur eine Sorte geprüft, daher entfiel dieser Faktor bei der Varianzanalyse.

In der Tabelle A 23 werden die Ergebnisse einer dreifaktoriellen Varianzanalyse für das Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat vorgestellt, sie sind getrennt nach Nutzungszeiträumen (über- und zweijährig). Beim Faktor Jahr ergaben sich im überjährigen Anbau signifikante Unterschiede zwischen den Resultaten der Parameter N-Menge in der gesamt-pflanzlichen Biomasse ( $N_{Bt}$ ) sowie symbiotisch fixierte N-Menge ( $N_{fix}$ ), während im zweijährigen Anbau zwischen den Ergebnissen der Parameter gesamt-pflanzlicher TM-Ertrag ( $TM_{Bt}$ ),  $N_{Bt}$ ,  $N_{fix}$  und gesamt-pflanzliche Boden-N-Aufnahme ( $N_{Boden}$ ) signifikante Unterschiede registriert wurden. Der Faktor Standort zeigte im überjährigen Anbau signifikante Unterschiede bei den Parametern TM-Harvest-index ( $H_{TM_{Bt}}$ ), N-Harvest-index ( $H_{NBt}$ ), N-Anteil aus der Luft ( $N_{dfa}$ ) und vereinfachter Flächenbilanzsaldo (N-Saldo), indessen wurden im zweijährigen Anbau lediglich bei den Parametern  $H_{NBt}$  und  $N_{fix}$  signifikante Unterschiede beobachtet. Bei den Sorten wurde lediglich beim Parameter  $N_{Boden}$  ein signifikanter Unterschied

festgestellt (über- und zweijähriger Anbau). Wechselwirkungseffekte wurden in diesen Nutzungssystemen nur bei der Kombination der Faktoren Jahr x Standort ermittelt. Dies galt insbesondere für die Parameter  $TM_{Bt}$  und  $N_{Bt}$  ( $P < 0,001$ ) und des Weiteren bei geringerem Signifikanzniveau für die Parameter  $N_{fix}$  und  $N_{Boden}$ .

Die Tabelle A 24 zeigt die Ergebnisse der dreifaktorielle Varianzanalyse für das Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat. Bei einem Parameter ( $H_{NBt}$ , überjähriger Anbau) konnte auch nach Transformation der Daten keine Normalverteilung hergestellt werden. Deshalb wurde für diesen Parameter keine Varianzanalyse durchgeführt. Zwischen den Jahren gab es keine signifikanten Unterschiede. Beim Faktor Standort zeigte sich lediglich für  $H_{TM_{Bt}}$  und  $H_{NBt}$  im zweijährigem Anbau ein signifikanter Unterschied, während die Sorten allein bei der Boden-N-Aufnahme (zweijähriger Anbau) signifikante Unterschiede aufwiesen. Demgegenüber wurde bei einer Reihe von Parametern ein Wechselwirkungseffekt registriert. Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Jahr und Standort trat bei den Parametern  $TM_{Bt}$ ,  $H_{TM_{Bt}}$ ,  $N_{Bt}$ ,  $N_{fix}$  und  $N_{Boden}$  in mindestens einem Nutzungszeitraum auf. Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Jahr und Sorte wurde für die Parameter  $N_{Bt}$ ,  $N_{fix}$  und N-Saldo im zweijährigen Anbau nachgewiesen, während die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Standort und Sorte den Parameter  $H_{TM_{Bt}}$  im überjährigen Anbau betraf.

Die zweifaktorielle Varianzanalyse für das Nutzungssystem Persischer Klee in Reinsaat wird in Tabelle A 25 wiedergegeben. Diese einjährige Kultur wurde im HNJ 1999 an allen drei Untersuchungsstandorten angebaut, während im HNJ 2000 am Untersuchungsstandort Reinshof wegen Pilzbefalls keine Ernte möglich war. Bei den Parametern  $H_{NBt}$  (HNJ 2000) und  $N_{dfa}$  (HNJ 1999) wurde keine Varianzanalyse durchgeführt, da Normalverteilung nach Transformation der Daten nicht herzustellen war. Beim Faktor Standort zeigten die Resultate für die Parameter  $H_{TM_{Bt}}$  und  $H_{NBt}$  im HNJ 1999 signifikante Unterschiede, indes wurden im HNJ 2000 zwischen den Standorten signifikante Unterschiede bei den N-Anteilen aus der Luft festgestellt. Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Standort und Sorte traten lediglich beim Parameter  $TM_{Bt}$  im HNJ 2000 auf.

In der Tabelle A 26 werden die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse beim Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge dargestellt. Die Ergebnisse der Parameter  $N_{Bt}$  und  $N_{fix}$  wurden in keinem Nutzungszeitraum varianzanalytisch untersucht, da für deren Datensätze keine Normalverteilung hergestellt werden konnte. Die Werte für die Parameter  $N_{Boden}$  und  $N_{dfa}$  waren lediglich in einem Nutzungszeitraum normalverteilt. Zwischen den HNJ 1999 und 2000 (überjähriger Anbau) zeigten sich bei der Boden-N-Aufnahme signifikante Unterschiede, während bei den Ergebnissen für den Parameter  $N_{dfa}$  zwischen den Jahren und den Standorten (zweijähriger Anbau) signifikante Unterschiede ermittelt wurden. Des Weiteren wurde bei den Resultaten für die Parameter  $TM_{Bt}$  und  $H_{NBt}$  in beiden Nutzungszeiträumen ein signifikanter Unterschied zwischen den Standorten

registriert. Ein Wechselwirkungseffekt zwischen den Faktoren Jahr und Standort wurde beim Parameter  $N_{\text{Boden}}$  im überjährigen Anbau beobachtet. Die N-Salden in der Summe aus zwei HNJ unterschieden sich signifikant zwischen den Versuchsanlagen (Faktor Jahr).

Die Resultate der zweifaktoriellen Varianzanalyse beim Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zeigt Tabelle A 27. In einer Reihe von Parametern konnte nach Transformation der Daten keine Normalverteilung hergestellt werden. Daher musste bei den Parametern  $N_{\text{Bt}}$  und N-Saldo in beiden Nutzungszeiträumen auf eine varianzanalytische Untersuchung verzichtet werden. Ferner konnte bei den Parametern  $H_{\text{TMbt}}$  und Nfix keine Varianzanalyse für die Ergebnisse aus dem überjährigen Anbau vorgenommen werden. Signifikante Unterschiede zwischen den Standorten zeigten sich bei den Daten der Parameter  $TM_{\text{Bt}}$ ,  $H_{\text{TMbt}}$ ,  $H_{\text{NBt}}$  und Nfix in beiden oder einem Nutzungszeitraum. Beim Faktor Jahr wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Wechselwirkungseffekte (Jahr x Standort) wurden im überjährigen Anbau beim Parameter  $H_{\text{NBt}}$  und im zweijährigen Anbau beim Parameter Nfix beobachtet.

Für das Nutzungssystem Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras wird in Tabelle A 28 die einfaktorielle Varianzanalyse als Vergleich der Mittelwerte über die Standorte dargestellt. Im HNJ 1999 (Versuchsanlage A) wurde bei keinem Parameter ein signifikanter Unterschied zwischen den Standorten festgestellt. Im HNJ 2000 (Versuchsanlage B) wurden nur die Standorte Oederquart und Dasselsbruch verglichen. Dabei wurde für die Resultate der Parameter  $H_{\text{TMbt}}$ , Nfix,  $N_{\text{Boden}}$ , Ndfa und N-Saldo ein signifikanter Unterschied zwischen den Standorten beobachtet.

## 4.2 Abschnitt 2 - Ableitung von Kalkulationstabellen

### 4.2.1 Lineare und nichtlineare Regressionen

#### 4.2.1.1 Luzerne-Reinsaat - überjähriger Anbau

In den Abbildungen 17 bis 19 werden die wichtigsten Regressionen für die Ableitung der Kalkulationstabellen im Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat (überjähriger Anbau) gezeigt. Der Untersuchungszeitraum war auf das jeweilige 1. Hauptnutzungsjahr in der Versuchsanlage A (1999) sowie in der Versuchsanlage B (2000) beschränkt.

In diesem Nutzungssystem bestand eine sehr enge positive, hyperbolische Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und dem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag (Jahressummen). Das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) der Regression betrug 0,99 ( $P < 0,001$ ). Die Regression wurde auf Basis der Ertragsdaten aus den Einzelparzellen aller Standort berechnet, so dass der Stichprobenumfang 54 Einzelwerte umfasste (Abb. 17).

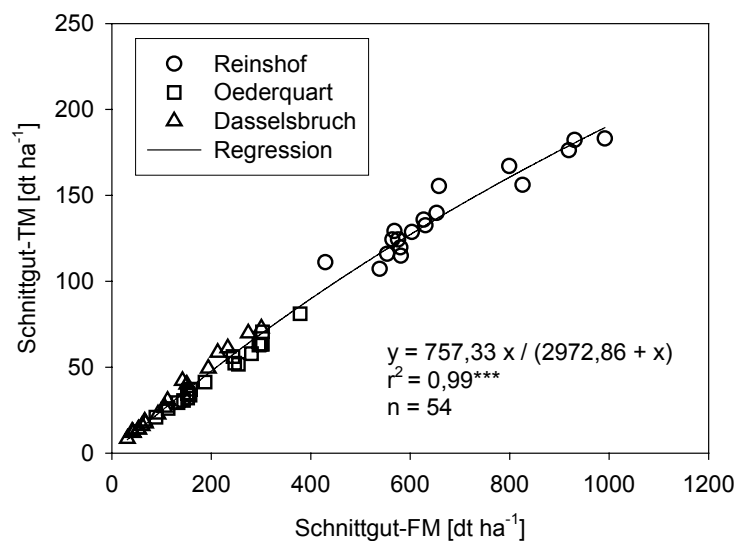


Abb. 17: Regression des jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinschhof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

Zwischen der Schnittgut-N-Menge und dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag der Luzerne-Reinsaat wurde im überjährigen Anbau eine sehr enge lineare Beziehung festgestellt. Die lineare Regression zeigte ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,98 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden betrug 2,7155, d.h. je Dezitonne Luzerne-Schnittgut-TM-Ertrag nahm im überjährigen Anbau die in der Schnittgut-Trockenmasse befindliche N-Menge im Mittel um  $2,7155 \text{ kg ha}^{-1}$  zu (Abb. 18).

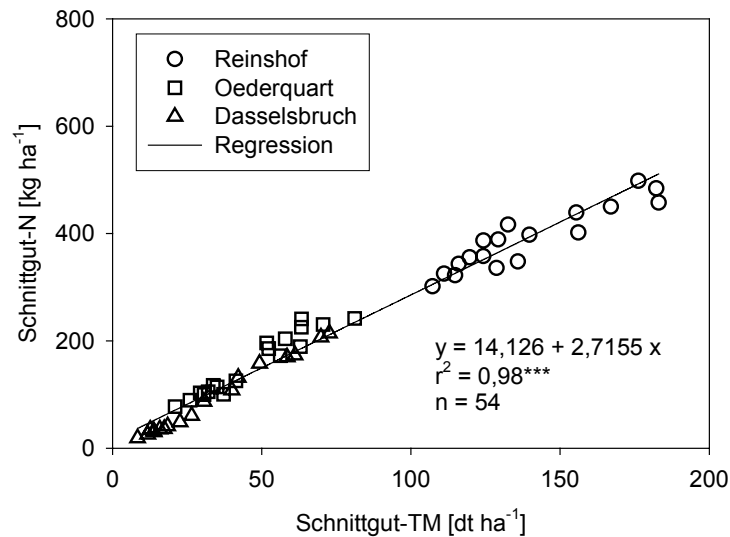


Abb. 18: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

Die gesampflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) der Luzerne-Reinsaat zeigte im überjährigen Anbau mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,96 ( $P < 0,001$ ) eine sehr enge lineare Beziehung zum Schnittgut-TM-Ertrag. Die Steigung der Regressionsgeraden verlief mit 3,97 steiler als bei der Regression von Schnittgut-N-Menge auf die Schnittgut-TM-Ertrag (Abb. 19).

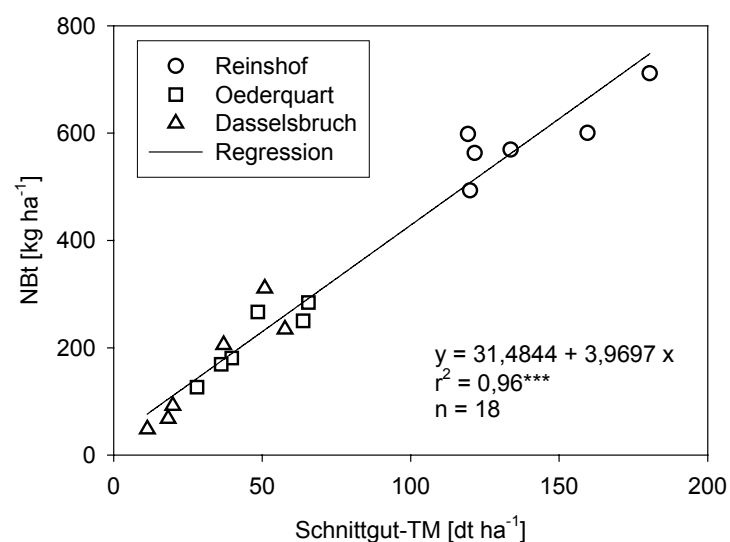


Abb. 19: Regression der gesampflanzlichen N-Menge ( $N_{Bt}$ ) im 1. Hauptnutzungsjahr auf den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch; Mittelwerte der Sorten

#### 4.2.1.2 Luzerne-Reinsaat - zweijähriger Anbau

Die Abbildungen A 3 bis A 5 zeigen die relevanten Regressionen für die Zielvariablen des Nutzungssystems Luzerne-Reinsaat im zweijährigen Anbau. Dabei repräsentiert jeder Datenpunkt die Summe des Ertrages bzw. der N-Menge aus zwei aufeinander folgender HNJ (1999 und 2000 bzw. 2000 und 2001).

Für den Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001) war in der Summe aus zwei HNJ über alle Standorte eine sehr enge positive Korrelation zwischen dem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag und dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag (Jahressummen) zu beobachten (Abb. A 3). Das Bestimmtheitsmaß der hyperbolischen Regression betrug 0,99 ( $P < 0,001$ ).

Eine sehr enge lineare Beziehung wurde zwischen der Zielgröße Schnittgut-N-Menge und der unabhängigen Größe Schnittgut-TM-Ertrag nachgewiesen. Es wurde eine Steigung der Regressionsgeraden in Höhe von 2,8397 festgestellt, während das Bestimmtheitsmaß einen Wert von 0,98 ( $P < 0,001$ ) zeigte. Der Zuwachs an N-Menge im Schnittgut betrug demnach mit jeder Dezitonne Schnittgut-TM-Ertrag 2,8397 kg ha<sup>-1</sup>. Gegenüber dem überjährigen Anbau wurde in diesem Nutzungssystem eine geringfügig höhere N-Menge im Schnittgut akkumuliert (Abb. A 4).

Zwischen der Zielgröße gesamtplanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) und dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag (Jahressumme) bestand im Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat in der Summe aus zwei HNJ eine sehr enge lineare Beziehung. Das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,98 (Abb. A 5).

#### 4.2.1.3 Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau

In den Abbildungen 20 bis 24 werden die in dem Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge verwendeten Regressionen wiedergegeben. Die Untersuchungen wurden im Jahr 1999 (Versuchsanlage A) sowie im Jahr 2000 (Versuchsanlage B) vorgenommen. Der Stichprobenumfang ist bei den Nutzungssystemen mit Gemengesaaten geringer als bei Nutzungssystemen mit Reinsaat, da jeweils nur eine Sorte geprüft wurde.

Der in der Summe der Aufwüchse des 1. Hauptnutzungsjahres gewonnene Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag der Bestandeskomponente Luzerne zeigte mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,99 ( $P < 0,001$ ) eine sehr enge positive, hyperbolische Beziehung zu dem jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag (Abb. 20).



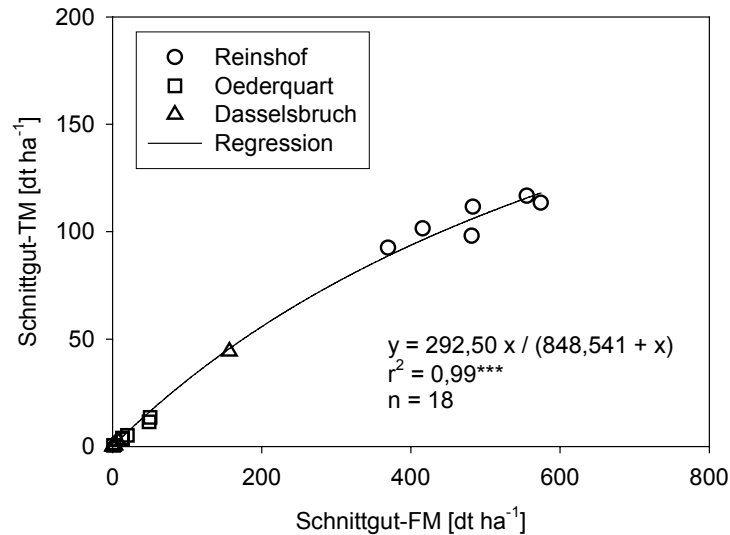


Abb. 20: Regression des jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

Zwischen dem jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag und dem jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag der Bestandekomponente Wiesenschwingel wurde eine sehr enge, positive Beziehung festgestellt. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression lag bei 0,97 ( $P < 0,001$ ). Mit jeder Dezitonne Schnittgut-Frischmasse wurde demnach ein Zuwachs an Trockenmasse in Höhe von 0,2792 dt ha<sup>-1</sup> beobachtet (Abb. 21).

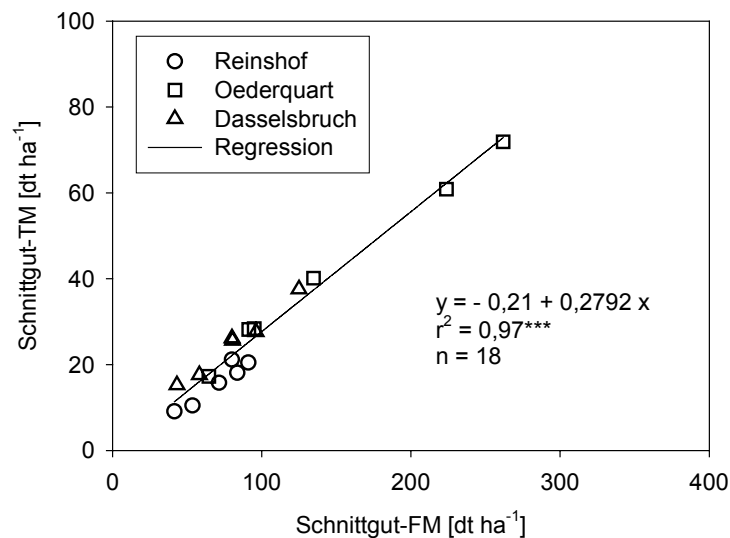


Abb. 21: Regression des jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

Ferner wurde bei der Bestandeskomponente Luzerne eine sehr enge positive Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-N-Menge und dem jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag verzeichnet (Abb. 22). Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression betrug 0,99 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden war mit 2,9058 höher als bei der Luzerne-Reinsaat, deren Steigung der Regressionsgeraden lediglich 2,7155 betrug.

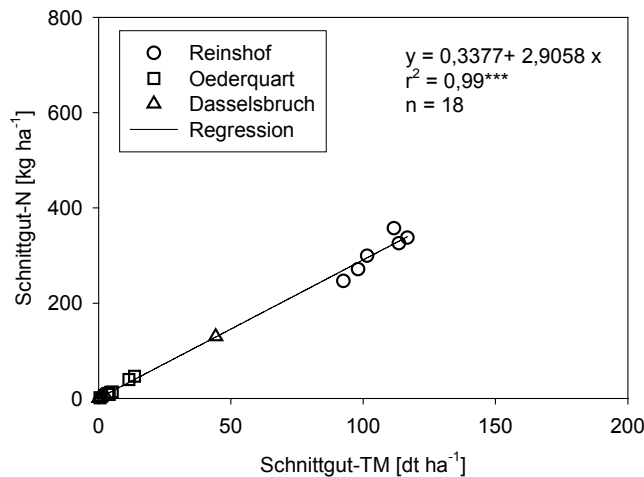


Abb. 22: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

Die nicht-legume Bestandeskomponente Wiesenschwingel zeigte mit einem Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,96 ( $P < 0,001$ ) eine sehr enge, positive Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-N-Menge und dem jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag aufweisen. Bei dieser linearen Regression wurde eine Steigung der Regressionsgeraden von lediglich 1,4887 registriert (Abb. 23).

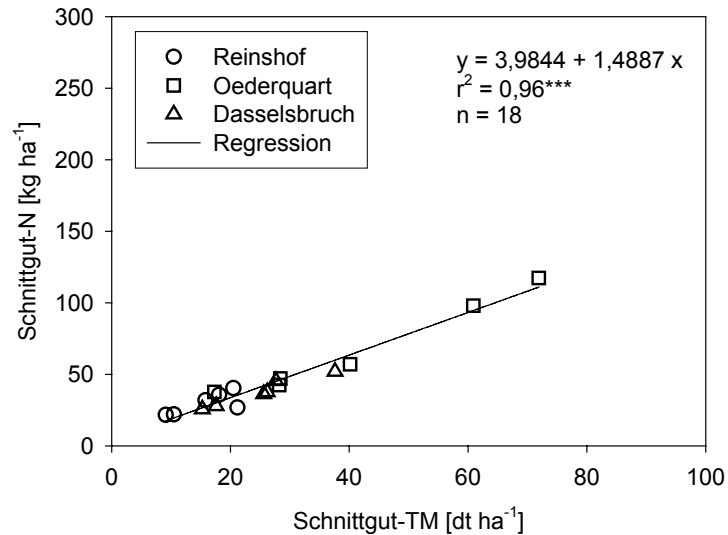


Abb. 23: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

In dem dritten Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge bestand eine enge, lineare Beziehung zwischen der jährlichen Schnittgut-N-Menge (Summe der zwei Bestandekomponenten) und der am Ende des 1. HNJ gewonnenen N-Menge in den Ernteresten der Luzerne und des Wiesenschwingels. Das Bestimmtheitsmaß der positiven Regression betrug 0,77 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden lag bei 0,3997 (Abb. 24).

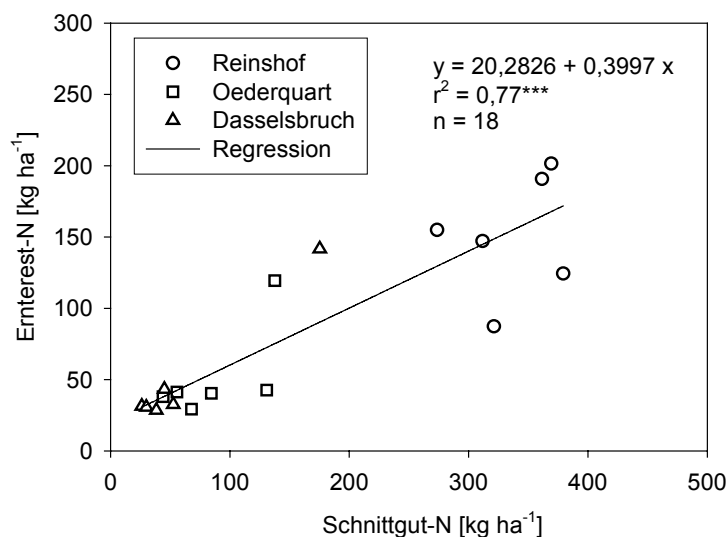


Abb. 24: Regression der Ernterest-N-Menge am Ende des 1. Hauptnutzungsjahres auf die jährliche Schnittgut-N-Menge des Gemenges aus Luzerne und Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

#### 4.2.1.4 Luzerne-Wiesenschwingel-Gemeuge - zweijähriger Anbau

In den Abbildungen A 6 bis A 10 werden die für die Erstellung von Kalkulationstabellen notwendigen Regressionen im Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemeuge (zweijähriger Anbau) dargestellt. Die Datenpunkte in den Darstellungen wurden aus der Summe zweier aufeinander folgender HNJ (1999 und 2000 sowie 2000 und 2001) gebildet.

Der Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag der Bestandekomponente Luzerne zeigte in der Summe aus zwei HNJ eine sehr enge, positive Beziehung zu dem in der Summe zweier HNJ erzielten Schnittgut-Frischmasse-Ertrag (Abb. A 6). Das Bestimmtheitsmaß der hyperbolischen Regression lag bei 0,99 ( $P < 0,001$ ).

Bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel wurde eine sehr enge, positive Regression zwischen der Zielvariablen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag (Summe aus zwei HNJ) und dem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag (Summe aus zwei HNJ) beobachtet. Die lineare Regression wies ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,97 ( $P < 0,001$ ) auf. Die Steigung der Regressionsgeraden betrug 0,2703 (Abb. A 7).

Die Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-N-Menge und dem Schnittgut-TM-Ertrag zeigte bei der Bestandekomponente Luzerne in der Summe aus zwei HNJ eine sehr enge positive Regression (Abb. A 8). Das Bestimmtheitsmaß dieser linearen Regression betrug 0,99 ( $P < 0,001$ ). Dabei wurde eine Steigung der Regressionsgeraden in Höhe von 2,7915 ermittelt.

Bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel wurde für den Anbau in der Summe aus zwei HNJ eine sehr enge, positive Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-N-Menge und dem Schnittgut-TM-Ertrag nachgewiesen (Abb. A 9). Die lineare Regression zeigte ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,95 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden lag bei 1,4405 und war etwas geringer als bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel im überjährigen Anbau (1,4887).

Im diesem Nutzungssystem bestand eine enge, lineare Beziehung zwischen der Schnittgut-N-Menge (Summe der zwei Bestandekomponenten über zwei HNJ) und der am Ende des 2. HNJ ermittelten N-Menge in den Ernteresten der Luzerne und des Wiesenschwingels. Das Bestimmtheitsmaß der positiven Regression lag bei 0,85 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgerade betrug 0,2781. Damit wurde je Kilogramm Stickstoff im Schnittgut ein mittlerer N-Mengen-Zuwachs in Höhe von 0,2781 kg ha<sup>-1</sup> in den Ernteresten festgestellt (Abb. A 10).

#### 4.2.1.5 Rotklee-Reinsaat - überjähriger Anbau

In den Abbildungen A 11 bis A 13 werden die relevanten Regressionen zur Ableitung des Kalkulationsverfahrens für das Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat im überjährigen Anbau dargestellt. Der Untersuchungszeitraum umfasst das 1. Hauptnutzungsjahr 1999 (Versuchsanlage A) sowie das 1. Hauptnutzungsjahr 2000 (Versuchsanlage B).

In den überjährig genutzten Rotklee-Reinsaaten war eine enge positive Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag (Jahressumme) und der unabhängigen Größe jährlicher Schnittgut-Frischmasse-Ertrag zu erkennen. Die hyperbolische Regression wies ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,95 ( $P < 0,001$ ) auf (Abb A11).

Im überjährigen Anbau wurde eine enge, positive Beziehung zwischen der Schnittgut-N-Menge und dem Schnittgut-TM-Ertrag festgestellt. Die lineare Regression zeigte ein Bestimmtheitsmaß von 0,91 ( $P < 0,001$ ), sowie eine Steigung der Regressionsgeraden in Höhe von 2,7310. Je Dezitonne Rotklee-Schnittgut-TM-Ertrag stieg daher die Schnittgut-N-Menge im Mittel um 2,7310 kg ha<sup>-1</sup> (Abb. A12).

Bei der Zielgröße gesamt-pflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) wurde im Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat im überjährigen Anbau eine enge, positive Beziehung zum Schnittgut-TM-Ertrag ermittelt (Abb. A 13). Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression betrug 0,92 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden war mit 3,1755 geringer als beim Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat im überjährigen Anbau (3,9697).

#### 4.2.1.6 Rotklee-Reinsaat - zweijähriger Anbau

Die für die Ableitung des Kalkulationsverfahrens relevanten Regressionen sind in den Abbildungen A 14 bis A 16 für das Nutzungssystem Rotklee-Reinsaat (zweijähriger Anbau) wiedergegeben. Bei den Datenpunkten in den Abbildungen handelt es sich dabei um die Summe des Ertrages bzw. der N-Menge aus zwei aufeinander folgender HNJ (1999 und 2000 sowie 2000 und 2001).

Für den Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001) wurde in der Summe aus zwei HNJ über alle Standorte eine sehr enge positive Korrelation zwischen dem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag und dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag (Jahressummen) registriert (Abb. A 14). Das Bestimmtheitsmaß der hyperbolischen Regression betrug 0,95 ( $P < 0,001$ ).

Eine enge positive Beziehung bestand zwischen der Schnittgut-N-Menge und dem Schnittgut-TM-Ertrag des Rotklees in der Summe aus zwei HNJ. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression lag bei 0,91 ( $P < 0,001$ ). Gleichzeitig wurde eine

Steigung der Regressionsgeraden in Höhe von 2,8526 vorgefunden (Abb. A 15). Diese unterscheidet sich damit nur sehr geringfügig von der Steigung der Regressionsgeraden beim Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat im zweijährigen Anbau (2,8397).

Des Weiteren fand sich eine enge, positive Beziehung zwischen der gesamtplanzlichen N-Menge ( $N_{Bt}$ ) und dem Schnittgut-TM-Ertrag des Rotklee in der Summe aus zwei HNJ (Abb A 16). Die lineare Regression zeigte ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,92 ( $P < 0,001$ ).

#### **4.2.1.7 Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau**

In den Abbildungen A 17 bis A 21 werden die für das Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (überjähriger Anbau) relevanten Regressionen wiedergegeben. Die Untersuchungen wurden in den jeweiligen ersten Hauptnutzungsjahren 1999 (Versuchsanlage A) sowie 2000 (Versuchsanlage B) durchgeführt.

Der in der Summe der Aufwüchse des 1. Hauptnutzungsjahres gewonnene Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag der Bestandekomponente Rotklee zeigte mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,97 ( $P < 0,001$ ) eine sehr enge positive, hyperbolische Beziehung zu dem jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag (Abb. A 17).

Darüber hinaus wurde bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel eine sehr enge, positive Beziehung zwischen dem Schnittgut-TM-Ertrag (Jahressumme) und der jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag festgestellt (Abb. A 18). Bei der linearen Regression wurde ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,97 ( $P < 0,001$ ) registriert, während die Steigung der Regressionsgeraden mit 0,2569 geringfügig niedriger war als bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel im Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge im überjährigen Anbau (0,2792).

Bei der Bestandekomponente Rotklee wurde im überjährigen Anbau eine sehr enge, positive Beziehung zwischen der im Jahres-Schnittgut vorhandenen N-Menge und dem Schnittgut-TM-Ertrag (Jahressumme) vorgefunden (Abb. A 19). Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression lag bei 0,97 ( $P < 0,001$ ). Indessen zeigte die Regressionsgerade eine Steigung in Höhe von 2,5966. Damit war im Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (überjähriger Anbau) die Steigung der Regressionsgeraden der Bestandekomponente Rotklee geringer als bei der Bestandekomponente Luzerne im Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (2,9058).

Ferner wurde bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel eine sehr enge, positive Beziehung zwischen der N-Menge im jährlichen Schnittgutertrag und dem Schnittgut-TM-Ertrag (Jahressumme) beobachtet (Abb. A 20). Bei der linearen Regression wurde ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,96 ( $P < 0,001$ ) ermittelt. Die

Steigung der Regressionsgeraden belief sich auf 1,7050, daher wurde pro Dezitonne Schnittgut-TM-Ertrag der Bestandekomponente Wiesenschwingel im Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge mit 1,7050 kg ha<sup>-1</sup> ein höherer Zuwachs an N festgestellt als bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel im Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (1,4887 kg ha<sup>-1</sup>).

Bei dem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge bestand eine enge positive Beziehung zwischen der Schnittgut-N-Menge (Jahressumme) und der Zielgröße N-Harvest-Index (Abb. A 21). Das Bestimmtheitsmaß betrug 0,71 ( $P < 0,001$ ), während die Steigung der Regressionsgeraden bei 0,0007 lag. In diesem Nutzungssystem bezog sich der N-Harvest-Index auf den Gesamt-N-Ertrag in der Pflanzenbiomasse (überjähriger Anbau).

#### **4.2.1.8 Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau**

Für das Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge werden in den Abbildungen A 22 bis A 26 die für die Ableitung von Kalkulationstabellen bedeutenden Regressionen gezeigt. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von 1999 bis 2001, wobei die Datenpunkte in den Abbildungen einen Ertrag oder eine N-Menge in der Summe aus zwei aufeinander folgenden HNJ (1999 und 2000 sowie 2000 und 2001) wiedergeben.

Die Abbildung A 22 zeigt die sehr enge, hyperbolische Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag in der Summe aus zwei HNJ und dem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag in der Summe aus zwei HNJ bei der Bestandekomponente Rotklee. Das Bestimmtheitsmaß dieser positiven Regression betrug 0,98 ( $P < 0,001$ ).

Bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel wurde eine sehr enge, lineare Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und dem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag (Summe aus zwei HNJ) festgestellt (Abb. A 23). Diese positive Regression zeigte ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,92 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden betrug 0,2452 und war nur geringfügig niedriger als bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel im Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (zweijähriger Anbau).

Die Regression der Zielgröße Schnittgut-N-Menge auf den Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag (Summe aus zwei HNJ) ließ bei der Bestandekomponente Rotklee eine sehr enge, lineare Beziehung erkennen (Abb. A 24). Das Bestimmtheitsmaß dieser positiven Regression lag bei 0,98 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden war mit 2,6337 etwas geringer als bei der legumen Bestandekomponente im vierten Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (2,7915).

Indessen wurde bei der Bestandeskomponente Wiesenschwingel eine enge, lineare Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-N-Menge und dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag (Summe aus zwei HNJ) ermittelt (Abb. A 25). Das Bestimmtheitsmaß dieser positiven Regression betrug 0,90 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden war mit 1,6458 steiler als beim nicht-legumen Gemengepartner im vierten Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (1,4405).

Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte eine enge positive Beziehung zwischen der Schnittgut-N-Menge (Summe aus zwei HNJ) und der Zielgröße N-Harvest-Index (Abb. A 26). Das Bestimmtheitsmaß lag bei 0,70 ( $P < 0,001$ ). Unterdessen wurde eine Steigung der Regressionsgeraden in Höhe von 0,0002 registriert. Der N-Harvest-Index bezieht sich in diesem Nutzungssystem auf den Gesamtertrag, der in der Summe aus zwei HNJ erzielt wurde.

#### **4.2.1.9 Persischer Klee in Reinsaat - einjähriger Anbau**

Die grundlegenden Regressionen für die Ableitung der Kalkulationstabellen im Nutzungssystem Persischer Klee in Reinsaat (einjähriger Anbau) sind in den Abbildungen A 27 bis A 29 wiedergegeben. Der Zeitraum der einjährigen Untersuchungen beschränkte sich auf die Jahre 1999 (Versuchsanlage A) und 2000 (Versuchsanlage B).

Zwischen dem jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und dem jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Persischen Klees wurde eine enge, positive Beziehung beobachtet (Abb. A 27). Das Bestimmtheitsmaß dieser linearen Regression betrug 0,92 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden lag bei 0,1708. Jede zusätzliche Dezitonne Frischmasse-Ertrag führte demnach zu einer Steigerung des Trockenmasse-Ertrages um 0,1708 dt ha<sup>-1</sup>.

Zwischen der Schnittgut-N-Menge und dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag der Reinsaat des Persischen Klees wurde im einjährigen Anbau eine sehr enge positive Beziehung registriert (Abb. A 28). Die lineare Regression zeigte ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,95 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden war allerdings mit 2,6331 geringer als beim Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat im überjährigen Anbau (2,7155).

Die gesamt-pflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) der Reinsaat des Persischen Klees wiesen im einjährigen Anbau mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,85 ( $P < 0,001$ ) eine enge lineare Beziehung zum Schnittgut-TM-Ertrag auf (Abb. A 29). Die Steigung der Regressionsgeraden verlief mit 2,5957 flacher als bei der Luzerne-Reinsaat (3,9697) und der Rotklee-Reinsaat (3,1755) im überjährigen Anbau.



#### 4.2.1.10 Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras - einjähriger Anbau

Die Abbildungen A 30 bis A 34 zeigen die Regressionen für die Ableitung der Kalkulationstabellen im Nutzungssystem Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras (einjähriger Anbau). Der Untersuchungszeitraum umfasste die Jahre 1999 (Versuchsanlage A) und 2000 (Versuchsanlage B).

Zwischen dem jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und dem jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag zeigte sich bei der Bestandekomponente Persischer Klee eine enge, positive Beziehung (Abb. A 30). Bei der linearen Regression wurde ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,91 ( $P < 0,001$ ) ermittelt. Die Steigung der Regressionsgeraden war mit 0,1467 geringer als beim Nutzungssystem Persischer Klee in Reinsaat (0,1708).

Überdies wurde bei der Bestandekomponente Welsches Weidelgras eine enge positive Beziehung zwischen dem jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag und dem jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag beobachtet (Abb. A 31). Die lineare Regression zeigte ein Bestimmtheitsmaß in Höhe von 0,93 ( $P < 0,001$ ). Indessen war die Steigung der Regressionsgeraden mit 0,1838 steiler als bei der Bestandekomponente Persischer Klee (0,1467).

Ferner wurde bei der Bestandekomponente Persischer Klee eine sehr enge positive Beziehung zwischen der Zielgröße Schnittgut-N-Menge und dem jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag verzeichnet (Abb. A 32). Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression betrug 0,99 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden war mit 2,3561 geringer als bei den Bestandekomponenten Luzerne (2,9058) sowie Rotklee (2,5966) im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau).

Zwischen der Schnittgut-N-Menge und dem jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag wurde bei der Bestandekomponente Welsches Weidelgras eine enge positive Beziehung ermittelt (Abb. A 33). Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression betrug 0,87 ( $P < 0,001$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden war mit 1,4675 geringer als im Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (überjähriger Anbau), in dem bei der Bestandekomponente Wiesenschwingel eine Steigung der Regressionsgeraden in Höhe von 1,7050 vorgefunden wurde. Bei dem Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras war die Höhe der jährlichen Schnittgut-N-Menge positiv mit dem N-Harvest-Index korreliert (Abb. A 34). Das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den N-Harvest-Index lag im Mittel bei 0,55 ( $P < 0,01$ ). Die Steigung der Regressionsgeraden betrug 0,002. In diesem Nutzungssystem bezieht sich der N-Harvest-Index auf den Gesamtertrag, der im einjährigen Anbau erzielt wurde.

## 4.2.2 Schätzverfahren zur Ermittlung von Kalkulationstabellen

Um vereinfachte oder erweiterte N-Flächenbilanzsalden in Kalkulationstabellen darzustellen, müssen mindestens zwei Parameter bekannt sein. Der erste ist der Schnittgut-Ertrag (Jahressumme). Die verfügbare Menge an Stickstoff im Boden ist der zweite Parameter, dieser kann zwischen Standorten variieren (Kap. 4.2.3). Im folgenden wird am Beispiel der Nutzungssysteme Luzerne-Reinsaat (überjähriger Anbau) und Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (überjähriger Anbau) die Ableitung der Daten in den Kalkulationstabellen mit einzelnen Rechenschritten beispielhaft dargestellt. Das in Abbildung 8 angegebene Fließschema ist die Grundlage der nachfolgenden Betrachtungen. Es folgt der von SCHMIDTKE (2001) entwickelten Verfahrensweise zur Kalkulation des von Futterleguminosen symbiotisch fixierten Stickstoffs sowie der Kalkulation des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos.

### 4.2.2.1 Beispiel 1: Luzerne-Reinsaat - überjähriger Anbau

Im ersten Schritt wird aus den in Feldversuchen ermittelten jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Erträgen der Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag geschätzt. Zu diesem Zweck wird mit Hilfe der durch eine nichtlineare Beziehung (Abb. 17) gewonnenen Regressionsgleichung die Zielgröße ermittelt. Jedem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag kann so ein entsprechender Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag gegenüber gestellt werden (Tab. 36 und 37). Die Spannweite der angegebenen Ableitungen ( $35$  und  $990 \text{ dt ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) ergab sich aus den in den Feldversuchen ermittelten Werten (Abb. 17).

Diese Schätzung der Schnittgut-Trockenmasse aus der Schnittgut-Frischmasse ist nur dann erforderlich, wenn Angaben zu den TM-Erträgen im landwirtschaftlichen Betrieb nicht vorliegen. Angaben zum jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag müssen allerdings in jeden Fall vorliegen. Alle weiteren Ableitungen zur Schätzung der in Spross und Wurzel befindlichen N-Menge der Leguminose basieren auf dieser Größe.

Schritt 1 (Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag):

Schnittgut-Frischmasse-Ertrag	$300 \text{ dt FM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
einsetzen in Gleichung:	$y = 757,33 \times 300 / (2972,86 + 300)$
	$y = 69,4 \text{ dt TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

Ergebnis: Bei einem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag in Höhe von  $300 \text{ dt ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ist ein Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag in Höhe von  $69,4 \text{ dt ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu erwarten (Tab. 36 und 37).

Tab. 36: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages der Luzerne im überjährigen Anbau bei einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 35 bis 510 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 35 - 190 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 195 - 350 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 355 - 510 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
35	8,8	195	46,6	355	80,8
40	10,1	200	47,7	360	81,8
45	11,3	205	48,9	365	82,8
50	12,5	210	50,0	370	83,8
55	13,8	215	51,1	375	84,8
60	15,0	220	52,2	380	85,8
65	16,2	225	53,3	385	86,8
70	17,4	230	54,4	390	87,8
75	18,6	235	55,5	395	88,8
80	19,8	240	56,6	400	89,8
85	21,1	245	57,7	405	90,8
90	22,3	250	58,7	410	91,8
95	23,5	255	59,8	415	92,8
100	24,6	260	60,9	420	93,7
105	25,8	265	62,0	425	94,7
110	27,0	270	63,1	430	95,7
115	28,2	275	64,1	435	96,7
120	29,4	280	65,2	440	97,6
125	30,6	285	66,3	445	98,6
130	31,7	290	67,3	450	99,6
135	32,9	295	68,4	455	100,5
140	34,1	300	69,4	460	101,5
145	35,2	305	70,5	465	102,4
150	36,4	310	71,5	470	103,4
155	37,5	315	72,6	475	104,3
160	38,7	320	73,6	480	105,3
165	39,8	325	74,6	485	106,2
170	41,0	330	75,7	490	107,2
175	42,1	335	76,7	495	108,1
180	43,2	340	77,7	500	109,0
185	44,4	345	78,7	505	110,0
190	45,5	350	79,8	510	110,9

Tab. 37: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages der Luzerne im überjährigen Anbau bei einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 515 bis 990 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 515 - 670 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		B.) 675 - 830 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		C.) 835 - 990 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
515	111,8	675	140,1	835	166,1
520	112,7	680	141,0	840	166,8
525	113,7	685	141,8	845	167,6
530	114,6	690	142,7	850	168,4
535	115,5	695	143,5	855	169,2
540	116,4	700	144,3	860	169,9
545	117,3	705	145,2	865	170,7
550	118,2	710	146,0	870	171,5
555	119,1	715	146,8	875	172,2
560	120,0	720	147,7	880	173,0
565	120,9	725	148,5	885	173,7
570	121,8	730	149,3	890	174,5
575	122,7	735	150,1	895	175,2
580	123,6	740	150,9	900	176,0
585	124,5	745	151,8	905	176,7
590	125,4	750	152,6	910	177,5
595	126,3	755	153,4	915	178,2
600	127,2	760	154,2	920	179,0
605	128,1	765	155,0	925	179,7
610	128,9	770	155,8	930	180,5
615	129,8	775	156,6	935	181,2
620	130,7	780	157,4	940	181,9
625	131,6	785	158,2	945	182,7
630	132,4	790	159,0	950	183,4
635	133,3	795	159,8	955	184,1
640	134,2	800	160,6	960	184,9
645	135,0	805	161,4	965	185,6
650	135,9	810	162,2	970	186,3
655	136,7	815	162,9	975	187,0
660	137,6	820	163,7	980	187,8
665	138,4	825	164,5	985	188,5
670	139,3	830	165,3	990	189,2

Im zweiten Schritt werden zunächst Beziehungen zwischen dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag der Luzerne und der im Schnittgut enthaltenen N-Menge (Zielgröße) betrachtet (Abb. 18). Ferner wird die Beziehung zwischen dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und der gesamt-pflanzlichen N-Menge ( $N_{Bt}$ ) ermittelt, um auch die auf der Fläche verbleibenden Ernterestmengen in das Kalkulationsverfahren einzubeziehen (Abb. 19).

Schritt 2a (Schnittgut-N-Menge):

Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag	100 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung:	$y = 14,126 + 2,7155 \times 100$
	$y = 285,7 \text{ kg N ha}^{-1}$

Ergebnis: Bei einem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag in Höhe von 100 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ist eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 285,7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten.

Schritt 2b (gesamt-pflanzliche N-Menge):

Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag	100 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung:	$y = 31,4844 + 3,9697 \times 100$
	$y = 428,5 \text{ kg N ha}^{-1}$

Ergebnis: Bei einem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag in Höhe von 100 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ist eine gesamt-pflanzliche N-Menge in Höhe von 428,5 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten.

Im dritten Schritt muss die symbiotisch fixierte N-Menge aus Parametern abgeleitet werden. Mit Hilfe der gesamt-pflanzlichen N-Menge sowie dem am Standort vorhandenen Angebot an pflanzenverfügbaren N im Wurzelraum der Leguminose, der in der gesamten Vegetationszeitraum der Futterleguminose verfügbar wird (Boden-N-Angebot), wird die N<sub>2</sub>-Fixierleistung geschätzt. Das Boden-N-Angebot ist neben dem Schnittgut-Ertrag die zweite unabhängige Größe, die bei der Ableitung und Darstellung von Kalkulationstabellen eingeht (Abschnitt 3.2). Wenn die gesamt-pflanzliche N-Menge der Leguminose bekannt ist, kann über ein am Standort verfügbares Boden-N-Angebot die N<sub>2</sub>-Fixierleistung geschätzt werden ( $N_{Bt} = N_{fix} + N_{Boden}$ ). Dazu muss die im Boden bis Vegetationsende von der Leguminose nicht genutzte pflanzenverfügbare N-Menge (residuale N<sub>min</sub>-Menge) vom Gesamtangebot abgezogen werden. Die für dieses Nutzungssystem spezifische residuale N<sub>min</sub>-Menge wird aus den gemessenen residualen N<sub>min</sub>-Werten abgeleitet (Kap. 4.1.7, Tab. 32) und betrug über die drei Standorte und erfassten Zeiträume im Mittel 23,4 kg N<sub>min</sub>-N ha<sup>-1</sup>.

Schritt 3 (symbiotisch fixierte N-Menge):

gesamtpflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ )	428,5 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
verfügbares Boden-N-Angebot	100 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung:	$y = 428,5 - (100 - 23,4)$
	$y = 351,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

Ergebnis: Bei einer gesamtpflanzlichen N-Menge in Höhe von 428,5 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und einem verfügbaren N-Angebot im Boden in Höhe von 100 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> beträgt die N<sub>2</sub>-Fixierleistung 351,9 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Die Variationsbreite des Boden-N-Angebotes wird durch die in den Feldversuchen mit Hilfe der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode geschätzten bodenbürtigen N-Menge bestimmt. Im konkreten Fall liegt sie zwischen 50 und 240 kg N ha<sup>-1</sup> (Tab. 38 und 39).

Im vierten Schritt kann der vereinfachte N-Flächenbilanzsaldo geschätzt werden, da nun die erforderlichen Parameter bekannt sind. Wie in Gleichung 7 gezeigt (Abs. 3.1.7.5), wird der vereinfachte N-Saldo durch N-Zufuhr (symbiotisch fixierte N-Menge) und N-Entzug (Schnittgut) bestimmt.

Schritt 4 (vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo):

fixierte N-Menge	351,9 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Schnittgut-N-Menge	285,7 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung:	$S = 351,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1} - 285,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
	$S = +66,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

Ergebnis: Bei einer symbiotisch fixierten N-Menge in Höhe von 351,9 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und einer N-Menge im Schnittgut in Höhe von 285,7 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ist ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo in Höhe von +66,2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten.

Tab. 38: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem N-Angebot von 50 bis 140 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> )	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes									
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
60	163,3	149,3	135,3	121,3	107,3	93,3	79,3	65,3	51,3	37,3
62,5	170,4	156,4	142,4	128,4	114,4	100,4	86,4	72,4	58,4	44,4
65	177,5	163,5	149,5	135,5	121,5	107,5	93,5	79,5	65,5	51,5
67,5	184,6	170,6	156,6	142,6	128,6	114,6	100,6	86,6	72,6	58,6
70	191,7	177,7	163,7	149,7	135,7	121,7	107,7	93,7	79,7	65,7
72,5	198,8	184,8	170,8	156,8	142,8	128,8	114,8	100,8	86,8	72,8
75	205,9	191,9	177,9	163,9	149,9	135,9	121,9	107,9	93,9	79,9
77,5	213,0	199,0	185,0	171,0	157,0	143,0	129,0	115,0	101,0	87,0
80	220,1	206,1	192,1	178,1	164,1	150,1	136,1	122,1	108,1	94,1
82,5	227,2	213,2	199,2	185,2	171,2	157,2	143,2	129,2	115,2	101,2
85	234,3	220,3	206,3	192,3	178,3	164,3	150,3	136,3	122,3	108,3
87,5	241,4	227,4	213,4	199,4	185,4	171,4	157,4	143,4	129,4	115,4
90	248,5	234,5	220,5	206,5	192,5	178,5	164,5	150,5	136,5	122,5
92,5	255,6	241,6	227,6	213,6	199,6	185,6	171,6	157,6	143,6	129,6
95	262,7	248,7	234,7	220,7	206,7	192,7	178,7	164,7	150,7	136,7
97,5	269,8	255,8	241,8	227,8	213,8	199,8	185,8	171,8	157,8	143,8
100	277,0	263,0	249,0	235,0	221,0	<b>207,0</b>	193,0	179,0	165,0	151,0
102,5	284,1	270,1	256,1	242,1	228,1	214,1	200,1	186,1	172,1	158,1
105	291,2	277,2	263,2	249,2	235,2	221,2	207,2	193,2	179,2	165,2
107,5	298,3	284,3	270,3	256,3	242,3	228,3	214,3	200,3	186,3	172,3
110	305,4	291,4	277,4	263,4	249,4	235,4	221,4	207,4	193,4	179,4
112,5	312,5	298,5	284,5	270,5	256,5	242,5	228,5	214,5	200,5	186,5
115	319,6	305,6	291,6	277,6	263,6	249,6	235,6	221,6	207,6	193,6
117,5	326,7	312,7	298,7	284,7	270,7	256,7	242,7	228,7	214,7	200,7
120	333,8	319,8	305,8	291,8	277,8	263,8	249,8	235,8	221,8	207,8
122,5	340,9	326,9	312,9	298,9	284,9	270,9	256,9	242,9	228,9	214,9
125	348,0	334,0	320,0	306,0	292,0	278,0	264,0	250,0	236,0	222,0
127,5	355,1	341,1	327,1	313,1	299,1	285,1	271,1	257,1	243,1	229,1
130	362,2	348,2	334,2	320,2	306,2	292,2	278,2	264,2	250,2	236,2
132,5	369,3	355,3	341,3	327,3	313,3	299,3	285,3	271,3	257,3	243,3
135	376,4	362,4	348,4	334,4	320,4	306,4	292,4	278,4	264,4	250,4
137,5	383,5	369,5	355,5	341,5	327,5	313,5	299,5	285,5	271,5	257,5
140	390,6	376,6	362,6	348,6	334,6	320,6	306,6	292,6	278,6	264,6
142,5	397,7	383,7	369,7	355,7	341,7	327,7	313,7	299,7	285,7	271,7
145	404,8	390,8	376,8	362,8	348,8	334,8	320,8	306,8	292,8	278,8
147,5	412,0	398,0	384,0	370,0	356,0	342,0	328,0	314,0	300,0	286,0
150	419,1	405,1	391,1	377,1	363,1	349,1	335,1	321,1	307,1	293,1
152,5	426,2	412,2	398,2	384,2	370,2	356,2	342,2	328,2	314,2	300,2
155	433,3	419,3	405,3	391,3	377,3	363,3	349,3	335,3	321,3	307,3
157,5	440,4	426,4	412,4	398,4	384,4	370,4	356,4	342,4	328,4	314,4
160	447,5	433,5	419,5	405,5	391,5	377,5	363,5	349,5	335,5	321,5
162,5	454,6	440,6	426,6	412,6	398,6	384,6	370,6	356,6	342,6	328,6
165	461,7	447,7	433,7	419,7	405,7	391,7	377,7	363,7	349,7	335,7
167,5	468,8	454,8	440,8	426,8	412,8	398,8	384,8	370,8	356,8	342,8
170	475,9	461,9	447,9	433,9	419,9	405,9	391,9	377,9	363,9	349,9

Tab. 39: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem N-Angebot von 150 bis 240 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> )	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes									
	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
60	23,3	9,3	-4,7	-18,7	-32,7	-46,7	-60,7	-74,7	-88,7	-102,7
62,5	30,4	16,4	2,4	-11,6	-25,6	-39,6	-53,6	-67,6	-81,6	-95,6
65	37,5	23,5	9,5	-4,5	-18,5	-32,5	-46,5	-60,5	-74,5	-88,5
67,5	44,6	30,6	16,6	2,6	-11,4	-25,4	-39,4	-53,4	-67,4	-81,4
70	51,7	37,7	23,7	9,7	-4,3	-18,3	-32,3	-46,3	-60,3	-74,3
72,5	58,8	44,8	30,8	16,8	2,8	-11,2	-25,2	-39,2	-53,2	-67,2
75	65,9	51,9	37,9	23,9	9,9	-4,1	-18,1	-32,1	-46,1	-60,1
77,5	73,0	59,0	45,0	31,0	17,0	3,0	-11,0	-25,0	-39,0	-53,0
80	80,1	66,1	52,1	38,1	24,1	10,1	-3,9	-17,9	-31,9	-45,9
82,5	87,2	73,2	59,2	45,2	31,2	17,2	3,2	-10,8	-24,8	-38,8
85	94,3	80,3	66,3	52,3	38,3	24,3	10,3	-3,7	-17,7	-31,7
87,5	101,4	87,4	73,4	59,4	45,4	31,4	17,4	3,4	-10,6	-24,6
90	108,5	94,5	80,5	66,5	52,5	38,5	24,5	10,5	-3,5	-17,5
92,5	115,6	101,6	87,6	73,6	59,6	45,6	31,6	17,6	3,6	-10,4
95	122,7	108,7	94,7	80,7	66,7	52,7	38,7	24,7	10,7	-3,3
97,5	129,8	115,8	101,8	87,8	73,8	59,8	45,8	31,8	17,8	3,8
100	137,0	123,0	109,0	95,0	81,0	67,0	53,0	39,0	25,0	11,0
102,5	144,1	130,1	116,1	102,1	88,1	74,1	60,1	46,1	32,1	18,1
105	151,2	137,2	123,2	109,2	95,2	81,2	67,2	53,2	39,2	25,2
107,5	158,3	144,3	130,3	116,3	102,3	88,3	74,3	60,3	46,3	32,3
110	165,4	151,4	137,4	123,4	109,4	95,4	81,4	67,4	53,4	39,4
112,5	172,5	158,5	144,5	130,5	116,5	102,5	88,5	74,5	60,5	46,5
115	179,6	165,6	151,6	137,6	123,6	109,6	95,6	81,6	67,6	53,6
117,5	186,7	172,7	158,7	144,7	130,7	116,7	102,7	88,7	74,7	60,7
120	193,8	179,8	165,8	151,8	137,8	123,8	109,8	95,8	81,8	67,8
122,5	200,9	186,9	172,9	158,9	144,9	130,9	116,9	102,9	88,9	74,9
125	208,0	194,0	180,0	166,0	152,0	138,0	124,0	110,0	96,0	82,0
127,5	215,1	201,1	187,1	173,1	159,1	145,1	131,1	117,1	103,1	89,1
130	222,2	208,2	194,2	180,2	166,2	152,2	138,2	124,2	110,2	96,2
132,5	229,3	215,3	201,3	187,3	173,3	159,3	145,3	131,3	117,3	103,3
135	236,4	222,4	208,4	194,4	180,4	166,4	152,4	138,4	124,4	110,4
137,5	243,5	229,5	215,5	201,5	187,5	173,5	159,5	145,5	131,5	117,5
140	250,6	236,6	222,6	208,6	194,6	180,6	166,6	152,6	138,6	124,6
142,5	257,7	243,7	229,7	215,7	201,7	187,7	173,7	159,7	145,7	131,7
145	264,8	250,8	236,8	222,8	208,8	194,8	180,8	166,8	152,8	138,8
147,5	272,0	258,0	244,0	230,0	216,0	202,0	188,0	174,0	160,0	146,0
150	279,1	265,1	251,1	237,1	223,1	209,1	195,1	181,1	167,1	153,1
152,5	286,2	272,2	258,2	244,2	230,2	216,2	202,2	188,2	174,2	160,2
155	293,3	279,3	265,3	251,3	237,3	223,3	209,3	195,3	181,3	167,3
157,5	300,4	286,4	272,4	258,4	244,4	230,4	216,4	202,4	188,4	174,4
160	307,5	293,5	279,5	265,5	251,5	237,5	223,5	209,5	195,5	181,5
162,5	314,6	300,6	286,6	272,6	258,6	244,6	230,6	216,6	202,6	188,6
165	321,7	307,7	293,7	279,7	265,7	251,7	237,7	223,7	209,7	195,7
167,5	328,8	314,8	300,8	286,8	272,8	258,8	244,8	230,8	216,8	202,8
170	335,9	321,9	307,9	293,9	279,9	265,9	251,9	237,9	223,9	209,9



Der fünfte Schritt kann in den Fällen vorgenommen werden, in denen Angaben zur Höhe der N-Rhizodeposition beim Anbau von Futterleguminosen vorliegen. Für das Nutzungssystem Luzerne-Reinsaat (überjähriger Anbau) ist dies der Fall. In Tabelle 15 sind die N-Anteile aus Rhizodeposition (Ndfrl) und Remineralisation (Ndfrm) angegeben.

Schritt 5 (erweiterter N-Flächenbilanzsaldo):

vereinfachter N-Saldo	+66,2 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
fixierte N-Menge	351,9 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Ndfrl (Tab. 15)	0,40
einsetzen in Gleichung:	Sw = +66,2 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
	+ (351,9 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> × 0,40)
	Sw = +207,0 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>

Ergebnis: Bei einer symbiotisch fixierten N-Menge in Höhe von 351,9 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, einem vereinfachten N-Saldo in Höhe von +66,2 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und einem zusätzlichen N-Anteil der Rhizodeposition aus der symbiotisch fixierten N-Menge in Höhe von 40 %, ist ein erweiterter N-Flächenbilanzsaldo in Höhe von +207,0 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten (Tab. 38).

Wie bereits in Abschnitt 3.2.4 beschrieben, darf bei einer Schätzung der N-Rhizodeposition die im Vegetationszeitraum remineralisierte N-Menge (Nrm) nicht vernachlässigt werden. Hierbei wird zugrunde gelegt, dass ein Teil der über die Rhizodeposition der Leguminose in den Boden gelangten N-Menge während des Wachstums der Leguminose erneut pflanzenverfügbar und von der Leguminose aufgenommen wird. Gleichung 12 zeigt den Rechenweg, um die remineralisierte N-Menge (Nrm) zu bestimmen. Für jeden Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag innerhalb einer Variationsbreite (hier: 60 bis 170 dt ha<sup>-1</sup>) kann damit Nrm in Tab. 40 abgelesen werden. Im konkreten Beispiel wurde mit einem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag in Höhe von 100 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> kalkuliert. Nrm beträgt damit 17,1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Es wird im Kalkulationsverfahren angenommen, dass sich hierdurch das Boden-N-Angebot unter der Leguminose von 100 auf 117,1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> erhöht. Hierdurch sinkt der erweiterte N-Flächenbilanzsaldo auf ca. +183 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ab (Tab. 40).

Tab. 40: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Luzerne für unterschiedliche Schnittgut-TM-Erträge im 1. Hauptnutzungsjahr

A.) 60 - 115 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		B.) 117,5 - 170 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Remineralisierte N-Menge im Jahr des Eintrages (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Remineralisierte N-Menge im Jahr des Eintrages (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
60	10,8	117,5	19,9
62,5	11,2	120	20,3
65	11,6	122,5	20,7
67,5	12,0	125	21,1
70	12,4	127,5	21,5
72,5	12,8	130	21,9
75	13,2	132,5	22,3
77,5	13,6	135	22,7
80	14,0	137,5	23,1
82,5	14,4	140	23,5
85	14,8	142,5	23,9
87,5	15,2	145	24,3
90	15,6	147,5	24,7
92,5	15,9	150	25,1
95	16,3	152,5	25,5
97,5	16,7	155	25,9
100	17,1	157,5	26,3
102,5	17,5	160	26,7
105	17,9	162,5	27,1
107,5	18,3	165	27,5
110	18,7	167,5	27,9
112,5	19,1	170	28,3
115	19,5		

#### 4.2.2.2 Beispiel 2: Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau

In Abschnitt 3.2.3 wurden die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Reinsaat-Nutzungssystemen und Nutzungssystemen mit Gemengen hinsichtlich der Umsetzung zu Kalkulationstabellen bereits erläutert. Das Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (überjähriger Anbau) soll nachfolgend als Beispiel dienen.

##### Schritt 1a (Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Luzerne)

Schnittgut-Frischmasse-Ertrag	445 dt FM ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung (Abb. 20):	$y = 292,5 \times 445 / (848,541 + 445)$
	$y = 100,6 \text{ dt TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

##### Schritt 1b (Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Wiesenschwingel)

Schnittgut-Frischmasse-Ertrag	100 dt FM ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung (Abb. 21):	$y = -0,2078 + 0,2792 \times 100$
	$y = 27,7 \text{ dt TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

Ergebnis: Bei einem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag der Luzerne in Höhe von 445 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ist im Gemenge ein Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag in Höhe von 100,6 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten (Tab. 41 und 42). Bei einem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Wiesenschwingels in Höhe von 100 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ist im Gemenge ein Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag in Höhe von 27,7 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten (Tab. 43).

##### Schritt 2a (Schnittgut-N-Menge bei Luzerne):

Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag	100 dt TM ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung (Abb. 22):	$y = 0,3377 + 2,9058 \times 100$
	$y = 290,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

##### Schritt 2b (Schnittgut-N-Menge bei Wiesenschwingel):

Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag	30 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
einsetzen in Gleichung (Abb. 23):	$y = 3,9844 + 1,4887 \times 30$
	$y = 48,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

Summe N-Menge im Schnittgut beider Bestandekomponenten:  
 $290,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1} + 48,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1} = 339,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

Tab. 41: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne in Höhe von 10 bis 285 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

A.) 10 - 145 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		B.) 150 - 285 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
10	3,4	150	43,9
15	5,1	155	45,2
20	6,7	160	46,4
25	8,4	165	47,6
30	10,0	170	48,8
35	11,6	175	50,0
40	13,2	180	51,2
45	14,7	185	52,4
50	16,3	190	53,5
55	17,8	195	54,7
60	19,3	200	55,8
65	20,8	205	56,9
70	22,3	210	58,0
75	23,8	215	59,1
80	25,2	220	60,2
85	26,6	225	61,3
90	28,0	230	62,4
95	29,5	235	63,4
100	30,8	240	64,5
105	32,2	245	65,5
110	33,6	250	66,6
115	34,9	255	67,6
120	36,2	260	68,6
125	37,6	265	69,6
130	38,9	270	70,6
135	40,1	275	71,6
140	41,4	280	72,6
145	42,7	285	73,5

Tab. 42: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne in Höhe von 290 bis 565 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

A.) 290 - 425 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
290	74,5
295	75,5
300	76,4
305	77,3
310	78,3
315	79,2
320	80,1
325	81,0
330	81,9
335	82,8
340	83,7
345	84,5
350	85,4
355	86,3
360	87,1
365	88,0
370	88,8
375	89,6
380	90,5
385	91,3
390	92,1
395	92,9
400	93,7
405	94,5
410	95,3
415	96,1
420	96,8
425	97,6

B.) 430 - 565 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
430	98,4
435	99,1
440	99,9
445	100,6
450	101,4
455	102,1
460	102,8
465	103,5
470	104,3
475	105,0
480	105,7
485	106,4
490	107,1
495	107,8
500	108,5
505	109,1
510	109,8
515	110,5
520	111,1
525	111,8
530	112,5
535	113,1
540	113,8
545	114,4
550	115,0
555	115,7
560	116,3
565	116,9

Tab. 43: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Luzerne) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Wiesenschwingels in Höhe von 50 bis 255 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

A.) 10 - 150 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		B.) 155 - 255 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
50	13,8	155	43,1
55	15,1	160	44,5
60	16,5	165	45,9
65	17,9	170	47,3
70	19,3	175	48,7
75	20,7	180	50,0
80	22,1	185	51,4
85	23,5	190	52,8
90	24,9	195	54,2
95	26,3	200	55,6
100	27,7	205	57,0
105	29,1	210	58,4
110	30,5	215	59,8
115	31,9	220	61,2
120	33,3	225	62,6
125	34,7	230	64,0
130	36,1	235	65,4
135	37,5	240	66,8
140	38,9	245	68,2
145	40,3	250	69,6
150	41,7	255	71,0

Ergebnis: Bei einem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag der Luzerne in Höhe von 100 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ist im Gemengeanbau mit Wiesenschwingel eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 290,9 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten (Tab. 44), während andererseits bei einem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag des Wiesenschwingel in Höhe von 30 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> im Gemengeanbau mit Luzerne eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 48,7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten ist (Tab. 45).

Die N-Mengen im Schnittgut der Luzerne und des Wiesenschwingels müssen zunächst für die weiteren Schritte der Kalkulation addiert werden, um eine Beziehung zur Ernterest-N-Menge in der Summe beider Bestandespartner herzustellen. Dies ist nötig, um N<sub>Bt</sub> zu ermitteln. Wie bereits in Kap. 4.2.2.1 erläutert, ist die symbiotisch fixierte N-Menge u.a. von diesem Kennwert abhängig.

Tab. 44: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Luzerne (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im 1. Hauptnutzungsjahr

A.) 5 - 60 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N-Menge im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
5	14,9
7,5	22,1
10	29,4
12,5	36,7
15	43,9
17,5	51,2
20	58,5
22,5	65,7
25	73,0
27,5	80,2
30	87,5
32,5	94,8
35	102,0
37,5	109,3
40	116,6
42,5	123,8
45	131,1
47,5	138,4
50	145,6
52,5	152,9
55	160,2
57,5	167,4
60	174,7

B.) 62,5 - 115 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N-Menge im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
62,5	182,0
65	189,2
67,5	196,5
70	203,7
72,5	211,0
75	218,3
77,5	225,5
80	232,8
82,5	240,1
85	247,3
87,5	254,6
90	261,9
92,5	269,1
95	276,4
97,5	283,7
100	290,9
102,5	298,2
105	305,4
107,5	312,7
110	320,0
112,5	327,2
115	334,5

Schritt 2c (Ernterest-N-Menge):

Schnittgut-N-Menge

in der Summe beider Arten

$$340 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$$

einsetzen in Gleichung (Abb. 24):

$$y = 20,2826 + 0,3997 \times 340$$

$$y = 156,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$$

Ergebnis: Bei einer Schnittgut-N-Menge in Höhe von insgesamt 340 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Luzerne und Wiesenschwingel) ist eine Ernterest-N-Menge in Höhe von 156,2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu erwarten.

Tab. 45: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Luzerne) im 1. Hauptnutzungsjahr

A.) 7,5 - 42,5 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		B.) 45 - 80 dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
7,5	15,1	45	71,0
10	18,9	47,5	74,7
12,5	22,6	50	78,4
15	26,3	52,5	82,1
17,5	30,0	55	85,9
20	33,8	57,5	89,6
22,5	37,5	60	93,3
25	41,2	62,5	97,0
27,5	44,9	65	100,7
30	48,6	67,5	104,5
32,5	52,4	70	108,2
35	56,1	72,5	111,9
37,5	59,8	75	115,6
40	63,5	77,5	119,4
42,5	67,3	80	123,1

Die übrigen Verfahrensschritte erschließen sich aus den Zusammenhängen, die bereits in Abschnitt 4.2.2.1 vorgestellt wurden.

Schritt 2d (geampfpflanzliche N-Menge,  $N_{Bt}$ ):

Schnittgut-N-Menge	340 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Ernterest-N-Menge	156,2 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Summe (= $N_{Bt}$ )	496,2 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>

Schritt 3 (symbiotisch fixierte N-Menge,  $N_{fix}$ ):

gesampfpflanzliche N-Menge	496,2 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
potentielles Boden-N-Angebot	100 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
mittlere residuale $N_{min}$ -Menge	16,2 kg N ha <sup>-1</sup> (aus Tab. 33)
einsetzen in Gleichung:	$N_{fix} = 496,2 \times (100 - 16,2)$ kg N ha <sup>-1</sup>
	$N_{fix} = 412,4$ kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>



Ergebnis: Bei einer gesamt pflanzliche N-Menge in Höhe von  $496,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , einem N-Angebot im Boden in Höhe von  $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und einer residualen  $N_{\text{min}}$ -Menge in Höhe von  $16,2 \text{ kg N}_{\text{min}} \text{ ha}^{-1}$  ist beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge eine  $N_2$ -Fixierleistung in Höhe von  $412,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu erwarten.

Im Unterschied zu den Reinsaaten wird in den Kalkulationstabellen zum Gemengeanbau der vereinfachte N-Flächenbilanzsaldo anhand der Schnittgut-N-Menge abgelesen (Summe der Bestandekomponenten).

Schritt 4 (vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo):

fixierte N-Menge	$412,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
Schnittgut-N-Menge	$340,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
einsetzen in Gleichung:	$S = 412,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1} - 340 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
	$S = +72,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

Ergebnis: Bei einer symbiotisch fixierten N-Menge in Höhe von  $412,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und einer N-Menge in Höhe von  $340,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag ist ein vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo in Höhe von  $+72,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu erwarten (Tab. 46 und 47).

Ein erweiterter N-Flächenbilanzsaldo wurde für dieses Nutzungssystem nicht berechnet, da bisher in der Literatur keine Angaben zur Höhe der über Rhizodeposition in den Boden gelangten N-Menge verfügbar sind.

Tab. 46: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Luzernegrases im 1. Hauptnutzungsjahr für eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 150 bis 260 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes												
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
150	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6	-23,6	-33,6	-43,6	-53,6	-63,6	-73,6	-83,6
152,5	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6	-22,6	-32,6	-42,6	-52,6	-62,6	-72,6	-82,6
155	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6	-21,6	-31,6	-41,6	-51,6	-61,6	-71,6	-81,6
157,5	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6	-20,6	-30,6	-40,6	-50,6	-60,6	-70,6	-80,6
160	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6	-29,6	-39,6	-49,6	-59,6	-69,6	-79,6
162,5	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6	-68,6	-78,6
165	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6	-77,6
167,5	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6	-66,6	-76,6
170	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6	-45,6	-55,6	-65,6	-75,6
172,5	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6	-24,6	-34,6	-44,6	-54,6	-64,6	-74,6
175	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6	-23,6	-33,6	-43,6	-53,6	-63,6	-73,6
177,5	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6	-22,6	-32,6	-42,6	-52,6	-62,6	-72,6
180	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6	-21,6	-31,6	-41,6	-51,6	-61,6	-71,6
182,5	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6	-20,6	-30,6	-40,6	-50,6	-60,6	-70,6
185	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6	-29,6	-39,6	-49,6	-59,6	-69,6
187,5	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6	-68,6
190	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6
192,5	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6	-66,6
195	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6	-45,6	-55,6	-65,6
197,5	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6	-24,6	-34,6	-44,6	-54,6	-64,6
200	56,4	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6	-23,6	-33,6	-43,6	-53,6	-63,6
202,5	57,4	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6	-22,6	-32,6	-42,6	-52,6	-62,6
205	58,4	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6	-21,6	-31,6	-41,6	-51,6	-61,6
207,5	59,4	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6	-20,6	-30,6	-40,6	-50,6	-60,6
210	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6	-29,6	-39,6	-49,6	-59,6
212,5	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6
215	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6
217,5	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6
220	64,4	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6	-45,6	-55,6
222,5	65,4	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6	-24,6	-34,6	-44,6	-54,6
225	66,4	56,4	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6	-23,6	-33,6	-43,6	-53,6
227,5	67,4	57,4	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6	-22,6	-32,6	-42,6	-52,6
230	68,4	58,4	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6	-21,6	-31,6	-41,6	-51,6
232,5	69,4	59,4	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6	-20,6	-30,6	-40,6	-50,6
235	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6	-29,6	-39,6	-49,6
237,5	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6
240	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6
242,5	73,4	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6
245	74,4	64,4	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6	-45,6
247,5	75,4	65,4	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6	-24,6	-34,6	-44,6
250	76,4	66,4	56,4	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6	-23,6	-33,6	-43,6
252,5	77,4	67,4	57,4	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6	-22,6	-32,6	-42,6
255	78,4	68,4	58,4	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6	-21,6	-31,6	-41,6
257,5	79,4	69,4	59,4	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6	-20,6	-30,6	-40,6
260	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6	-29,6	-39,6

Tab. 47: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Luzernegrases im 1. Hauptnutzungsjahr für eine Schnittgut-N-Menge in Höhe von 262,5 bis 372,5 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> )	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes												
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
262,5	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6
265	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6
267,5	83,4	73,4	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6
270	84,4	74,4	64,4	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6
272,5	85,4	75,4	65,4	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6	-24,6	-34,6
275	86,4	76,4	66,4	56,4	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6	-23,6	-33,6
277,5	87,4	77,4	67,4	57,4	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6	-22,6	-32,6
280	88,4	78,4	68,4	58,4	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6	-21,6	-31,6
282,5	89,4	79,4	69,4	59,4	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6	-20,6	-30,6
285	90,4	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6	-29,6
287,5	91,4	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6
290	92,4	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6
292,5	93,4	83,4	73,4	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6
295	94,4	84,4	74,4	64,4	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6
297,5	95,4	85,4	75,4	65,4	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6	-24,6
300	96,4	86,4	76,4	66,4	56,4	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6	-23,6
302,5	97,4	87,4	77,4	67,4	57,4	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6	-22,6
305	98,4	88,4	78,4	68,4	58,4	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6	-21,6
307,5	99,4	89,4	79,4	69,4	59,4	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6	-20,6
310	100,4	90,4	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6
312,5	101,4	91,4	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6
315	102,4	92,4	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6
317,5	103,4	93,4	83,4	73,4	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6
320	104,4	94,4	84,4	74,4	64,4	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6
322,5	105,4	95,4	85,4	75,4	65,4	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6
325	106,4	96,4	86,4	76,4	66,4	56,4	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6	-13,6
327,5	107,4	97,4	87,4	77,4	67,4	57,4	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6	-12,6
330	108,4	98,4	88,4	78,4	68,4	58,4	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6	-11,6
332,5	109,4	99,4	89,4	79,4	69,4	59,4	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6	-10,6
335	110,4	100,4	90,4	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6
337,5	111,4	101,4	91,4	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6
340	112,4	102,4	92,4	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6
342,5	113,4	103,4	93,4	83,4	73,4	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6
345	114,4	104,4	94,4	84,4	74,4	64,4	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4	-5,6
347,5	115,4	105,4	95,4	85,4	75,4	65,4	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4	-4,6
350	116,4	106,4	96,4	86,4	76,4	66,4	56,4	46,4	36,4	26,4	16,4	6,4	-3,6
352,5	117,4	107,4	97,4	87,4	77,4	67,4	57,4	47,4	37,4	27,4	17,4	7,4	-2,6
355	118,4	108,4	98,4	88,4	78,4	68,4	58,4	48,4	38,4	28,4	18,4	8,4	-1,6
357,5	119,4	109,4	99,4	89,4	79,4	69,4	59,4	49,4	39,4	29,4	19,4	9,4	-0,6
360	120,4	110,4	100,4	90,4	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4
362,5	121,4	111,4	101,4	91,4	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4
365	122,4	112,4	102,4	92,4	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4
367,5	123,4	113,4	103,4	93,4	83,4	73,4	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4
370	124,4	114,4	104,4	94,4	84,4	74,4	64,4	54,4	44,4	34,4	24,4	14,4	4,4
372,5	125,4	115,4	105,4	95,4	85,4	75,4	65,4	55,4	45,4	35,4	25,4	15,4	5,4

### 4.2.3 Boden-N-Angebot am Standort

In den Kalkulationstabellen wird ein N-Flächenbilanzsaldo in Abhängigkeit vom Schnittgut-TM-Ertrag sowie vom Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum wiedergegeben. Der oberirdische Schnittgut-TM-Ertrag ist dabei in der Regel bekannt oder kann durch die gezeigten Regressionen des Trockenmasse-Ertrages auf den Frischmasse-Ertrag durch Kalkulationstabellen treffgenau abgeleitet werden. Anders verhält es sich mit dem Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum während einer Vegetationsperiode.

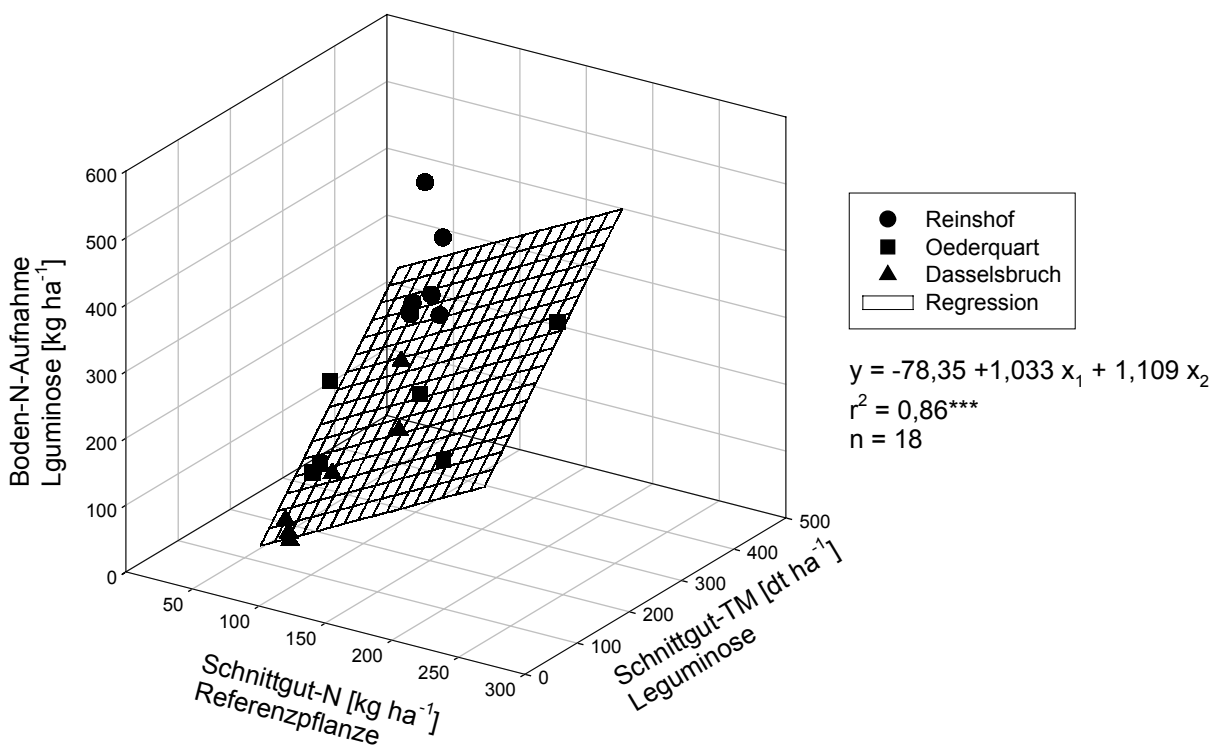


Abb. 25: Multiple Regression der Boden-N-Aufnahme von Luzerne (Reinsaat) im zweijährigen Anbau auf die Schnittgut-N-Menge bei Spitzwegerich (Referenzpflanze im zweijährigen Anbau) sowie den Schnittgut-TM-Ertrag der Luzerne (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch; Datenpunkte Luzerne: Mittelwerte der Sorten in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren

Diese Kenngröße ist zwischen den Standorten und zwischen den Nutzungsjahren sehr variabel. Deshalb müssen indirekte Verfahren angewandt werden, um Voraussagen für die Menge an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum während des Vegetationszeitraumes treffen zu können.

Tab. 48: Multiple Regression der Boden-N-Aufnahme (y) verschiedener Leguminosenarten auf die Schnittgut-N-Menge der Referenzpflanze Spitzwegerich ( $x_1$ ) sowie auf den Schnittgut-TM-Ertrag verschiedener Leguminosenarten ( $x_2$ ) in zehn Nutzungssystemen

Nutzungssystem	Regressionsgleichung	$r^2$	n
Luzerne-Reinsaat - überjähriger Anbau	$y = 8,41 + 0,721 x_1 + 0,809 x_2$	0,67***	18
Luzerne-Reinsaat - zweijähriger Anbau	$y = -78,35 + 1,033 x_1 + 1,190 x_2$	0,86***	18
Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau	$y = 14,23 + 0,590 x_1 + 0,715 x_2$	0,67***	18
Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau	$y = 1,90 + 0,620 x_1 + 0,806 x_2$	0,80***	18
Rotklee-Reinsaat - überjähriger Anbau	$y = 31,27 + 0,632 x_1 + 0,370 x_2$	0,59**	18
Rotklee-Reinsaat - zweijähriger Anbau	$y = -11,10 + 0,798 x_1 + 0,597 x_2$	0,60***	18
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - überjähriger Anbau	$y = 6,32 + 0,819 x_1 + 0,248 x_2$	0,34*	18
Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau	$y = -39,24 + 1,097 x_1 + 0,317 x_2$	0,57***	18
Persischer Klee - einjähriger Anbau	$y = 27,64 + 0,292 x_1 + 0,561 x_2$	0,33 n.s.	15
Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras - einjähriger Anbau	$y = 28,87 + 0,703 x_1 + 0,454 x_2$	0,42*	15

Irrtumswahrscheinlichkeiten wurden mit " \*\*\* " bei  $P < 0,001$ , mit " \*\* " bei  $P < 0,01$ , sowie mit " \* " bei  $P < 0,05$  gekennzeichnet "n.s." = nicht signifikant

Denkbar wäre die Einrichtung eines Monitorprogramms an speziell ausgewählten Standorten. Dabei wäre eine Anlage über alle gängigen Bodentypen einer Region wünschenswert. Eingesetzt werden sollten Nicht-Leguminosen (z.B. Spitzwegerich), die im Laufe eines Hauptnutzungsjahres parallel zum Anbau von Futterleguminosen mehrere Aufwüchse erbringen. Durch multiple Regressionsanalysen anhand der in den Feldversuchen gewonnen Rohdaten wurde der Einfluß des jährlichen Schnittgut-TM-Ertrages verschiedener Leguminosenarten sowie der Schnittgut-N-Menge bei einer Referenzpflanze auf die Boden-N-Aufnahme verschiedener Leguminosen nachgewiesen (Abb. 25). Bei den meisten Nutzungssystemen wurden auf diese Weise mittlere bis enge Beziehungen zwischen den genannten Parametern ermittelt (Tab. 48).

Ausgehend von diesen Beziehungen könnten zukünftig mit Hilfe der an verschiedenen Standorten angebaute Referenzpflanzen Voraussagen zum N-Angebot im Wurzelraum unter Leguminosen gemacht werden. Zu diesem Zweck müssen die N-Mengen im Jahres-Schnittgut einer Referenzpflanze (z.B. Spitzwegerich) gemessen werden und über die genannten Beziehungen gemeinsam mit dem jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag der Leguminose verrechnet werden.

## **5 Diskussion**

### **5.1 Abschnitt 1 - Feldversuche**

#### **5.1.1 Trockenmasse-Ertrag der Leguminosen**

Die in diesen Untersuchungen ermittelten TM-Erträge für Schnittgut und Ernterestmengen zeigen, dass an den drei ausgewählten Standorten eine hohe Spannweite von Erträgen erreicht wurde. Die Resultate anderer Autoren bewegen sich häufig in vergleichbaren Größenordnungen. Allerdings muss beim Vergleich der Ertragsdaten beachtet werden, dass unterschiedliche Ansaattermine, Nutzungszeiträume und Nutzungsfrequenzen die absolute Höhe der Erträge beeinflussen können.

##### **5.1.1.1 Schnittgut-Erträge**

Die von BICHARA (1983) ermittelte Schnittgut-TM-Erträge von Luzerne-Reinsaaten an zwei süddeutschen Standorten lagen zwischen 40 und 62 dt ha<sup>-1</sup>, allerdings wurde je Hauptnutzungsjahr (HNJ) nur ein Schnitt durchgeführt. LOGES & TAUBE (1999) haben in Feldversuchen in Norddeutschland für Rotklee TM-Erträge in Höhe von 98,5 dt ha<sup>-1</sup> ermittelt, während für Luzerne ein TM-Ertrag in Höhe von 90,7 dt ha<sup>-1</sup> angegeben wurde. WALLEY et al. (1996) ernteten bei Luzerne eine Schnittgut-Trockenmasse zwischen 45 dt ha<sup>-1</sup> im Ansaatjahr und 105 dt TM ha<sup>-1</sup> im 2. HNJ. Nach HEYLAND (1996) sind beim Anbau von Luzerne im 1. HNJ 100 bis 120 dt TM ha<sup>-1</sup>, und im 2. HNJ 80 bis 100 dt TM ha<sup>-1</sup> zu erwarten. Am Standort Reinshof wurden diese Ertragsleistungen mit durchschnittlich 125 bis 153 dt ha<sup>-1</sup> im 1. HNJ und 153 bis 171 dt ha<sup>-1</sup> im 2. HNJ deutlich übertroffen (Tab. A 6), während an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch in den einzelnen Hauptnutzungsjahren (Tab. A 12, A 17) wesentlich geringere Schnittgut-Erträge erzielt wurden.

Für Rotklee finden sich Ertragsdaten u.a. bei LOPOTZ (1996). In Feldversuchen auf einem tiefgründigen Standort (Lößlehm) wurde ein mittlerer Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 138 dt ha<sup>-1</sup> (1. HNJ, drei Schnitte) ermittelt und erreichte damit ähnliche Werte wie an den Standorten Reinshof und Oederquart im 1. HNJ 1999 (Tab. A 6, A 17). Bei einem Rotklee-Weidelgras-Gemenge wurde von LOPOTZ (1996) im 1. HNJ ein Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 134 dt ha<sup>-1</sup> festgestellt, wobei der Rotklee-Anteil auf 73,8 % beziffert wurde. Diese Erträge liegen etwas unter den Ergebnissen für das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch, jedoch war dort zumeist der Rotklee-Anteil höher als in den Gemengen von LOPOTZ (1996). Vom gleichen Autor wurden ferner verschiedene Düngungsvarianten mit Persischem Klee untersucht. In einer Variante ohne N-Zugabe wurde ein Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 47 dt ha<sup>-1</sup> ermittelt, allerdings wurde nur ein Schnitt durchgeführt. An den Standorten Reinshof und Oederquart wurden im HNJ 1999 ähnliche Erträge mit dem ersten Aufwuchs erzielt.

Die bei SCHMIDTKE (1999) angegebenen Schnittgut-TM-Erträge für die auch in diesen Untersuchungen verwendeten Rotklee- und Luzerne-Sorten (Odenwälder Rotklee und Europe) waren am Standort Reinshof mit  $91 \text{ dt ha}^{-1}$  sowie  $80 \text{ dt ha}^{-1}$  niedriger als in den vorliegenden Feldversuchen. Allerdings handelte es sich bei den in SCHMIDTKE (1999) angegebenen Feldversuchen um Frühjahrsblanksaaten, während in den eigenen Feldversuchen Blanksaaten im Spätsommer durchgeführt wurden. Anschließend erfolgte überjährige oder zweijährige Nutzung.

Am Standort Reinshof erzielte REITER (2002) in verschiedenen Anbausystemen mit der Rotklee-Sorte Odenwälder einen Schnittgut-TM-Ertrag zwischen  $72$  und  $83 \text{ dt ha}^{-1}$ , allerdings wurde auch hier eine einjährige Nutzung nach Frühjahrsblanksaat durchgeführt. Dennoch ist bemerkenswert, dass die eigenen Untersuchungen mit Odenwälder Rotklee, die sich nur durch den Aussattermin unterschieden, am gleichen Standort zu mehr als doppelt so hohen Schnittguterträgen führten (Tab. A 6). Die Unterschiede zwischen den Feldschlägen am Standort Reinshof, auf denen die in dieser Arbeit beschriebenen sowie die Feldversuche von REITER (2002) durchgeführt wurden, waren allerdings gering. Lediglich bei den Nährstoffgehalten im Boden (P, K) wurden Differenzen beobachtet. Hieraus kann geschlossen werden, dass die vorgezogene Ansaat der Bestände im Spätsommer eine deutlich bessere Ausnutzung der in der Vegetationszeit am Standort vorhandenen Ressourcen bewirkt.

SCHNOTZ (1995) führte auf einem süddeutschen Standort (Pseudogley-Parabraunerde) Feldversuche mit verschiedenen Leguminosenarten durch, u.a. mit Rotklee ("Schweizer Mattenklee"). Im 1. HNJ wurde ein Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von  $132,5 \text{ dt ha}^{-1}$  erreicht, während im 2. HNJ mit dem Schnittgut  $116,2 \text{ dt TM ha}^{-1}$  geerntet wurden. Dieser Ertragsrückgang im 2. HNJ wurde in den eigenen Feldversuchen nur in der Versuchsanlage B am Standort Reinshof beobachtet, allerdings bei einem höheren Ertragsniveau ( $170 \text{ dt TM ha}^{-1}$  im 1. HNJ und  $135 \text{ dt TM ha}^{-1}$  im 2. HNJ).

Es ist bekannt, dass die Erträge bei *Trifolium pratense* im zweiten HNJ abnehmen können, da Rotklee mit sich selbst unverträglich ist. Auswinterungen können die Standraumdicke verringern (BAEUMER 1964). In diesen Untersuchungen wurden zwischen erstem und zweitem HNJ hinsichtlich der Schnittguterträge oft nur geringe Unterschiede ermittelt. Am Standort Reinshof schienen andere Faktoren (z.B. Niederschlagsmenge oder Strahlungsangebot) das Ertragsniveau nachhaltiger zu beeinflussen als das Bestandesalter. Dies ließen die Vergleiche der Erträge in den sich zeitlich überschneidenden Versuchsanlagen A und B erkennen. Das durchschnittliche Ertragsniveau war in der Versuchsanlage A im 1. HNJ (1999) niedriger als im 2. HNJ (2000). Umgekehrt verhielt es sich in Versuchsanlage B: Im 1. HNJ (2000) waren die Schnittguterträge ähnlich hoch wie im 2. HNJ (2000) der Versuchsanlage A, während im darauffolgenden 2. HNJ (2001) der

Versuchsanlage B der Schnittgutertrag deutlich geringer war als im 1. HNJ. In der Summe aus zwei HNJ waren damit die Schnittguterträge des Rotkleees in beiden Versuchsanlagen fast identisch. Vergleichbare zeitliche Verläufe bei den Schnittgutertragsmengen fanden sich auch beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge, bei den Luzerne-Reinsaaten und beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (Tab. A 6). Diese artübergreifenden Effekte verstärken die Annahme, dass die Witterungsbedingungen einen Einfluss auf das Ertragsniveau ausübten. Im Jahre 2000 waren die Niederschlagsmengen in Göttingen (Standort Reinshof) im langjährigen Mittel geringer als in den Jahren 1999 und 2001, die Durchschnittstemperatur war im Jahr 2000 höher als in den Jahren 1999 und 2001 (Abb. 5, Tab. 11 und 12).

BECKMANN (1998) fand in Feldversuchen auf einem lehmigen Standort (Pseudogley), bei Persischem Klee in Reinsaat Schnittgut-TM-Erträge bis zu 56 dt ha<sup>-1</sup>. In Gemengen mit *Lolium multiflorum* wurden Schnittgut-TM-Erträge bis zu 100 dt ha<sup>-1</sup> erreicht (nur ein Schnitt). In den vorliegenden Untersuchungen wurde mit mehreren Schnitten dieses Ertragsniveau des Gemenges nicht erreicht. Vergleichbar mit den eigenen Untersuchungen zu *Trifolium resupinatum* sind Ertragsdaten von BOLLER (1988b), da Frühjahrsansaaten mit nachfolgender Schnittnutzung vorgenommen wurden. BOLLER (1988b) ermittelte mit Reinsaaten von Persischem Klee einen Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 45 dt ha<sup>-1</sup>, während im Gemenge mit *Lolium multiflorum* 55 dt ha<sup>-1</sup> erreicht wurden. Damit vergleichbar sind die Erträge, die am Standort Dasselsbruch ermittelt wurden (Tab. A17). Demgegenüber wurden am Standort Reinshof mit *Trifolium resupinatum* in Reinsaat fast doppelt so hohe Schnittgut-Erträge erzielt (Tab. A6).

Der Vergleich der in den Feldversuchen gewonnenen Schnittguterträge mit den Ergebnissen anderer Autoren zeigt, dass vor allem am Standort Reinshof häufig überdurchschnittliche Erträge mit Luzerne und Rotklee erzielt wurden. Der Persische Klee zeigte am Standort Reinshof die höchsten Erträge. Am Standort Oederquart wurde mit Rotklee ein durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Ertrag erreicht. An diesem Standort waren die Erträge von Luzerne und Persischem Klee häufig relativ gering. Am Standort Dasselsbruch waren wegen der insgesamt mäßigen Standortbedingungen keine hohen Erträge zu erwarten. Insbesondere die geringe nutzbare Feldkapazität sowie der niedrige pH-Wert des Bodens können als Gründe angeführt werden (Abschnitt 3.1.3.3). Gleichwohl war es ein Ziel dieser Arbeit eine breite Variation aus niedrigen, mittleren und hohen Erträgen zu erreichen. Im Verlauf des Untersuchungszeitraumes wurde an drei Standorten eine hohe Bandbreite an Daten gewonnen, welche für die Ableitung eines Kalkulationsverfahrens Verwendung fanden.



### 5.1.1.2 Erntereste

Erntereste bestehen bei Futterleguminosen zu einem großen Teil aus Wurzelmasse. Die maximale Durchwurzelungstiefe, die eine Leguminose erreichen kann, ist von mehreren Faktoren abhängig. Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Grundwasserspiegel, die Durchwurzelbarkeit des Bodens (Dichte des Bodens und Porenkontinuität) und die Nährstoffverfügbarkeit in unterschiedlichen Bodenschichten. Angaben zur maximalen Durchwurzelungstiefe für Rotklee und Luzerne finden sich bei KUTSCHERA (1960). Demnach erreicht der Rotklee in Mitteleuropa eine Wurzeltiefe zwischen 75 und 209 cm, während in den USA maximale Wurzeltiefen bis 304 cm beobachtet wurden. Wesentlich tiefer wurzelt Luzerne. Nach KUTSCHERA (1960) werden Tiefen zwischen 136 und 365 cm erreicht, KÖRSCHENS (1992) nennt eine maximale Durchwurzelungstiefe von 250 cm.

Die Methodik zur Bestimmung der Ernterestmengen (Stoppelmasse und Wurzelmasse) ist besonders im Bereich Wurzelmassenbestimmung aufwendig. Die mit zylindrischen Stahlbohrkernen ("Rammkernsonden") gewonnenen Wurzeln können nur einen kleinen Teilausschnitt der Wurzelmassenverteilung im Boden eines Feldschlages wiedergeben. Je mehr Einstiche je Parzelle durchgeführt werden, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit ein repräsentatives Bild von der Wurzelmassenverteilung zu gewinnen. KÖPKE (1979) konnte für die Bohrkernmethode zeigen, dass bei Hafer und Wicke mit einem Stichprobenumfang von  $n \leq 10$  keine ausreichend hohe Genauigkeit erreicht wurde, so dass Unterschiede zwischen Prüfgliedern nicht mit geringer Irrtumswahrscheinlichkeit (5 %) abgesichert werden konnten. In diesem Projekt wurden nur vier Einstiche pro Parzelle durchgeführt. Allerdings war die Menge der je Flächeneinheit ermittelten Wurzelmassen bei Luzerne und Rotklee wesentlich größer als bei den von KÖPKE (1979) untersuchten Pflanzenbeständen. Es stellt sich die Frage, inwieweit die ermittelten Wurzelmassen repräsentativ für die Wurzelmassebildung der Bestände sind. Andererseits ermöglichte die gewählte Methode eine höhere Probenzahl pro Zeiteinheit, als dies mit anderen Methoden möglich gewesen wäre. Dies war insofern von Bedeutung, da auf drei weit auseinander liegenden Untersuchungsflächen (bis zu 400 km) gleichmäßige Probenahmen durchgeführt werden mußten. Andere Methoden, wie die Monolithmethode (SCHULZE 1971), wären zu zeitaufwendig gewesen, um Wurzelmassen an den drei Standorten bei allen Prüfgliedern bestimmen zu können. Die Probenentnahme mit Rammkernsonden hinterläßt überdies eine relativ geringe Flächenzerstörung.

Im Gegensatz zur Wurzelmasse war die Gewinnung der Stoppelmasse problemlos möglich, da lediglich geringe Stoppelmengen von der Bodenoberfläche gelöst werden mußten. In diesen Untersuchungen wurden Wurzel- und Stoppelmasse immer zu Ernterestmengen zusammengefaßt (Tab. A 7, A 13, A 18). Deshalb sei kurz auf die artspezifischen Unterschiede bei der Aufteilung dieser Fraktion

hingewiesen. Das Verhältnis zwischen Wurzel- und Stoppelmasse betrug bei der Luzerne etwa 90 : 10 und beim Rotklee etwa 80 : 20. Andererseits wurde beim Persischen Klee ein Verhältnis von etwa 50 : 50 erreicht (nicht dargestellt).

Im Untersuchungsjahr 1999 wurden in diesem Projekt Wurzelproben bis in eine Tiefe von 0,5 m entnommen, während in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 die Entnahmetiefe auf 1 m erweitert wurde. Ein Vergleich der Wurzelmassen-Erträge ist dennoch möglich, da der überwiegende Anteil der Wurzelmasse in Bodenschichten bis 0,3 m zu finden ist. Die unterhalb dieser Bodentiefe befindliche Wurzelmasse repräsentiert in der Regel nur einen kleinen Anteil der Gesamtwurzelmasse. KÖHNLEIN & VETTER (1953) fanden bei Untersuchungen an verschiedenen Kulturpflanzen über 90 % der Gesamtwurzelmasse in der Bodenschicht von 0 bis 25 cm. Bei der Bestimmung von Ernteresten bei Klee gras wurde von HEß (1989) in der Bodenschicht von 0 bis 30 cm ca. 97 % der Gesamtwurzelmasse aufgefunden, während LOPOTZ (1996) bei einem Rotklee-Reinbestand 96 % der Gesamtwurzelmasse in einer Bodentiefe von 0 bis 30 cm vorfand.

REITER et al. (2002b) verrechnete beim Anbau von Futterleguminosen Ernterestmengen zuwachsbezogenen. Dabei werden die Differenzen der Stoppel- und Wurzelmassen des zweiten Schnitts gegenüber dem ersten Schnitt als Zuwachs verbucht. Bei jedem weiteren Schnitt wurde auf gleiche Weise verfahren. Bei den vorliegenden Feldversuchen wurden Ernterestmengen lediglich zum letzten Schnitt ermittelt, ebenso wie dies bei LOPOTZ (1996) geschah.

Bei der Bestimmung der Ernterestmengen am Ende der Vegetationsperiode muss beachtet werden, dass erhebliche Anteile der während der Vegetationsperiode gebildeten Ernterestmengen nicht erfaßt werden können. Die genaue Menge der von Aussaat bis zur letzten Ernte im Jahr absterbenden Wurzeln war in den Feldversuchen nicht ermittelbar. Es ist anzunehmen, dass während der Vegetationsperiode ein Teil dieser abgestorbenen Wurzeln zersetzt wird. Nährstoffe wie Stickstoff werden remineralisiert und die Pflanze kann - möglicherweise innerhalb der gleichen Vegetationsperiode - den Stickstoff wieder aufnehmen. BERG et al. (1987) zeigten in einem Gefäßversuch, dass im Zeitraum von 30 Tagen nach einem Ernteschnitt etwa 70 % der Wurzeln von Rotklee abgestorben waren.

KULLMANN (1957) wies nach, dass das Verhältnis von Wurzelgewicht zu Wurzeloberfläche zwischen Luzerne und verschiedenen Grasarten grundsätzlich Unterschiede zeigt. Während Luzerne bei einem relativ hohen Wurzelgewicht eine vergleichsweise geringe Oberfläche besitzt, zeigten die Gräser signifikant höhere Wurzeloberflächen und geringere Wurzelgewichte als Luzerne. Daraus ist zu schließen, dass Luzerne den Boden mit einer anderen Intensität durchwurzelt als die Gräser.

Untersuchungen zur Bestimmung der Ernterestmengen liegen weniger zahlreich vor als Ertragsdaten des Schnittgutes. LOPOTZ (1996) und HEß (1989) ermittelten Ernterestmengen bei Rotklee oder Rotklee gras ähnlich wie in den vorliegenden Untersuchungen. Die Wurzelmasse wurde durch die Probenahme mit Bohrkernen festgestellt. Zusammen mit der Stoppelmasse wurde so die Ernterestmenge definiert. Am Ende der Vegetationsperiode nach dem 1. HNJ konnte LOPOTZ (1996) eine Ernterestmenge in Höhe von 79,6 dt TM ha<sup>-1</sup> unter Rotklee-Reinsaat beobachten. REITER (2002) ermittelte bei Rotklee Ernterestmengen zwischen 27 und 52 dt TM ha<sup>-1</sup> nach einjährigem Anbau. Höher lagen die Ernterestmengen bei Klee gras gemengen mit 89 bzw. 101 dt TM ha<sup>-1</sup>, die HEß (1989) an zwei verschiedenen Standorten registrierte. Diese Werte sind beträchtlich größer als die Ernterestmengen, die an den Standorten Reinshof, Oederquart oder Dasselsbruch für Rotklee-Reinsaaten oder Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge festgestellt wurden (Tab. A 7, A 13 und A 18). Andererseits beobachteten KÖHNLEIN & VETTER (1953) bei Klee gras, das auf Lehmböden angebaut wurde, Ernterestmengen in Höhe von lediglich 28 dt TM ha<sup>-1</sup>. Auf Sandböden wurden für Klee gras höhere Ernterestmengen nachgewiesen (42 und 56 dt TM ha<sup>-1</sup>). Diese Ergebnisse zeigen zum Teil bessere Übereinstimmung mit den eigenen Daten. Bei sandigen und sauren Bodenverhältnissen am Standort Dasselsbruch waren die Ernterestmengen des Rotklee gras zeitweise höher als an den Standorten Reinshof und Oederquart.

MEINSEN & WEGENER (1992) fanden unter einem zweijährigen Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge am Ende des Winters (20. Februar) Ernterestmengen in Höhe von 55 dt ha<sup>-1</sup> (0 bis 90 cm Bodentiefe), deren Stickstoff-Menge wurde mit 162,8 kg ha<sup>-1</sup> angegeben. Diese Ernterestmenge entspricht in etwa den an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch gemessenen Werten (51 bis 64 dt ha<sup>-1</sup>), allerdings war die Stickstoff-Mengen in den Ernteresten wesentlich geringer (69 bis 130 kg ha<sup>-1</sup>).

Die Ernterestmengen, die beim Anbau von Luzerne auf der Fläche zurückbleiben, sind in der Regel größer als bei Rotklee. Sowohl die Angaben in der Literatur, als auch die eigenen Feldversuche (Tab. A 7, A 13, A 18) bestätigen weitgehend diese Aussage. BICHARA (1983) fand bei Luzerneanbau auf süddeutschen Standorten (Löss-Parabraunerde und kolluviale Braunerde) Ernterestmengen zwischen 74 und 84 dt TM ha<sup>-1</sup>, während KÖHNLEIN & VETTER (1953) beim Anbau auf Lehmboden Ernterestmengen in Höhe von 55 dt TM ha<sup>-1</sup> registrierten. BOMMER (1954) beobachtete nach einem HNJ bei Luzerne Ernterestmengen in Höhe von 32,7 dt ha<sup>-1</sup>. Nach PETR et al. (1983) sind bei Luzerneanbau Ernterestmengen zwischen 40 und 110 dt TM ha<sup>-1</sup> zu erwarten. In analogen Kategorien bewegen sich die eigenen Erhebungen (zwischen 29 dt TM ha<sup>-1</sup> am Standort Oederquart und 116 dt TM ha<sup>-1</sup> am Standort Dasselsbruch), sofern die Ergebnisse an den Untersuchungsstandorten unabhängig vom Nutzungszeitraum (über- oder zweijähriger Anbau) betrachtet werden.

Soweit erkennbar, wurde bisher keine Untersuchung durchgeführt, bei der die Ernterestmenge von Persischem Klee an drei Standorten vergleichend dargestellt wurde. Nach den Ergebnissen dieser Arbeit zu urteilen, hinterlässt Persischer Klee nach einjährigem Anbau vergleichsweise geringe Ernterestmengen (Tab. A 7, A 13, A 18). Selbst die höchste beobachtete Ernterestmenge von Persischem Klee am Standort Dasselsbruch erreichte nicht das Niveau der Ernterestmenge von einem schlecht entwickelten Luzernebestand am gleichen Standort (Tab. A 18). Im Mittel der untersuchten Sorten waren die Ernterestmengen von Luzerne oder Rotklee, je nach Standort, zwei- bis fünfmal größer als bei Persischem Klee. HEYLAND (1996) gibt an, dass beim Anbau von Persischem Klee Wurzelrückstände in Höhe von 30 bis 40 dt TM ha<sup>-1</sup> zu erwarten seien. Diese Ernterestmenge wurde in den hier vorgestellten Feldversuchen an keinem Standort erreicht. Gemenge aus Persischem Klee mit Welschem Weidelgras zeigten an jedem Standort höhere Ernterestmengen als Persischer Klee in Reinsaat. Dies ist vermutlich ausschließlich auf das homorrhize Wurzelsystem des Grases zurückzuführen. Am Standort Reinshof wurde im HNJ 1999 beispielsweise bei Welschem Weidelgras in Reinsaat eine siebenmal höhere Wurzelmasse als bei Persischem Klee in Reinsaat festgestellt.

Der Einfluss des Standortes auf die Höhe der Ernterestmenge kann bedeutend sein. Da die Ernterestmenge in hohem Maße durch die Wurzelmasse bestimmt wird, waren u.a. die unterschiedlichen bodenchemischen und bodenphysikalischen Voraussetzungen an den Standorten von Bedeutung. Die Durchwurzelbarkeit des Bodens war am Standort Oederquart aufgrund von zeitweiliger Staunässe (Gr-Horizont ab 90 cm Bodentiefe) verbunden mit vermindertem Gasaustausch geringer als an den anderen Standorten. Am Standort Dasselsbruch wurde ab ca. 1,2 m Bodentiefe ein grundwasserführender, anmooriger Horizont angetroffen.

### **5.1.2 Oberirdischer Bestandesabfall**

Ein weiterer Faktor, der die Ernterestmenge beeinflusst, ist die Blattfall-Biomasse (Bestandesabfall). In einem Leguminosen-Bestand ist während des Nutzungszeitraums eine bestimmte Menge an Bestandesabfall zu erwarten. Damit einhergehend kann es unter Freilandbedingungen zu einer Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs aus dem Bestandesabfall kommen (TOMM et al. 1995). In diesem Projekt wurde der Bestandesabfall der Futterleguminosen mit ca. 1 m langen Blattfallkörben erfasst, welche zwischen den Drillreihen plaziert wurden. Durch eine Vielzahl von äußeren Einflüssen (u.a. Wind und Niederschlag sowie Fraßschäden durch Feldmäuse) war der Blattfall-Ertrag sehr hohen Schwankungen unterworfen. Ferner waren die zeitlichen Abstände zwischen den Beprobungen an den auswärtigen Standorten zu groß, um ungestörte Chargen zu erfassen. Die aus den Blattfallkörben gesammelten Proben gaben daher die tatsächliche Blattfallmenge innerhalb der Leguminosenbestände nicht hinreichend wieder.

In einjährigen Beständen von Luzerne- und Rotklee-Reinsaaten fand SCHMIDTKE (2001) nur eine geringe N-Menge im Bestandesabfall, die stets unter  $10 \text{ kg N ha}^{-1}$  lag. Diese Ergebnisse sind mit der am Standort Reinshof im HNJ 1999 registrierten Blattfall-N-Menge bei Luzerne vergleichbar (ca.  $11 \text{ kg ha}^{-1}$ ). An den Standorten Oederquart und Dasselsbruch wurde in Luzernebeständen bis zu  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  erfaßt. Bei Rotklee wurden selten Blattfall-Erträge über  $0,1 \text{ dt ha}^{-1}$  ermittelt. Lediglich am Standort Dasselsbruch wurde im HNJ 2000 im Bestandesabfall eine Stickstoff-Menge in Höhe von  $4,5 \text{ kg N ha}^{-1}$  festgestellt. Bei Persischem Klee wurde nur am Standort Dasselsbruch eine nennenswerte Blattfall-N-Menge bestimmt (2 bis  $4 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Höhere Blattfallraten schienen mit trockenen Phasen im Sommer einherzugehen. Bei der Bestimmung der Blattfall-N-Mengen lagen die genannten methodisch bedingte Schwierigkeiten vor. Gleichwohl weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Stickstoff-Mengen, die über den Blattfall während der Vegetationsperiode dem Boden zugeführt werden vergleichsweise gering waren. Weitere, methodisch verbesserte Untersuchungen sollten allerdings durchgeführt werden, um die Resultate zu überprüfen. Hierbei kommt zeitlich engeren Probenahmen des Bestandesabfalls eine besondere Bedeutung zu.

### 5.1.3 Bestandeszusammensetzung der Gemenge

Im überjährigen Anbau mit Luzerne oder Rotklee wurde Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*) als nicht-legumer Gemengepartner eingesetzt, da diese Poaceenart über eine ausgeprägte Winterhärte verfügt. Bei häufigem Schnitt ist Wiesenschwingel relativ konkurrenzschwach. Die verwendete Sorte Cosmos 11 ist im praktischen Anbau sehr weit verbreitet. Im einjährigen Anbau wurde Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum* ssp. *italicum*) im Gemenge mit Persischem Klee angebaut. Diese Art wird oft in Gemengen mit kürzeren Nutzungszeiträumen eingesetzt (BUNDESSORTENAMT HANNOVER 1999).

Die Gemenge aus Futterleguminosen und Gräsern wurden an allen Standorten als substitutive Gemenge mit jeweils 50 % der Reinsaatstärke angelegt (Abs. 3.1.5). Dieses Vorgehen wirkte sich möglicherweise auf die Ertragszusammensetzung einiger Gemengesaaen aus. Am Standort Dasselsbruch wurde neben trockenen Witterungsbedingungen ein Boden mit hoher Acidität vorgefunden. Dies erschwerte die Etablierung der Luzerne ohnehin. Da die Mischung mit Wiesenschwingel den Konkurrenzdruck auf die Luzerne erhöhte, war in den meisten Untersuchungsparzellen nur ein geringer Anteil an Luzerne zu finden. Andererseits lagen am Standort Reinshof gute Wuchsbedingungen vor. Die im Spätsommer angesäten Gemenge (Luzerne mit Wiesenschwingel sowie Rotklee mit Wiesenschwingel) zeigten im 1. HNJ in allen Aufwüchsen Grasertragsanteile in Höhe von höchstens 15 %, während bei dem im April angesäten Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras Grasertragsanteile in Höhe von 53 % erreicht wurden.

#### 5.1.4 Konkurrenz im Gemenge

Im allgemeinen sind Poaceen im Gemenge mit Leguminosen konkurrenzstärker, wenn die Faktoren Licht, Wasser oder Nährstoffe betrachtet werden (HAYNES 1980). Der größte Vorteil der Leguminosen-Gras-Gemenge besteht in der symbiotischen Stickstoff-Fixierung der Leguminose. Dies ermöglicht in einem Gemenge die Stickstoff-Aufnahme aus zwei Quellen (Luft und Boden). Die Konkurrenzbeziehungen zwischen Gras und Leguminose können je nach Alter der Bestände, der Nutzungsfrequenz oder der Stickstoff-Verfügbarkeit unterschiedlich ausfallen. Das Aufnahmeverhalten der Gemengepartner gegenüber Stickstoff kann daher komplexe Muster aufweisen. Ein Überblick hinsichtlich der zahlreichen wechselseitigen Beziehungen, die sich in Leguminosen-Gras-Gemengen finden, ist bei SCHMIDTKE (1997a) verzeichnet.

In den vorliegenden Versuchen war eine Beziehung zwischen Bestandesetablierung und Gemengezusammensetzung vor allem am Standort Oederquart zu erkennen. Im Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge überstieg der Ertragsanteil der Luzerne zu keinem Erntezeitpunkt 15 %, während beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge die Leguminose mit Ertragsanteilen zwischen 69 und 92 % die Oberhand behielt. Bei der Betrachtung der Reinsaaten von Luzerne und Rotklee war zu erkennen, dass die Luzerne zeitweise (Versuchsanlage B: 2000 und 2001) relativ niedrige Erträge und N-Akkumulationen aufwies. Das Erscheinungsbild der Pflanzen ließ zudem Nährstoffmangel vermuten (SCHILLING 2000). In Versuchsanlage A wurde allerdings im 2. HNJ (2000) ein normales Wachstum bei Luzerne festgestellt. Rotklee zeigte hingegen zu keinem Zeitpunkt und in keiner Versuchsanlage negative Auffälligkeiten. Die Hauptursache für die mangelnde Etablierung der Luzerne am Standort Oederquart ist vermutlich darin zu suchen, dass in der Etablierungsphase der Luzerne zu geringe Mengen an artspezifischen Rhizobien im Boden vorhanden waren. Hohe Wirtsspezifität der nodulierenden Bakterienstämme ist Voraussetzung für eine effektive symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung (WERNER 1987). Bei der Gattung *Trifolium* ist als Hauptsymbiont *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* identifiziert worden (AMARGER 2001). Hohe Individuenanzahlen (10<sup>2</sup> bis 10<sup>5</sup> g<sup>-1</sup> Boden) dieser Art sind in allen Böden mit pH-Werten zwischen 5 und 8 zu finden, sofern keine Kontaminationen mit Schwermetallen vorliegen (GILLER et al. 1993). Die Wurzelknöllchen bei der Gattung *Medicago* werden hingegen hauptsächlich von *Sinorhizobium meliloti* gebildet. Diese Bakterien reagieren sehr empfindlich auf saure Bedingungen und kommen bei pH-Werten in der Bodenlösung unter 5 nicht mehr vor (RICE et al. 1977). Deshalb wird üblicherweise - insbesondere bei pH-Werten unter 6,5 - eine Inokulation des Leguminosen-Saatgutes mit Rhizobien-Präparaten empfohlen (HÖFLICH 1986, AMARGER 2001). Die fehlende Saatgut-Beimpfung wäre demnach eine Erklärung für die zeitweise vorliegende Ertragsdepression der Luzerne an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch. Andererseits wurden im HNJ 1999 am Standort Oederquart Luzernewurzeln freigelegt, die in einer Bodentiefe von ca.

0,6 m zahlreiche aktive Wurzelknöllchen aufwiesen. Dies war an der durch das Leghämoglobin verursachten rötlichen Färbung der Wurzelknöllchen zu erkennen (SCHLEGEL 1992).

### 5.1.5 Schätzung der Stickstoff-Fixierleistung

#### 5.1.5.1 Allgemeine Voraussetzungen

Unter der Annahme, dass die angebauten Leguminosen in ausreichendem Maße über aktive Wurzelknöllchen verfügen, kann die Effizienz der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistung eines Leguminosenbestandes von vielen weiteren Faktoren abhängig sein. An verschiedenen Standorten können unterschiedliche klimatische und pedogene Voraussetzungen einen Einfluss auf Ertrag und Stickstoff-Akkumulationsvermögen der Pflanze ausüben. Die Zusammensetzungen der Bodentextur, der pH-Wert der Bodenlösung, die Luft- und Bodentemperatur, das Wasserangebot (nFKWe, Niederschlagsmenge) sowie das Nähr- und Stickstoffangebot bestimmen maßgeblich die Wachstumsleistung der Kulturpflanze (STOCK 1971, STEFFENS 1984, FAGERBERG 1988, BAEUMER 1992, SHULER 1993, MENGEL 1994, BELANGER & RICHARDS 2000, SCHILLING 2000, BRAUER et al. 2002). Andererseits können beim Leguminosenanbau auch Faktoren wie Genotyp (Sorte) Nutzungsdauer (ein-, über- oder mehrjährig) und Anbausystem (Reinsaat oder Gemenge) den Ertrag und die Stickstoff-Aufnahme aus Luft und Boden beeinflussen (FARNHAM & GEORGE 1993, BOLLER & NÖSBERGER 1994).

Um die in der Biomasse der Leguminosen (Schnittgut und Erntereste) während der Vegetationsperiode anfallenden symbiotisch fixierten Stickstoff-Mengen zu erfassen, wurde an den Standorten Reinshof und Oederquart die  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode (SHEARER & KOHL 1986) angewandt. Am Standort Dasselsbruch wurde eine leicht variierte <sup>15</sup>N-Verdünnungsmethode (Spurenanreicherung nach REITER et al. 2002a) eingesetzt (MCAULIFFE et al. 1958). Voruntersuchungen im Jahre 1998 hinsichtlich des Stickstoff-Isotopenverhältnisses von nichtlegumen Pflanzenarten hatten ergeben, dass an den Standorten Reinshof und Oederquart sehr gute Voraussetzungen für die Anwendung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode gegeben waren. Am Standort Reinshof fand sich in der Sprossmasse von *Brassica oleracea* ein  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert in Höhe von + 6,74 ‰. *Triticum aestivum* zeigte am Standort Oederquart einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert in Höhe von + 6,69 ‰. Weniger hinreichend war der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von *Taraxacum officinale* am Standort Dasselsbruch (Abschnitt 3.1.7.4). Deshalb wurden im Verlauf der Feldversuche <sup>15</sup>N-Spurenanreicherungen durchgeführt, wie sie in Abs. 3.1.7.4 beschrieben wurden. Die dabei applizierten Stickstoff-Mengen bleiben weit unter den N-Mengen, die als Startdüngergaben bei Blanksaaten von kleinkörnigen Leguminosen empfohlen werden (SCHILLING 2000). Die Methodik der <sup>15</sup>N-Spurenanreicherung (large scale, low level <sup>15</sup>N enrichment) findet sich bei REITER et al. (2002a).

### 5.1.5.2 Standort und Stickstoff-Fixierleistung

An den für die Feldversuche ausgewählten Standorten waren die Bedingungen für einen erfolgreichen Futterleguminosenanbau sehr unterschiedlich ausgeprägt. Beispielsweise standen den Pflanzen an den drei Standorten im Untersuchungszeitraum unterschiedliche Wassermengen zur Verfügung. Die nutzbare Feldkapazität war am Standort Dasselsbruch mit 65 mm um 136 bzw. 112 mm niedriger als an den Standorten Reinshof und Oederquart (Tab. 5, 7 und 9). Die am Standort Dasselsbruch festgestellten Niederschlagsmengen waren im Vergleich aller Standorte am niedrigsten (Tab. 11). Im Vegetationszeitraum von der Aussaat bis zur letzten Ernte (Tab. A 1 und A 2), stand den Pflanzen am Standort Dasselsbruch eine drei- bis viermal geringere Niederschlagsmenge zur Verfügung als an den Standorten Reinshof oder Oederquart. Unter Einbeziehung der nutzbaren Feldkapazität belief sich das Wasserangebot am Standort Dasselsbruch in der Zeit von September 1998 bis September 1999 auf 353 mm, während den Pflanzen am Standort Reinshof im gleichen Zeitraum 1022 mm und am Standort Oederquart 1097 mm (unter Einbeziehung der nutzbaren Feldkapazität) zur Verfügung standen. In den anderen Versuchsjahren waren die Unterschiede ähnlich groß.

Die unterschiedliche Wasserversorgung an den Standorten wäre daher eine Erklärung für die Ertragsunterschiede zwischen den Standorten Reinshof und Dasselsbruch. Andererseits wurde bei Luzerne zwischen den Standorten Oederquart und Reinshof eine wesentliche Differenz im Ertrag und in der N<sub>2</sub>-Fixierleistung festgestellt (Tab. 16 und 17 sowie Tab. 22 und 23), obwohl die Wasserversorgung der Pflanzen an beiden Standorten gut war (Tab. 11). Daher kommen andere Faktoren als Ursache in Betracht. Die pH-Werte des Oberbodens waren mit 6,5 am Standort Oederquart nur etwas geringer als am Standort Reinshof (Tab. 5 und 7).

Größere Unterschiede zeigten sich bei der Porengrößenverteilung im Boden und bei der Zusammensetzung der Korngrößenfraktionen im Boden. Am Standort Oederquart waren im Gegensatz zum Standort Reinshof kaum Grobporen vorhanden, dafür waren die Volumenanteile der Feinporen relativ hoch (Abb. 2 und 3). Auch die Bodenart unterschied sich, da die Tonanteile am Standort Oederquart höher waren als am Standort Reinshof (Tab. 4 und 6). Der Gasaustausch im Boden war deshalb unter Umständen am Standort Oederquart geringer als am Standort Reinshof. Eine Beeinträchtigung der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistung war nicht auszuschließen. Ferner dürfte die Wasserleitfähigkeit des Marschbodens am Standort Oederquart vergleichsweise niedrig gewesen sein (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Unterschiedliche Erträge und N<sub>2</sub>-Fixierleistungen der Futterleguminosen sind wahrscheinlich mit Differenzen in der Versorgung der Grundnährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium kaum zu erklären. An allen Standorten wurden



Gehaltsklassen erreicht, die eine ausreichende bis gute Versorgung der Pflanzen mit diesen Nährstoffen gestatteten (Tab. 24).

### 5.1.5.3 Isotopenfraktionierung

Die Isotopenfraktionierung beruht auf kinetischen Effekten und ungleichen Verteilungen der verschiedenen N-Isotope beim Ablauf biochemischer Reaktionen oder bei anderen physikalisch-chemischen Gleichgewichtsreaktionen (SHEARER & KOHL 1993, HÖGBERG 1997, EVANS 2001). Mögliche Folgen sind Anreicherungen des  $^{15}\text{N}$ -Isotopes im Boden durch biologische Prozesse, wie z.B. Nitrifizierung. In den meisten Böden wurden deshalb  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zwischen +3,0 ‰ und +9,4 ‰ ermittelt (SHEARER & KOHL 1986). Bei Feldversuchen, in denen die  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode oder die  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode angewandt werden, stellt die Isotopenfraktionierung innerhalb der Leguminose ein nicht zu unterschätzendes Problem dar (LEDGARD & STEELE 1992, UNKOVICH & PATE 2000).

Bei der Aufnahme von Stickstoff über die symbiotische  $\text{N}_2$ -Fixierung können N-Isotopenfraktionierungen ( $\beta$ -Faktor) auftreten, die zu sorten- und artspezifischen Effekten führen (STEELE et al. 1983, BERGERSEN et al. 1986, LEDGARD 1989, HÖGBERG 1997). Bei Rotklee fanden KOHL & SHEARER (1980) Isotopenfraktionierung zwischen verschiedenen Genotypen. Deshalb wurden von den in diesem Projekt geprüften Leguminosenarten und -sorten im Labor Anzuchten auf N-freiem Nährmedium hergestellt (Abschnitt 3.1.7.3). Beachtung verdient die Tatsache, dass die N-Isotopenfraktionierung hier mit definierten Laborstämmen nachvollzogen wurde. Inwiefern die Ergebnisse (Tab. 14) auf die im Boden lebenden Stämme übertragen werden können, muss offen bleiben. LEDGARD (1989) konnte indes keine signifikanten Unterschiede zwischen Laborstämmen und Rhizobien-Isolaten aus den Böden von Versuchsstandorten (effektiv nodulierend mit Rotklee) hinsichtlich des  $\beta$ -Faktors nachweisen.

Des Weiteren bleibt unbeantwortet, ob die in Abschnitt 3.1.7.3 beschriebenen Gefäßversuche einen für die jeweilige Sorte typischen  $\beta$ -Faktor abbilden. Während SCHMIDTKE (1997a) einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert für die Sprossmasse von Odenwälder Rotklee in Höhe von +1,833 ‰ auf N-freiem Nährmedium ermittelte, wurde in den vorliegenden Gefäßversuchen in der Sprossmasse der gleichen Sorte ein  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von -0,668 ‰ bestimmt. Da jedoch alle geprüften Sorten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zwischen -1,15 und -0,65 ‰ bei gleichzeitig geringen Variationen innerhalb der Sorten zeigten (Tab. 14), wurden die ermittelten  $\beta$ -Faktoren für die Berechnung der symbiotischen  $\text{N}_2$ -Fixierung verwendet (Gleichung 5).

#### 5.1.5.4 Eignung der Referenzpflanzen

Die Auswahl geeigneter Referenzpflanzen ist eine wichtige Voraussetzung bei der Anwendung von  $^{15}\text{N}$ -Isotopenmethoden ( $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode) zur Schätzung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung. Der Begriff Schätzung sollte in diesem Zusammenhang verwendet werden, da die Isotopenmethoden nur eine indirekte Bestimmung der symbiotisch fixierten Luft-N-Menge zulassen. Nach CHALK & LADHA (1999) sollten folgende Grundvoraussetzungen bei der Verwendung von Referenzkulturen erfüllt werden. Die Referenzfrucht darf keinen Luft-Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) aufnehmen, da der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Luft (0 ‰) als Standard dient. Die zu prüfende Leguminose sollte einige charakteristische Übereinstimmungen mit der Referenzkultur aufweisen. Dazu zählen die Durchwurzelungsintensität, die Durchwurzelungstiefe und die relative Stickstoff-Aufnahme aus dem Boden. Zeitlicher und räumlicher Verlauf der Stickstoff-Aufnahme sollten identisch sein (WAGNER & ZAPATA 1982, SCHNOTZ 1995).

Obwohl isogene Linien von Leguminosen, die keine luftbürtigen N-Mengen aufnehmen können, gut als Referenzpflanze geeignet erscheinen (HARDARSON 1993), werden diese Pflanzen nur selten verwendet. Häufig stehen diese Formen nicht zur Verfügung, ferner zeigen viele isogene Linien gegenüber den Stickstoff fixierenden Linien der gleichen Art ein verändertes Wurzelwachstum (LOPOTZ 1996, SCHMIDTKE 1997a). In diesem Zusammenhang wurde eine veränderte Aufnahme von Stickstoff aus bodenbürtigen Vorräten beobachtet (JENSEN & SØRENSEN 1988). In der Regel werden deshalb Nichtleguminosen wie Poaceen oder Brassicaceen als Referenzkultur genutzt (CHALK 1985). Nicht alle Auswahlkriterien sind in der Praxis umsetzbar. SCHMIDTKE (1997a) verweist darauf, dass *Trifolium pratense* und Poaceen unterschiedliche Wurzelverteilungsmuster und Durchwurzelungsintensitäten zeigen können. Sollten in unterschiedlichen Bodenschichten differierende  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte vorliegen, so kann dies zu Beeinträchtigungen bei der Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge führen (SCHMIDTKE 1997a). Um eine gleichmäßige Aufnahme von Boden-Stickstoff zu gewährleisten, sollten Referenzkultur und Leguminose in geringer räumlicher Entfernung angebaut werden (REICHARDT et al. 1987).

Vielfach wird die Verwendung mehrerer Referenzfrüchte empfohlen, da eventuell artspezifische Besonderheiten der Nichtleguminosen (z.B. Wurzelwachstum) zu differierenden N-Isotopenaufnahmen führen können (SHEARER & KOHL 1986, SCHMIDTKE 1997a). Um treffgenaue Schätzungen der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung zu erreichen, wird allgemein eine Differenz von 5  $\delta^{15}\text{N}$ -Einheiten (in ‰) zwischen dem  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Referenzpflanze und dem  $\beta$ -Faktor angestrebt (HÖGBERG 1997). Bei hohen Ndfa-Werten der Leguminose ist allerdings die Aufnahme von pflanzenverfügbarem Stickstoff aus unterschiedlichen Bodenschichten bei der Referenzkultur weniger bedeutungsvoll. In diesem Fall

nimmt die Leguminose weniger Stickstoff aus dem Boden auf, als bei niedrigeren Ndfa-Werten, so dass der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert des Boden-Stickstoffs nur einen geringen Einfluss auf den  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der legumen Biomasse ausübt. Nach REITER (2002) kann dies folgendermaßen zusammengefaßt werden: Je höher der Anteil von Boden-Stickstoff an der Gesamt-Stickstoff-Akkumulation der Leguminose ist, desto größer ist der Fehler bei der Schätzung des Anteils Stickstoff aus der Luft (Ndfa).

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden für die Arten Luzerne und Rotklee zwei Referenzkulturen eingesetzt, die sich in Wuchsrhythmus und Tiefenstreben der Wurzel unterschieden. *Festuca pratensis* zeigt als Monokotyle im Wurzelsystem sekundäre Homorrhizie (STRASBURGER 1999) und unterscheidet sich damit von der dikotylen Pflanze *Plantago lanceolata*, die eine allorrhize Bewurzelung aufweist. Nach VETTER & SCHARAFAT (1964) zeigten Futtergräser nur eine schwache Unterbodendurchwurzelung. Für Wiesenschwingel wurde ein mittlerer Wurzeltiefgang von 0,69 m angegeben, es wurden dennoch Wurzeltiefen bis 0,90 m erreicht (VETTER & SCHARAFAT 1964). Im Gegensatz dazu verfügt Spitzwegerich über ein Pfahlwurzelsystem, welches mindestens bis in eine Tiefe von 1 m vordringen kann. Oft findet sich in 0 bis 10 cm Tiefe ein dichter Wurzelfilz (SAGAR & HARPER 1964). Spitzwegerich zeigte bei den Feldversuchen in 11 von 12 Vergleichen (HNJ über alle Standorte) niedrigere Wurzel-Trockenmassen als Wiesenschwingel. Eine Ursache könnte in der höheren Wurzel ausbreitung des Grases zu suchen sein. Nach Untersuchungen von SIMON & EICH (1956) wurde bei Vergleichen von Luzerne (54 dt ha<sup>-1</sup>) und Rotklee (49 dt ha<sup>-1</sup>) mit Wiesenschwingel (57 dt ha<sup>-1</sup>) eine hinreichende Übereinstimmung bei der Höhe der Wurzelmasse erzielt.

#### 5.1.5.5 N<sub>2</sub>-Fixierleistung der Futterleguminosen

Die von den Leguminosen aus der Luft aufgenommenen N-Mengen (Nfix, Tab. 22 bis 24) wurden in diesen Untersuchungen nicht für einzelne Aufwüchse dargestellt, sondern als Jahressummen sowie als Summen aus Schnittgut und Ernteresten. Neben den absoluten Stickstoff-Mengen, die aus der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung stammten, wird in vielen Fällen der N-Anteil angegeben, der auf die luftbürtige Stickstoff-Akkumulation der Leguminose zurückgeht (Ndfa). Diese Größe wurde in dieser Arbeit nicht gesondert angegeben, kann aber als Quotient aus Nfix (Tab. 22 bis 24) und der gesamt-pflanzlichen N-Menge berechnet werden (Tab. 19 bis 21).

Die in den Tabellen 22 bis 24 dargestellten symbiotischen Stickstoff-Fixierleistungen von Luzerne und Rotklee (Reinsaaten und Gemenge mit Wiesenschwingel) wurden ausschließlich mit  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten aus der gesamt-pflanzlichen Biomasse (gewogene Mittelwerte) der Referenzfrucht *Festuca pratensis* berechnet. Dies geschah, da die zweite zur Verfügung stehende Referenzfrucht *Plantago lanceolata* an den Standorten Reinshof und Oederquart sowie in der Versuchsanlage B am Standort Dasselsbruch niedrigere  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten in der gesamt-pflanzlichen Biomasse aufwies.

Im 2. HNJ waren die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Referenzfrüchte an den Standorten Reinshof und Oederquart geringer als im 1. HNJ (Abb. 14 und 15). Eine Absenkung des  $\delta^{15}\text{N}$ -Wertes in der Sprossmasse von Referenzpflanzen innerhalb der Vegetationsperiode ist möglich (BERGERSEN et al. 1985, BREMER & VAN KESSEL 1990, HØGH-JENSEN & SCHJØRRING 1994). Ursache ist möglicherweise die Aufnahme von Stickstoffverbindungen mit einem niedrigeren  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert aus tieferen Bodenschichten (BREMER & VAN KESSEL 1990).

Am Standort Reinshof wurde bei Luzerne-Reinsaaten innerhalb des ersten Hauptnutzungsjahres höhere symbiotische  $\text{N}_2$ -Fixierleistungen geschätzt (Tab. 22), als dies bei den meisten anderen Autoren bisher der Fall war (Tab. 1). Lediglich KELNER et al. (1997) konnten mit Werten zwischen 414 und 450 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> vergleichbare luftbürtige N-Mengen beobachten. Allerdings muss in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass KELNER et al. (1997) die in den Ernteresten vorhandenen symbiotisch fixierten N-Mengen lediglich indirekt abgeleitet haben. Der Wurzelmassen-Ertrag wurde bei KELNER et al. (1997) lediglich aus dem Spross/Wurzel-Verhältnis der Luzerne berechnet und nicht durch Feldprobenahme bestimmt. Die wesentlich niedrigeren Schätzungen der symbiotischen  $\text{N}_2$ -Fixierleistung die für die Standorte Oederquart und Dasselsbruch ermittelt wurden (Tab. 23 und 24), bewegten sich in Bereichen, die u.a. von HEICHEL et al. (1984) oder TA & FARIS (1987a) angegeben wurden (Tab. 1). Am Standort Oederquart waren wahrscheinlich die bereits genannten Gründe hinsichtlich der fehlenden Beimpfung ausschlaggebend für die geringe  $\text{N}_2$ -Fixierleistung der Luzerne.

Die hohe Bodenacidität am Standort Dasselsbruch und die zeitweise sehr geringen Niederschlagsmengen sind die wahrscheinlichsten Gründe für die weniger guten Bestandesetablierungen der Futterleguminosen, insbesondere der Luzerne. Erträge und  $\text{N}_2$ -Fixierleistungen blieben auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Die Bestände in dem Anfang September 1999 angelegten Versuchsfeld B hatten in den Monaten Oktober bis Dezember 1999 mit nur 17 mm unter hoher Niederschlagsarmut zu leiden (Abb. 7). Hinzu kam, dass die Luzerne durch den relativ sauren Boden möglicherweise in ihrer Jugendentwicklung gehemmt wurde (MENGEL 1994). Die Folge war eine sehr geringe  $\text{N}_2$ -Fixierleistung (Tab. 24). Auch andere Autoren fanden auf Standorten mit niedrigeren pH-Werten verminderte  $\text{N}_2$ -Fixierleistungen. Die in Tab. 1 wiedergegebenen symbiotischen  $\text{N}_2$ -Fixierleistungen von Luzerne zeigen bei SPARROW et al. (1995) Ergebnisse für zwei Standorte. Die niedrigeren Werte stammen von Standorten, dessen pH-Wert im Boden 5,4 betrug, während die höheren Werte auf einem Standort mit einem Boden-pH-Wert von 7,2 ermittelt wurden. Im Mittel über alle Standorte wurde in den vorliegenden Untersuchungen mit Luzerne-Reinsaaten im überjährigen Anbau eine symbiotisch fixierte Stickstoff-Menge in Höhe von 204 kg N ha<sup>-1</sup> akkumuliert. Das Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte an jedem Standort geringere luftbürtige Stickstoff-Aufnahmen als die Luzerne-Reinsaaten. Daher wurde beim überjährigen Anbau im Mittel lediglich

143 kg N ha<sup>-1</sup> aus der Luft symbiotisch aufgenommen. Dieser Rückgang beim Gemenge verdeutlicht die Konkurrenz mit dem nichtlegumen Gemengepartner.

Am Standort Reinshof wurden in der Regel die höchsten symbiotischen Stickstoff-Fixierleistungen erzielt. Einzige Ausnahme bildete das erste HNJ (1999) am Standort Oederquart. Bei den Rotklee-Reinsaaten wurde in diesem Zeitraum mit durchschnittlich 391 kg N ha<sup>-1</sup> eine höhere luftbürtige N-Akkumulation als am Standort Reinshof erreicht (Tab. 22 und 24). Im über- und zweijährigen Anbau waren die aus der Luft aufgenommenen N-Mengen bei Luzerne und Rotklee am Standort Reinshof annähernd identisch, lediglich im zweiten HNJ in der Versuchsanlage A zeigte Rotklee mit 361 kg N ha<sup>-1</sup> eine signifikant höhere symbiotisch N<sub>2</sub>-Fixierleistung als Luzerne. Die gesamt-pflanzliche Stickstoff-Aufnahme war dennoch bei Luzerne höher als bei Rotklee, da Luzerne mit ihrem tiefreichenden Wurzelsystem in drei von vier Vergleichen (Hauptnutzungsjahren) eine signifikant höhere Boden-N-Aufnahme als Rotklee aufwies (Tab. A10). An den Standorten Oederquart und Dasselsbruch waren die symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistungen der Luzerne häufig geringer als beim Rotklee. Nur im zweiten HNJ der Versuchsanlage A am Standort Dasselsbruch wurde bei Luzerne eine höhere luftbürtige Stickstoff-Aufnahme beobachtet. Möglicherweise konnte die Luzerne die relative Trockenheit an diesem Standort besser als der Rotklee bewältigen, da sie mit den Wurzeln Anschluss an die Grundwasser führenden Bodenschichten gefunden hatte. Dafür sprechen die hohen Wurzelmassen der Luzerne, die in diesem Zeitabschnitt (HNJ 2000) am Standort Dasselsbruch aufgefunden wurden (Tab. A18).

Der Vergleich zwischen den mittleren N<sub>2</sub>-Fixierleistungen der Rotklee-Reinsaaten und den mittleren N<sub>2</sub>-Fixierleistungen der Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge zeigte nur geringe Unterschiede. Im überjährigen Anbau erreichten die Reinsaaten im Mittel über alle Standorte eine Luft-N-Aufnahme in Höhe von 306 kg N ha<sup>-1</sup>. Beim Gemenge wurde im gleichen Zeitraum lediglich 13 kg N ha<sup>-1</sup> weniger akkumuliert. In der Summe von zwei HNJ wurden bei den Rotklee-Reinsaaten im Mittel über alle Standorte 543 kg N ha<sup>-1</sup> aus der Luft akkumuliert. Das Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge erreichte im Mittel über alle Standorte 506 kg N ha<sup>-1</sup>. Diese hohen Leistungen sind durch die im Vergleich zu Luzerne höheren symbiotischen Stickstoff-Fixierleistungen an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch zu erklären. Im Mittel über alle Standorte zeigte Rotklee daher eine höhere Luft-Stickstoff-Fixierung als Luzerne. Bei den Reinsaaten betrug die Differenz etwa 100 bzw. 110 kg N ha<sup>-1</sup> (über- und zweijähriger Anbau). Beim Gemenge wurde ein Unterschied in Höhe von ca. 150 bzw. 239 kg N ha<sup>-1</sup> festgestellt. Es bleibt festzuhalten, dass Rotklee offensichtlich die an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch herrschenden Bedingungen besser verkräftete als Luzerne. Wahrscheinlich waren im Boden aller Standorte ausreichend hohe Individuenzahlen des Hauptsymbionten *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* vorhanden (AMARGER 2001).

Persischer Klee in Reinsaat zeigte am Standort Oederquart geringfügig höhere N<sub>2</sub>-Fixierleistungen als am Standort Reinshof (Tab. 22 und 23). Die höheren Erträge am Standort Reinshof sind durch die höhere Aufnahme von bodenbürtigen N-Mengen zu erklären. Der Vergleich der N<sub>min</sub>-Mengen im Boden vor der Aussaat (März 1999) zeigte, dass der Persische Klee am Standort Reinshof auf größere Boden-N-Vorräte zugreifen konnte als am Standort Oederquart (ca. 30 kg N ha<sup>-1</sup>, Tab. A 35 und A 36). Am Standort Dasselsbruch wurden im HNJ 1999 die geringsten N<sub>2</sub>-Fixierleistungen festgestellt, obwohl dem Persischen Klee eine relativ hohe Toleranz gegenüber niedrigen pH-Werten und Trockenstress zugesprochen wird (KELLER et al. 1999, UEHLING 1973). Allerdings waren die zur Verfügung stehenden bodenbürtigen N-Mengen mit denen am Standort Reinshof vergleichbar (Tab. A 37).

Die geringere symbiotische Stickstoff-Fixierleistung des Persischen Klees am Standort Dasselsbruch könnte durch eine negative Rückkopplung der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistung auf das Angebot an pflanzenverfügbaren Stickstoff im Boden zu erklären sein, wie sie bei SCHMIDTKE (1997a) beschrieben wurde. Demnach können höhere Mengen an Nitratstickstoff im Boden die Physiologie der Pflanze beeinflussen (STREETER 1988) und die Aufnahme luftbürtigen Stickstoffs über die Symbiose vermindern.

Mit dem Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras wurde die Stickstoff-Fixierleistung der Reinsaat nicht erreicht. Eine Ausnahme bildete der Bestand im HNJ 2000 am Standort Dasselsbruch, der mit einer symbiotisch fixierten N-Menge in Höhe von 110 kg ha<sup>-1</sup> mehr luftbürtigen Stickstoff akkumulierte, als die Reinsaaten im HNJ 1999 und 2000. Die in diesen Untersuchungen mit Persischem Klee erzielten symbiotischen Stickstoff-Fixierleistungen lagen im Mittel etwas höher als die in Tabelle 3 angegebenen Ergebnisse anderer Autoren. Bei den Reinsaaten wurden im Mittel über die Standorte 118 kg N ha<sup>-1</sup> aus der Luft akkumuliert. Ähnliche Werte finden sich bei BECKMANN (1998) mit einer mittleren Stickstoff-Fixierleistung in Höhe von 115 kg N ha<sup>-1</sup>.

Signifikante Sorteneffekte wurden hinsichtlich der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung selten beobachtet (Tab. 22 bis 24). Lediglich am Standort Dasselsbruch wurde im HNJ 1999 bei der tetraploiden Rotklee-Sorte Titus eine signifikant höhere Luft-N-Akkumulation festgestellt als bei den beiden diploiden Sorten Odenwälder Rotklee und Lucrum (Tab. 24). In diesem Zeitraum waren die Rotklee-Bestände weniger gut entwickelt als in den folgenden Jahren (Versuchsanlage B). Offenbar konnte die tetraploide Sorte die ungünstigeren ökologischen Bedingungen am Standort Dasselsbruch besser als die diploiden Sorten bewältigen.

Vielfach wurde in den vorliegenden Untersuchungen beobachtet, dass in wüchsigen, etablierten Leguminosen-Beständen der N-Anteil aus der Luft (Ndfa) im Gemenge

mit Poaceen höher war als in der Leguminosen-Reinsaat. Die absolute Höhe der symbiotisch fixierten N-Menge war jedoch in der überwiegenden Zahl der Fälle in den Reinsaaten leicht höher als in den Gemengen. LOPOTZ (1996) konnte bei Gefäß- und Feldversuchen mit Rotklee und Persischem Klee ebenfalls höhere Ndfa-Werte bei Gemengen mit Poaceen feststellen. In der Konkurrenz mit Gräsern um bodenbürtige N-Vorräte bleiben Leguminosen unterlegen (BUTLER & LADD 1985, BOLLER & NÖSBERGER 1987, MALLARINO & WEDIN 1990b, SCHMIDTKE 1997a). Die Leguminose reagierte mit höheren Fixierungsraten als in der Reinsaat, erbrachte aber im Gemenge geringere TM-Erträge.

HEICHEL et al. (1985), BOLLER & NÖSBERGER (1987), SCHNOTZ (1995) und SCHMIDTKE (1997a) beobachteten im zweiten Hauptnutzungsjahr einen Rückgang des Anteils Stickstoff aus der Luft gegenüber dem ersten Hauptnutzungsjahr in Rotklee-Reinsaaten oder in Rotklee-Gras-Gemengen. Dieser Effekt wurde am Standort Reinshof bei Luzerne- und Rotklee-Reinsaaten sowie bei den Gemengen aus Luzerne oder Rotklee mit Wiesenschwingel ebenfalls registriert. Auf die Standorte Oederquart und Dasselsbruch traf dies ebenfalls zu, wenn im 1. HNJ schon voll etablierte Bestände mit Ndfa-Werten über 0,60 existierten. Luzerne zeigte am Standort Dasselsbruch deshalb im 2. HNJ immer höhere  $N_2$ -Fixierleistungen als im 1. HNJ.

### 5.1.6 Stickstoff-Flächenbilanz

Die Kenntnis der Stickstoff-Flächenbilanzen ist in der Landwirtschaft eine Grundlage für eine umweltschonende Wirtschaftsweise. Ziel ist es, die Höhe der N-Düngung in der Fruchtfolge so zu wählen, dass nahezu ausgeglichene N-Flächenbilanzsalden realisiert werden. Sofern Futterleguminosen nicht mit Stickstoff gedüngt werden, gelten folgende Grundsätze: Ein negativer vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo wird erreicht, wenn mit dem Erntegut der Futterleguminosen mehr Stickstoff von der Fläche entzogen wird als durch die symbiotische  $N_2$ -Fixierung zugeführt wird ( $H_{NBt} > Ndfa$ ). Der Flächenbilanzsaldo fällt positiv aus, wenn über die Leguminosen-Rhizobien-Symbiose der Fläche mehr Stickstoff zugeführt als über das Erntegut entzogen wird ( $H_{NBt} < Ndfa$ ).

Bisher waren in der internationalen Literatur nur wenige Aussagen zu Stickstoff-Flächenbilanzen beim Anbau von Futterleguminosen zu finden. PEOPLES et al. (2001) weisen darauf hin, dass für eine korrekte Berechnung der N-Flächenbilanzen die Einbeziehung der unterirdischen Erntemasse notwendig ist. In der vorliegenden Arbeit ist dies geschehen, indem die symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung in allen Pflanzenteilen - Schnittgut, Stoppel und Wurzel - in der Jahressumme erfasst wurde.

SCHMIDTKE (1999) fand nach einjährigem Anbau von Luzerne und Rotklee leicht negative vereinfachte N-Flächenbilanzsalden in Höhe von -17 bzw. -13 kg N ha<sup>-1</sup>,

wobei als Referenzpflanze für die Ermittlung der symbiotischen  $N_2$ -Fixierleistung Deutsches Weidelgras verwendet wurde. Ähnlich niedrige vereinfachte N-Flächenbilanzsalden konnten REITER et al. (2002b) für Rotklee im einjährigen Anbau mit N-Flächenbilanzsalden in Höhe von  $-61$  bzw.  $-15$   $kg\ N\ ha^{-1}$  nachweisen. Referenzpflanze war in dieser Untersuchung Spitzwegerich.

In der vorliegenden Arbeit wurden überwiegend negative vereinfachte N-Flächenbilanzsalden (in  $kg\ N\ ha^{-1}$ ) ermittelt (Tab. 28 bis 30). Vereinfachte N-Salden werden als Differenz aus der in Spross und Wurzel enthaltenen luftbürtigen Stickstoff-Menge und der Stickstoff-Menge im Schnittgut definiert (Gleichung 7, Kap. 3.1.7.5). Der insgesamt höchste berechnete N-Saldo fand sich im überjährigen Anbau bei der Luzerne-Sorte Europe im HNJ 2000 am Standort Reinshof mit  $+115$   $kg\ N\ ha^{-1}$ . Der insgesamt niedrigste N-Saldo wurde im überjährigen Anbau bei der Rotklee-Sorte Lucrum am Standort Oederquart im HNJ 1999 mit  $-77$   $kg\ N\ ha^{-1}$  beobachtet. Der Vergleich dieser Anbauvarianten zeigt deutliche Unterschiede bei den über die Erntereste im Boden zurückbleibenden N-Mengen, während die vom Pflanzenbestand während der Vegetationsperiode aufgenommene Boden-N-Menge nahezu gleich war ( $160$  bzw.  $156$   $kg\ N\ ha^{-1}$ ). Bei der Luzerne-Sorte mit dem höchsten N-Saldo verblieben  $275$   $kg\ N\ ha^{-1}$  mit den Ernteresten im Boden, so dass ein relativ geringer N-Harvest-Index in Höhe von  $0,541$  zu beobachten war. Andererseits zeigte die genannte Rotklee-Sorte mit dem niedrigsten N-Saldo lediglich eine im Boden verbleibende N-Menge in Höhe von  $79$   $kg\ N\ ha^{-1}$ . Dies führte mit  $0,843$  zu einem relativ hohen N-Harvest-Index. Die gesamt-pflanzlich akkumulierten N-Mengen ( $N_{Bt}$ ) differierten dennoch nur geringfügig. Bei der Variante mit dem höchsten N-Saldo im überjährigen Anbau wurde ein  $N_{Bt}$  in Höhe von  $599$   $kg\ N\ ha^{-1}$  ermittelt, während bei der Variante mit dem niedrigsten N-Saldo im überjährigen Anbau ein  $N_{Bt}$  in Höhe von  $505$   $kg\ N\ ha^{-1}$  beobachtet wurde. Auch wenn einzelne N-Parameter durchaus ähnliche Werte aufweisen, können sich die N-Salden dennoch in hohem Maße unterscheiden. Einzelne N-Parameter, wie z.B. die  $N_2$ -Fixierleistung geben demnach noch keine hinreichende Auskunft über den vereinfachten N-Saldo. Vielmehr müssen die wichtigsten N-Parameter ( $N_{dfa}$ ,  $N_{dfs}$ ,  $H_{NBt}$ ,  $N_{Bt}$ ) in ihrer Gesamtheit betrachtet werden. In Gleichung 7 (Kap. 3.1.7.5) werden die maßgeblichen Zusammenhänge erläutert.

Werden die zweijährig angebauten Futterleguminosen verglichen, ergeben sich insgesamt niedrigere N-Salden als im überjährigen Anbau. An den Standorten Reinshof und Oederquart wurden ausschließlich negative N-Salden registriert (Tab. 28 und 29). Lediglich am Standort Dasselsbruch wurde bei einigen Luzerne-Sorten im zweijährigen Anbau ein positiver N-Saldo beobachtet (Tab. 30). Zweijähriger Rotklee zeigte am Standort Dasselsbruch ebenfalls ausschließlich negative N-Salden. Der insgesamt höchste N-Saldo in der Summe aus zwei HNJ wurde am Standort Dasselsbruch bei der Luzerne-Sorte Europe in Reinsaat (Versuchsanlage B, 2000 und 2001) mit  $+46$   $kg\ N\ ha^{-1}$  festgestellt. Demgegenüber wurde bei der



Luzerne-Sorte Orca am Standort Reinshof in den HNJ 2000 und 2001 mit  $-237 \text{ kg N ha}^{-1}$  der insgesamt niedrigste N-Saldo registriert. Die positiven N-Salden der zweijährigen Luzerne am Standort Dasselsbruch wurden insbesondere durch den mit 0,507 sehr niedrigen N-Harvest-Index verursacht. Damit einhergehend war der Anteil der aus der Luft fixierten N-Menge (Ndfa) mit 0,729 relativ hoch. Für die Luzerne-Sorte mit dem niedrigsten N-Saldo zeigten die N-Parameter andere Beträge. Obwohl die über die Erntereste im Boden verbleibende N-Menge mit  $205 \text{ kg ha}^{-1}$  doppelt so hoch war wie bei der beschriebenen Luzerne-Sorte am Standort Dasselsbruch, betrug der N-Harvest-Index 0,814. Gleichzeitig ergab sich mit 0,598 ein relativ niedriger Ndfa-Wert. Bei diesem Vergleich der Maxima und Minima im N-Flächenbilanzsaldo für den zweijährigen Anbau ist auffällig, dass die gesamt-pflanzlich umgesetzten N-Mengen ( $N_{Bt}$ ) mit  $207 \text{ kg ha}^{-1}$  bzw.  $1101 \text{ kg ha}^{-1}$  erhebliche Differenzen zeigten. Im Gegensatz dazu waren bei den oben besprochenen Maxima und Minima der N-Salden des überjährigen Anbaus nur geringe Unterschiede im Parameter  $N_{Bt}$  zu beobachten. Erneut wurde deutlich, dass die wichtigsten N-Parameter in ihrer Gesamtheit betrachtet werden müssen, um den N-Saldo korrekt zu berechnen.

Beim einjährigen Anbau des Persischen Klees wurde in keinem HNJ und an keinem Standort ein positiver N-Saldo nachgewiesen. Der höchste berechnete N-Saldo wurde bei der Sorte Felix (Reinsaat) im HNJ 1999 am Standort Dasselsbruch erreicht und betrug genau  $0 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Der mit  $-84 \text{ kg N ha}^{-1}$  niedrigste N-Saldo wurde am Standort Oederquart bei dem Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras im HNJ 1999 ermittelt. Beim Vergleich der beiden Varianten wurden hinsichtlich der gesamt-pflanzlich akkumulierten N-Mengen keine wesentlichen Unterschiede beobachtet ( $157$  bzw.  $165 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Entscheidend waren die Unterschiede bei den symbiotisch fixierten N-Mengen mit  $102 \text{ kg N ha}^{-1}$  in der Reinsaat-Variante bzw. lediglich  $44 \text{ kg N ha}^{-1}$  im Gemenge. In der Vegetationsperiode wurde vom Gemenge mit  $121 \text{ kg N ha}^{-1}$  eine wesentlich höhere Boden-N-Menge akkumuliert als bei der Reinsaat mit  $55 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Auf diese Weise ergaben sich unterschiedliche Ndfa-Werte ( $0,648$  bzw.  $0,212$ ). Die mit den Ernteresten im Boden zurückbleibenden N-Mengen unterschieden sich mit  $55 \text{ kg ha}^{-1}$  und  $37 \text{ kg ha}^{-1}$  nur geringfügig.

Sortenspezifische Unterschiede im N-Flächenbilanzsaldo traten relativ selten auf, lediglich in 7 von 29 Vergleichen wurden signifikante Unterschiede zwischen den Bilanzsalden bei den Sorten ermittelt (Tab. 28 bis 30). Varianzanalytische Vergleiche der Reinsaaten und Gemenge zeigten ebenfalls nur in zwei von 29 Fällen signifikante Unterschiede zwischen der Anbauform. Auffällig ist die Diskrepanz zwischen den Anbauzeiträumen. Sowohl bei Luzerne als auch bei Rotklee wurden in der Summe aus zwei HNJ in 10 von 12 untersuchten Fällen stark negative Stickstoff-Flächenbilanzsalden errechnet, während beim überjährigen Anbau zumindest am Standort Reinshof nur leicht negative (Rotklee) oder positive N-Flächenbilanzsalden

(Luzerne) zu beobachten waren. Lediglich am Standort Dasselsbruch zeigte Luzerne nach zwei Anbaujahren in einem Fall positive N-Salden (Tab. 30). Dies ist wahrscheinlich mit den niedrigen Boden-pH-Werten an diesem Standort zu erklären, so dass die Bestandesentwicklung der Luzerne zeitweise stark gestört war. Die Folge waren niedrige Erträge bei relativ hohen Ernterestmengen.

Es bleibt demnach festzuhalten, dass bei den meisten untersuchten Nutzungssystemen negative vereinfachte N-Salden ermittelt wurden. Die gefundenen Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den allgemeinen Erfahrungen beim Anbau von Futterleguminosen, in denen häufig ein positiver N-Vorfruchtwert nach dem Anbau von Futterleguminosen festzustellen ist (z.B. KUNZMANN 1972).

In einer Studie von KELNER et al. (1997) wurden für ein- und mehrjährige Luzernebestände positive vereinfachte N-Flächenbilanzsalden zwischen +83 und +181 kg N ha<sup>-1</sup> angegeben. Hier muss beachtet werden, dass die Autoren bei ihren Berechnungen die Wurzelmassen lediglich indirekt schätzten. Diese Vorgehensweise zur Bestimmung der N-Umsätze im Leguminosen-Bestand ist ungenau, da die am Standort im Anbauzeitraum tatsächlich heranwachsende Gesamtbiomasse nicht vollständig erfasst wurde.

Der Unterschied zu den hier vorgestellten, weitgehend negativen N-Salden ist in einem anderen Aspekt zu suchen. Bei den von KELNER et al. (1997) untersuchten Luzerne-Beständen wurde am Ende der Vegetationsperiode oberirdische Biomasse bei einer Wuchshöhe von 30 cm in den Boden eingearbeitet. Außerdem wurden nur ein oder zwei Schnitte durchgeführt. Dadurch wurden einerseits erheblich höhere symbiotisch fixierte N-Mengen auf der Fläche belassen und andererseits weniger Stickstoff mit dem Schnittgut von der Fläche entfernt, als dies in den vorliegenden Untersuchungen der Fall war. Diese Tatsachen erklären wahrscheinlich die erheblichen Differenzen zwischen den bei KELNER et al. (1997) angegebenen vereinfachten N-Salden und den in der vorliegenden Arbeit angegebenen N-Salden. Das Nutzungsregime (Häufigkeit der Schnitte, Ernterestmenge) eines Bestandes kann somit neben der N<sub>2</sub>-Fixierleistung und der Boden-N-Aufnahme entscheidend zur N-Saldierung beitragen. Das von KELNER et al. (1997) in Kanada durchgeführte Nutzungsregime ist nicht typisch für mitteleuropäische Verhältnisse. Die in der vorliegenden Arbeit angewandte Erntemethode (3 bis 4 Schnitte, Stoppeln bis 5 cm Höhe als Erntereste) reproduziert weitgehend das in der mitteleuropäischen Praxis angewandte Nutzungsregime.

Der Schlüssel zum Verständnis der N-Umsätze im Leguminosen-Bestand ist wahrscheinlich in den biologischen Vorgängen im Boden zu suchen. Wie bereits bei anderen Autoren erwähnt (SCHMIDTKE 1999, SCHMIDTKE 2001, HØGH-JENSEN & SCHJØRRING 2001), können negative N-Flächenbilanzsalden entstehen, wenn die während der Vegetationsperiode anfallenden N-Mengen aus der Rhizodeposition

nicht berücksichtigt werden. Vorzuziehen sind daher erweiterte N-Flächenbilanzen, die eine Berücksichtigung der N-Mengen aus der Rhizodeposition vornehmen. Aus den verfügbaren Literaturangaben wurden in dieser Arbeit N-Anteile aus der Rhizodeposition an der gesamt-pflanzlichen symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung abgeleitet (Tab. 15, Kap. 3.2.4). Diese Anteile betragen für Luzerne 0,40 und für Rotklee 0,70. Werden diese N-Anteile aus der Rhizodeposition mit den symbiotischen Fixierleistungen in kg N ha<sup>-1</sup> verrechnet (Tab. 22 bis 24), könnten für überjährigen Luzerne-Anbau N-Rhizodepositionsmengen zwischen 4 und 207 kg N ha<sup>-1</sup> angegeben werden. Bei zweijährigem Luzerne-Anbau wäre nach diesen Vorgaben mit N-Rhizodepositionsmengen zwischen 64 und 340 kg N ha<sup>-1</sup> zu rechnen. Bei überjährigem Rotklee-Anbau würden N-Rhizodepositionsmengen zwischen 73 und 328 kg N ha<sup>-1</sup> erreicht, und bei zweijährigem Rotklee-Anbau wäre eine N-Rhizodeposition in Höhe von insgesamt 181 bis 528 kg N ha<sup>-1</sup> zu erwarten.

Mit Hilfe dieser Angaben lassen sich aus vereinfachten N-Salden erweiterte N-Flächenbilanzsalden berechnen (Gleichung 11, Kap. 3.2.4). Demzufolge würde die überwiegende Anzahl der hier untersuchten Nutzungssysteme positive erweiterte N-Salden aufweisen. Gleichwohl erscheinen einige der in dieser Arbeit aus Literaturangaben abgeleiteten N-Rhizodepositionsmengen für Futterleguminosen unverhältnismäßig hoch. Aus Mangel an weiteren Ergebnissen für N-Rhizodepositionsmengen bei Futterleguminosen sollen im Folgenden als Vergleich neue Ergebnisse von MAYER et al. (2003) herangezogen werden. MAYER et al. (2003) konnten in Gefäßversuchen mit den Körnerleguminosen *Vicia faba*, *Pisum sativum* und *Lupinus albus* N-Anteile an der Rhizodeposition zwischen 0,15 und 0,19 bestimmen. Des Weiteren wurden bei MAYER et al. (2003) die N-Anteile aus der Rhizodeposition für diese Arten mit Felddaten anderer Autoren verrechnet. Als Ergebnis wurden N-Rhizodepositionsmengen zwischen 6 und 68 kg N ha<sup>-1</sup> genannt. Diese Werte sind im Mittel erheblich niedriger als die in der vorliegenden Arbeit für Luzerne und Rotklee abgeleiteten Rhizodepositionsmengen. Wie sich die realen Gegebenheiten beim Anbau von Futterleguminosen im Hinblick auf die Rhizodeposition tatsächlich darstellen, muss in weiterführenden Untersuchungen geprüft werden.

#### **5.1.7 Vergleich der Ergebnisse der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode mit der erweiterten Differenzmethode**

In diesen Untersuchungen wurden die in der Leguminosen-Biomasse vorhandenen luftbürtigen N-Mengen (Nfix) mit zwei verschiedenen Methoden ermittelt. Die Schätzergebnisse dieser zwei Methoden wurden bei den Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees verglichen (Abb. 9 bis 13 sowie Tab. A 41 bis A 43). Am Standort Dasselsbruch wurde im Gegensatz zu den anderen Standorten eine <sup>15</sup>N-Spurenanreicherung (REITER et al. 2002a) auf niedrigem Niveau vorgenommen. Gleichwohl wurden die Schätzergebnisse beider angewandten <sup>15</sup>N-

Methoden (Abs. 5.1.4.1) in den Abb. 9 bis 13 über alle Standorte den Schätzergebnissen der erweiterten Differenzmethode (STÜLPNAGEL 1982, HAUSER 1987) gegenüber gestellt. Vergleiche der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode mit der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode, die von BREMER & VAN KESSEL (1990) durchgeführt wurden, zeigten bei den Schätzergebnissen für die symbiotische Stickstoff-Fixierung einjähriger Leguminosen keine signifikanten Unterschiede bei 18 von 21 Datensätzen. Auch andere Autoren hatten beim Vergleich der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode mit der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode ähnliche Schätzergebnisse ermittelt (BERGERSEN & TURNER 1983, LEDGARD et al. 1984). Deshalb erschien es statthaft, die Schätzergebnisse zur Stickstoff-Fixierleistung über alle Standorte gemeinsam darzustellen.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden relativ enge Beziehungen zwischen den Schätzergebnissen der Methoden beobachtet (Korrelationskoeffizienten zwischen 0,84 und 0,97). Die Schätzergebnisse die mit der erweiterten Differenzmethode ermittelt wurden, lagen zumeist höher als die mit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode ermittelten Schätzergebnisse. Ähnliche Ergebnisse zeigten Vergleiche zwischen der Differenzmethode und der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode, die von LOPOTZ (1996) mit Rotklee in Reinsaat und im Gemenge mit *Lolium multiflorum* vorgenommen wurden. SCHNOTZ (1995) verglich ebenfalls die Ergebnisse der Differenzmethode mit den Ergebnissen der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode für luftbürtige N-Mengen im Spross von Rotklee-Gemengen mit *Trisetum flavescens*. Die mit der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode ermittelten Schätzwerte lagen dabei im ersten und zweiten HNJ deutlich unter den mit der Differenzmethode errechneten Werten.

SCHMIDTKE (1997a) ermittelte mit der Differenzmethode höhere luftbürtige N-Mengen im Rotklee-Spross als mit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode. Dieser Effekt verstärkte sich mit zunehmender Nutzungsdauer. Die Schätzergebnisse für die symbiotische Fixierleistung die von WALLEY et al. (1996) bei *Medicago sativa* erzielt wurden, zeigten ebenfalls Unterschiede beim Vergleich der Methoden. Die luftbürtigen Stickstoff-Mengen in der Sprossmasse, die mit der Differenzmethode errechnet wurden, lagen sowohl in Reinsaaten von *Medicago sativa* als auch in Gemengen mit *Bromus riparius* höher als die Schätzergebnisse der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode. Bei WALLEY et al. (1996) zeigte sich des Weiteren, dass die Wahl der Referenzpflanze diese methodisch bedingten Unterschiede beeinflusst. Wurde statt der Referenzpflanze *Bromus riparius* eine Luzerne-Sorte als Referenzpflanze verwendet, die nur mit ineffektiven Wurzelknöllchen ausgestattet war, so waren die Unterschiede zwischen den Schätzergebnissen mit den beiden Methoden geringer oder nicht mehr vorhanden.

Die N-Aufnahmeraten und -mengen unterscheiden sich möglicherweise unter Leguminosen und Gräsern so stark, dass Schätzwerte zur  $\text{N}_2$ -Fixierleistung, die mit

der Differenzmethode und mit Gräsern als Referenzpflanze erhoben wurden, nur bedingt Gültigkeit erlangen können. Nach SCHMIDTKE (1997a) zeigen die Ergebnisse diverser Autoren, dass unter Gräser-Reinsaaten verstärkt Stickstoff-Immobilisierung nachgewiesen wurde. Weil abgestorbene Pflanzenteile (vor allem Wurzeln) bei Gräsern ein weites C/N-Verhältnis aufweisen, müssen die Bodenbakterien auf das Ammonium der Bodenlösung zurückgreifen, um ihre Biomasse aufzubauen. Als Folge kann die Ernährung der höheren Pflanze mit N eingeschränkt sein (SCHILLING 2000). Andererseits können Leguminosen die Verfügbarkeit von bodenbürtigen Stickstoff-Verbindungen erhöhen (JENSEN & SØRENSEN 1988). Mehrere Gründe kommen dafür in Frage. Durch ein verhältnismäßig weites C/N-Verhältnis der abgestorbenen Wurzeln von Leguminosen wird die mikrobielle Aktivität im Boden gefördert. Diese kurzfristige Stimulanz der mikrobiellen Aktivität hat zur Folge, dass eine vermehrte Nährstoff-Freisetzung aus dem belebten Boden zu beobachten ist. Dies geschieht möglicherweise auch durch den Abbau N-reicher, abgestobener Knöllchen (DUBACH & RUSSELLE 1994). Letztendlich legt dies den Schluß nahe, dass die unter Gräser- und Leguminosen-Reinsaaten ablaufenden biologischen Umsatzprozesse die Verfügbarkeit des Stickstoffes sehr unterschiedlich gestalten.

Gegenüber der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode bietet die  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode den Vorteil, dass die N-Flüsse ohne Zugabe von eventuell störenden  $^{15}\text{N}$ -Tracern verfolgt werden können (HÖGBERG 1997). Überdies kann bei der  $^{15}\text{N}$ -Verdünnungsmethode die Anreicherung mit  $^{15}\text{N}$ -Material bewirken, dass über die Zeit die Aufnahme von Boden-N beeinflusst wird (LEDGARD & PEOPLES 1988). Dagegen bleibt der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert des Boden-Stickstoffes bei Anwendung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode im Verlauf der Zeit und über die Bodentiefe relativ konstant (LEDGARD & PEOPLES 1988).

In den Nutzungssystemen mit Luzerne und Rotklee wurden den Futterleguminosen zur Schätzung der symbiotischen  $\text{N}_2$ -Fixierleistung je zwei Referenzpflanzen gegenübergestellt. Der Vergleich zwischen den Schätzergebnissen für die  $\text{N}_2$ -Fixierleistung mit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode wurde mit beiden Referenzpflanzen durchgeführt (Abb. 9 bis 12). Dabei zeigten die Datensätze, die mit der Referenzpflanze Spitzwegerich erstellt wurden, bei allen Nutzungssystemen geringere Korrelationskoeffizienten (0,84 bis 0,91) als jene Datensätze die mit Wiesenschwingel (0,93 bis 0,97) berechnet wurden. Die Betrachtung der Ergebnisse für die Standorte im einzelnen (Tab. A 41 und A 42) verdeutlicht die Unterschiede. Besonders am Standort Reinshof werden die geringsten Übereinstimmungen sowohl zwischen den Methoden als auch zwischen den Referenzpflanzen gefunden. Physiologische Unterschiede zwischen den beiden Referenzkulturen fanden sich am Standort Reinshof bei den Wurzeltrockenmassen und den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten in der gesamt-pflanzlichen Biomasse. Während beim Wiesenschwingel im Untersuchungszeitraum Wurzelmassen zwischen 41 und 54 dt  $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  ermittelt wurden, zeigte der Spitzwegerich im gleichen Zeitraum

Wurzelmassen zwischen 17 und 37 dt ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Es ist vorstellbar, dass sowohl unterschiedliche metabolische Prozesse als auch unterschiedliche Mykorrhizierung der Wurzeln zu differierenden  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten in den Pflanzen führten (HÖGBERG 1997, EVANS 2001).

Die eigenen Vergleiche und die Mehrzahl der Vergleiche anderer Autoren weisen darauf hin, dass in Feldversuchen die Schätzgenauigkeit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode höher ist als die Schätzgenauigkeit der erweiterten Differenzmethode. SHEARER & KOHL (1986) kommen zum gleichen Ergebnis. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit die symbiotische Stickstoff-Fixierleistung der Futterleguminosen über die  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode (respektive <sup>15</sup>N-Verdünnungsmethode am Standort Dasselsbruch) geschätzt.

### 5.1.8 Transfer-Stickstoff im Gemengeanbau

Schon ältere Untersuchungen von LAMPETER (1967) wiesen nach, dass Leguminosen an benachbart wachsende Gräser Stickstoff abgaben, wenn Stickstoff-Mangel im Boden auftrat. Zahlreiche Untersuchungen hatten zum Ziel, die N-Mengen zu ermitteln, die in Gemengen aus Leguminosen und Gräsern auf verschiedenen Wegen zwischen den Gemengepartnern ausgetauscht wurden (Abschnitt 2). In der Regel wurden dabei die Wege untersucht, bei denen die nicht N<sub>2</sub>-fixierende Pflanze von den symbiotisch fixierten N-Mengen der Leguminose profitierte. Dennoch wurde auch der umkehrte Weg bereits nachgewiesen (TOMM et al. 1995, HØGH-JENSEN & SCHJØRRING 2000). Die absoluten N-Mengen, die in einem Gemenge transferiert werden können, sind von vielen Faktoren abhängig. Die Zusammensetzung des Gemenges (Arten, Mischungsverhältnisse), das Alter der Bestände oder die Nutzungsart (Schnittnutzung oder Beweidung) sind einige wichtige Gesichtspunkte (HAYNES 1980). Die Steigerungen des Grasanteils im Gemenge kann zu einer besseren Stickstoff-Nachlieferung aus dem Boden führen, was wiederum eine erhöhte Nutzung des aus der Leguminose transferierten Stickstoffs bewirken kann (LOPOTZ 1996).

Mit Hilfe der <sup>15</sup>N-Verdünnungsmethode oder der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode können die N-Flüsse von der Leguminose zum Gras unter bestimmten Voraussetzungen quantifiziert werden. Zu diesem Zweck muss der Grasgemengepartner zusätzlich in Reinsaat als Referenzpflanze angebaut werden. Um Transfer-Stickstoff aus der symbiotischen Stickstoff-Fixierung der Leguminose im Gemenge nachweisen zu können, sollte der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert in der Referenzpflanze in Reinsaat im Integral über die Zeit signifikant höher sein als der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert in der Poacee, die im Gemenge wächst.

SCHMIDTKE (1997a) gibt zu bedenken, dass die Höhe der transferierten Stickstoff-Menge möglicherweise überschätzt wird, wenn die <sup>15</sup>N-Verdünnungsmethode angewandt wird. Leguminosen können die Mineralisation von organischen N-Verbindungen anregen oder die Verfügbarkeit von bodenbürtigem Stickstoff erhöhen.

Ein zusätzliches Stickstoff-Angebot im Boden, das vom Grasgemengepartner aufgenommen wird, kann nicht vom transferierten Stickstoff unterschieden werden. Einige Autoren bezeichnen diesen Effekt als scheinbaren N-Transfer (BOLLER & NÖSBERGER 1987, HEICHEL & HENJUM 1991).

Die Tabelle 34 zeigt die Transfer-N-Mengen, die an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch ermittelt wurden. Da am Standort Dasselsbruch eine leichte Anreicherung mit  $^{15}\text{N}$  stattfand (Abschnitt 3.1.7.4), kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch hier eine Überschätzung der Transfer-N-Mengen erfolgte. Allerdings waren die applizierten  $^{15}\text{N}$ -Mengen sehr gering. Am Standort Reinshof wurden keine zusätzlichen  $^{15}\text{N}$ -Anreicherungen durchgeführt, so dass die ermittelten Transfer-N-Mengen auf dem natürlichen Vorkommen des  $^{15}\text{N}$  basierten.

Andere Autoren fanden bei Gemengen aus Luzerne und Poaceen in der Regel ähnliche Transfer-N-Mengen, wie bei den Luzerne-Wiesenschwingel-Gemengen an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch beobachtet wurden. HARDARSON et al. (1988) ermittelten einen N-Transfer von lediglich 3 bis 5 kg N ha<sup>-1</sup> in einem Gemenge aus *Medicago sativa* und *Lolium perenne*. Eine Transfer-N-Menge in Höhe von 5 kg ha<sup>-1</sup> wurde am Standort Reinshof im 2. HNJ (2000) ermittelt (Tab. 34). BURITY et al. (1989) stellten fest, dass die N-Mengen, die von Luzerne zu *Bromus inermis* transferiert wurden (7 bis 27 kg N ha<sup>-1</sup>), höher waren als die N-Mengen die von Luzerne zu *Phleum pratense* abgegeben wurden (4 bis 20 kg N ha<sup>-1</sup>). Die höchsten Transfer-N-Mengen, die in den vorliegenden Untersuchungen an den Standorten Reinshof und Dasselsbruch registriert wurden betragen allerdings nur 12 bzw. 11 kg N ha<sup>-1</sup>. WALLEY et al. (1996) ermittelten, soweit dies ersichtlich ist, mit 58 kg N ha<sup>-1</sup> die bisher höchsten gemessenen Transfer-N-Mengen in Gemengen aus Luzerne und einer Poacee (*Bromus riparius*). Allerdings wurden bei WALLEY et al. (1996) - im Gegensatz zu vielen anderen Autoren und den eigenen Untersuchungen - neben dem Schnittgut auch die Erntereste in die Berechnung einbezogen.

Die Vergleiche mit anderen Autoren zeigen für Rotklee-Poaceen-Gemenge oft höhere Transfer-N-Mengen als in den eigenen Versuchen, in denen maximal 21 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt wurden (Tab. 34). BOLLER & NÖSBERGER (1987) fanden Transfer-N-Mengen zwischen 14 und 42 kg ha<sup>-1</sup>. FARNHAM & GEORGE (1993) geben mit 58 kg ha<sup>-1</sup> den höchsten Wert an. Andererseits fand SCHNOTZ (1995) nur 12 kg N ha<sup>-1</sup> im ersten HNJ, doch sind die am Standort Reinshof ermittelten 4 bis 5 kg N ha<sup>-1</sup> noch immer vergleichsweise gering. Nur bei HEICHEL & HENJUM (1991) wurden Transfer-N-Mengen für das zweite HNJ angegeben. Diese beliefen sich auf 18 kg N ha<sup>-1</sup>. Gemengepartner von Rotklee war dabei *Phalaris arundinacea*. Die am Standort Reinshof ermittelten 15 kg N ha<sup>-1</sup> (2. HNJ) sind mit diesen Werten vergleichbar.

Soweit ersichtlich wurde in diesen Untersuchungen erstmals ein Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs von Persischem Klee zu Welschem Weidelgras nachgewiesen

(Tab. 34). Mit  $14 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  wurde eine im Vergleich mit anderen Arten durchschnittliche N-Menge transferiert. Jedoch betrug der Anteil der überführten N-Menge am Gesamt-Stickstoff des Welschen Weidelgrases im Gemenge nahezu 50 % (Tab. 35). Dies stellt im Vergleich mit den N-Anteilen der anderen Arten einen sehr hohen Wert dar. Eine Überschätzung der Transfer-N-Menge, wie sie von SCHMIDTKE (1997a) beschrieben wird, kann bei diesem Gemenge nicht ausgeschlossen werden.

Die in diesen Versuchen ermittelten Transfer-N-Mengen in den Gemengen aus Futterleguminosen und Poaceen (Tab. 34) sind, gemessen an den gesamt-pflanzlich akkumulierten N-Mengen (Tab. 19 bis 21), gering. Daher kann davon ausgegangen werden, dass eine Beeinflussung der N-Umsätze in einem Gemenge aus Futterleguminosen und Poaceen durch N-Transfer ebenfalls eher als gering einzuschätzen ist. Allerdings bleibt hier noch Klärungsbedarf: Einige Autoren konnten keinen N-Transfer in Gemengen nachweisen (NESHEIM & ØYEN 1994, SCHMIDTKE 1997a), andere Autoren stellten einen N-Transfer von beachtlicher Höhe fest (BOLLER & NÖSBERGER 1987 in einem Gemenge aus *Trifolium pratense* und *Lolium multiflorum*). Zu beachten ist weiterhin, dass unter Einbeziehung von Schnittgut, Stoppel- und Wurzelmasse höhere Transfer-N-Mengen festgestellt werden können (WALLEY et al. 1996), als in diesen Untersuchungen, wo lediglich das Schnittgut als Bezugsquelle diente. Von PEOPLES et al. (1995) wurden mehrere Wege angegeben, auf denen ein Stickstoff-Transfer im Gemenge vollzogen werden kann (Abschnitt 2.2). Dies demonstriert die Vielschichtigkeit der Wechselbeziehungen im Gemenge und den Bedarf weiterer Untersuchungen.

## **5.1.9 Varianzanalysen**

### **5.1.9.1 Luzerne-Reinsaat**

Die varianzanalytische Verrechnung der wichtigsten acht Parameter zeigte bei den Luzerne-Reinsaaten zahlreiche Unterschiede (Tab. A 23). Zur Verdeutlichung der Nomenklatur ist zunächst festzuhalten: Beim Faktor Jahr werden die Resultate der Versuchsanlagen A und B verglichen, die sich lediglich in ihrer zeitlichen Anordnung unterscheiden (Abschnitt 3.1.5). Die signifikanten Unterschiede der Parameter gesamt-pflanzlicher Ertrag ( $TM_{Bt}$ ), gesamt-pflanzliche Stickstoff-Menge ( $N_{Bt}$ ) und  $N_2$ -Fixierleistung ( $N_{fix}$ ) wurden durch mehrere Begebenheiten beeinflusst.

In Versuchsanlage B (Faktor Jahr) wurde bei Luzerne ein signifikant geringerer Ertrag im zweijährigen Anbau und eine signifikant geringere Stickstoff-Akkumulation im über- und zweijährigen Anbau gegenüber der Versuchsanlage A ermittelt. Als mögliche Ursachen kommen Unterschiede im Witterungsverlauf und im Klima zwischen den Versuchsjahren 1998, 1999 und 2000 in Frage (Abschnitt 3.1.4). Während nach der Aussaat Mitte August 1998 am Standort Dasselsbruch in den



folgenden Monaten ausreichend Niederschläge fiel, folgte nach der Aussaat 1999 eine monatelange Trockenheit (Abb. 7). Bei den Parametern  $TM_{Bt}$  und  $N_{Bt}$  konnten die Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Jahr und Standort darauf zurückgeführt werden, dass am Standort Reinshof in der Versuchsanlage B Ertragssteigerungen gegenüber der Versuchsanlage A beobachtet wurden. An den beiden anderen Standorten gingen in den gleichen Zeiträumen die Erträge, und damit auch die gesamt-pflanzlichen N-Mengen zurück. Die gleichen Effekte wurden auch beim Parameter symbiotisch fixierte N-Menge ( $N_{fix}$ ) im überjährigen Anbau beobachtet. Da im zweijährigen Anbau keine Wechselwirkung vorlag, kann bei näherer Betrachtung der Daten erkannt werden, dass dies u.a. auf den Abfall der  $N_2$ -Fixierleistung in der Versuchsanlage B gegenüber den Werten der Versuchsanlage A an allen Standorten zurückgeführt werden kann. Die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff ( $N_{Boden}$ ) zeigte die gleichen Wechselwirkungseffekte zwischen Jahr und Standort, wie die bereits genannten Faktoren  $TM_{Bt}$  und  $N_{Bt}$ . Im zweijährigen Anbau wurden bei der Sorte Europe signifikant niedrigere Boden-N-Aufnahmen festgestellt als bei den Sorten Franken neu und Orca. Möglicherweise wird dieses Ergebnis von den Korrekturfaktoren für die  $\delta^{15}N$ -Werte beeinflusst (Tab. 14), da die bodenbürtige N-Aufnahme über die Schätzung der symbiotischen Stickstoff-Fixierleistung berechnet wird (Differenz aus  $N_{Bt}$  und  $N_{fix}$ ).

Auf Grund der niedrigen pH-Werte in der Bodenlösung am Standort Dasselsbruch waren schlechte Voraussetzungen für die Bestandesetablierung von Luzerne gegeben. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass hier eine Ursache für die signifikant niedrigeren Erträge der Luzerne zu finden ist. Ferner lassen die hohen Beikraut-N-Mengen in der Versuchsanlage B annehmen (Tab. A 22), dass Luzerne zusätzlicher Konkurrenz ausgesetzt war und deshalb im Ertrag zurückging. Am Standort Oederquart waren bei den Luzerne-Beständen in der Versuchsanlage B teilweise N-Mangelsymptome (Blattaufhellungen) zu erkennen. Obwohl zu keinem Zeitpunkt eine Beimpfung des Luzerne-Saatgutes mit artspezifischen Rhizobien erfolgte, waren die Mängel im Wachstum in der Versuchsanlage B auffälliger als in Versuchsanlage A (Tab. 17, A 12).

Einige Parameter zeigten beim Faktor Standort eine Reihe von signifikanten Unterschieden. Die Harvest-Indices der Bestände am Standort Dasselsbruch waren in den meisten Fällen signifikant niedriger als an den anderen beiden Standorten. Gleichzeitig wurden in Dasselsbruch die niedrigsten Erträge und die niedrigsten Stickstoff-Akkumulationen registriert. Daraus könnte geschlossen werden, dass ein niedriger gesamt-pflanzlicher Ertrag (Schnittgut und Erntereste) mit niedrigen N-Harvest-indices einhergeht. Dagegen spricht ein signifikant höherer  $H_{NBt}$  am Standort Oederquart, der bei vergleichbar niedrigen Erträgen beobachtet wurde. Ferner bilden eine Reihe von Kulturpflanzen an Standorten mit sandigen Böden (geringe Feldkapazität) höhere Wurzelmassen (KÖHNLEIN & VETTER 1953). Dies war am Standort Dasselsbruch der Fall. Vergleiche für Luzerne liegen nicht vor, da diese

Leguminose normalerweise nicht auf saurem, sandigen Böden angebaut wird. Denkbar ist ein stärkerer Wurzeltiefgang der Luzerne am Standort Dasselsbruch. Diese wasserbedürftige Pflanze (GEISLER 1988, HEYLAND 1996) musste einen Weg finden, die während des Untersuchungszeitraumes auftretenden Trockenphasen zu überwinden. Weiterhin kann offenbar davon ausgegangen werden, dass die Erweiterung des Wurzelsystems zu Lasten der oberirdischen Pflanzenteile geht, besonders wenn Luzerne unter Stress leidet (Trockenheit, niedriger pH-Wert). Nach MOHR & SCHOPFER (1995) verschiebt sich das Spross/Wurzel-Verhältnis zu Gunsten der Wurzelmasse, wenn eine Pflanze zunehmend unter Nährstoffmangel leidet.

### 5.1.9.2 Rotklee-Reinsaat

Die dreifaktorielle Varianzanalyse zeigte bei den geprüften Parametern im Anbausystem Rotklee in Reinsaat (Tab. A 24) weit weniger signifikante Unterschiede als bei den Luzerne-Reinsaaten. Dieses Ergebnis ist aus den im Vergleich mit Luzerne homogeneren Erträgen an den drei Standorten herzuleiten. Das Verhältnis von Schnittgut zu Ernteresten ( $H_{NBt}$ ) war an jedem Standort relativ stabil. Die Variationsbreite von  $H_{NBt}$  über die Standorte betrug bei Rotklee im überjährigen Anbau 9 Prozentpunkte, während bei Luzerne 20 Prozentpunkte ermittelt wurden (Tab. 25 bis 27). Die Erträge und Stickstoff-Akkumulationen von Rotklee waren zwar am Standort Dasselsbruch am niedrigsten, allerdings wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Standorte festgestellt. Dies mag mit den hohen Standardabweichungen zusammenhängen, die für die meisten Prüfglieder am Standort Dasselsbruch ermittelt wurden. Auch Rotklee musste mit den schwierigen Witterungsbedingungen auskommen, die im Ansaatjahr der Versuchsanlage B am Standort Dasselsbruch herrschten. Dennoch wurde bei den meisten Parametern gegenüber der Versuchsanlage A kein entscheidender Unterschied gefunden. Infolge der breiten ökologischen Amplitude hinsichtlich der Reaktion auf pH-Werte der Bodenlösung erreichte Rotklee in der Regel gegenüber der Luzerne am Standort Dasselsbruch eine bessere Bestandesetablierung im Ansaatjahr. Am Standort Oederquart zeigte Rotklee gleichförmigere Erträge und höhere N-Akkumulationen als Luzerne, vermutlich weil die Besiedlung der Rotklee-Wurzeln mit wirtsspezifischen Rhizobien (*R. leguminosarum* bv. *trifolii*) höher war als bei Luzerne (AMARGER 2001).

Wie auch bei Luzerne wurden im Anbau über zwei HNJ beim Parameter  $N_{Boden}$  signifikante Unterschiede zwischen den Sorten registriert. Diese Unterschiede betreffen die Sorte Odenwälder Rotklee, dessen Stickstoff-Aufnahme aus dem Boden um durchschnittlich 49 bzw. 84 kg N ha<sup>-1</sup> (über- und zweijähriger Anbau) geringer war als bei den anderen Sorten (Tab. A 10, A 16, A 21). Laut BUNDESSORTENAMT HANNOVER (1999) ist die diploide Sorte Odenwälder Rotklee schon vor 1953 zugelassen worden, während die tetraploide Sorte Titus erst 1994 zugelassen wurde. Die Resultate deuten darauf hin, dass diese neuere Sorte durch

die züchterische Bearbeitung offenbar ein leicht höheres Aneignungsvermögen für Stickstoff aus dem Boden aufweist.

Obwohl für die Faktoren Jahr, Standort und Sorte bei nur wenigen Parametern signifikante Unterschiede auftraten, wurden indes bei einer Reihe von Parametern Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Jahr und Standort sowie Jahr und Sorte festgestellt. Genau wie bei Luzerne gab es auch bei Rotklee hinsichtlich der Parameter gesamt-pflanzlicher Ertrag und gesamt-pflanzliche N-Menge starke Wechselwirkungseffekte zwischen den Jahren und den Standorten. Im Gegensatz zu Luzerne beruht dieser Effekt allerdings auf den Anstiegen der betreffenden Parameter in Versuchsanlage B (2000 und 2001) am Standort Oederquart. Im gleichen Zeitraum wurden jedoch an den Standorten Reinshof und Dasselbruch niedrige Daten als in Versuchsanlage A (1999 und 2000) beobachtet. Die Rotklee-Reinsaaten sind die einzige geprüfte Variante, in der bei einigen Stickstoff-Parametern ( $N_{Bt}$ ,  $N_{fix}$ ) zumindest im überjährigen Anbau am Standort Oederquart höhere Ergebnisse erzielt wurden als am Standort Reinshof.

### **5.1.9.3 Persischer Klee in Reinsaat**

Beim Persischen Klee in Reinsaat wurden zweifaktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren Sorte und Standort durchgeführt (Tab. A 25). Die Anbaujahre 1999 und 2000 wurden nicht verglichen, da am ertragreichsten Standort (Reinshof) im Jahre 2000 auf Grund einer Pilzinfektion ein Totalausfall verzeichnet wurde.

Der TM-Harvest-Index und der N-Harvest-Index waren im HNJ 1999 am Standort Dasselbruch signifikant geringer als an den Standorten Reinshof und Oederquart (Tab. 25 bis 27). Dies ging einher mit den niedrigsten Erträgen und der niedrigsten gesamt-pflanzlichen N-Akkumulation ( $N_{Bt}$ ) am Standort Dasselbruch. Damit zeigte auch die dritte geprüfte Futterleguminosenart am Standort Dasselbruch neben den geringsten Erträgen die geringsten Harvest-Indices. Im HNJ 2000 war am Standort Dasselbruch  $N_{dfa}$  signifikant höher als am Standort Oederquart. Dies könnte mit der späten Aussaat (Tab. A 1) und der schlechten Bestandesetablierung von Persischem Klee am Standort Oederquart erklärt werden. Eine Frühjahrsblanksaat kann an diesem Standort zum Problem werden, wenn die Befahrbarkeit des Marschbodens u.a. durch die Witterung eingeschränkt ist. Sorteneffekte wurden in diesem Nutzungssystem bei keinem Parameter verzeichnet.

### **5.1.9.4 Futterleguminosen im Gemenge mit Poaceen**

Beim Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wurde für die acht bedeutsamsten Parameter eine zweifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt (Tab. A 26). Da hier nur je eine Sorte bei den Gemengepartnern eingesetzt wurde, entfiel der Faktor Sorte. Für den Faktor Standort wurden sowohl im überjährigen, als auch

im zweijährigen Anbau signifikante Unterschiede bei den Parametern gesamt-pflanzlicher Ertrag ( $TM_{Bt}$ ) und N-Harvest-Index ( $H_{Nbt}$ ) festgestellt. Die gesamt-pflanzlichen Erträge waren am Standort Reinshof signifikant höher als an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch. Die Ursache ist in den bereits genannten Unterschieden in der Gemengezusammensetzung zu suchen. Die Unterschiede beim Parameter N-Harvest-Index zeigten ein anderes Muster. Hier waren die Werte am Standort Dasselsbruch im einjährigen Anbau signifikant niedriger als am Standort Reinshof, im zweijährigen Anbau waren sie am Standort Dasselsbruch signifikant niedriger als an beiden anderen Standorten. Bei den Reinsaaten (Luzerne und Rotklee) wurde desgleichen aus bereits genannten Gründen am Standort Dasselsbruch der geringste N-Harvest-Index aufgefunden.

Der Parameter Stickstoff-Anteil aus der Luft ( $Ndfa$ ) zeigt für den zweijährigen Anbau signifikante Unterschiede bei den Faktoren Jahr und Standort. Am Standort Reinshof war  $Ndfa$  mit ca. 70 % (im Mittel über die Versuchsanlagen) signifikant höher als an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch (je ca. 27 %). Die bisherigen Vermutungen (mangelnde Infizierung mit Rhizobien) kommen auch hier als Begründung in Frage. Der Unterschied zwischen den Jahren (Versuchsanlagen) wurde hauptsächlich durch die stark differierende Etablierung der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel am Standort Dasselsbruch verursacht (Tab. A 17 und A 19). Beim Parameter  $N_{Boden}$  wurden in der Versuchsanlage B signifikant höhere Werte als in der Versuchsanlage A (überjähriger Anbau) ermittelt. Zusätzlich ist noch eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren Standort und Jahr beobachtet worden. Eine Erklärung liefert die Tatsache, dass in der Versuchsanlage A die Boden-N-Aufnahme an allen Standorten einen relativ engen Wertebereich umfasste (82 bis 96 kg ha<sup>-1</sup>, Tab. A 10, A 16 und A 21), während in der Versuchsanlage B die Boden-N-Aufnahme am Standort Dasselsbruch abnahm (71 kg ha<sup>-1</sup>) und am Standort Reinshof zunahm (168 kg ha<sup>-1</sup>). Im zweijährigen Anbau wurden schließlich beim Parameter N-Saldo in der Versuchsanlage A (-73 kg N ha<sup>-1</sup>) signifikant höhere Bilanzsalden als in der Versuchsanlage B (-115 kg N ha<sup>-1</sup>) beobachtet. Ursache waren die gegenüber Versuchsanlage A an allen Standorten geringeren N-Anteile aus der Luft ( $Ndfa$ ) in der Versuchsanlage B, während  $H_{Nbt}$  gleichzeitig anstieg.

Die zweifaktorielle Varianzanalyse die beim Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (Tab. A 27) durchgeführt wurde, zeigte bei vier Parametern signifikante Unterschiede zwischen den Standorten. Dies waren die Parameter gesamt-pflanzlicher Ertrag ( $TM_{Bt}$ ), N<sub>2</sub>-Fixierleistung ( $N_{fix}$ ) sowie die Harvest-Indices ( $H_{TM_{Bt}}$  und  $H_{Nbt}$ ). Diese Standorteffekte waren, wie auch bei den bisher betrachteten Nutzungssystemen, hauptsächlich auf die mäßigen Wuchsbedingungen am Standort Dasselsbruch zurückzuführen. Bei den Parametern  $TM_{Bt}$ ,  $H_{TM_{Bt}}$  und  $H_{Nbt}$  waren die Ergebnisse am Standort Dasselsbruch signifikant niedriger als an den anderen Standorten. Die bereits diskutierten Gründe, wie der niedrige pH-Wert und die suboptimale Wasserversorgung könnten auch beim

Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge für die Ergebnisse am Standort Dasselbruch verantwortlich sein.

Die symbiotisch fixierten N-Mengen (Parameter  $N_{fix}$ ) waren am Standort Reinshof signifikant höher als an den Standorten Oederquart und Dasselsbruch. Die beobachtete Wechselwirkung beim Parameter  $N_{fix}$  ist auf die geringen  $N_{fix}$ -Mengen in der Versuchsanlage A am Standort Dasselsbruch zurückzuführen. An den Standorten Reinshof und Oederquart fanden sich im Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge der Versuchsanlage B geringere  $N_2$ -Fixierleistungen als in der Versuchsanlage A. Umgekehrt verhielt es sich am Standort Dasselsbruch, da in der Versuchsanlage A auf Grund mangelnder Rotklee-Etablierung im Gemenge nur ein niedriges Niveau bei der symbiotischen  $N_2$ -Fixierleistung erreicht wurde (155 kg N ha<sup>-1</sup> in der Summe aus zwei HNJ, Tab. 24). Mit dem gleichen Effekt ist die Wechselwirkung beim Parameter  $H_{NBt}$  im überjährigen Anbau zu erklären.

Für das Nutzungssystem Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras wurde bei acht Parametern eine einfaktorielle Varianzanalyse getrennt nach Untersuchungsjahren durchgeführt (Tab. A 28). Im Untersuchungsjahr 1999 wurden bei keinem Parameter signifikante Unterschiede zwischen den Standorten beobachtet, obwohl die symbiotisch fixierte N-Menge am Standort Reinshof mehr als doppelt so hoch war wie am Standort Oederquart (Tab. 22 und 24). Im Untersuchungsjahr 2000 wurden nur die Standorte Oederquart und Dasselsbruch verglichen. Bei fünf Parametern ( $H_{TMBt}$ ,  $N_{fix}$ ,  $N_{Boden}$ ,  $N_{dfa}$  und N-Saldo) wurden am Standort Dasselsbruch signifikant höhere Werte als am Standort Oederquart registriert. Hauptursache war die schlechte Etablierung des Persischen Klees als Bestandekomponente im Gemenge mit Welschem Weidelgras am Standort Oederquart. Der Schnittgut-Ertragsanteil des Persischen Klees betrug hier lediglich 6,5 %, während am Standort Dasselsbruch insgesamt 79 % des Schnittgutes aus Persischem Klee bestand.

## 5.2 Abschnitt 2 - Ableitung von Kalkulationstabellen

Bisher existierte nur ein Modell zur Ableitung der vereinfachten und erweiterten Stickstoff-Flächenbilanz beim Anbau von Futterleguminosen in Reinsaat (SCHMIDTKE 2001). Die vorliegenden Kalkulationstabellen für Rotklee und Luzerne (SCHMIDTKE 2001) wurden auf nun breiterer experimenteller Basis in dieser Arbeit neu erstellt. Für Persischen Klee wurden hier erstmals entsprechende Kalkulationstabellen angefertigt. Für den Anbau von Futterleguminosen (Rotklee, Luzerne und Persischer Klee) im Gemenge mit Gräsern wurde ein neues Kalkulationsverfahren entwickelt und entsprechende Kalkulationstabellen erstellt (Abschnitt 3.2 und 4.2). Bestehende Verfahren (SCHUVO 1996, HEYN et al. 2002) haben lediglich Schnittguterträge einbezogen. Das bodenbürtige Stickstoff-Angebot, Ernterestmengen und Stickstoff-Rhizodeposition werden offenbar bei HEYN et al. (2002) nicht berücksichtigt, weshalb

die bisher genutzten Verfahren die tatsächlichen N-Flüsse nur unzureichend widerspiegeln dürften. Zudem ist nicht erkennbar, auf welcher experimentellen Datenbasis HEYN et al. (2002) ihre Kalkulationsverfahren abgeleitet haben. Die eigenen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Aufnahme von Bodenstickstoff an den Standorten durch die Futterleguminosenbestände sehr unterschiedlich hoch ausfallen kann: Bei Luzerne finden sich bodenbürtige Stickstoff-Aufnahmen zwischen 18 und 249 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, bei Rotklee zwischen 47 und 188 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, bei Persischem Klee zwischen 51 und 111 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Tab. A 10, A 16 und A 21). Deshalb kann für ein treffgenaues Kalkulationsverfahren auf die Einbeziehung des bodenbürtigen N-Angebotes nicht verzichtet werden, da jede N-Aufnahme aus dem Boden die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierleistung sowie den Stickstoff-Flächenbilanzsaldo noch stärker spiegelbildlich vermindern.

### **5.2.1 Wahl der Standorte**

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Hannover durchgeführt. Ziel war es, eine umfangreiche Erhebung der Ertragsparameter beim Anbau von Futterleguminosen vorzunehmen, um die N-Flüsse in einem Leguminosenbestand nachvollziehen zu können. Um eine breite Datenbasis für die abzuleitenden Schätzverfahren zu erlangen, wurden innerhalb Niedersachsens Standorte ausgewählt, die sich hinsichtlich Klima und Boden möglichst stark unterschieden. Der Vergleich der Standortverhältnisse (Abs. 3.1.3 und 3.1.4) der für die Untersuchung ausgewählten Orte zeigt deutliche Unterschiede bei der nFKWe, Bodenart und Bodenreaktion sowie beim Witterungsverlauf während des Untersuchungszeitraumes. Da an allen Standorten im Wesentlichen einheitliche Methoden bei Meßmethodik und Probenahme angewandt wurden, lagen gute Voraussetzungen vor, um vergleichbare Daten zu erhalten.

### **5.2.2 Vergleich der Schätzverfahren**

Bisherige Verfahren zur Schätzung der Stickstoff-Fixierleistung gehen von grob vereinfachten Faustzahlen aus. So werden beispielsweise im Leitfaden zur Umsetzung der Düngeverordnung in Hessen (HEYN et al. 2002) Nährstoffvergleiche auf Einzelschlagbasis vorgeschlagen. Darüber hinaus werden bei HEYN et al. (2002) Nährstoffvergleiche auf Feld-Stall-Basis und Hoftorbasis vorgeschlagen, in denen u.a. die symbiotische Stickstoff-Bindung durch Leguminosen im Ackerbau berücksichtigt werden soll. Für die Bestimmung der Stickstoff-Fixierleistung der Leguminosen, werden in Tabellen Faustzahlen für folgende Nutzungssysteme angegeben: Luzerne in Reinsaat, Luzernegras (zwei Angaben zu Mischungsverhältnissen von Luzerne zu Gras), Rotklee in Reinsaat und Rotklee gras (zwei Angaben zu Mischungsverhältnissen von Rotklee zu Gras). Die zu erwartenden luftbürtigen Stickstoff-Mengen werden dabei ausschließlich auf Frischmasse-Erträge

bezogen. Unabhängig vom Standort oder von der Nutzungsdauer werden für einzelne Arten Stickstoff-Mengen festgelegt, z.B.  $285 \text{ kg N ha}^{-1}$ , wenn mit Luzerne  $500 \text{ dt FM ha}^{-1}$  geerntet wurden (Tab. 49).

Um Stickstoff-Flächenbilanzen berechnen zu können, werden an anderer Stelle in HEYN et al. (2002) durchschnittliche N-Gehalte für die Sprossmasse angegeben, um auf den Frischmasse-Ertrag bezogene Gesamt-N-Mengen berechnen zu können, die mit dem Erntegut der Fläche entzogen werden. Für Luzerne werden beispielsweise  $0,57 \text{ kg N dt}^{-1} \text{ FM}$  angegeben. Nach diesen Vorgaben würde bei einem Luzerne-Ertrag von  $500 \text{ dt FM ha}^{-1}$  an jedem Standort ein negativer N-Saldo in Höhe von  $-15 \text{ kg N ha}^{-1}$  veranschlagt werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Vernachlässigung der Stickstoff-Mengen, die mit den Ernteresten auf der Fläche verbleiben. Die vorgestellten Faustzahlen finden sich in ähnlicher Form u.a. in SCHUVO (1996). SCHMIDTKE (2001) bemängelte diese Anwendungsweise von Faustzahlen im Feldfutterbau, da die  $\text{N}_2$ -Fixierung von Leguminosen großen Streuungen unterworfen ist. Um die Unterschiede zwischen den Verfahren zu verdeutlichen, soll im folgenden ein Stickstoff-Flächenbilanzsaldo mit Faustzahlen sowie mit den in den Feldversuchen gewonnen Daten dargestellt werden.

Tab. 49: Faustzahlen zur Ermittlung der symbiotischen Stickstoff-Fixierung beim Anbau von Futterleguminosen. Zitat aus HEYN et al. (2002)

Futter-leguminosen	Mischung		Ø FM dt / ha	N-Leg. kg / dt	N-Leg. kg / ha
Luzerne			500	0,57	285
Luzernegras	Luzerne:Gras	50:50	500	0,31	155
Luzernegras	Luzerne:Gras	70:30	500	0,38	190
Rotklee			500	0,47	235
Kleegras	Klee:Gras	50:50	500	0,27	135
Kleegras	Klee:Gras	70:30	500	0,34	170

Am Standort Reinshof wurde mit Luzerne im überjährigen Anbau (HNJ 1999) ein mittlerer jährlicher Schnittgut-FM-Ertrag in Höhe von  $573,1 \text{ dt ha}^{-1}$  erzielt. Dieser Wert bildete die Grundlage für beide Rechenwege. Die aus den Feldversuchen ermittelte symbiotische Fixierleistung betrug  $408,7 \text{ kg N ha}^{-1}$  (bezogen auf Schnittgut und Ernterestmenge), die mit dem Schnittgut abgefahrenen N-Menge betrug  $367,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Demnach wurde ein N-Fächenbilanzsaldo in Höhe von  $+41 \text{ kg N ha}^{-1}$  festgestellt (Tab. 28). Wird der oben genannte Schnittgut-FM-Ertrag vom Standort Reinshof mit den bei HEYN et al. (2002) vorgeschlagenen Faustzahlen verrechnet, so ergibt sich ein N-Fächenbilanzsaldo in Höhe von  $-17,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Beim Vergleich der Rechenverfahren resultiert damit ein Unterschied zwischen den Verfahren in Höhe von  $58,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Hierbei sind allerdings die über Rhizodeposition in den Boden eingetragenen Stickstoff-Mengen noch nicht berücksichtigt.

### 5.2.3 Beziehungen zwischen Parametern

Wie in Abschnitt 4.2 gezeigt wurde, können zwischen Ertragsparametern und Stickstoff-Parametern oder zwischen Stickstoff-Parametern unterschiedlicher Pflanzenteile (Spross und Erntereste) Beziehungen hergestellt werden. Die Qualität dieser Beziehungen entscheidet, ob eine treffgenaue Ableitung von Kalkulationsdaten möglich ist. Die Datenbasis, die für Reinsaat-Nutzungssysteme (mehrere Sorten pro Art) zur Verfügung stand, war größer als bei den Nutzungssystemen mit Gemengesaaten (nur ein Prüfglied mit einer Sorte). Demgegenüber ist die Tatsache herauszustellen, dass Daten von drei unterschiedlichen Standorten eine hohe Variationsbreite an Schnittguterträgen und N-Mengen in der pflanzlichen Biomasse erbrachten. Aus diesem Grund wurden bei den im Abschnitt 4.2.1 beschriebenen Regressionen die Ergebnisse aller Standorte zu einem Datensatz vereinigt.

Da die Erträge von Futterleguminosen im Feldfutterbau als Frischmasse angegeben werden (SCHUVO 1996, HEYN et al. 2002), wurden in dieser Arbeit Beziehungen zwischen den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Erträgen und den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Erträgen hergestellt. Diese Vorgehensweise war notwendig, da alle gemessenen N-Gehalte in Pflanzenproben auf Trockenmassen bezogen werden müssen. Bei allen Nutzungssystemen wurden sehr enge nicht-lineare oder lineare Beziehungen zwischen den Frischmasse- und Trockenmasse-Erträgen ermittelt. Bei den Reinsaat-Nutzungssystemen wurden dabei sehr breite Ertragsspannen abgedeckt, so dass eine praktische Anwendung problemlos möglich erscheint. Die Anwendung von jeweils drei Sorten bei Rotklee und Luzerne garantiert zwar einerseits eine hohe Variationsbreite bei den Ergebnissen, andererseits unterschieden sich die drei Sorten jeweils in ihrem Alter der Zulassung beim Bundessortenamt (BUNDESSORTENAMT HANNOVER 1999). In Einzelfällen waren die Schnittgut-TM-Erträge der moderneren Sorten signifikant höher als die der älteren Sorten (z.B. Tab. A 17). Möglicherweise sollten in zukünftigen Feldversuchen Unterschiede beim Faktor Sorte stärker herausgearbeitet werden. Denkbar wären beispielsweise Vergleiche mehrerer tetraploider Sorten von Rotklee, die in der Anbaupraxis einen anderen Stellenwert besitzen als diploide Rotklee-Sorten.

Mit Hilfe von Regressionsanalysen (Kap. 4.2) wurde die Beziehung zwischen den maßgeblichen Parametern für die Ableitung des Kalkulationsverfahrens beschrieben. Zwischen dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und dem Schnittgut-Frischmasse-Ertrag sowie zwischen dem Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag und der N-Menge im Schnittgut waren über alle Standorte sehr enge Beziehungen zu beobachten. Weniger eng war in der Regel die Beziehung zwischen der N-Menge in den Ernteresten bzw. dem N-Harvest-Index und der Schnittgut-N-Menge (Abb. 24, A 10, A 21, A 26, A 34). Ein wesentlicher Bestandteil der Erntereste war die Wurzelmasse. Im Untersuchungszeitraum wurde die Wurzelmasse der Leguminosen mit hohem



Aufwand erfasst. Dennoch war bei einigen Nutzungssystemen die Streuung des Wurzelmasse-Ertrages zwischen den drei Wiederholungen eines Prüfgliedes an einem Standort deutlich größer als die Streuung des Ertrages an oberirdischer Biomasse. Daraus resultierten weniger enge Beziehungen zwischen der Schnittgut-N-Menge und der Ernterest-N-Menge bzw. dem N-Harvest-Index.

Die Varianzanalysen zeigten, dass bei einigen Parametern signifikante Unterschiede zwischen den Standorten auftraten. Der N-Harvest-Index war ein bedeutsamer Parameter, da dieser den relativen Anteil der Ernterestmenge bei einer Kultur beschreibt. Im Fall der Luzerne ergaben sich am Standort Dasselsbruch signifikant niedrigere N-Harvest-Indices als an den anderen Standorten. Luzerne wird wegen ihres geringen Ertragspotentials bei niedrigen pH-Werten in der Bodenlösung sowie bei schlechter Wasserversorgung nicht an Standorten mit diesen Bedingungen angebaut. Deshalb wurden keine gesonderten Kalkulationstabellen für Luzerne am Standort Dasselsbruch erstellt.

Die N-Harvest-Indices der Luzerne waren am Standort Oederquart relativ hoch und am Standort Dasselsbruch relativ niedrig, obwohl an beiden Standorten die gesamt-pflanzlichen N-Mengen ( $N_{Bt}$ ) annähernd auf dem gleichen niedrigen Niveau angesiedelt waren. Bei der Ableitung der Kalkulationstabellen für Luzerne wurde auf die Daten von den Standorten Oederquart und Dasselsbruch zurückgegriffen, weil nicht auszuschließen war, dass am Standort Oederquart bei einer normalen Infizierung mit artspezifischen Rhizobienstämmen ein niedrigerer  $H_{NBt}$  aufgetreten wäre. Die aus den vorliegenden Daten bei niedrigem Ertragsniveau regressionsanalytisch abgeleiteten mittleren N-Harvest-Indices spiegeln so möglicherweise die durchschnittliche Situation bei niedrigen Erträgen der Luzerne besser wider, als die jeweils am Standort Dasselsbruch und Oederquart gemessenen N-Harvest-Indices.

#### **5.2.4 Schätzverfahren für Gemenge**

Die hier gezeigten Schätzverfahren für Gemenge werden in dieser Form erstmals vorgestellt. Es wurde versucht, Beziehungen zwischen den Ertragsparametern und den N-Parametern der Gemengepartner herzustellen. Zwischen den TM-Erträgen und den Frischmasse-Erträgen der Bestandekomponenten wurden enge Beziehungen gefunden. Des Weiteren bestanden enge Beziehungen zwischen den Schnittgut-TM-Mengen und den Schnittgut-N-Mengen. An den Standorten Oederquart und Dasselsbruch wurden im Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge oft nur geringe Ertragsanteile beim Leguminosen-Gemengepartner erreicht, während am Standort Reinshof genau umgekehrte Verhältnisse vorlagen. Bei den Rotklee-Wiesenschwingel-Gemengen schwankte der Ertragsanteil der Gräser zwischen 2 % und 40 %. Gemenge mit Rotklee-Ertragsanteilen unter 50 % kamen nicht vor.

Obwohl die Ertragsanteile der Gräser zwischen den Standorten erheblich schwankte, wurden lineare Beziehungen zwischen den Schnittgut-TM-Erträgen und den Schnittgut-N-Mengen hergestellt. Die Beziehungen zwischen den N-Mengen des Schnittgutes und Ernterest-N-Mengen waren schwächer als zwischen den anderen Parametern, allerdings immer noch hoch (Bestimmtheitsmaße von 0,55 bis 0,85). Die entsprechenden Funktionsgleichungen wurden im Schätzverfahren verwendet.

Obwohl der Grenzstandort Dasselsbruch bei vielen wichtigen Parametern (z.B.  $H_{NBI}$ ) signifikante Unterschiede zu den anderen Standorten zeigte, kann dieser Versuch einer Ableitung von Kalkulationstabellen einen ersten Ansatz für das weitere Vorgehen liefern.

Die Erfahrungen der vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass zukünftige Feldversuche, die eine Schaffung von Datengrundlagen zum Ziel haben, kritische Punkte beachten müssen. Dazu zählt die Erfassung der Ernterestmengen, die Ermittlung von Beziehungen zwischen Schnittgut und Ernteresten, die Einbeziehung verschiedener Mischungsvarianten und die Berücksichtigung der Bestandeszusammensetzung eines Gemenges aus Futterleguminose und Gras. Die in das Kalkulationsverfahren einfließenden residualen  $N_{min}$ -Mengen im Boden wurden lediglich als Mittelwerte verrechnet. Hier besteht noch Nachbesserungsbedarf.

Es ist nicht auszuschließen, dass unterschiedliche Ertragsanteile von Leguminose und Gras im Gemenge die Stickstoff-Konzentrationen und die absoluten Stickstoff-Mengen in Spross und Wurzel beider Bestandekomponenten beeinflussen. Leguminose und Gras stehen in Konkurrenz um bodenbürtige Nährstoffe. Die horizontale und vertikale Verteilung und Zusammensetzung des Wurzelsystems ändert sich mit den Mischungsanteilen der Gemengepartner. Damit ändert sich auch die Nährstoff- und Wasseraufnahme bei Gemengen mit unterschiedlichen Mischungsanteilen. Zum Beispiel ist bekannt, dass mit steigendem TM-Ertragsanteil der Leguminose in der Regel auch der Stickstoff-Transfer von der Leguminose zum Gras anwächst (BROPHY et al. 1987). Viele Futterleguminosenarten bilden tiefreichende Pfahlwurzelsysteme (KUTSCHERA 1960) und können so Nährstoff- und Wasservorräte im Unterboden besser nutzen als Gräser, die zumeist nur eine geringe oder mittlere Wurzelverbreitung im Unterboden aufweisen (VETTER & SCHARAFAT 1964).

Für zukünftige Untersuchungen wären deshalb Kalkulationen für exakte Mischungsverhältnisse beim Gemengeanbau zu empfehlen. Diese sollten die in der Praxis gebräuchlichen Gemengeanteile von Leguminose und Gras widerspiegeln (z.B. 70 : 30 und 50 : 50). Besonderheiten der Standorte sollten bei der Auswahl der Arten oder bei der zu wählenden Ansaatstärke berücksichtigt werden.

### 5.2.5 Erweiterte N-Flächenbilanzsalden und N-Rhizodeposition

Die Abgabe von Kohlenstoff über die Pflanzenwurzel in den Boden (Rhizodeposition) wurde bereits intensiv erforscht (MARSCHNER 1995, MERBACH et al. 1999, HÜTSCH et al. 2002). Weniger Arbeiten beschäftigen sich mit der Abgabe von Stickstoff in die Rhizosphäre über die Rhizodeposition. Diese kann hohe Raten erreichen. So beobachtete JANZEN (1990) bei Weizen, dass bis zu 33 % des gesamt-pflanzlichen Stickstoffs während der Vegetationsperiode über die Rhizodeposition abgegeben werden können. MERBACH et al. (2000) schätzten, dass die Netto-Stickstoff-Abgabe bei Weizen-Wurzeln ca.  $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  beträgt.

Untersuchungen, die sich mit der N-Abgabe bei Leguminosen befassen, sind relativ selten (TA et al. 1986, WACQUANT et al. 1989, LORY et al. 1992, JENSEN 1996). So fanden TA et al. (1986) in den Wurzelausscheidungen von Luzerne verschiedene Aminosäuren und Ammonium. Dabei wurde zudem nachgewiesen, dass die abgegebenen Stickstoff-Verbindungen aus der symbiotischen  $\text{N}_2$ -Fixierung stammten. WACQUANT et al. (1989) wiesen Nitrat in den Wurzelausscheidungen von Rotklee nach. In Feld- und Gefäßversuchen mit *Medicago sativa* haben LORY et al. (1992) nur sehr geringe symbiotisch fixierte N-Mengen gefunden (maximal  $2 \text{ kg ha}^{-1}$ ), die von den Wurzeln und Knöllchen direkt in die sie umgebende Bodenbereiche (Rhizosphäre) abgegeben wurden. Allerdings wurden hier nur die Bodenschichten untersucht, die unmittelbar an den Fein- und Pfahlwurzeln anhafteten. Hinsichtlich der gesamt-pflanzlichen Stickstoff-Menge fand JENSEN (1996) bei Erbsen eine N-Rhizodeposition in Höhe von 7 %. Nach Untersuchungen von MAYER et al. (2003) könnte die N-Rhizodeposition den Schlüssel darstellen, um die positiven Vorfruchteffekte der Körnerleguminosen zu verstehen.

Absterbende Wurzeln, Stoppelreste und Blattfall wurden schon vor 40 Jahren als Ursache für eine Anreicherung des Bodens mit organischen N-Verbindungen erkannt (MENGEL 1961). Darüber hinaus wurde beobachtet, dass während der Vegetationsperiode eine Remineralisation dieser abgegebenen organischen N-Verbindungen stattfand. Eine Quantifizierung dieser Stickstoff-Mengen konnte im Rahmen dieser Untersuchungen allerdings nur indirekt geschätzt werden. Gleichwohl wurde auf Grund der Bedeutung der Rhizodeposition bei Futterleguminosen auf eine Einbeziehung dieser N-Mengen in einen erweiterten Stickstoff-Flächenbilanzsaldo nicht verzichtet. Untersuchungen von HØGH-JENSEN & SCHJØRRING (2001) zeigten sehr hohe N-Rhizodepositionsraten für Rotklee und Weißklee in Weideland (56 bzw. 91 % der gesamt-pflanzlichen Stickstoff-Menge). SCHMIDTKE (2001) verwendete diese Ergebnisse sowie Ableitungen aus Feldversuchsdaten von KUNZMANN (1972), um die N-Rhizodeposition beim Anbau von Futterleguminosen zu schätzen (Tab. 15).

In den vorliegenden Untersuchungen wurde bei sechs von zehn Nutzungssystemen ein erweiterter Stickstoff-Flächenbilanzsaldo auf Basis der in Tab. 15 angegeben

Stickstoff-Anteilen aus der Rhizodeposition sowie aus der Remineralisation abgeleitet. In Abschnitt 4.2.2.1 (Schritt 5) wurde beispielhaft dargelegt, wie eine Ableitung aus vereinfachten Stickstoff-Flächenbilanzen zu erweiterten Stickstoff-Flächenbilanzen berechnet wurde. Auf Grund der schmalen Datenbasis, auf der diese Berechnungen gründen (SCHMIDTKE 2001, HØGH-JENSEN & SCHJØRRING 2001, KUNZMANN 1972) müssen weitere Versuchsserien diesen bedeutsamen Aspekt der Stickstoff-Umsetzung beim Futterleguminosen-Anbau näher beleuchten.

## **6 Schlussfolgerungen und Ausblick**

### **6.1 Feldversuche**

Futterleguminosenarten wie Rotklee, aber insbesondere Luzerne bilden beträchtliche Mengen an Wurzelmasse, die als Ernterest auf der Fläche verbleiben. Um eine treffgenaue Schätzung der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierleistungen zu erreichen, scheint neben der Ermittlung der Schnittgutmengen die Einbeziehung der Ernterestmengen geboten zu sein. Dies ist bisher bei relativ wenigen Arbeiten geschehen (Tab. 1 bis 3). Die Berechnung der vereinfachten Stickstoff-Flächenbilanz bietet die Möglichkeit der Saldierung von Stickstoff-Flüssen im Futterleguminosen-Anbau. In einigen Fällen sind noch Schwierigkeiten zu überwinden. Insbesondere bei den Auswertungen für zweijährigen Anbau wurden in vielen Fällen stark negative vereinfachte N-Salden beobachtet. Gerade bei zweijährigen Anbau von Futterleguminosen wurde die Ernterestmenge möglicherweise unterschätzt. Zuwachsbezogene Verrechnungen der Ernterestmenge bei bestimmten Schnittfrequenzen könnten eine Verbesserung darstellen (REITER 2002). Gleichwohl erfordert diese Vorgehensweise Probenahmen der Wurzelmasse zu jedem Schnitttermin. Dies würde bedeuten, dass die ohnehin aufwändige Probenahme von unterirdischer Biomasse ausgeweitet werden müsste.

Ein wichtiger Grund für die beobachteten negativen vereinfachten Stickstoff-Flächenbilanzsalden liegt wahrscheinlich darin, dass die N-Rhizodeposition nicht berücksichtigt wurde (SCHMIDTKE 2001, HØGH-JENSEN & SCHJØRRING 2001, MAYER et al. 2003). Aus der Rhizodeposition stammende Stickstoffmengen wurden in den durchgeführten Feldversuchen nicht erfasst, da verschiedene Prozesse im Boden (z.B. absterbende Wurzeln während der Vegetationsperiode, Abgabe von organischen Säuren) in diesen Untersuchungen nicht nachgewiesen werden konnten.

## 6.2 Ableitung von Kalkulationstabellen

Durch die Anwendung der hier vorgestellten Kalkulationstabellen können gegenüber älteren Verfahren (Faustzahlen) einige Vorteile erreicht werden:

- Einbeziehung der Ernterestmengen in die Bilanzierung
- Einbeziehung der residualen  $N_{\min}$ -Mengen in die Bilanzierung
- Bilanzierungen für Gemenge
- Bilanzierungen für Nutzungssysteme mit unterschiedlichen Anbauzeiträumen
- treffgenauere Bilanzierung bei sehr hohen oder sehr niedrigen Erträgen

Dennoch zeigte sich, dass mit den angewandten Kalkulationsverfahren zur Ermittlung vereinfachter N-Flächenbilanzen in vielen Fällen negative Salden erzielt wurden. Dies steht im deutlichen Widerspruch zu den Erfahrungen beim Anbau von Leguminosen. Neben den hohen Vorfruchtwert, der im allgemeinen durch die Hinterlassung der Erntereste erreicht wird (PÄTZOLD 1956), werden in der Regel weitere positive Effekte beim Leguminosenanbau beobachtet (z.B. Humusmehrung, KÖNEKAMP 1957). Es ist anzunehmen, dass die Einführung von erweiterten Bilanzierungsverfahren unter Einbeziehung der Stickstoff-Rhizodeposition eine verbesserte Saldierung erbringen wird. Dieser Forschungsansatz steht allerdings erst am Anfang und es bedarf weiterer Feld- und Gefäßversuche um vorhandene Kenntnisse zu vertiefen.

Die Bilanzierung von Nährstoffeinträgen in die Umwelt gewinnt zunehmend auf nationaler und internationaler Ebene an Bedeutung (PARCOM 1993, BØCKMAN 1997, BACH & FREDE 1998, ISERMANN & ISERMANN 1998, MOSIER 2001, MOSIER 2002). Ziel sollte es daher sein, die Methoden zur Ermittlung der symbiotisch fixierten Stickstoff-Mengen beim Anbau von Futterleguminosen weiter zu verfeinern. Verbesserte Schätzverfahren können helfen, Stickstoff-Bilanzen beim Leguminosenanbau genauer zu kalkulieren. Dies kann eine Grundlage sein, Stickstoff-Verluste in die Umwelt in Zukunft zu verringern. Notwendig sind weiterhin genauere Einblicke in die Rolle der verschiedenen Kenngrößen beim Stickstoff-Umsatz in Pflanze und Boden. Darüber hinaus ist die Einbeziehung weiterer Kenngrößen erwägenswert:

- |  |   |
|--|---|
| a. N-Entzug über gasförmige Verluste ( $N_2O$ , $NH_3$ ) | FLESSA et al. (2002)<br>LARSSON et al. (1998)<br>HERRMANN et al. (2001) |
| b. N-Entzug über Auswaschung und Bodenerosion            | FREDE & DABBERT (1999)  |
| c. N-Zufuhr über die atmosphärische Deposition           | WEIGEL et al. (2000)  |

## 7 Zusammenfassung

In dreijährigen Feldversuchen (1998 bis 2001) in Niedersachsen (Bundesrepublik Deutschland) wurde bei Luzerne, Rotklee und Persischem Klee der Trockenmasse-Ertrag, die Ernterest-Menge sowie die Stickstoff-Akkumulation in Spross und Wurzel ermittelt. Ferner wurde die symbiotisch fixierte Stickstoff-Menge sowie der vereinfachte Stickstoff-Flächenbilanzsaldo bestimmt. Die im Rahmen der Untersuchungen genutzten Standorte Reinshof (Landkreis Göttingen), Oederquart (Landkreis Stade) und Dasselsbruch (Landkreis Celle) wiesen deutliche Unterschiede hinsichtlich des Bodentyps und des Klimas auf. Die Versuchsserien umfassten ein oder zwei Hauptnutzungsjahre mit zwei Anbauformen, Reinsaat und Gemenge mit Poaceen. Im Untersuchungszeitraum wurden bei Luzerne und Rotklee in Reinsaat je drei Sorten über- und zweijährig angebaut. Des Weiteren wurden bei Persischem Klee im einjährigen Anbau zwei Sorten in Reinsaat geprüft. Gemenge mit Gräsern wurden mit jeweils einer Leguminosen-Sorte angebaut. Das Schnittgut (drei oder vier Schnitte je Hauptnutzungsjahr) wurde nach der Ernte von den Parzellen entfernt. Die symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung und die bodenbürtige Stickstoff-Aufnahme der Leguminosen wurde mit der  $\delta^{15}N$ -Methode sowie mit der erweiterten Differenzmethode untersucht. Darüber hinaus wurde zu jedem Schnitttermin die  $CaCl_2$ -extrahierbare  $N_{min}$ -Menge im Boden erfasst.

In den Feldversuchen wurde bei Luzerne im überjährigen Anbau ein gesamt-pflanzlicher Trockenmasse-Ertrag (Schnittgutertrag und Ernterestmengen) zwischen 33,0 und 288,5 dt ha<sup>-1</sup> (im Mittel 128,2 dt ha<sup>-1</sup>) registriert. In der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren wurden zwischen 96,2 und 446,1 dt ha<sup>-1</sup> (im Mittel 260,4 dt ha<sup>-1</sup>) ermittelt. Rotklee zeigte im überjährigen Anbau einen gesamt-pflanzlichen Trockenmasse-Ertrag zwischen 89,2 und 235,5 dt ha<sup>-1</sup> (im Mittel 161,3 dt ha<sup>-1</sup>), in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren wurden zwischen 151,2 und 380,4 dt ha<sup>-1</sup> (im Mittel 288,5 dt ha<sup>-1</sup>) beobachtet. Beim Persischen Klee wurde im einjährigen Anbau ein gesamt-pflanzlicher Trockenmasse-Ertrag zwischen 34,6 und 113,9 dt ha<sup>-1</sup> (im Mittel 81,0 dt ha<sup>-1</sup>) festgestellt.

Bei Schnittnutzung lag die symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung der Luzerne-Reinsaat im überjährigen Anbau - bezogen auf die in Spross und Wurzel enthaltene N-Menge - zwischen 20,1 und 454,8 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 203,8 kg N ha<sup>-1</sup>), bei Rotklee zwischen 148,9 und 441,9 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 306,4 kg N ha<sup>-1</sup>). In der Summe aus zwei HNJ wurden bei der Luzerne  $N_2$ -Fixierleistungen zwischen 174,4 und 714,5 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 433,6 kg N ha<sup>-1</sup>) bestimmt. Im gleichen Zeitraum zeigte der Rotklee eine luftbürtige Stickstoff-Aufnahme zwischen 334,8 und 722,0 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 543,3 kg N ha<sup>-1</sup>). Beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wurde eine geringere Stickstoff-Aufnahme aus der Luft registriert: Die symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung erstreckte sich hier von weniger als 1 kg N ha<sup>-1</sup> bis zu 358,9 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel

143,2 kg N ha<sup>-1</sup>) im überjährigen Anbau, sowie von 1,5 kg N ha<sup>-1</sup> bis zu 711,2 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 267,3 kg N ha<sup>-1</sup>) in der Summe von zwei HNJ. Die luftbürtige Stickstoff-Aufnahme des Rotkleees im Gemenge mit Wiesenschwingel lag zwischen 75,4 und 438,9 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 292,7 kg N ha<sup>-1</sup>) im überjährigen Anbau und zwischen 155,0 und 771,5 kg ha<sup>-1</sup> (im Mittel 505,5 kg N ha<sup>-1</sup>) in der Summe aus zwei HNJ. Der Persische Klee nahm im einjährigen Anbau zwischen 41,5 und 177,0 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 117,9 kg N ha<sup>-1</sup>) aus atmosphärischer Quelle auf. Das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras zeigte mit Werten zwischen 4,5 und 109,7 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel 65,8 kg N ha<sup>-1</sup>) eine geringere symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierleistung.

Es wurden vereinfachte Stickstoff-Flächenbilanzsalden (Differenz aus der in Spross und Wurzel enthaltenen luftbürtigen Stickstoff-Menge und der Stickstoff-Menge im Schnittgut) aus den in den Feldversuchen ermittelten Stickstoff-Kenndaten berechnet. Bei Luzerne wurde im überjährigen Anbau ein N-Saldo zwischen -52,4 und +43,2 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -8,2 kg N ha<sup>-1</sup>) festgestellt. In der Summe aus zwei HNJ lag der vereinfachte Stickstoff-Flächenbilanzsaldo zwischen -194,6 und +29,9 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -92,9 kg N ha<sup>-1</sup>). Indessen wurde beim Rotklee im überjährigen Anbau ein vereinfachter Stickstoff-Flächenbilanzsaldo zwischen -46,7 und -6,6 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -24,6 kg N ha<sup>-1</sup>) beobachtet. In der Summe aus zwei HNJ wurde beim Rotklee ein negativer Stickstoff-Flächenbilanzsaldo mit Werten zwischen -189,2 und -56,6 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -114,4 kg N ha<sup>-1</sup>) registriert.

Beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge wurde nach überjährigen Anbau ein vereinfachter Stickstoff-Flächenbilanzsaldo zwischen -68,0 und +31,0 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -18,2 kg N ha<sup>-1</sup>) festgestellt, während der N-Saldo in der Summe aus zwei HNJ zwischen -152,3 und -47,6 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -94,4 kg N ha<sup>-1</sup>) lag. Beim überjährigen Anbau des Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenges wurde ein vereinfachter Stickstoff-Flächenbilanzsaldo zwischen -50,4 und +6,0 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -18,9 kg N ha<sup>-1</sup>) beobachtet, in der Summe aus zwei HNJ wurde bei diesem Nutzungssystem ein N-Saldo zwischen -158,9 und -26,0 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -78,5 kg N ha<sup>-1</sup>) berechnet. Der einjährige Anbau des Persischen Kleees wurde mit einem vereinfachten N-Saldo zwischen -69,2 und -12,1 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -31,0 kg N ha<sup>-1</sup>) bilanziert. Unterdessen zeigte das Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras vereinfachte Stickstoff-Flächenbilanzsalden zwischen -83,6 und -15,4 kg N ha<sup>-1</sup> (im Mittel -42,8 kg N ha<sup>-1</sup>).

Die Ergebnisse der Feldversuche wurden verwendet, um aufbauend auf einem vorhandenen Modell Stickstoff-Flächenbilanzsalden abzuleiten. Es wurde gezeigt, dass enge Zusammenhänge zwischen den jährlichen Schnittguterträgen und den von den Leguminosen akkumulierten Stickstoff-Mengen in Spross und Wurzel bestehen. Für jedes Nutzungssystem wurden Kalkulationstabellen entwickelt, die die zu erwartenden vereinfachten oder erweiterten Stickstoff-Flächenbilanzsalden beim

Anbau von Futterleguminosen widerspiegeln sollen. Soweit Literaturdaten zur Stickstoff-Rhizodeposition sowie zur Remineralisation des über Stickstoff-Rhizodeposition in den Boden abgegebenen Stickstoffs verfügbar waren, wurden erweiterte Stickstoff-Flächenbilanzsalden abgeleitet. Für Gemenge wurden - soweit erkennbar - erstmals Kalkulationsdaten zur Stickstoff-Flächenbilanz abgeleitet, die der land- und wasserwirtschaftlichen Fachberatung zur Verfügung gestellt werden können. Anhand der erzielten Schnittguterträge der Pflanzenbestände und unter Kenntnis des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden können Stickstoff-Flächenbilanzsalden für die geprüften Nutzungssysteme berechnet werden.



## 8 Summary

The dry matter yield, crop residue and the total nitrogen accumulated by shoots and roots in lucerne (*Medicago sativa*), red clover (*Trifolium pratense*) and Persian clover (*Trifolium resupinatum*) were determined in a three-year field study carried out from 1998 to 2001 in Lower Saxony, Germany. The level of symbiotic nitrogen fixation and simplified nitrogen balances were also calculated. The field sites were at Reinshof (District of Göttingen), Oederquart (District of Stade) and at Dasselsbruch (District of Celle). The soil types and climate of the field sites varied distinctly. Two kinds of crop stands, monocropped and intercropped with grasses, were both established for one and two growing seasons. Additionally, three varieties each of lucerne and red clover, as well as two varieties of Persian clover, were cultivated in pure stands. Only one variety of each legume species was intercropped with grasses. The forage yield was removed from field plots after each cutting (three or four cuttings per year). The levels of symbiotically fixed nitrogen and nitrogen derived from the soil accumulation in shoot and root were estimated using the natural  $^{15}\text{N}$  abundance method and the extended difference method. At each cutting, mineral nitrogen ( $\text{N}_{\text{min}}$ ) was extracted from the soil using  $\text{CaCl}_2$ .

The complete dry matter yield (above-ground and below-ground dry matter) of lucerne under annual winter cropping ranged from 33.0 to 288.5 dt ha $^{-1}$  (mean 128.2 dt ha $^{-1}$ ). The totals for the two growing seasons ranged from 96.2 to 446.1 dt ha $^{-1}$  (mean 260.4 dt ha $^{-1}$ ). The dry matter yield obtained from red clover as an annual winter crop varied between 89.2 and 235.5 dt ha $^{-1}$  (mean 161.3 dt ha $^{-1}$ ). The total for the two growing seasons ranged from 151.2 to 380.4 dt ha $^{-1}$  (mean 288.5 dt ha $^{-1}$ ). Estimates of complete dry matter yield of the annual winter crop of Persian clover ranged from 34.6 to 113.9 dt ha $^{-1}$  (mean 81.0 dt ha $^{-1}$ ).

The level of symbiotically fixed nitrogen which was accumulated in the shoots and roots of the annual winter crop of monocropped lucerne ranged from 20.1 to 454.8 kg ha $^{-1}$  (mean 203.8 kg N ha $^{-1}$ ), and the nitrogen fixed by the annual winter monocrop of red clover varied between 148.9 and 441.9 kg ha $^{-1}$  (mean 306.4 kg N ha $^{-1}$ ). Totals of two growing seasons ranged from 174.4 to 714.5 kg N ha $^{-1}$  (mean 433.6 kg N ha $^{-1}$ ) for lucerne and from 334.8 to 722.0 kg N ha $^{-1}$  (mean 543.3 kg N ha $^{-1}$ ) for red clover. Less nitrogen was accumulated by the mixed stands of lucerne and meadow fescue (*Festuca pratensis*) and for the annual winter crop symbiotically  $\text{N}_2$  fixation ranged from below 1 kg N ha $^{-1}$  to 358.9 kg N ha $^{-1}$  (mean 143.2 kg N ha $^{-1}$ ), and from 1.5 kg N ha $^{-1}$  to 711.2 kg N ha $^{-1}$  (mean 267.3 kg N ha $^{-1}$ ) for the two growing seasons. The nitrogen fixed by the mixed stands of red clover and meadow fescue ranged from 75.4 kg N ha $^{-1}$  to 438.9 kg N ha $^{-1}$  (mean 292.7 kg N ha $^{-1}$ ) for the annual winter crop, and from 155.0 kg N ha $^{-1}$  to 771.5 kg N ha $^{-1}$  (mean 505.5 kg N ha $^{-1}$ ) for the two growing seasons in total. Persian clover as an annual crop accumulated between

41.5 kg N ha<sup>-1</sup> and 177.0 kg N ha<sup>-1</sup> (mean 117.9 kg N ha<sup>-1</sup>) from the atmosphere. Mixed stands of Persian clover and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* ssp. *italicum*) fixed between 4.5 kg N ha<sup>-1</sup> and 109.7 kg N ha<sup>-1</sup> of N<sub>2</sub> (mean 65.8 kg N ha<sup>-1</sup>) i.e. less than the nitrogen fixed by the pure stands.

The simplified nitrogen balance (nitrogen fixed symbiotically in shoots, stubble and roots minus the nitrogen in the aboveground yield) was calculated using nitrogen data from field studies. The nitrogen balance of monocropped lucerne ranged from -52.4 to +43.2 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -8.2 kg N ha<sup>-1</sup>) as an annual winter crop, and from -94.6 to +29.9 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -92.9 kg N ha<sup>-1</sup>) for the two growing seasons in total. The nitrogen balance of monocropped red clover ranged from -46.7 to -6.6 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -24.6 kg N ha<sup>-1</sup>) as an annual winter crop. The total for the two growing seasons ranged from -189.2 to -56.6 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -114.4 kg N ha<sup>-1</sup>).

The simplified nitrogen balance ranged from -68.0 to +31.0 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -18.2 kg N ha<sup>-1</sup>) for the lucerne and meadow fescue mixture as an annual winter crop, whereas the total for the two growing seasons was estimated to range from -152.3 to -47.6 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -94.4 kg N ha<sup>-1</sup>). The mixture of red clover and meadow fescue as an annual winter crop gave a nitrogen balance from -50.4 to +6.0 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -18.9 kg N ha<sup>-1</sup>). The totals of two growing seasons for this cropping system varied between -158.9 and -26.0 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -78.5 kg N ha<sup>-1</sup>). The net balance of nitrogen with annually monocropped Persian clover was between -69.2 and -12.1 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -31.0 kg N ha<sup>-1</sup>). A nitrogen balance between -158.9 and -26.0 kg N ha<sup>-1</sup> (mean -78.5 kg N ha<sup>-1</sup>) was determined for the mixture of Persian clover and Italian ryegrass.

The results from the field studies and a model were used to calculate the nitrogen balances. A close correlation was found between the annual forage yield and the accumulated nitrogen in the shoots and roots of legumes. For each cropping system of forage legumes, calculation tables were developed which show the expected simplified or extended nitrogen net balances. If available, data for nitrogen rhizodeposition and remineralisation from literature was taken into account. Thus, extended nitrogen balances were also calculated.

As far as is apparent, the present study was the first to calculate data which can be used to determine the net balances of nitrogen for mixtures. This data can now be used by water management and extension services. The nitrogen balance for cropping systems can now be calculated from the legume forage yield and the plant available nitrogen derived from the soil.

## 9 Literaturverzeichnis

- AG BODEN, 1996: Bodenkundliche Kartieranleitung. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), 4. Aufl., ber. Nachdruck, Hannover.
- AMARGER, N., 2001: Rhizobia in the Field. *Advanc. Agron.* 73, 109-168.
- AUFHAMMER, W., 1999: Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BACH, M. & H.G. FREDE 1998: Agriculture nitrogen, phosphorus and potassium balances in Germany - Methodology and trends 1970 to 1995. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 161, 385-393.
- BAEUMER, K., 1964: Ertragsanalytische Untersuchungen an Rotklee. 1. Blankssaten. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 120, 119-138.
- BAEUMER, K., 1992: Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BECKMANN, E., 1998: Zum Wert von *Vicia sativa* L. und *Trifolium resupinatum* L. unter variierenden Bedingungen im Zwischenfruchtanbau. Dissertation, Univ. Gießen.
- BELANGER, G. & J.E. RICHARDS, 2000: Dynamics of biomass and N accumulation of alfalfa under three N fertilization rates. *Plant and Soil* 219, 177-185.
- BERG, B., MÜLLER, M. & B. WESSEN, 1987: Decomposition of red clover (*Trifolium pratense*) roots. *Soil Biol. Biochem.* 19, 598-593.
- BERGERSEN, F.J., & G.L. TURNER, 1983: An evaluation of <sup>15</sup>N methods for estimation nitrogen fixation in a subterranean clover-perennial ryegrass sward. *Aust. J. Agri. Res.* 34, 391-401.
- BERGERSEN, F.J., TURNER, G.L., GAULT, R.R., CHASE, D.L. & J. BROCKWELL, 1985: The natural abundance of <sup>15</sup>N in an irrigated soybean crop and its use for calculation of nitrogen fixation. *Aust. J. Agric. Res.* 36, 411-423.
- BERGERSEN, F.J., TURNER, G.L., AMARGER, N., MARIOTTI, F. & A. MARIOTTI, 1986: Strain of *Rhizobium lupini* determines natural abundance of <sup>15</sup>N in root nodules of *Lupinus* spp. *Soil Biol. Biochem.* 18, 97-101.
- BESCHOW, H., SCHULZE, J. & W. MERBACH, 2000: Transfer of Symbiotically Fixed Nitrogen in an Alfalfa-Grass Mixture Studied through Isotope Dilution in a Pot Experiment. *Isotopenpraxis - Isotopes Environ. Health Stud.* 36, 21-34.
- BICHARA, D.C., 1983: Vergleichende Untersuchungen bei Luzerne (*Medicago sativa* L.) und Wundklee (*Anthyllis vulneraria* L.) auf Ertrag, Qualitätsmerkmale und Vorfruchtwert unter dem Einfluss verschiedener Anbaumaßnahmen. Dissertation, Universität Hohenheim.
- BLUMENTHAL, J.M. & M.P. RUSSELL, 1996: Subsoil Nitrate Uptake and Symbiotic Dinitrogen Fixation by Alfalfa. *Agron. J.* 88, 909-915.
- BØCKMAN, O.C., 1997: Fertilizers and biological nitrogen fixation as sources of plant nutrients: Perspectives for future agriculture. *Plant and Soil* 194, 11-14.
- BÖHM, W., 1979: Methods of Studying Root Systems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

- BÖHM, W., 1986: Die Fixierung von elementarem Stickstoff durch die Wurzelknöllchen der Leguminosen - Zur Erinnerung an Hermann Hellriegels epochemachende Entdeckung im Jahre 1886. *Angew. Botanik* 60, 1-5.
- BOLLER, B.C., 1988a: Biologische Stickstoff-Fixierung von Weißklee- und Rotklee unter Feldbedingungen. *Landwirtschaft Schweiz* 1 (4), 251-253.
- BOLLER, B.C., 1988b: Die Stickstoff-Fixierungsleistung von Alexandriner- und Perserklee im Vergleich zu Rotklee. *Landwirtschaft Schweiz* 1 (5), 309-312.
- BOLLER, B.C. & J. NÖSBERGER, 1987: Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of  $^{15}\text{N}$ -fertilization. *Plant and Soil* 104, 219-226.
- BOLLER, B.C. & J. NÖSBERGER, 1988: Influence of dissimilarities in temporal and spatial N-uptake patterns on  $^{15}\text{N}$ -based estimates of fixation and transfer of N in ryegrass-clover mixtures. *Plant and Soil* 112, 167-175.
- BOLLER, B.C. & J. NÖSBERGER, 1994: Differences in nitrogen fixation among field-grown red clover strains at different levels of  $^{15}\text{N}$  fertilization. *Euphytica* 78, 167-174.
- BOMMER, D., 1955: Untersuchungen über die Ernterückstände von Feldfutterpflanzen in verschiedenen Höhenlagen. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 99 (2), 239-258.
- BOWMAN, A.M., PEOPLES, M.B., SMITH, W. & J. BROCKWELL, 2002: Factors affecting fixation by dryland lucerne in central-westren New South Wales. *Austr. J. Experim. Agriculture* 42, 439-451.
- BRAUER, D., RITCHEY, D. & D. BELESKY, 2002: Effects of Lime and Calcium on Root Development and Nodulation of Clovers. *Crop Sci.* 42, 1640-1646.
- BREMER, E. & C. VAN KESSEL, 1990: Appraisal of the nitrogen-15 natural abundance method for quantifying dinitrogen fixation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 404-411.
- BROCKWELL, J., GAULT, R.R., PEOPLES, M.B., TURNER, G.L., LILLEY, D.M. & F.J. BERGERESEN, 1995:  $\text{N}_2$  fixation in irrigated Lucerne grown for hay. *Soil Biol. & Biochem.* 27, 589-594.
- BROPHY, L.S., HEICHEL, G.H. & M.P. RUSSELLE, 1987: Nitrogen Transfer from Forage Legumes to Grass in a Systematic Planting Design. *Crop Sci.* 27, 753-758.
- BUNDESSORTENAMT HANNOVER (Hrsg.), 1999: Beschreibende Sortenliste Gräser, Klee, Luzerne, Landbuch-Verlag, Hannover.
- BURITY, H.A., TA, T.C., FARIS, M.A. & B.E. COULMAN, 1989: Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant and Soil* 114, 249-255.
- BUTLER, J.H.A. & J.N. LADD, 1985: Symbiotically-fixed and soil derived nitrogen in legumes grown in pots in soils with different amounts of available nitrate. *Soil Biol. Biochem.* 17, 47-55.
- CHALK, P.M., 1985: Estimation of  $\text{N}_2$  fixation by  $^{15}\text{N}$  isotope dilution: an appraisal of techniques involving  $^{15}\text{N}$  enrichment and applications. *Soil Biol. Biochem.* 17, 389-410.

- CHALK, P.M., & J.K. LADHA, 1999: Estimation of legume symbiotic dependence: an evaluation of techniques based on  $^{15}\text{N}$  dilution. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1901-1917.
- CLAUPEIN, W., 1994: Möglichkeiten und Grenzen der Extensivierung im Ackerbau. Habilitationsschrift im Fachbereich Agrarwissenschaften, Universität Göttingen, Triade Verlag, Göttingen.
- DANSO, S.K.A., HARDARSON, G. & F. ZAPATA, 1988: Dinitrogen Fixation Estimates in Alfalfa-Ryegrass Swards Using Different Nitrogen-15 Labelling Methods. *Crop Sci.* 28, 106-110.
- DANSO, S.K.A., HARDARSON, G. & F. ZAPATA, 1993: Misconceptions and practical problems in the use of  $^{15}\text{N}$  soil enrichment techniques for estimating  $\text{N}_2$  fixation. *Plant and Soil* 152, 25-52.
- DENMEAD, O.T., FRENEY, J.R. & J.R. SIMPSON, 1976: A closed ammonia cycle within a plant canopy. *Soil Biol. Biochem.* 8, 161-164.
- DUBACH, M. & M.P. RUSSELL, 1994: Forage Legume Roots and Nodules and their Role in Nitrogen Transfer. *Agron. J.* 86: 259-266.
- EVANS, R.D., 2001: Physiological mechanisms influencing plant nitrogen isotope composition. *Trends Plant Sci.* 6, 121-126.
- FAGERBERG, B. 1988: The change in nutritive value in timothy, red clover and lucerne in relation to phenological stage, cutting time and weather conditions. *Acta Agri. Scand.* 38, 347-362.
- FARNHAM, D.E. & J. R. GEORGE 1993: Dinitrogen fixation and nitrogen transfer among red clover cultivars. *Can. J. Plant Science* 73, 1047-1054.
- FISCHBECK, G., HEYLAND, K.U. & N. KNAUER, 1982: Spezieller Pflanzenbau. 2. Aufl., Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
- FLESSA, H., RUSER, R., DÖRSCH, P., KAMP, T., JIMENEZ, M.A., MUNCH, J.C. & F. BEESE, 2002: Integrated evaluation of greenhouse gas emission ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) from two farming systems in southern Germany. *Agric. Ecosys. Environment* 91, 175-189.
- FREDE, H.G. & S. DABBERT (Hrsg.), 1999: Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, Ecomed-Verlag, Landsberg.
- FRIBOURG, H.A. & I.J. JOHNSON, 1955: Dry Matter and Nitrogen Yields of Legume Tops and Roots in the Fall of the Seeding Year. *Agron. J.* 78, 73-77.
- GEISLER, G., 1988: Pflanzenbau. Ein Lehrbuch - biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. 2. Aufl. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- GILLER, K.E., NUSSBAUM, R., CHAUDRI, A.M. & S.P. McGRATH, 1993: *Rhizobium meliloti* is less sensitive to heavy-metal contamination in soil than *R. leguminosarum* bv. *trifolii* or *R. loti*. *Soil Biol. Biochem.* 25, 273-278.
- GISI, U., 1997: Bodenökologie. 2. Aufl., Thieme-Verlag, Stuttgart.
- HARDARSON, G., DANSO, S.K.A. & F. ZAPATA, 1988: Dinitrogen Fixation Measurements in Alfalfa-Ryegrass Swards Using Nitrogen-15 and Influence of the Reference Crop. *Crop Sci.* 28, 101-105.

- HARDARSON, G., 1993: Methods for enhancing symbiotic nitrogen fixation. *Plant and Soil* 152, 1-17.
- HARDY, R.W.F., BURNS, R.C. & R.P. HOLSTEN, 1973: Applications of the measurement of the acetylene-ethylen assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biol. Biochem.* 5, 47-81.
- HAUSER, S., 1987: Schätzung der symbiontisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Diss. Göttingen, 175pp.
- HAYNES, R.J., 1980: Competitive Aspects of the Grass-Legume Association. *Advanc. Agron.* 33, 227-261.
- HAYSTEAD, A. & C. MARRIOT, 1979: Transfer of Legume Nitrogen to Associated Grass. *Soil Biol. Biochem.* 11, 99-104.
- HAYSTEAD, A., MALAJCZUK, N. & T.S. GROVE, 1988: Underground transfer of nitrogen between pasture plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 108, 417-423.
- HEICHEL, G.H., BARNES, D.K. & C.P. VANCE 1981: Nitrogen Fixation of Alfalfa in the Seeding Year. *Crop Sci.* 21, 330-335.
- HEICHEL, G.H., BARNES, D.K., VANCE, C.P. & K.I. HENJUM, 1984: N<sub>2</sub> fixation, and N and Dry Matter Partitioning During a 4-Year Alfalfa Stand. *Crop Sci.* 24, 811-815.
- HEICHEL, G.H., VANCE, C.P., BARNES, D.K. & K.I. HENJUM, 1985: Dinitrogen fixation, and N and dry matter distribution during 4 year stands of birdsfoot Trefoil and red clover. *Crop Sci.* 25, 101-105.
- HEICHEL, G.H. & K.I. HENJUM, 1991: Dinitrogen fixation, Nitrogen Transfer and Productivity of Forage Legume-Grass Communities. *Crop Sci.* 31, 202-208.
- HELLRIEGEL, H. & H. WILFAHRT, 1888: Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilageheft in der Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie des Deutschen Reichs. Berlin, 1-234.
- HERRMANN, B., JONES, S.K., FUHRER, J., FELLER, U. & A. NEFTEL, 2001: N budget and NH<sub>3</sub> exchange of a grass/clover crop at two levels of N application. *Plant and Soil* 235, 243-252.
- HEß, J., 1989: Klee grasumbruch im Ökologischen Landbau - Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Klee gras - Klee gras - Weizem - Roggen. Diss., Univerität Bonn.
- HEUWINKEL, H. & R. GUTSER, 1997: Bestimmung der N<sub>2</sub>-Bindung zur N-Bilanzierung von Klee-Luzerne-Gras. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, 272-278.
- HEYLAND, K.U., 1996: Spezieller Pflanzenbau. 7. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- HEYN, J., SCHAUMBERG, G. & G. DEISENROTH, 2002: Leitfaden zur Umsetzung der Düngeverordnung in Hessen. Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz (HDLGN), Kassel.
- HÖFLICH, G., 1986: Anwendung von Rhizobien-Präparaten zur Erhöhung der Luftstickstoffbindung bei Leguminosen. *Feldwirtschaft* 27, 180-182.

- HÖGBERG, P., 1997:  $^{15}\text{N}$  natural abundance in soil-plant systems. *New Phytol.* 137, 179-203.
- HØGH-JENSEN, H. & J.K. SCHJØRRING, 1994: Measurement of biological dinitrogen fixation in grassland: Comparison of the enriched  $^{15}\text{N}$  dilution and natural  $^{15}\text{N}$  abundance methods at different nitrogen application rates and defoliation frequencies. *Plant and Soil* 166, 153-163.
- HØGH-JENSEN, H. & J.K. SCHJØRRING, 2000: Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: Direct quantification by  $^{15}\text{N}$  leaf feeding compared with indirect dilution of soil  $^{15}\text{N}$ . *Plant and Soil* 227, 171-183.
- HØGH-JENSEN, H. & J.K. SCHJØRRING, 2001: Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys, *Soil Biol. Biochem.* 33, 439-448
- HÜTSCH, B.W., AUGUSTIN, J. & W. MERBACH, 2002: Plant rhizodeposition - an important source for carbon turnover in soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165, 397-407.
- ISERMANN, K. & R. ISERMANN, 1998: Food production and consumption in Germany: N flows and N emissions. *Nutr. Cyc. Agroecosys.* 52, 289-301.
- JANZEN, H.H., 1990: Deposition of nitrogen into the rhizosphere by wheat roots. *Soil Biol. Biochem.* 22, 1155-1160.
- JENSEN, E.S. & L.H. SØRENSEN, 1988: Uptake of soil nitrogen by soybean as influenced by symbiotic  $\text{N}_2$ -fixation or fertilizer nitrogen supply. *Soil Biol. Biochem.* 20, 921-925.
- JENSEN, E.S., 1996: Rhizodeposition of N by pea and barley and its effect on soil N dynamics. *Soil Biol. Biochem.* 28, 65-71.
- JUNK, G. & H.V. SVEC, 1958: The absolute abundance of the nitrogen isotopes in the atmosphere and compressed gas from various sources. *Geochim. Cosmochim. Acta* 14, 234-243.
- KAUFHOLD, W. & B. MÄRTIN, 1972: Zum Anbau von Alexandrinerklee - *Trifolium alexandrinum* L. - und Persischem Klee - *Trifolium resupinatum* L. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* 16, 235-243.
- KELLER, E.R., HANUS, H. & K.U. HEYLAND, 1999: *Handbuch des Pflanzenbaus*. Bd. 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Verlag E. Ulmer, Stuttgart-Hohenheim.
- KELNER, D.J., VESSEY, K. & M.H. ENTZ, 1997: The nitrogen dynamics of 1-, 2- and 3-year stands of alfalfa in a cropping system. *Agric., Ecosys. and Environments.* 64, 1-10.
- KNOWLES, R. & T.H. BLACKBURN, 1993: *Nitrogen Isotopes Techniques*. Academic Press Inc.
- KOHL, D.H. & G. SHEARER, 1980: Isotopic fractionation associated with symbiotic  $\text{N}_2$  fixation and uptake of  $\text{NO}_3^-$  by plants. *Plant Physiol.* 66, 51-56.
- KÖHNLEIN, J. & H. VETTER, 1953: *Ernterückstände und Wurzelbild*. Verlag P. Parey, Hamburg, Berlin.
- KÖNEKAMP, A.H., 1957: Die Rolle von Klee und Gras bei der Humusversorgung der Böden. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 104, 89-102.

- KÖNIG, N. & H. FORTMANN, 1996: Probenvorbereitung, Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden des Umweltanalytiklabors der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt und des Zentrallabors des Forschungszentrums Waldökosysteme, Teil 1 + 2; Ber. d. Forschungsz. Waldökosysteme, Bd. 47.
- KÖPKE, U., 1979: Ein Vergleich von Feldmethoden zur Bestimmung des Wurzelwachstums landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Diss., Göttingen.
- KÖRSCHENS, M., 1992: Simulationsmodell für den Umsatz und die Reproduktion der organischen Substanz im Boden. Ber. über Landw. SB 206, 140-154.
- KRIEG, V., 2000: Bilanzierung der Stickstoffemissionen in Niedersachsen, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (Hildesheim).
- KULLMANN, A., 1957: Zur Intensität der Bodendurchwurzelung. Z. Acker- u. Pflanzenbau 103, 189-197.
- KUNZMANN, R., 1972: Quantifizierung der Wirkung ein- und mehrjähriger Leguminosen auf die Nachfrucherträge und den C- und N-Gehalt des Bodens anhand von Ergebnissen langjähriger Fruchtfolgedüngungsversuche auf Lehmsaugley. Diss. Halle-Wittenberg.
- KUTSCHERA, L., 1960: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt a.M.
- LAJTHA, K. & J.D. MARSHALL, 1994: Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science, Blackwell Scientific Publications, London.
- LAMB, J.F.S., BARNES, D.K., RUSSELLE, M.P., VANCE, C.P., HEICHEL, G.H. & K.I. HENJUM, 1995: Ineffectively and Effectively Nodulated Alfalfas Demonstrate Biological Nitrogen Fixation Continues with High Nitrogen Fertilization. Crop Science 35, 153-157.
- LAMPETER, W., 1967: Untersuchungen über die N-Abgabe der Leguminosen an die Gramineen bei Mischanbau und die Beeinflussung des Mineralstoffgehaltes der Gramineen durch die Leguminosenpartner. Albrecht-Thaer-Archiv 11, 605-618.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER, 1998: Düngungsrichtlinien. Referat Boden, Düngung, Berechnung (Hrsg.). Hannover.
- LARCHER, W., 2001: Ökophysiologie der Pflanzen. 7. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LARSSON, L., FERM, M., KASIMIR-KLEMETTSSON, Å. & L. KLEMETTSSON, 1998: Ammonia and nitrous oxide emissions from grass and alfalfa mulches. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51: 41-46.
- LA RUE, T.A. & T.G. PATTERSON, 1981: How much Nitrogen do Legumes fix? Advanc. Agron. 34, 15-38.
- LEDGARD, S.F., FRENEY, J.R. & J.R. SIMPSON, 1984: Variations in Natural Enrichment of <sup>15</sup>N in the Profiles of some Australian Pasture Soils. Aust. J Soil Res. 22, 155-164.
- LEDGARD, S.F., FRENEY, J.R. & J.R. SIMPSON, 1985a: Assessing nitrogen transfer from legumes to associated grasses. Soil Biol. Biochem. 17, 575-577.
- LEDGARD, S.F., SIMPSON, J.R., FRENEY, J.R., & F.J. BERGERSEN, 1985b: Field Evaluations of <sup>15</sup>N Techniques for Estimating Nitrogen Fixation in Legume-Grass Associations. Austr. J. Agricult. Res. 36, 247-258.



- LEDGARD, S.F. & M.B. PEOPLES, 1988: Measurement of nitrogen fixation in the field. In: WILSON, J.R. (Ed.), *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems*. CAB International, Wallington, U.K., 351-367.
- LEDGARD, S.F., 1989: Nutrition, moisture, and rhizobial strain influence isotopic fractionation during N<sub>2</sub> Fixation in pasture legumes. *Soil Biol. Biochem.* 21, 65-68.
- LEDGARD, S.F., 1991: Transfer of fixed nitrogen from white clover to associated grass in swards grazed by dairy cows, estimated using <sup>15</sup>N method. *Plant and Soil* 131, 215-223.
- LEDGARD, S.F. & K.W. STEELE, 1992: Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil* 141, 137-153.
- LOGES, R., & F. TAUBE, 1999: Ertrag und N<sub>2</sub>-Fixierleistung unterschiedlich bewirtschafteter Futterleguminosenbestände. In: HOFFMANN H. & S. MÜLLER (Hrsg.): *Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau "Vom Rand zur Mitte"*, Verlag Dr. Köster, Berlin, 101-105.
- LOPOTZ, H.-G., 1996: Biologische N<sub>2</sub>-Fixierung von Klee-Reinbeständen und Klee-Gras-Gemengen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der N-Nachlieferung des Bodens. Diss. Bonn.
- LORY, J.A., RUSSELL, M.P. & G.H. HEICHEL, 1992: Quantification of Symbiotically Fixed Nitrogen in Soil Surrounding Alfalfa Roots and Nodules. *Agron. J.* 84, 1033-1040.
- LÜTKE-ENTRUP, N. & J. OEHMICHEN, 2000: *Lehrbuch des Pflanzenbaus, Bd. 2: Kulturpflanzen*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- LÜTKE-ENTRUP, N., 2001: *Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau*. Bonn, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- MAAß, H.I., 1996: Biologische Basisdaten zu *Cichorium intybus* und *Medicago sativa*. Umweltbundesamt Berlin, Heft 50/96.
- MALLARINO, A.P., WEDIN, W.F., GOYENOLA, R.S., PERDOMO, C.H. & C.P. WEST, 1990a: Legume Species and Proportion Effects on Symbiotic Dinitrogen Fixation in Legume-Grass Mixtures. *Agron. J.* 82, 785-789.
- MALLARINO, A.P., WEDIN, W.F., PERDOMO, C.H., GOYENOLA, R.S. & C.P. WEST, 1990b: Nitrogen transfer from white clover, red clover and birdsfoot trefoil to associated grass. *Agron. J.* 82, 790-795.
- MARIOTTI, A., 1983: Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural <sup>15</sup>N abundance measurements. *Nature (London)* 303, 685-687.
- MARSCHNER, H., 1995: *Mineral nutrition of higher plants*. Second Edition, Academic Press, London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto.
- MAYER, J., BUEGGER, F., JENSEN, E.S., SCHLOTTER, M. & J. HEß, 2003: Estimating N rhizodeposition of grain legumes using a <sup>15</sup>N in situ stem labelling method. *Soil Biol. Biochem.* 35, 21-28.
- MCAULIFFE, C., CHAMBLEE, D.S., URIBE-ARANGO, H. & W.W. WOODHOUSE, 1958: Influence of inorganic nitrogen on nitrogen fixation by legumes as revealed by <sup>15</sup>N. *Agron. J.* 50, 334-337.

- MEINSEN, C. & M. WEGENER, 1992: Zum Stickstoff-Reproduktionsvermögen von einjährigen, zweijährigen und dreijährigen Rotklee-gras-Gemengen. Mit. Ges. Pflanzenbauwiss. 5, 233-236.
- MENGEL, K., 1961: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 1. Auflage. Gustav Fischer Verlag Jena.
- MENGEL, K., 1994: Symbiotic dinitrogen fixation - its dependence on plant nutrition and its ecophysiological impact. J. Plant Nutr. Soil Sci. 157, 233-241.
- MERBACH, W., MIRIUS, E., KNOF, G., REMUS, R., RUPPEL, S., RUSSOW, R., GRANSEE, A. & J. SCHULZE, 1999: Release of carbon and nitrogen compounds by plant roots and their possible ecological importance. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162, 373-383.
- MERBACH, W., SCHULZE, J., RICHERT, M., RROCCO, E. & K. MENGEL, 2000: A comparison of different <sup>15</sup>N application techniques to study the N net rhizodeposition in the plant-soil system. J. Plant Nutr. Soil Sci. 163, 375-379.
- MOHR, H. & P. SCHOPFER, 1995: Plant Physiology. Springer Verlag, Berlin.
- MOSHREFI, N., 1993: A new method of sampling soil suspension for particle-size analysis. Soil Sci. 155, 245-248.
- MOSIER, A.R., 2001: Exchange of gaseous nitrogen compounds between agricultural systems and the atmosphere. Plant and Soil 228, 17-27.
- MOSIER, A.R., 2002: Environmental challenges associated with needed increases in global nitrogen fixation. Nutr. Cycl. Agroecosys. 63, 101-116.
- MUELLER, T. & THORUP-KRISTENSEN, K., 2001: N-Fixation of Selected Green Manure Plants in an Organic Crop Rotation. Biol. Agricult. and Horticult. 18, 345-364.
- NESHEIM, L. & J. ØYEN, 1994: Nitrogen Fixation by Red Clover (*Trifolium pratense* L.) Grown in Mixtures with Timothy (*Phleum pratense* L.) at Different Levels of Nitrogen Fertilization. Acta Agricult. Scand. 44, 28-34.
- PARCOM (Paris Convention for the Prevention of Marine Pollution), 1993: Third meeting of the ad hoc working group on measures to reduce the nutrient load from agriculture (The Hague 15-18 Feb. 1993). Annex 5: PARCOM guidelines for calculating mineral balances. Zit. aus BACH, M. & H.G. FREDE, 1998.
- PÄTZOLD, H. 1956: Untersuchungen über den Vorfruchtwert von Rotklee, verschiedenen Gräsern und Klee-gras-Gemischen. Deutsche Landwirtschaft 7, 320-326.
- PEOPLES, M.B., FAIZAH, A.W., RERKASEM, B. & B. HERRIDGE (Eds.), 1989: Methods for Evaluating Nitrogen Fixation by nodulated Legumes in the Field. ACIAR (Australian Centre for International Agriculture Research, Canberra) Monograph No. 11, 1-69.
- PEOPLES, M.B., HERRIDGE, D.F. & J.K. LADHA, 1995: Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? Plant and Soil 174, 3-28.

- PEOPLES, M.B., BOWMAN, A.M., GAULT, R.R., HERRIDGE, D.F., MCCALLUM, M.H., MCCORMICK, K.M., NORTON, R.M., ROCHESTER, I.J., SCAMMELL, G.J. & G.D. SCHWENKE, 2001: Factors regulating the contribution of fixed nitrogen by pasture and crop legumes to different farming systems of eastern Australia. *Plant and Soil* 228, 29-41.
- PETR, J., ČERNÝ, V. & L. HRUŠKA, 1983: Ertragsbildung bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- RAUBER, R. & K. SCHMIDTKE, 1999: Nutzung der sybiontischen Stickstoff-Fixierung bei Leguminosen. *Mitt. Ges Pflanzenbauwiss.* 12, 1-6.
- REICHARDT, K., HARDARSON, G, ZAPATA, F. KIRDA, C. & S.K.A. DANSO, 1987: Site variability effect on field measurement of symbiotic nitrogen fixation using the  $^{15}\text{N}$  isotope dilution method. *Soil Biol. Biochem.* 19, 405-409.
- REINHARDT, R., RUSSOW, R. & S. PRANZ, 1991: Use of the  $^{15}\text{N}$  isotope dilution technique to study the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in red clover. In: International Atomic energy Agency (Ed.): *Stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies*, 193-199.
- REITER, K., SCHMIDTKE, K. & R. RAUBER, 2002a: Estimations of  $\text{N}_2$ -fixation by large-scale, low-level  $^{15}\text{N}$  application technique. *Soil Biol. Biochem.* 34, 303-314.
- REITER, K., SCHMIDTKE, K. & R. RAUBER, 2002b: The influence of long-term tillage systems on symbiotic  $\text{N}_2$  fixation of pea (*Pisum sativum* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.). *Plant and Soil* 238, 41-55.
- REITER, K., 2002c: Einfluß langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf die  $\text{N}_2$ -Fixierleistung von Erbse und Rotklee, ermittelt mit Hilfe einer großflächigen  $^{15}\text{N}$ -Spurenanreicherung. Diss., Göttingen. Görlich & Weiershäuser, Marburg.
- RICE, W.A., PENNEY, D.C. & M. NYBORG, 1977: Effects of soil acidity on rhizobia numbers, nodulation and nitrogen fixation by alfalfa and red clover. *Can. J. Soil Sci.* 57, 197-203.
- RICHARDS, L.A. & M. FIREMAN, 1943: Pressure plate apparatus for measuring sorption and transmissions by soils. *Soil Sci.* 56, 395-404.
- RICHTER, G., 1998: *Stoffwechselphysiologie der Pflanzen*. 6. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart.
- ROWELL, D.L., 1997: *Bodenkunde: Untersuchungsmethoden und ihre Anwendung*, Springer-Verlag
- RUSSELLE, M.P., ALLAN, D.L. & C.J.P. GOURLEY, 1994: Direct assessment of symbiotically fixed nitrogen in the rhizosphere of alfalfa. *Plant and Soil* 159, 233-243.
- SAGAR, G.R. & J.L. HARPER, 1964: Biological Flora of the British Isles. *Plantago major* L., *P. media* L., *P. lanceolata* L. *J. Ecol.* 52, 189-221.
- SAS-INSTITUTE INC., 1999: *The SAS System for Windows*, Release 8.01, Cary, NC, USA.
- SCHACHTSCHABEL, P., 1954: Das pflanzenverfügbare Magnesium im Boden und seine Bestimmung. *Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 67, 9-23.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL, 2002: *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

- SCHILLING, G., 2000: Pflanzenernährung und Düngung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart-Hohenheim.
- SCHLEGEL, H.G., 1992: Allgemeine Mikrobiologie. 7. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart.
- SCHMIDTKE, K., 1996: Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 9, 43-44.
- SCHMIDTKE, K., 1997a: Einfluß von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen auf symbiontische N<sub>2</sub>-Fixierung, bodenbürtige N-Aufnahme und CaCl<sub>2</sub>-extrahierbare N-Fractionen im Boden. Dissertation, Universität Gießen.
- SCHMIDTKE, K., 1997b: Schätzverfahren zur Ermittlung der N-Flächenbilanz bei Leguminosen. VDLUFA-Schriftenreihe 46, Kongreßband 1997, 659-662.
- SCHMIDTKE, K., 1999: N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. In: HOFFMANN H. & S. MÜLLER (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau "Vom Rand zur Mitte", Verlag Dr. Köster, Berlin, 234-238.
- SCHMIDTKE, K., 2001. Umweltgerechter Anbau von Leguminosen – Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung der N-Flächenbilanz (Az. 07312). Abschlußbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Dezember 2001), 1-234.
- SCHMIDTKE, K. & R. RAUBER, 2000: N-Effizienz von Leguminosen im Ackerbau. In: Stickstoffeffizienz von Kulturpflanzen, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Initiativen zum Umweltschutz 12, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 48-69.
- SCHNOTZ, G., 1995: Stickstoff-Fixierungsvermögen mehrjähriger Leguminosen des Dauergrünlandes. Verlag U.E. Grauer, Stuttgart.
- SCHÜLLER, H., 1969: Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in Böden. Z. Pflanzenern. Bodenk. 123, 48-63.
- SCHULZE, G., 1971: Eine Monolithmethode zur Wurzelgewinnung bei Luzerne. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 15 (12), 1055-1061.
- SCHUVO, 1996: Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten des Landes Niedersachsen (SchuVo).
- SHAPIRO, S.S. & M.B. WILK, 1965: An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52, 591-611.
- SHEARER, G. & D.H. KOHL, 1986: N<sub>2</sub> fixation in field settings: estimation based on natural <sup>15</sup>N abundance. Aust. J. Plant Physiol. 13, 699-756.
- SHEARER, G. & D.H. KOHL, 1993: Natural Abundance of <sup>15</sup>N: Fractional Contribution of Two Sources to a Common Sink and Use of Isotope Discrimination. In: Knowles, R. & T.H. Blackburn: Nitrogen Isotopes Techniques. Academic Press Inc. 89-125.
- SHULER, P.E., 1993: The Effect of Preplant Nitrogen and Soil Temperature on Yield and Nitrogen Accumulation of Alfalfa. J. Plant Nutrition 16, 373-392.
- SIMON, W. & D. EICH, 1956: Probleme und Methoden der Wurzeluntersuchungen. Z. Acker- u. Pflanzenbau 100, 179-198.

- SPARROW, D.S., COCHRAN, V.L. & E.B. SPARROW, 1995: Dinitrogen Fixation by Seven Legume Crops in Alaska. *Agron. J.* 87, 34-41.
- STEELE, K.W., BONISH, P.M., DANIEL, R.M. & G.W. O'HARA, 1983: Effect of rhizobial strain and host plant on nitrogen isotopic fractionation in legumes. *Plant Physiol.* 72, 1001-1004.
- STEFFENS, D., 1984: Wurzelstudien und Phosphat-Aufnahme von Weidelgras und Rotklee unter Feldbedingungen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 147, 85-97.
- STOCK, H.G., 1971: Die Wirkung von Temperatur, Bodenfeuchte und Windgeschwindigkeit auf das Wachstum von Rotklee und Luzerne. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* 15, 951-962.
- STRASBURGER, E., 1999: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 34. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- STREETER, J.G., 1988: Inhibition of legume nodule formation and N<sub>2</sub>-fixation by nitrate. *Crit. Rev. Plant Sci.* 7, 1-23.
- STÜLPNAGEL, R. 1982: Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 151, 446-458
- TA, T.C., MACDOWALL, D.H. & M.A. FARIS, 1986: Excretion of nitrogen assimilated from N<sub>2</sub> fixed by nodulated roots of alfalfa (*Medicago sativa*). *Can. J. Botany* 64, 2063-2067.
- TA, T.C. & M.A. FARIS, 1987a: Species variation in the fixation and transfer of nitrogen from legumes to associated grasses. *Plant and Soil* 98, 265-274.
- TA, T.C. & M.A. FARIS, 1987b: Effects of Alfalfa Proportions and Clipping Frequencies on Timothy-Alfalfa Mixtures. II. Nitrogen fixation and Transfer. *Agron. J.* 79, 820-824.
- TOMM, G.O., WALLEY, F.L., VAN KESSEL, C. & A.E. SLINKARD, 1995: Nitrogen Cycling in an Alfalfa and Bromegrass Sward via Litterfall and Harvest Losses. *Agron. J.* 87, 1078-1084.
- TUKEY, J.W., 1953: The problem of multiple comparisons. Princeton, NJ: Princeton University. Unpublished report. Zit. in Sachs, L. 1990: *Statistische Methoden 2 - Planung und Auswertung*. Springer Verlag, Berlin.
- UEHLING, R., 1973: Einfluß von Temperatur und Niederschlag auf Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum* L.) und Persischen Klee (*Trifolium resupinatum* L.). *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* 17, 397-405.
- UNKOVICH, M.J., PATE, J.S., SANFORD, P. & E.L. ARMSTRONG, 1994: Potential Precision of the  $\delta^{15}\text{N}$  Natural Abundance Method in Field Estimates of Nitrogen Fixation by Crop and Pasture Legumes in South-West Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 45, 119-132.
- UNKOVICH, M.J. & J.S. PATE, 2000: An appraisal of recent field measurements of symbiotic N<sub>2</sub> fixation by annual legumes. *Field Crops Research* 65, 211-228.
- VDLUFA (Hrsg.), 1991: *VDLUFA Methodenbuch Band I, Die Untersuchung von Böden*. VDLUFA-Verlag Darmstadt, 4. Auflage.

- VETTER, H. & S. SCHARAFAT, 1964: Die Wurzelverbreitung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Unterboden. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 120, 275-298.
- VINTHER, F.P. & E.S. JENSEN, 2000: Estimating legume N<sub>2</sub> fixation in grass-clover mixtures of a grazed organic cropping system using two <sup>15</sup>N methods. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 78, 139-147.
- WACQUANT, J.P., OUKNIDER, M. & P. JACQUARD, 1989: Evidence for a periodic excretion of nitrogen by roots of grass-legume associations. *Plant and Soil* 116, 57-68.
- WAGNER, G.H. & F. ZAPATA, 1982: Field evaluation of reference crops in the study of nitrogen fixation by legumes using isotope techniques. *Agron J.* 74, 607-612.
- WALLEY, F.L., TOMM, G.O., MATUS, A., SLINKARD, A.E. & C. VAN KESSEL, 1996: Allocation and Cycling of Nitrogen in an Alfalfa-Bromegrass Sward. *Agron. J.* 88, 834-843.
- WAREMBOURG, F.R., 1993: Nitrogen Fixation in Soil and Plant Systems. *In: KNOWLES, R. & T.H. BLACKBURN: Nitrogen Isotopes Techniques.* Academic Press Inc. 127-156.
- WEBERLING, F. & H.O. SCHWANTES, 2000: *Pflanzensystematik*. 7. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- WEHRMANN, J. & H.C. SCHARPF, 1979: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf (N<sub>min</sub>-Methode). *Plant and Soil* 52, 109-126.
- WEIGEL, A., RUSSOW, R. & M. KÖRSCHENS, 2000: Quantification of airborne N-input in long-term field experiments and its validation through measurements using <sup>15</sup>N isotope dilution. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 261-265.
- WERNER, D., WILCOCKSON, J & E. ZIMMERMANN, 1975: Adsorption and Selection of Rhizobia with Ion-Exchange Papers. *Arch. Microbiol.* 105, 27-32.
- WERNER, D., 1987: *Pflanzliche und mikrobielle Symbiosen*. Thieme Verlag, Stuttgart und New York.
- WEST, C.P. & W.F. WEDIN, 1985: Dinitrogen Fixation in Alfalfa-Orchardgrass Pastures. *Agron. J.* 77, 89-93.
- WHITNEY, A.S. & Y. KANEHIRO, 1967: Pathways of nitrogen transfer in some tropical legume/grass associations. *Agron. J.* 59, 585-588.
- WITTY, J.F., 1983: Estimating N<sub>2</sub> fixation in the field using <sup>15</sup>N-labelled fertilizer: Some problems and solutions. *Soil Biol. Biochem.* 15, 631-639.
- WIVSTAD, M., MÅRTENSSON, A.M. & H.D. LJUNGGREN, 1987: Field measurements of symbiotic fixation in an established lucerne ley using <sup>15</sup>N and an acetylene reduction method. *Plant and Soil* 97, 93-104.
- WOLYN, D.J. ST. CLAIR, D.A., DUBOIS, J., ROSAS, J.C., BURRIS, R.H. & F.A. BLISS, 1991: Distribution of nitrogen in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes selected for differences in nitrogen fixation ability. *Plant and Soil* 138, 303-311.

## 10 Anhang

### Verzeichnis der Abbildungen im Anhang

Abb. A 1:	Lageplan der Versuchsanlagen, Standorte Reinshof und Oederquart	.213
Abb. A 2:	Lageplan der Versuchsanlagen, Standort Dasselsbruch	.....214
Abb. A 3:	Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, zweijähriger Anbau)	.....250
Abb. A 4:	Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, zweijähriger Anbau)	.....250
Abb. A 5:	Regression: gesamtpflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, zweijähriger Anbau)	.....251
Abb. A 6:	Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau)	.251
Abb. A 7:	Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (zweijähriger Anbau)	.252
Abb. A 8:	Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau)	.252
Abb. A 9:	Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (zweijähriger Anbau)	.253
Abb. A 10:	Regression: Ernterest-N-Menge auf Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Luzerne und Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau)	.....253
Abb. A 11:	Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, überjähriger Anbau)	.....254
Abb. A 12:	Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, überjähriger Anbau)	.....254
Abb. A 13:	Regression: gesamtpflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, überjähriger Anbau)	.....255
Abb. A 14:	Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, zweijähriger Anbau)	.....255
Abb. A 15:	Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, zweijähriger Anbau)	.....256
Abb. A 16:	Regression: gesamtpflanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, zweijähriger Anbau)	.....256
Abb. A 17:	Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau)	...257
Abb. A 18:	Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (überjähriger Anbau)	...257
Abb. A 19:	Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau)	...258
Abb. A 20:	Regression: Schnittgut-N-Menge Schnittgut-TM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (überjähriger Anbau)	...258

Abb. A 21: Regression: N-Harvest-Index auf Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Rotklee und Wiesenschwingel (überjähriger Anbau).....	259
Abb. A 22: Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) .....	259
Abb. A 23: Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (zweijähriger Anbau) .....	260
Abb. A 24: Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) .....	260
Abb. A 25: Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (zweijähriger Anbau) .....	261
Abb. A 26: Regression: N-Harvest-Index auf Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Rotklee und Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau).....	261
Abb. A 27: Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Persischem Klee (einjähriger Anbau).....	262
Abb. A 28: Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Persischem Klee (einjähriger Anbau).....	262
Abb. A 29: Regression: gesamtplanzliche N-Menge ( $N_{Bt}$ ) auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Persischem Klee (einjähriger Anbau).....	263
Abb. A 30: Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag bei Persischem Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras (einjähriger Anbau).....	263
Abb. A 31: Regression: Schnittgut-TM-Ertrag auf Schnittgut-FM-Ertrag beim Welschen Weidelgras (im Gemenge mit Persischen Klee, einjähriger Anbau) .....	264
Abb. A 32: Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Persischem Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras (einjähriger Anbau).....	264
Abb. A 33: Regression: Schnittgut-N-Menge auf Schnittgut-TM-Ertrag bei Welschem Weidelgras im Gemenge mit Persischen Klee (einjähriger Anbau).....	265
Abb. A 34: Regression: N-Harvest-Index auf Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras (einjähriger Anbau).....	265



## Verzeichnis der Anhangstabellen

Tab. A 1:	Aussaattermine .....	215
Tab. A 2:	Erntetermine der Sprossmasse und der Wurzelmasse .....	215
Tab. A 3:	Nutzbare Feldkapazität am Standort Reinshof.....	216
Tab. A 4:	Nutzbare Feldkapazität am Standort Oederquart.....	216
Tab. A 5:	Nutzbare Feldkapazität am Standort Dasselsbruch .....	216
Tab. A 6:	Schnittgutertrag am Standort Reinshof. ....	217
Tab. A 7:	Ernterestmengen am Standort Reinshof .....	218
Tab. A 8:	Stickstoff-Menge im Schnittgut am Standort Reinshof .....	219
Tab. A 9:	Stickstoff-Menge in den Ernteresten am Standort Reinshof.....	220
Tab. A 10:	Boden-Stickstoff-Aufnahme der Futterleguminosen am Standort Reinshof.....	221
Tab. A 11:	Stickstoff-Mengen in den Beikräutern am Standort Reinshof .....	222
Tab. A 12:	Schnittgutertrag am Standort Oederquart .....	223
Tab. A 13:	Ernterestmengen am Standort Oederquart .....	224
Tab. A 14:	Stickstoff-Menge im Schnittgut am Standort Oederquart .....	225
Tab. A 15:	Stickstoff-Menge in den Ernteresten am Standort Oederquart.....	226
Tab. A 16:	Boden-Stickstoff-Aufnahme der Futterleguminosen am Standort Oederquart.....	227
Tab. A 17:	Schnittgutertrag am Standort Dasselsbruch .....	228
Tab. A 18:	Ernterestmengen am Standort Dasselsbruch.....	229
Tab. A 19:	Stickstoff-Menge im Schnittgut am Standort Dasselsbruch.....	230
Tab. A 20:	Stickstoff-Menge in den Ernteresten am Standort Dasselsbruch .....	231
Tab. A 21:	Boden-Stickstoff-Aufnahme der Futterleguminosen am Standort Dasselsbruch .....	232
Tab. A 22:	Stickstoff-Mengen in den Beikräutern am Standort Dasselsbruch.....	233
Tab. A 23:	Dreifaktorielle Varianzanalyse: Luzerne-Reinsaat.....	234
Tab. A 24:	Dreifaktorielle Varianzanalyse: Rotklee-Reinsaat.....	235
Tab. A 25:	Zweifaktorielle Varianzanalyse: Persischer Klee in Reinsaat .....	236
Tab. A 26:	Zweifaktorielle Varianzanalyse: Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge	237
Tab. A 27:	Zweifaktorielle Varianzanalyse: Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge	238
Tab. A 28:	Einfaktorielle Varianzanalyse: Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras .....	238
Tab. A 29:	$N_{\min}$ -Menge im Boden: Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge sowie Reinsaaten der Luzerne am Standort Reinshof .....	239
Tab. A 30:	$N_{\min}$ -Menge im Boden: Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge sowie Reinsaaten der Luzerne am Standort Oederquart .....	240
Tab. A 31:	$N_{\min}$ -Menge im Boden: Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge sowie Reinsaaten der Luzerne am Standort Dasselsbruch.....	241
Tab. A 32:	$N_{\min}$ -Menge im Boden: Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge sowie Reinsaaten des Rotklees am Standort Reinshof.....	242

Tab. A 33: N <sub>min</sub> -Menge im Boden: Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge sowie Reinsaaten des Rotklees am Standort Oederquart .....	243
Tab. A 34: N <sub>min</sub> -Menge im Boden: Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge sowie Reinsaaten des Rotklees am Standort Dasselsbruch .....	244
Tab. A 35: N <sub>min</sub> -Menge im Boden: Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras sowie Reinsaaten des Persischen Klees am Standort Reinshof .....	245
Tab. A 36: N <sub>min</sub> -Menge im Boden: Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras sowie Reinsaaten des Persischen Klees am Standort Oederquart .....	245
Tab. A 37: N <sub>min</sub> -Menge im Boden: Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras sowie Reinsaaten des Persischen Klees am Standort Dasselsbruch .....	246
Tab. A 38: Dreifaktorielle Varianzanalyse: residuale N <sub>min</sub> -Menge im Boden bei Luzerne und Rotklees .....	246
Tab. A 39: Zweifaktorielle Varianzanalyse: residuale N <sub>min</sub> -Menge im Boden beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge und beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge .....	247
Tab. A 40: Zweifaktorielle Varianzanalyse: residuale N <sub>min</sub> -Menge im Boden beim Persischem Klee in Reinsaat .....	247
Tab. A 41: Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge bei Luzerne-Reinsaaten .....	248
Tab. A 42: Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge bei Rotklee-Reinsaaten .....	248
Tab. A 43: Korrelation zwischen den Ergebnissen der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge bei Persischem Klee in Reinsaat .....	249

### Kalkulationstabellen

Tab. A 44 bis A 47: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages der Luzerne (zweijähriger Anbau) .....	266
Tab. A 48 bis A 53: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau von Luzerne .....	270
Tab. A 54: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Luzerne (zweijähriger Anbau) .....	276
Tab. A 55 bis A 57: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Luzerne (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau .....	277

Tab. A 58 bis A 59: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Luzerne) im zweijährigen Anbau .....	280
Tab. A 60: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Luzerne (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau.....	282
Tab. A 61: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Luzerne) im zweijährigen Anbau .....	283
Tab. A 62 bis A 71: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau von Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel..	284
Tab. A 72 bis A 74: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Rotklee im überjährigen Anbau.....	294
Tab. A 75 bis A76: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau von Rotklee .....	297
Tab. A 77: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee (überjähriger Anbau).....	299
Tab. A 78 bis A 81: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Rotklee im zweijährigen Anbau.....	300
Tab. A 82 bis A 87: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau von Rotklee .....	304
Tab. A 88: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee (zweijähriger Anbau).....	310
Tab. A 89 bis A 91: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau .....	311
Tab. A 92: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Rotklee) im überjährigen Anbau .....	314
Tab. A 93: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau .....	315
Tab. A 94: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Rotklee) im überjährigen Anbau.....	316
Tab. A 95 bis A 100: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau von Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel ..	317
Tab. A 101: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee gras (überjähriger Anbau).....	323
Tab. A 102 bis A 105: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau .....	324

Tab. A 106 bis A 108: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Rotklee) im zweijährigen Anbau.....	328
Tab. A 109 bis A 118: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau von Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel..	331
Tab. A 119 bis A 120: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee gras (zweijähriger Anbau) .....	341
Tab. A 121: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Persischem Klee im einjährigen Anbau.....	343
Tab. A 122: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim einjährigen Anbau von Persischem Klee .....	344
Tab. A 123: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Persischem Klee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Welschem Weidelgras) im einjährigen Anbau .....	345
Tab. A 124: Schätzung des Schnittgut-TM-Ertrages als Funktion des Schnittgut-FM-Ertrages bei Welschem Weidelgras (Bestandeskomponente im Gemenge mit Persischem Klee) im einjährigen Anbau .....	346
Tab. A 125: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Persischem Klee und Welschem Weidelgras.....	347
Tab. A 126: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim einjährigen Anbau von Persischem Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras.....	348
Danksagung.....	349
Lebenslauf.....	350

**Anhang**

Nr. Prüfglieder

- 1 Luzerne in Reinsaat, Sorte Europe
- 2 Luzerne in Reinsaat, Sorte Franken neu
- 3 Luzerne in Reinsaat, Sorte Orca
- 4 Rotklee in Reinsaat, Sorte Odenwälder Rotklee
- 5 Rotklee in Reinsaat, Sorte Titus
- 6 Rotklee in Reinsaat, Sorte Lucrum
- 7 Persischer Klee in Reinsaat Felix
- 8 Persischer Klee in Reinsaat Archibald
- 9 Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel, Sorten: Europe / Cosmos 11
- 10 Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel, Sorten: Odenwälder / Cosmos 11
- 11 Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras, Sorten: Felix / Lipo
- 12 Wiesenschwingel in Reinsaat, Sorte Cosmos 11
- 13 Welsches Weidelgras in Reinsaat, Sorte Lipo
- 14 Spitzwegerich in Reinsaat, Handelssaatgut

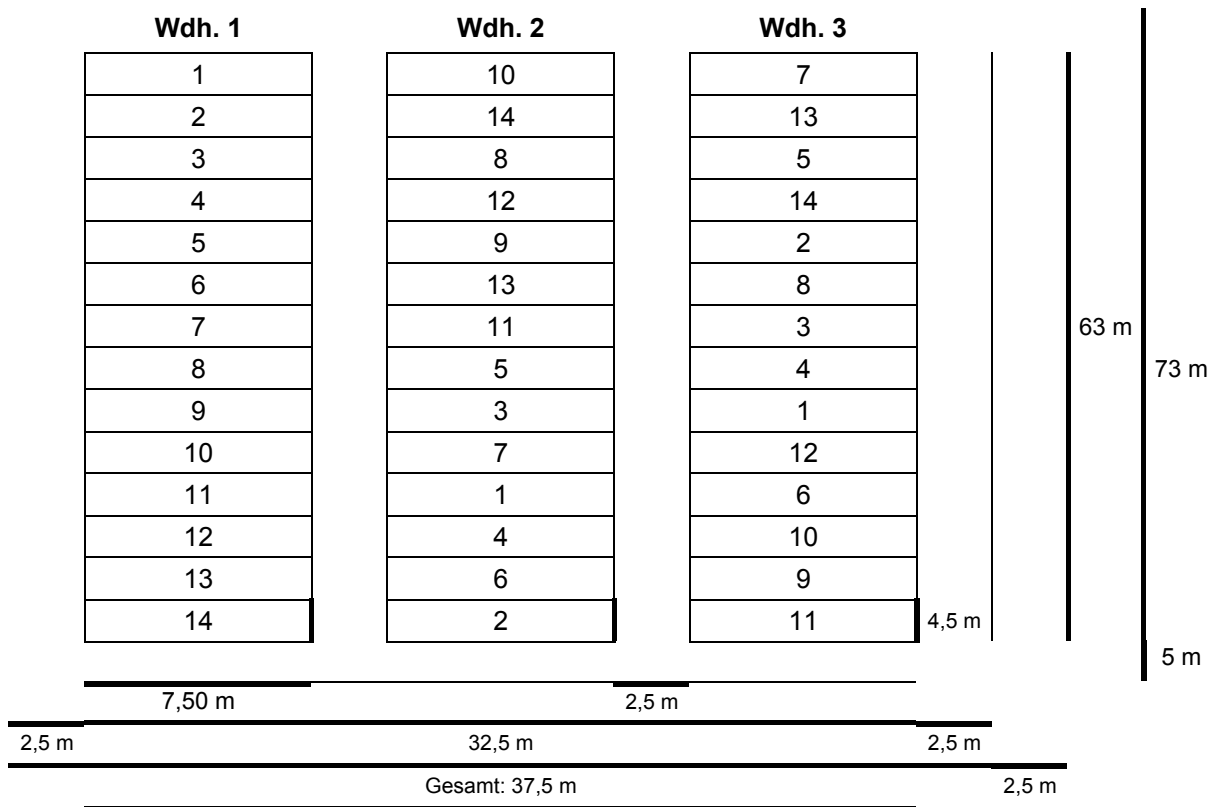


Abb. A 1: Lageplan der Versuchsanlage A an den Untersuchungsstandorten Reinshof und Oederquart. Blockanlage mit 14 Varianten in 3 Wiederholungen. Versuchsanlage B wurde gleichartig angelegt.

Nr. Prüfglieder

- 1 Luzerne in Reinsaat, Sorte Europe
- 2 Luzerne in Reinsaat, Sorte Franken neu
- 3 Luzerne in Reinsaat, Sorte Orca
- 4 Rotklee in Reinsaat, Sorte Odenwälder Rotklee
- 5 Rotklee in Reinsaat, Sorte Titus
- 6 Rotklee in Reinsaat, Sorte Lucrum
- 7 Persischer Klee in Reinsaat Felix
- 8 Persischer Klee in Reinsaat Archibald
- 9 Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel, Sorten: Europe / Cosmos 11
- 10 Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel, Sorten: Odenwälder / Cosmos 11
- 11 Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras, Sorten: Felix / Lipo
- 12 Wiesenschwingel in Reinsaat, Sorte Cosmos 11
- 13 Welsches Weidelgras in Reinsaat, Sorte Lipo
- 14 Spitzwegerich in Reinsaat, Handelssaatgut

1	5	9	12	Wdh. 1
2	6	10	13	
3	7	11	14	
4	8	1	11	Wdh. 2
10	12	4	5	
14	9	3	6	
8	13	2	7	Wdh. 3
7	2	14	10	
13	11	12	9	
5	3	8	1	
6	4			

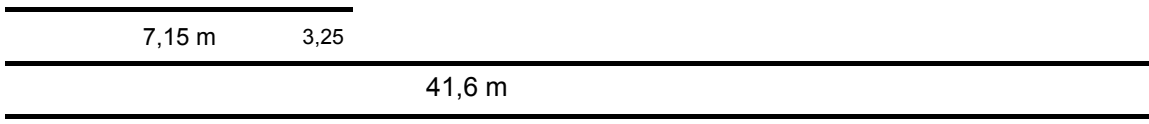


Abb. A 2: Lageplan der Versuchsanlage A am Untersuchungsstandort **Dasselsbruch**. Blockanlage mit 14 Varianten in 3 Wiederholungen. Versuchsanlage B wurde gleichartig angelegt.

Tab. A 1: Aussaattermine

	<b>Versuchsanlage A</b>		
	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch
Über- und mehr-jährige Nutzung <sup>1)</sup>	18.08.1998	20.08.1998	20.08.1998
Einjährige Nutzung <sup>2)</sup>	12.04.1999	27.04.1999	27.04.1999
	<b>Versuchsanlage B</b>		
	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch
Über- und mehr-jährige Nutzung <sup>1)</sup>	05.08.1999	27.08.1999	12.08.1999
Einjährige Nutzung <sup>2)</sup>	10.04.2000	09.05.2000	18.04.2000

1) Luzerne, Rotklee, Wiesenschwingel und Spitzwegerich

2) Persischer Klee und Welsches Weidelgras

Tab. A 2: Erntetermine der Sprossmasse und der Wurzelmasse (Wz)

	<b>Versuchsanlage A</b>		
1. Hauptnutzungsjahr	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch
1. Schnitt	02.06.1999	25.05.1999	27.05.1999
2. Schnitt	18.07.1999	12.07.1999	15.07.1999
3. Schnitt	20.09.1999 (Wz)	06.09.1999	08.09.1999 (Wz)
4. Schnitt	-----	20.10.1999 (Wz)	-----
2. Hauptnutzungsjahr	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch
1. Schnitt	22.05.2000	15.05.2000	16.05.2000
2. Schnitt	04.07.2000	10.07.2000	11.07.2000
3. Schnitt	30.08.2000	28.08.2000	18.09.2000 (Wz)
4. Schnitt	06.11.2000 (Wz)	16.10.2000 (Wz)	-----
	<b>Versuchsanlage B</b>		
1. Hauptnutzungsjahr	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch
1. Schnitt	22.05.2000	15.05.2000	16.05.2000
2. Schnitt	04.07.2000	10.07.2000	11.07.2000
3. Schnitt	30.08.2000	28.08.2000	18.09.2000 (Wz)
4. Schnitt	06.11.2000 (Wz)	16.10.2000 (Wz)	-----
2. Hauptnutzungsjahr	Reinshof	Oederquart	Dasselsbruch
1. Schnitt	29.05.2001	12.06.2001	06.06.2001
2. Schnitt	18.07.2001	23.07.2001	25.07.2001
3. Schnitt	23.08.2001	17.09.2001 (Wz)	01.10.2001 (Wz)
4. Schnitt	25.09.2001 (Wz)	-----	-----

Tab. A 3: Berechnung der Feldkapazität und nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum am Standort Reinshof

Horizont	Tiefe in cm	Profilschichtdicke in dm	FP	EMP	WMP	EGP	MGP	WGP	FKWe in mm	nFKWe in mm	Totwasser
Ap	0 bis 30	3	16,02	9,28	3,50	3,13	0,42	2,71	105,18	57,12	48,06
aM1	30 bis 35	0,5	16,44	8,76	3,05	3,14	0,55	2,62	17,29	9,07	8,22
aM2	35 bis 42	0,7	14,68	9,80	4,65	3,40	0,74	2,37	24,94	14,66	10,28
MGor1	42 bis 52	1	18,19	9,95	3,42	2,15	1,25	1,61	36,57	18,39	18,19
MGor2	52 bis 108	5,6	17,79	8,88	5,58	1,92	0,90	0,95	201,70	102,08	99,62
Summe in We		10,8							385,68	<b>201,32</b>	184,36

Tab. A 4: Berechnung der Feldkapazität und nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum am Standort Oederquart

Horizont	Tiefe in cm	Profilschichtdicke in dm	FP	EMP	WMP	EGP	MGP	FKWe in mm	nFKWe in mm	Totwasser
Ap	0 bis 28	2,8	24,96	9,69	5,62	2,11	0,73	118,69	48,79	69,90
Go	28 bis 51	2,3	26,72	12,51	3,96	3,05	0,36	106,35	44,90	61,46
GrGo	51 bis 63	1,2	35,54	10,76	3,39	1,63	0,00	61,58	18,94	42,65
GoGr	63 bis 90	2,7	35,15	16,35	5,25	2,22	0,21	159,19	64,29	94,91
Summe in We		9						445,82	<b>176,91</b>	268,90

Tab. A 5: Berechnung der Feldkapazität und nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum am Standort Dasselsbruch

Horizont	Tiefe in cm	Profilschichtdicke in dm	FP	EMP	WMP	EGP	FKWe in mm	nFKWe in mm	Totwasser
R-Ap	0 bis 28	2,8	4,16	3,36	2,08	4,44	39,31	27,66	11,65
R+Ahe 1	28 bis 37	0,9	2,82	2,36	2,96	4,43	11,32	8,78	2,54
R+Bv	37 bis 58	2,1	4,38	2,30	1,10	6,59	30,19	21,00	9,19
R+Ahe 2	58 bis 72	1	1,64	1,05	4,57	1,84	9,10	7,46	1,64
Summe in We		6,8					89,91	<b>64,89</b>	25,02



Tab. A 6: **Schnittgutertrag** des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**. Schnittgutertrag in der Summe aller Aufwüchse eines Jahres im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition des Schnittgutertrages aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich des Schnittgutertrages  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	115,5 A	168,4 A	283,9 A	127,6 A	117,2 A	244,8 A
Europe	121,5 A a	182,6 A a	304,2 B a	119,3 A a	139,3 A a	258,6 A a
Franken neu	133,7 a	166,0 a	299,6 a	180,5 b	157,7 a	338,1 b
Orca	120,0 a	163,1 a	283,1 a	159,5 b	161,3 a	320,8 b
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>125,1 <math>\alpha</math></i>	<i>170,6 <math>\alpha</math></i>	<i>295,6 <math>\alpha</math></i>	<i>153,1 <math>\alpha</math></i>	<i>152,8 <math>\alpha</math></i>	<i>305,9 <math>\alpha</math></i>
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	152,4 A	161,7 A	314,1 A	168,3 A	118,5 A	286,7 A
Odenwälder Rotklee	139,6 A a	156,9 A a	296,5 A a	170,1 A a	133,2 A a	303,3 A a
Titus	141,4 a	151,9 a	293,2 a	173,8 a	139,9 a	313,7 a
Lucrum	130,2 a	158,7 a	289,0 a	163,0 a	133,4 a	296,4 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>137,1 <math>\beta</math></i>	<i>155,8 <math>\beta</math></i>	<i>292,9 <math>\alpha</math></i>	<i>168,9 <math>\beta</math></i>	<i>135,5 <math>\beta</math></i>	<i>304,5 <math>\alpha</math></i>
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	64,7 A			---- *		
Felix	86,0 A a			----		
Archibald	88,2 a			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>87,1</i>			----		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

\* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Tab. A 7: **Ernterestmenge** des Gemenges und der Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**. Ernterestmenge des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000), Zuwachs an Ernterestmenge im zweiten Hauptnutzungsjahr der Versuchsanlage A (2000) und der Versuchsanlage B (2001) sowie Addition der Ernterestmenge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Ernterestmenge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	63,9 A	44,0 A	107,6 A	91,2 A	28,0 A	119,2 A
Europe	97,2 A a	15,6 A a	112,8 A a	125,8 B a	0 A #	125,8 A a
Franken neu	90,0 a	5,7 a	95,7 a	108,0 a	0 #	108,0 a
Orca	58,2 a	33,5 a	91,7 a	78,7 a	21,9 #	100,6 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>81,8 <math>\alpha</math></i>	<i>18,2 <math>\alpha</math></i>	<i>100,0 <math>\alpha</math></i>	<i>104,1 <math>\alpha</math></i>	<i>7,3 <math>\alpha</math></i>	<i>111,5 <math>\alpha</math></i>
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	38,9 A	25,0 A	63,9 A	54,7 A	3,5 A	58,2 A
Odenwälder Rotklee	43,9 A a	13,0 A ab	57,0 A a	56,3 A a	2,7 A a	59,0 A a
Titus	41,8 a	42,1 a	83,9 a	61,7 a	5,0 a	66,7 a
Lucrum	61,5 a	5,7 b	67,2 a	62,4 a	5,0 a	67,4 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>49,1 <math>\beta</math></i>	<i>20,3 <math>\alpha</math></i>	<i>69,4 <math>\beta</math></i>	<i>60,2 <math>\beta</math></i>	<i>4,2 <math>\alpha</math></i>	<i>64,4 <math>\beta</math></i>
<b>Persischer Klee</b>		1999 ↓ ↓		2000		
Felix + Lipo		49,2 A		---- *		
Felix		14,4 A a		----		
Archibald		18,2 a		----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		<i>16,3</i>		----		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Wert "0" im 2. HNJ: kein Zuwachs von Stoppel- und Wurzelmasse gegenüber 1. HNJ.

# - Daten nicht normalverteilt; Varianzanalyse nicht möglich.

\* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Tab. A 8: Stickstoff-Menge im **Schnittgut** des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**. N-Menge im Schnittgut des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Menge im Schnittgut  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	324,7 A	436,7 A	761,4 A	347,5 A	331,4 A	678,8 A
Europe	357,3 A a	469,0 A a	826,4 A a	324,1 A a	408,4 B a	732,4 A a
Franken neu	383,5 a	458,8 a	842,3 a	480,1 b	496,1 b	976,1 b
Orca	362,1 a	450,2 a	812,4 a	430,5 c	465,0 ab	895,5 c
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	367,7 $\alpha$	456,4 #	827,0 #	411,5 $\alpha$	456,5 $\alpha$	868,0 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	369,4 A	428,1 A	797,5 A	433,0 A	296,7 A	729,7 A
Odenwälder Rotklee	358,6 A a	413,2 A a	771,8 A ab	431,7 A a	344,4 B a	776,0 B a
Titus	403,0 a	409,2 a	812,1 a	477,8 a	391,2 a	869,0 b
Lucrum	340,5 a	411,3 a	751,8 b	448,8 a	368,6 a	817,5 c
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	367,4 $\alpha$	411,2 #	778,6 #	452,8 $\alpha$	368,1 $\beta$	820,8 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	134,4 A			---- *		
Felix	230,3 A a			----		
Archibald	238,6 a			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	234,5			----		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

# - Daten nicht normalverteilt, Varianzanalyse nicht möglich

\* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Tab. A 9: Stickstoff-Menge in den **Ernteresten** des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**. Versuchsanlage A mit erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (1999 und 2000) und Versuchsanlage B mit erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (2000 und 2001) sowie Addition der N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Menge in den Ernteresten

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	122,3 A	77,4 A	199,7 A	179,8 A	26,1 A	205,9 A
Europe	205,8 A a	9,9 A a	215,6 A a	274,5 A a	0,0 A a	274,5 A a
Franken neu	185,9 a	0,8 a	186,7 a	231,6 a	0,0 a	231,6 a
Orca	131,1 a	78,4 a	209,4 a	170,1 a	35,2 a	205,3 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	174,2 $\alpha$	29,7 $\alpha$	203,9 $\alpha$	225,4 $\alpha$	11,7 $\alpha$	237,1 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	68,8 A	60,9 A	129,7 A	114,1 A	0,0 A	114,1 A
Odenwälder Rotklee	78,5 A a	40,6 A a	119,1 A a	124,7 A a	0,2 A a	125,0 A a
Titus	83,0 a	97,1 a	180,0 a	138,1 a	0,7 a	138,8 a
Lucrum	117,7 a	21,2 a	138,9 a	139,4 a	6,4 a	145,7 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	93,0 $\beta$	53,0 $\alpha$	146,0 $\beta$	134,1 $\beta$	2,4 $\alpha$	136,5 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	48,5 A			---- *		
Felix	29,1 A a			----		
Archibald	35,1 a			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	32,1			----		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Wert "0" im 2. HNJ: kein Zuwachs von N in der Stoppel- und Wurzelmasse gegenüber 1. HNJ.

\* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Tab. A 10: Gesamtpflanzliche Boden-Stickstoff-Menge im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klees am Standort **Reinshof**. Boden-N-Menge des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Boden-N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Boden-N-Menge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	91,2 A	158,7 A	249,9 A	168,3 A	145,1 A	313,4 A
Europe	110,3 A a	145,7 A a	256,0 A a	159,7 A a	204,4 A a	364,1 A a
Franken neu	157,2 b	207,8 a	365,0 a	193,2 a	214,4 a	407,6 a
Orca	132,2 ab	196,0 a	328,2 a	193,6 a	248,9 a	442,4 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	133,2 $\alpha$	183,2 $\alpha$	316,4 $\alpha$	182,2 $\alpha$	222,6 $\alpha$	404,7 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	67,4 A	88,4 A	155,7 A	108,1 A	80,0 A	188,1 A
Odenwälder Rotklee	67,1 A a	74,0 A a	141,1 A a	87,2 A a	118,2 A a	205,4 A a
Titus	121,2 a	116,6 b	237,9 a	168,5 ab	130,1 a	298,6 a
Lucrum	110,6 a	118,2 b	228,9 a	179,2 b	130,9 a	310,1 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	99,6 $\beta$	103,0 $\beta$	202,6 $\beta$	145,0 $\alpha$	126,4 $\beta$	271,3 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	77,7 A			---- *		
Felix	92,1 A a			----		
Archibald	110,5 a			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	101,3			----		

Boden-N-Menge nach  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode berechnet, Referenzpflanze Wiesenschwingel;  
 verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).  
 \* - Ernteausfall des Persischen Klees wegen Pilzbefalls

Tab. A 11: Stickstoff-Mengen in den Beikräutern bei den Gemengen und Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Reinshof**. N-Mengen der Beikräuter im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der N-Mengen von zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Mengen in den Beikräutern

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	1,8 A	0	1,8 A	0 A	0 A	0 A
Europe	10,1 A a	0	10,1 A a	6,0 A a	3,5 A a	9,5 A a
Franken neu	6,6 a	0	6,6 a	0,6 a	0,4 a	1,0 a
Orca	9,3 a	0	9,3 a	0,8 a	0,4 a	1,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	8,7 $\alpha$	0	8,7 $\alpha$	2,4 $\alpha$	1,4	3,9 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	4,4 A	0 A	4,4 A	3,2 A	0	3,2 A
Odenwälder Rotklee	7,6 A a	2,1 A a	9,7 A a	2,5 A a	0	2,5 A a
Titus	3,0 a	0,2 a	3,2 a	0 a	0	0 a
Lucrum	5,7 a	0,3 a	6,0 a	0 a	0	0 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	5,4 $\alpha$	0,9	6,3 $\alpha$	1,1 $\alpha$	0	1,1 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000		
Felix + Lipo	0			----		
Felix	0			----		
Archibald	0			----		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	0			----		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓)

Tab. A 12: **Schnittgutertrag** des Gemenges und der Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Oederquart**. Schnittgutertrag in der Summe aller Aufwüchse eines Jahres im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition des Schnittgutertrages aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich des Schnittgutertrages

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
<b>Luzerne</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Europe + Cosmos 11	48,3 A	63,9 A	112,2 A	46,8 A	82,7 A	129,5 A
Europe	63,8 A a	127,5 B a	191,6 A a	28,0 A a	67,8 A a	95,8 A a
Franken neu	65,6 a	122,6 a	188,2 a	39,8 a	86,6 a	126,4 b
Orca	48,5 a	107,2 a	155,7 b	36,2 a	83,2 a	119,4 b
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	59,3 $\alpha$	119,2 $\alpha$	178,5 $\alpha$	34,7 $\alpha$	79,2 $\alpha$	113,9 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	152,7 A	142,7 A	295,5 A	119,8 A	99,3 A	219,1 A
Odenwälder Rotklee	139,9 B a	125,0 A a	264,9 A a	95,0 A a	109,9 A a	204,9 A a
Titus	140,4 a	138,5 a	278,9 a	110,2 a	114,0 a	224,2 a
Lucrum	132,5 a	131,0 a	263,5 a	98,3 a	109,7 a	208,0 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	137,6 $\beta$	131,5 $\beta$	269,1 $\beta$	101,1 $\beta$	111,2 $\beta$	212,3 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	66,1 A			30,3 A		
Felix	70,9 A a			21,8 A a		
Archibald	62,9 a			24,8 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	66,9			23,3		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Tab. A 13: **Ernterestmenge** des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Klees am Standort **Oederquart**. Ernterestmenge des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000), Zuwachs an Ernterestmenge im zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (2000) und der Versuchsanlage B (2001) sowie Addition der Ernterestmenge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Ernterestmenge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	50,8 A	9,1 A	59,9 A	41,2 A	7,3 A	48,5 A
Europe	26,7 A a	31,9 A a	58,6 A a	24,1 A a	23,1 A a	47,2 A a
Franken neu	39,9 a	34,9 a	74,8 a	30,2 a	6,8 a	37,0 a
Orca	47,7 a	21,3 a	69,0 a	31,9 a	14,5 a	46,4 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	38,1 $\alpha$	29,4 $\alpha$	67,5 $\alpha$	28,7 $\alpha$	14,8 $\alpha$	43,5 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	33,0 A	11,3 A	44,3 A	40,6 A	0,6 A	41,2 A
Odenwälder Rotklee	41,2 A a	16,9 A a	58,2 A a	36,6 A a	5,6 A a	42,3 A a
Titus	62,5 a	8,1 a	70,6 a	46,4 a	0 a	46,4 a
Lucrum	39,7 a	14,7 a	54,4 a	35,2 a	6,8 a	42,0 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	47,8 $\alpha$	13,2 $\alpha$	61,0 $\alpha$	39,4 $\beta$	4,1 $\alpha$	43,6 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	42,3 A			60,8 A		
Felix	19,7 A a			12,9 B a		
Archibald	29,2 b			10,5 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	24,4			11,7		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).  
 Wert "0" im 2. HNJ: kein Zuwachs von Stoppel- und Wurzelmasse gegenüber 1. HNJ.



Tab. A 14: Stickstoff-Menge im **Schnittgut** des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Oederquart**. N-Menge im Schnittgut des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Menge im Schnittgut

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
<b>Luzerne</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Europe + Cosmos 11	83,2 A	117,1 A	200,3 A	90,3 A	126,8 A	217,1 A
Europe	208,1 A a	390,3 B a	598,3 B a	89,2 A a	187,4 A a	276,6 A a
Franken neu	217,7 a	379,4 a	597,1 a	131,0 a	246,9 a	381,6 b
Orca	179,2 a	356,6 a	535,8 a	115,1 a	223,2 a	338,3 b
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	201,7 $\alpha$	375,4 $\alpha$	577,1 $\alpha$	111,8 $\alpha$	219,2 $\alpha$	332,2 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	434,2 A	398,6 A	832,8 A	321,5 A	226,3 A	547,8 A
Odenwälder Rotklee	426,7 A a	368,0 A a	794,7 A a	292,6 A a	254,3 A a	546,9 A a
Titus	461,1 a	450,7 a	911,8 a	368,1 a	303,9 b	672,0 a
Lucrum	425,7 a	404,8 a	830,5 a	331,8 a	293,3 ab	625,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	437,8 $\beta$	407,8 $\alpha$	845,7 $\beta$	330,8 $\beta$	283,8 $\beta$	614,7 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	127,5 A			68,9 A		
Felix	210,2 A a			70,9 A a		
Archibald	182,9 a			76,9 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	196,6			73,9		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Tab. A 15: Stickstoff-Menge in den **Ernteresten** des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotklee und des Persischen Klees am Standort **Oederquart**. Versuchsanlage A mit erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (1999 und 2000) und Versuchsanlage B erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (2000 und 2001) sowie Addition der N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Menge in den Ernteresten

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	62,3 A	12,3 A	74,6 A	41,5 A	2,0 A	43,5 A
Europe	42,3 A a	47,0 A a	89,3 A a	37,4 A a	46,0 A a	83,4 A a
Franken neu	66,7 a	56,0 a	122,7 a	49,9 a	8,2 a	58,1 a
Orca	87,7 a	44,7 a	132,4 a	54,0 a	29,8 a	83,8 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	65,6 $\alpha$	49,2 $\alpha$	114,8 $\alpha$	47,1 $\alpha$	28,0 $\alpha$	75,1 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	63,2 A	7,4 A	70,6 A	69,4 A	0,5 A	69,9 A
Odenwälder Rotklee	78,8 A a	27,1 A a	105,9 A a	67,6 A a	3,1 A a	70,7 A a
Titus	126,6 a	14,6 a	141,1 a	97,3 b	0,0 a	97,3 a
Lucrum	79,3 a	29,9 a	109,3 a	77,2 ab	7,8 a	85,0 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	94,9 $\alpha$	23,9 $\alpha$	118,8 $\alpha$	80,7 $\beta$	3,6 $\alpha$	84,3 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>		1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo		37,3 A			34,8 A	
Felix		50,5 A a			33,2 A a	
Archibald		60,8 a			24,6 a	
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		55,6			28,9	

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓). Wert "0" im 2. HNJ: kein Zuwachs von N in der Stoppel- und Wurzelmasse gegenüber 1. HNJ.

Tab. A 16: Gesamtpflanzliche Boden-Stickstoff-Menge im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Oederquart**. Boden-N-Menge des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Boden-N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Boden-N-Menge

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
<b>Luzerne</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Europe + Cosmos 11	96,2 A	100,9 A	197,2 A	109,5 A	86,3 A	195,8 A
Europe	90,2 A a	190,2 B a	280,4 B a	84,0 A a	57,4 A a	141,4 A a
Franken neu	116,3 a	226,6 a	342,8 a	109,2 a	88,1 b	197,3 b
Orca	120,6 a	184,5 a	305,1 a	105,4 a	75,8 ab	181,2 b
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	109,0 #	200,4 $\alpha$	309,4 $\alpha$	99,5 $\alpha$	73,8 $\alpha$	173,3 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	113,6 A	115,9 A	229,5 A	117,1 A	69,2 A	186,3 A
Odenwälder Rotklee	116,6 A a	145,8 A a	262,3 A a	77,9 A a	60,0 A a	138,0 A a
Titus	152,2 a	165,6 ab	317,8 ab	130,6 b	124,9 a	255,4 b
Lucrum	155,9 a	188,0 b	343,9 b	128,4 b	119,1 a	247,5 b
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	141,6 #	166,5 $\alpha$	308,0 $\alpha$	112,3 $\alpha$	101,3 $\beta$	213,6 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	121,0 A			99,1 A		
Felix	78,4 A a			61,2 A a		
Archibald	72,0 a			61,5 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	75,2			61,3		

Boden-N-Menge nach  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode berechnet, Referenzpflanze Wiesenschwingel;

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

# Daten nicht normalverteilt, Varianzanalyse nicht möglich.

Tab. A 17: **Schnittgutertrag** des Gemenges und der Reinsaat der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Klees am Standort **Dasselsbruch**. Schnittgutertrag in der Summe aller Aufwüchse eines Jahres im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition des Schnittgutertrages zweier Hauptnutzungsjahre ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich des Schnittgutertrages

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	38,6 A	65,5 A	104,1 A	27,5 A	37,7 A	65,2 A
Europe	37,0 A a	90,8 A a	127,8 A a	11,3 A a	30,1 A a	41,4 A a
Franken neu	57,7 a	113,0 a	170,7 a	19,9 b	53,4 a	73,3 a
Orca	50,9 a	91,1 a	142,0 a	18,3 b	40,2 a	58,5 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	48,5 $\alpha$	98,3 $\alpha$	146,8 $\alpha$	16,5 $\alpha$	41,2 $\alpha$	57,7 $\alpha$
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	46,1 A	52,4 A	98,5 A	94,3 A	74,1 A	168,4 A
Odenwälder Rotklee	52,7 A a	81,4 B a	134,1 B a	81,1 A a	88,9 A a	170,0 A a
Titus	71,6 b	109,5 b	181,1 b	84,4 a	103,9 a	188,3 a
Lucrum	51,4 a	81,8 a	133,2 a	86,9 a	93,8 a	180,7 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	58,6 $\alpha$	90,9 $\alpha$	149,5 $\alpha$	84,1 $\beta$	95,5 $\beta$	179,7 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>		1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo		41,4 A			52,0 A	
Felix		35,5 A a			56,9 A a	
Archibald		45,9 a			50,8 a	
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		40,7			53,8	

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Tab. A 18: **Ernterestmenge** des Gemenges und der Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Klees am Standort **Dasselsbruch**. Ernterestmenge des ersten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999) und der Versuchsanlage B (2000), Zuwachs an Ernterestmenge des zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (2000) und der Versuchsanlage B (2001) sowie Addition der Ernterestmenge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Ernterestmenge  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)  
 - zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

TM [dt ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
<b>Luzerne</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Europe + Cosmos 11	50,5 A	19,6 A	70,1 A	31,0 A	0 A	31,0 A
Europe	63,5 A ab	47,1 A a	110,6 A a	21,7 A a	65,5 B a	87,2 A a
Franken neu	38,0 b	77,4 a	115,4 a	39,7 a	51,1 a	90,8 a
Orca	86,4 a	35,9 a	122,2 a	26,1 a	58,1 a	84,3 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	62,6 $\alpha$	53,4 $\alpha$	116,0 $\alpha$	29,1 $\alpha$	58,3 $\alpha$	87,4 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	52,8 A	0	52,8 A	39,6 A	10,9 A	50,5 A
Odenwälder Rotklee	37,0 A a	0 a	37,0 A a	32,9 A a	13,7 A a	46,6 A a
Titus	50,4 a	11,0 a	61,4 a	33,5 a	14,5 a	48,0 a
Lucrum	37,8 a	4,2 a	42,0 a	34,8 a	22,7 a	57,5 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	41,8 $\alpha$	5,1 $\beta$	46,9 $\alpha$	33,7 $\alpha$	17,0 $\alpha$	50,7 $\beta$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	51,4 A			21,2 A		
Felix	27,4 A a			14,7 A a		
Archibald	31,7 a			13,4 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	29,5			14,1		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓). Wert "0" im 2. HNJ: kein Zuwachs von Stoppel- und Wurzelmasse gegenüber 1. HNJ.

Tab. A 19: Stickstoff-Menge im **Schnittgut** der Reinsaaten von Luzerne, Rotklee und Persischem Klee im Vergleich zu der Stickstoff-Menge im Schnittgut der Leguminosen-Gras-Gemeinde am Standort **Dasselsbruch**. N-Menge im Schnittgut des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Menge im Schnittgut

- zwischen den Anbauformen Gemeinde und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	82,2 A	142,2 A	224,6 A	40,3 A	47,2 A	87,5 A
Europe	104,4 A a	223,1 A a	327,5 A a	25,6 A a	79,6 A a	105,2 A a
Franken neu	170,7 a	320,9 a	491,6 a	44,2 b	141,3 a	185,4 a
Orca	153,0 a	262,1 a	415,1 a	40,2 ab	102,8 a	143,0 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>142,7 <math>\alpha</math></i>	<i>268,7 <math>\alpha</math></i>	<i>411,4 <math>\alpha</math></i>	<i>36,7 <math>\alpha</math></i>	<i>107,9 <math>\alpha</math></i>	<i>144,5 <math>\alpha</math></i>
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	87,5 A	115,9 A	203,4 A	224,2 A	168,2 A	392,4 A
Odenwälder Rotklee	142,1 A a	206,3 A a	348,4 B a	207,5 A a	224,9 A a	432,5 A a
Titus	219,9 b	289,8 a	509,7 b	240,6 a	280,9 a	521,5 a
Lucrum	146,4 a	211,0 a	357,4 a	234,5 a	254,6 a	489,1 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>169,5 <math>\alpha</math></i>	<i>235,7 <math>\alpha</math></i>	<i>405,2 <math>\alpha</math></i>	<i>227,6 <math>\beta</math></i>	<i>253,5 <math>\beta</math></i>	<i>481,0 <math>\beta</math></i>
<b>Persischer Klee</b>		1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo		86,7 A			125,0 A	
Felix		101,9 A a			128,3 A a	
Archibald		131,9 a			116,7 a	
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		<i>116,9</i>			<i>122,5</i>	

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Tab. A 20: Stickstoff-Menge in den **Ernteresten** der Gemenge und Reinsaaten von Luzerne, Rotklee und Persischem Klee am Standort **Dasselsbruch**. Versuchsanlage A mit erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (1999 und 2000) und Versuchsanlage B mit erstem und zweitem Hauptnutzungsjahr (2000 und 2001) sowie Addition der N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Menge in den Ernteresten

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	72,1 A	36,2 A	108,3 A	30,6 A	0,2 A	30,9 A
Europe	101,3 A a	83,0 A a	184,3 A a	22,6 A a	79,5 B a	102,1 B a
Franken neu	63,4 a	148,4 a	211,8 a	47,8 a	95,1 a	142,9 a
Orca	157,7 a	75,3 a	233,0 a	27,8 a	74,7 a	102,4 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>107,5 <math>\alpha</math></i>	<i>102,2 <math>\alpha</math></i>	<i>209,7 <math>\alpha</math></i>	<i>32,7 <math>\alpha</math></i>	<i>83,1 <math>\alpha</math></i>	<i>115,8 <math>\alpha</math></i>
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	62,1 A	6,6 A	68,6 A	66,6 A	25,8 A	92,4 A
Odenwälder Rotklee	68,6 A a	0,7 A a	69,3 A a	67,7 A a	21,9 A a	89,7 A a
Titus	105,2 b	23,8 a	129,1 b	77,2 a	24,5 a	101,7 a
Lucrum	70,1 a	7,3 a	77,3 ab	69,5 a	45,6 a	115,1 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>81,3 <math>\alpha</math></i>	<i>10,6 <math>\alpha</math></i>	<i>91,9 <math>\alpha</math></i>	<i>71,5 <math>\alpha</math></i>	<i>30,7 <math>\alpha</math></i>	<i>102,2 <math>\alpha</math></i>
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	63,1 A			41,7 A		
Felix	55,5 A a			30,7 A a		
Archibald	69,3 a			31,9 a		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>62,4</i>			<i>31,3</i>		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓). Wert "0" im 2. HNJ: kein Zuwachs N in der von Stoppel- und Wurzelmasse gegenüber 1. HNJ.

Tab. A 21: Gesamtpflanzliche Boden-Stickstoff-Menge im Gemenge und in den Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Dasselsbruch**. Boden-N-Menge des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der Boden-N-Menge aus zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der Boden-N-Menge

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
<b>Luzerne</b>						
Europe + Cosmos 11	81,6 A	74,3 A	155,9 A	70,9 A	45,8 A	116,7 A
Europe	84,6 A a	68,0 A a	152,6 A a	38,2 B a	17,9 B a	56,2 B a
Franken neu	124,5 ab	137,5 b	261,9 b	59,2 b	57,9 a	117,2 b
Orca	177,4 b	80,3 ab	257,7 b	50,2 ab	34,1 a	84,3 ab
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>128,8 <math>\alpha</math></i>	<i>95,3 <math>\alpha</math></i>	<i>224,1 <math>\alpha</math></i>	<i>49,2 <math>\alpha</math></i>	<i>36,7 <math>\alpha</math></i>	<i>85,9 <math>\alpha</math></i>
<b>Rotklee</b>						
Odenwälder + Cosmos 11	74,2 A	42,8 A	117,0 A	77,3 A	62,1 A	139,3 A
Odenwälder Rotklee	84,3 A a	46,6 A a	131,0 A a	75,1 A a	75,3 A a	150,4 A a
Titus	108,7 a	70,8 a	179,5 a	114,4 a	113,9 a	228,3 a
Lucrum	112,6 a	63,9 a	176,5 a	117,9 a	127,1 a	245,1 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	<i>101,9 <math>\alpha</math></i>	<i>60,4 <math>\alpha</math></i>	<i>162,3 <math>\alpha</math></i>	<i>102,5 <math>\beta</math></i>	<i>105,5 <math>\alpha</math></i>	<i>207,8 <math>\beta</math></i>
<b>Persischer Klee</b>		1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓	
Felix + Lipo		84,3 A			57,1 A	
Felix		55,4 A a			55,3 A a	
Archibald		93,5 a			50,6 a	
<i>arith. Mittel der Sorten</i>		<i>74,4</i>			<i>53,0</i>	

Boden-N-Menge nach  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode berechnet, Referenzpflanze Wiesenschwingel;

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).



Tab. A 22: Stickstoff-Mengen in den Beikräutern bei den Gemengen und Reinsaaten der Luzerne, des Rotkleees und des Persischen Kleees am Standort **Dasselsbruch**. N-Mengen der Beikräuter im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr der Versuchsanlage A (1999 und 2000) und der Versuchsanlage B (2000 und 2001) sowie Addition der N-Mengen von zwei Hauptnutzungsjahren ( $\Sigma$ , nur bei Luzerne und Rotklee). Vergleich der N-Mengen in den Beikräutern

- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (große Buchstaben)
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)
- zwischen den Arten Luzerne und Rotklee (griechische Buchstaben)

N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Versuchsanlage A			Versuchsanlage B		
<b>Luzerne</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Europe + Cosmos 11	1,0 A	1,5 A	2,5 A	0 A	0 A	0 A
Europe	2,7 A a	6,8 A a	9,5 A a	3,5 A a	16,5 A a	20,0 A a
Franken neu	1,9 a	4,5 a	6,4 a	3,8 a	12,8 a	16,6 a
Orca	2,9 a	12,0 a	14,9 a	3,7 a	14,5 a	18,2 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	2,5 $\alpha$	7,8 $\alpha$	10,3 $\alpha$	3,7 $\alpha$	14,6 $\alpha$	18,3 $\alpha$
<b>Rotklee</b>	1999 ↓ ↓	2000 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓	2000 ↓ ↓	2001 ↓ ↓	$\Sigma$ ↓ ↓
Odenwälder + Cosmos 11	0,6 A	1,6 A	2,2 A	0 A	3,3 A	3,3 A
Odenwälder Rotklee	4,7 B a	11,0 A a	15,7 A a	2,5 A a	4,7 A a	7,2 A a
Titus	2,3 a	6,5 a	8,8 a	1,3 a	2,6 a	3,9 a
Lucrum	5,2 a	10,6 a	15,8 a	2,7 a	1,9 a	4,6 a
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	4,0 $\alpha$	9,4 $\alpha$	13,4 $\alpha$	2,2 $\alpha$	3,0 $\alpha$	5,2 $\alpha$
<b>Persischer Klee</b>	1999 ↓ ↓			2000 ↓ ↓		
Felix + Lipo	0,9 A			1,7 A		
Felix	6,0 A a			0 A		
Archibald	6,9 a			0		
<i>arith. Mittel der Sorten</i>	6,5			0		

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test mit  $P < 0,05$  (Leserichtung: ↓).

Tab. A 23: Dreifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Jahr, Sorte und Standort für die Nutzungssysteme Luzerne-Reinsaat im überjährigem Anbau sowie Luzerne-Reinsaat im zweijährigem Anbau

	Nutzungs- dauer	Jahr	Standort	Sorte	Jahr x Standort	Jahr x Sorte	Standort x Sorte	Jahr x Standort x Sorte
<b>TM<sub>Bt</sub></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
<b>H<sub>TMBt</sub><sup>1)</sup></b>	Überjährig	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>Bt</sub></b>	Überjährig	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
<b>H<sub>NBt</sub><sup>1)</sup></b>	Überjährig	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>fix</sub><sup>2)</sup></b>	Überjährig	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>Boden</sub><sup>2)</sup></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	*	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>dfa</sub><sup>1)2)</sup></b>	Überjährig	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N-Saldo</b>	Überjährig	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>1)</sup> Winkeltransformation der Originaldaten, <sup>2)</sup> berechnet mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel  
 Tukey-Test: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; n.s. = nicht signifikant

Tab. A 24: Dreifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Jahr, Sorte und Standort für die Nutzungssysteme Rotklee-Reinsaat im überjährigem Anbau sowie Rotklee-Reinsaat im zweijährigem Anbau

	Nutzungs- dauer	Jahr	Standort	Sorte	Jahr x Standort	Jahr x Sorte	Standort x Sorte	Jahr x Standort x Sorte
<b>TM<sub>Bt</sub></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
<b>H<sub>TMBt</sub><sup>1)</sup></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
<b>N<sub>Bt</sub></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	***	*	n.s.	n.s.
<b>H<sub>NBt</sub><sup>1)</sup></b>	Überjährig	#						
	Zweijährig	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>fix</sub><sup>2)</sup></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.
<b>N<sub>Boden</sub><sup>2)</sup></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>dfa</sub><sup>1)2)</sup></b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N-Saldo</b>	Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

<sup>1)</sup> Winkeltransformation der Originaldaten, <sup>2)</sup> berechnet mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel  
 Tukey-Test: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; n.s. = nicht signifikant

# - Voraussetzung zur Durchführung einer Varianzanalyse ist nicht erfüllt

Tab. A 25: Zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Sorte und Standort für das Nutzungssystem Persischer Klee in Reinsaat im einjährigen Anbau. Im Untersuchungsjahr 1999 Vergleich von drei Standorten, im Untersuchungsjahr 2000 Vergleich von zwei Standorten

	Nutzungsdauer	Sorte	Standort	Standort x Sorte
<b>TM<sub>Bt</sub></b>	1999	n.s.	n.s.	n.s.
	2000	n.s.	n.s.	*
<b>H<sub>TMBt</sub><sup>1)</sup></b>	1999	n.s.	**	n.s.
	2000	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>Bt</sub></b>	1999	n.s.	n.s.	n.s.
	2000	n.s.	n.s.	n.s.
<b>H<sub>NBt</sub><sup>1)</sup></b>	1999	n.s.	**	n.s.
	2000	#		
<b>Nfix<sup>2)</sup></b>	1999	n.s.	n.s.	n.s.
	2000	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>Boden</sub><sup>2)</sup></b>	1999	n.s.	n.s.	n.s.
	2000	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Ndfa<sup>1)2)</sup></b>	1999	#		
	2000	n.s.	*	n.s.
<b>N-Saldo</b>	1999	n.s.	n.s.	n.s.
	2000	n.s.	n.s.	n.s.

<sup>1)</sup> Winkeltransformation der Originaldaten, <sup>2)</sup> berechnet mit der Referenzpflanze Welsches Weidelgras  
 Tukey-Test: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; n.s. = nicht signifikant  
 # - Voraussetzung zur Durchführung einer Varianzanalyse ist nicht erfüllt

Tab. A 26: Zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Jahr und Standort für das Nutzungssystem Luzerne-Wiesenschwingel-Gemeinde im überjährigen Anbau sowie Luzerne-Wiesenschwingel-Gemeinde im zweijährigen Anbau

	Nutzungsdauer	Jahr	Standort	Standort x Jahr
<b>TM<sub>Bt</sub></b>	überjährig	n.s.	*	n.s.
	zweijährig	n.s.	*	n.s.
<b>H<sub>TMBt</sub><sup>1)</sup></b>	überjährig	n.s.	n.s.	n.s.
	zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N<sub>Bt</sub></b>	überjährig	#		
	zweijährig	#		
<b>H<sub>NBt</sub><sup>1)</sup></b>	überjährig	n.s.	*	n.s.
	zweijährig	n.s.	**	n.s.
<b>Nfix<sup>2)</sup></b>	überjährig	#		
	zweijährig	#		
<b>N<sub>Boden</sub><sup>2)</sup></b>	überjährig	*	n.s.	**
	zweijährig	#		
<b>Ndfa<sup>1)2)</sup></b>	überjährig	#		
	zweijährig	*	**	n.s.
<b>N-Saldo</b>	überjährig	n.s.	n.s.	n.s.
	zweijährig	*	n.s.	n.s.

<sup>1)</sup> Winkeltransformation der Originaldaten, <sup>2)</sup> berechnet mit der Referenzpflanze Wiesenschwingel  
 Tukey-Test: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; n.s. = nicht signifikant  
 # - Voraussetzung zur Durchführung einer Varianzanalyse ist nicht erfüllt

Tab. A 27: Zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Jahr und Standort für das Nutzungssystem Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge im überjährigen Anbau sowie Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge im zweijährigen Anbau

	Nutzungsdauer	Jahr	Standort	Standort x Jahr
<b>TM<sub>Bt</sub></b>	überjährig	n.s.	**	n.s.
	zweijährig	n.s.	**	n.s.
<b>H<sub>TMBt</sub></b> <sup>1)</sup>	überjährig	#		
	zweijährig	n.s.	**	n.s.
<b>N<sub>Bt</sub></b>	überjährig	#		
	zweijährig	#		
<b>H<sub>NBt</sub></b> <sup>1)</sup>	überjährig	n.s.	**	*
	zweijährig	n.s.	***	n.s.
<b>Nfix</b> <sup>2)</sup>	überjährig	#		
	zweijährig	n.s.	**	**
<b>N<sub>Boden</sub></b> <sup>2)</sup>	überjährig	n.s.	n.s.	n.s.
	zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Ndfa</b> <sup>1)2)</sup>	überjährig	n.s.	n.s.	n.s.
	zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.
<b>N-Saldo</b>	überjährig	#		
	zweijährig	#		

<sup>1)</sup> Winkeltransformation der Originaldaten

<sup>2)</sup> berechnet mit der Referenzpflanze Welsches Weidelgras

Tukey-Test: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; n.s. = nicht signifikant

# - Voraussetzung zur Durchführung einer Varianzanalyse ist nicht erfüllt

Tab. A 28: Einfaktorielle Varianzanalyse (Faktor Standort) für das Nutzungssystem Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras (einjähriger Anbau)  
 - Untersuchungsjahr 1999 mit drei Standorten (PW 1999)  
 - Untersuchungsjahr 2000 mit zwei Standorten (PW 2000)

	PW 1999	PW 2000
<b>TM<sub>Bt</sub></b>	n.s.	n.s.
<b>H<sub>TMBt</sub></b> <sup>1)</sup>	n.s.	**
<b>N<sub>Bt</sub></b>	n.s.	n.s.
<b>H<sub>NBt</sub></b> <sup>1)</sup>	n.s.	n.s.
<b>Nfix</b> <sup>2)</sup>	n.s.	*
<b>N<sub>Boden</sub></b> <sup>2)</sup>	n.s.	*
<b>Ndfa</b> <sup>1)2)</sup>	n.s.	**
<b>N-Saldo</b>	n.s.	*

<sup>1)</sup> Winkeltransformation der Originaldaten

<sup>2)</sup> berechnet mit der Referenzpflanze Welsches Weidelgras

Tukey-Test: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; n.s. = nicht signifikant

Tab. A 29:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (Europe + Cosmos 11) sowie bei den Reinsaaten (Europe, Franken neu, Orca) der Luzerne am Standort **Reinshof** im Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001).  
 Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Europe + Cosmos 11	Europe	Franken neu	Orca
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>			
29.03.1999	29,9 ± 1,4 A	29,1 ± 2,2 A a	32,5 ± 5,3 a	30,8 ± 4,1 a
02.06.1999	23,2 ± 0,7 A	26,8 ± 0,7 A a	28,6 ± 4,0 a	26,9 ± 0,5 a
18.07.1999	19,6 ± 2,3 A	24,8 ± 6,2 A a	30,4 ± 4,7 a	24,1 ± 2,6 a
20.09.1999	17,0 ± 1,3 A	27,0 ± 2,5 A a	20,6 ± 4,5 a	26,6 ± 9,9 a
10.04.2000	17,0 ± 1,1 A	19,0 ± 3,1 A a	24,5 ± 4,6 a	30,6 ± 8,8 a
22.05.2000	23,4 ± 2,9 A	26,9 ± 2,0 A a	25,6 ± 3,6 a	28,4 ± 3,5 a
04.07.2000	20,0 ± 0,4 A	23,8 ± 0,4 B a	23,8 ± 2,3 a	21,2 ± 0,7 a
30.08.2000	22,8 ± 1,3 A	28,5 ± 1,7 A a	25,6 ± 0,5 a	24,4 ± 2,5 a
06.11.2000	21,3 ± 3,5 A	28,9 ± 3,3 A a	24,0 ± 2,6 a	22,8 ± 3,8 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>			
10.04.2000	15,6 ± 0,8 A	23,0 ± 2,9 A a	15,4 ± 2,0 b	16,7 ± 0,8 b
22.05.2000	22,3 ± 2,7 A	22,9 ± 1,9 A a	23,4 ± 2,9 a	19,8 ± 1,1 a
04.07.2000	21,6 ± 3,0 A	30,3 ± 6,7 A a	18,7 ± 1,3 a	21,4 ± 1,3 a
30.08.2000	22,8 ± 5,8 A	28,1 ± 2,5 A a	23,1 ± 4,1 a	21,3 ± 2,8 a
06.11.2000	20,6 ± 2,3 A	29,1 ± 1,0 A a	27,5 ± 2,7 a	21,8 ± 3,3 a
04.04.2001	31,4 ± 5,0 A	38,5 ± 5,8 A a	53,5 ± 11,7 a	31,9 ± 0,8 a
29.05.2001	28,7 ± 7,0 A	33,8 ± 4,3 A a	26,6 ± 4,7 a	30,2 ± 3,5 a
18.07.2001	21,6 ± 1,5 A	26,0 ± 2,4 A a	20,3 ± 3,0 a	20,7 ± 2,3 a
23.08.2001	20,3 ± 3,5 A	25,4 ± 1,1 A a	17,6 ± 2,3 a	20,9 ± 1,3 a
25.09.2001	29,1 ± 6,2 A	26,1 ± 4,6 A a	21,3 ± 2,8 a	23,3 ± 2,0 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3  
 Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 30:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (Europe + Cosmos 11) sowie bei den Reinsaaten (Europe, Franken neu, Orca) der Luzerne am Standort **Oederquart** im Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001).  
 Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Europe + Cosmos 11	Europe	Franken neu	Orca
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>			
30.03.1999	21,2 ± 4,9 A	22,5 ± 4,1 A ab	24,9 ± 4,8 a	20,1 ± 4,9 b
25.05.1999	13,0 ± 1,0 A	13,5 ± 1,2 A a	14,4 ± 1,5 a	12,1 ± 1,1 a
12.07.1999	22,6 ± 12,0 A	24,2 ± 11,3 A a	22,9 ± 10,8 a	26,6 ± 12,9 a
06.09.1999	10,6 ± 2,6 A	18,4 ± 3,4 B a	15,3 ± 3,8 a	25,7 ± 11,6 a
20.10.1999	12,0 ± 1,1 A	20,2 ± 4,8 A a	24,1 ± 5,8 a	33,8 ± 17,9 a
12.04.2000	23,8 ± 13,1 A	23,0 ± 6,6 A a	20,2 ± 5,5 a	30,0 ± 12,9 a
15.05.2000	10,1 ± 1,7 A	14,1 ± 3,2 A a	14,9 ± 3,6 a	15,3 ± 3,4 a
10.07.2000	18,4 ± 6,4 A	22,3 ± 6,5 B a	20,9 ± 2,5 a	18,4 ± 4,7 a
28.08.2000	12,2 ± 0,8 A	18,5 ± 4,5 A a	22,7 ± 4,9 a	20,8 ± 1,0 a
16.10.2000	13,2 ± 2,9 A	21,6 ± 5,4 A a	23,1 ± 6,1 a	24,1 ± 5,9 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>			
12.04.2000	22,7 ± 1,6 A	19,8 ± 4,8 A a	23,2 ± 8,0 a	19,3 ± 3,1 a
15.05.2000	15,0 ± 1,4 A	18,7 ± 4,9 A a	17,9 ± 2,8 a	17,6 ± 0,9 a
10.07.2000	24,5 ± 3,3 A	31,0 ± 14,3 A a	34,5 ± 16,5 a	20,0 ± 5,3 a
28.08.2000	15,9 ± 2,3 A	19,3 ± 1,9 A a	17,8 ± 3,1 a	20,2 ± 1,0 a
16.10.2000	11,6 ± 1,3 A	19,1 ± 5,8 A a	21,2 ± 5,7 a	22,8 ± 4,5 a
19.04.2001	14,3 ± 4,4 A	23,7 ± 7,2 A a	30,9 ± 12,1 a	34,4 ± 14,4 a
12.06.2001	13,9 ± 1,3 A	14,6 ± 1,6 A a	19,2 ± 6,6 a	17,1 ± 3,5 a
23.07.2001	14,6 ± 1,0 A	17,5 ± 5,3 A a	18,4 ± 2,9 a	20,3 ± 5,0 a
17.09.2001	10,9 ± 1,3 A	13,8 ± 1,2 A a	12,8 ± 0,6 a	14,1 ± 0,6 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3

Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede



Tab. A 31:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge (Europe + Cosmos 11) sowie bei den Reinsaaten (Europe, Franken neu, Orca) der Luzerne am Standort **Dasselsbruch** im Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001).  
 Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Europe + Cosmos 11	Europe	Franken neu	Orca
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>			
31.03.1999	24,9 ± 5,1 A	46,0 ± 8,5 B a	36,4 ± 7,7 a	33,3 ± 5,1 a
27.05.1999	23,8 ± 3,1 A	39,0 ± 2,2 A a	37,1 ± 6,3 a	29,5 ± 4,4 a
15.07.1999	17,8 ± 2,1 A	28,4 ± 3,5 A a	26,9 ± 1,3 a	33,0 ± 8,2 a
08.09.1999	17,6 ± 2,5 A	19,9 ± 3,2 A a	27,1 ± 3,2 a	24,0 ± 4,7 a
13.04.2000	15,2 ± 6,2 A	17,7 ± 3,2 A a	25,2 ± 5,8 a	17,0 ± 2,8 a
16.05.2000	13,9 ± 4,3 A	15,6 ± 2,3 A a	15,7 ± 1,5 a	16,7 ± 1,1 a
11.07.2000	14,9 ± 3,1 A	15,3 ± 3,0 A a	16,9 ± 3,1 a	17,3 ± 3,9 a
18.09.2000	14,9 ± 2,6 A	16,7 ± 3,5 A a	15,0 ± 1,0 a	19,3 ± 1,1 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>			
13.04.2000	22,9 ± 5,1 A	38,0 ± 7,0 A a	24,8 ± 2,8 a	26,1 ± 1,6 a
16.05.2000	21,5 ± 6,3 A	40,3 ± 5,2 A a	28,5 ± 4,6 b	23,3 ± 5,2 b
11.07.2000	19,5 ± 2,9 A	21,8 ± 4,0 A a	19,3 ± 1,4 a	22,3 ± 2,3 a
18.09.2000	19,8 ± 4,6 A	20,6 ± 0,8 A ab	13,3 ± 2,7 a	22,4 ± 3,2 b
05.04.2001	13,8 ± 1,3 A	19,2 ± 3,0 A a	18,2 ± 1,9 a	19,7 ± 0,4 a
06.06.2001	11,0 ± 2,3 A	12,0 ± 1,7 A a	10,2 ± 1,0 a	11,5 ± 1,8 a
25.07.2001	17,4 ± 2,9 A	11,7 ± 1,2 A a	12,7 ± 0,7 a	16,4 ± 2,5 a
01.10.2001	15,5 ± 1,8 A	15,3 ± 0,9 A a	15,7 ± 2,4 a	15,3 ± 2,0 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3  
 Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 32:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (Odenwälder + Cosmos 11) sowie bei den Reinsaaten (Odenwälder, Titus, Lucrum) des Rotkleees am Standort **Reinshof** im Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001).  
Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
- zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
- zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Odenwälder + Cosmos 11	Odenwälder Rotklee	Titus	Lucrum
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>			
29.03.1999	27,8 ± 1,0 A	35,8 ± 6,4 A a	30,8 ± 1,4 a	34,4 ± 5,4 a
02.06.1999	23,4 ± 1,7 A	29,6 ± 7,5 A a	29,9 ± 4,1 a	26,5 ± 4,7 a
18.07.1999	20,5 ± 3,8 A	23,1 ± 2,0 A a	28,8 ± 6,0 a	22,2 ± 4,2 a
20.09.1999	19,5 ± 2,0 A	23,8 ± 2,2 A a	28,4 ± 5,3 a	31,7 ± 7,3 a
10.04.2000	13,7 ± 0,6 A	25,1 ± 2,8 B a	20,8 ± 0,8 a	20,6 ± 1,5 a
22.05.2000	18,2 ± 1,3 A	24,5 ± 0,5 B a	21,4 ± 0,4 a	21,2 ± 4,1 a
04.07.2000	17,6 ± 1,8 A	21,8 ± 1,8 A a	22,2 ± 1,1 a	19,2 ± 1,6 a
30.08.2000	18,4 ± 2,6 A	29,8 ± 2,6 B a	23,7 ± 0,6 a	23,7 ± 4,6 a
06.11.2000	14,9 ± 1,3 A	41,2 ± 15,3 A a	23,8 ± 3,4 a	20,2 ± 3,9 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>			
10.04.2000	19,2 ± 0,6 A	18,0 ± 2,5 A ab	16,4 ± 1,5 a	22,0 ± 1,5 b
22.05.2000	24,6 ± 5,5 A	32,7 ± 4,3 A a	18,8 ± 2,1 a	20,1 ± 0,6 a
04.07.2000	21,9 ± 0,9 A	22,3 ± 2,4 A a	21,6 ± 1,2 a	20,2 ± 1,0 a
30.08.2000	24,7 ± 1,9 A	23,8 ± 7,1 A a	17,4 ± 1,2 a	27,7 ± 2,7 a
06.11.2000	19,7 ± 1,6 A	30,0 ± 8,2 A a	15,7 ± 1,7 a	22,2 ± 2,6 a
04.04.2001	35,6 ± 0,8 A	38,1 ± 2,3 A a	24,2 ± 3,6 b	41,1 ± 5,9 a
29.05.2001	28,1 ± 3,8 A	31,2 ± 3,2 A a	26,4 ± 4,8 a	29,2 ± 3,0 a
18.07.2001	20,6 ± 0,4 A	16,3 ± 1,2 A a	20,8 ± 3,2 a	18,3 ± 3,0 a
25.09.2001	23,4 ± 1,6 A	29,3 ± 3,9 A a	29,7 ± 6,0 a	32,4 ± 5,8 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3

Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 33:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (Odenwälder + Cosmos 11) sowie bei den Reinsaaten (Odenwälder, Titus, Lucrum) des Rotklees am Standort **Oederquart** im Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001). Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Odenwälder + Cosmos 11	Odenwälder Rotklee	Titus	Lucrum
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>			
30.03.1999	22,9 ± 3,5 A	20,0 ± 2,3 A a	22,5 ± 5,5 a	21,9 ± 5,0 a
25.05.1999	27,8 ± 1,3 A	17,2 ± 0,5 B a	20,7 ± 4,1 a	15,9 ± 0,7 a
12.07.1999	19,1 ± 6,3 A	33,7 ± 14,9 A a	28,8 ± 15,2 a	24,5 ± 10,7 a
06.09.1999	20,7 ± 3,9 A	26,4 ± 4,6 B a	19,8 ± 4,8 a	24,0 ± 3,9 a
20.10.1999	25,4 ± 7,8 A	31,9 ± 9,3 A a	32,6 ± 12,6 a	39,2 ± 20,5 a
12.04.2000	24,5 ± 2,8 A	30,4 ± 5,6 A a	23,2 ± 3,2 a	25,4 ± 5,3 a
15.05.2000	14,5 ± 2,9 A	23,7 ± 6,6 A a	15,7 ± 1,5 a	15,9 ± 3,2 a
10.07.2000	20,2 ± 5,3 A	17,8 ± 4,9 A a	16,2 ± 3,1 a	20,3 ± 6,1 a
28.08.2000	21,1 ± 3,9 A	23,9 ± 4,6 A a	22,0 ± 4,7 a	21,6 ± 0,9 a
16.10.2000	18,3 ± 6,3 A	30,5 ± 11,7 A a	22,0 ± 3,8 a	31,9 ± 12,1 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>			
12.04.2000	21,3 ± 4,1 A	21,1 ± 6,3 A a	21,1 ± 3,1 a	23,4 ± 3,9 a
15.05.2000	19,2 ± 0,6 A	21,0 ± 2,7 A a	18,4 ± 1,2 a	20,4 ± 3,3 a
10.07.2000	25,8 ± 3,7 A	27,0 ± 7,0 A a	29,2 ± 8,8 a	28,2 ± 5,6 a
28.08.2000	19,7 ± 2,1 A	24,2 ± 5,3 A a	21,7 ± 2,1 a	20,9 ± 1,6 a
16.10.2000	19,7 ± 2,4 A	37,4 ± 3,3 A a	32,0 ± 7,3 a	26,9 ± 9,9 a
19.04.2001	29,6 ± 12,9 A	47,9 ± 6,1 A a	27,8 ± 1,0 a	43,5 ± 11,0 a
12.06.2001	14,3 ± 0,7 A	20,7 ± 6,9 A a	17,8 ± 2,2 a	19,1 ± 5,1 a
23.07.2001	17,9 ± 3,7 A	18,5 ± 5,1 A a	17,8 ± 5,0 a	22,2 ± 8,6 a
17.09.2001	13,4 ± 0,5 A	13,0 ± 2,1 A a	14,1 ± 2,5 a	12,6 ± 1,7 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3  
 Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 34:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge (Odenwälder + Cosmos 11) sowie bei den Reinsaaten (Odenwälder, Titus, Lucrum) der Rotklees am Standort **Dasselsbruch** im Untersuchungszeitraum (1999 bis 2001). Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Odenwälder + Cosmos 11	Odenwälder Rotklee	Titus	Lucrum
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>			
31.03.1999	29,2 ± 5,7 A	32,6 ± 5,5 A a	49,3 ± 2,1 a	48,4 ± 5,3 a
27.05.1999	22,8 ± 4,3 A	51,5 ± 10,0 A a	34,8 ± 0,5 a	51,4 ± 5,6 a
15.07.1999	18,2 ± 2,4 A	32,6 ± 8,7 A a	26,6 ± 2,9 a	30,7 ± 5,7 a
08.09.1999	16,0 ± 2,1 A	25,4 ± 5,3 A a	21,9 ± 2,5 a	22,3 ± 3,5 a
13.04.2000	16,8 ± 2,4 A	23,7 ± 3,1 A a	21,3 ± 2,3 a	24,1 ± 1,0 a
16.05.2000	11,1 ± 1,7 A	15,4 ± 4,6 A a	14,9 ± 2,4 a	22,1 ± 4,0 a
11.07.2000	17,6 ± 7,1 A	22,2 ± 4,1 A a	17,6 ± 1,2 a	22,9 ± 4,5 a
18.09.2000	14,8 ± 5,2 A	24,6 ± 9,6 A a	16,1 ± 3,9 a	18,0 ± 0,7 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>			
13.04.2000	26,7 ± 6,1 A	32,1 ± 4,5 A a	31,0 ± 5,6 a	38,5 ± 10,4 a
16.05.2000	32,4 ± 12,4 A	25,2 ± 4,4 A a	28,2 ± 4,3 a	30,3 ± 4,4 a
11.07.2000	21,4 ± 2,9 A	31,8 ± 2,4 A a	31,6 ± 5,4 a	37,3 ± 6,4 a
18.09.2000	16,6 ± 5,0 A	30,3 ± 4,3 A a	33,4 ± 4,9 a	33,6 ± 3,7 a
05.04.2001	19,6 ± 5,3 A	45,4 ± 5,2 A a	22,3 ± 1,5 b	35,1 ± 2,1 ab
06.06.2001	11,9 ± 0,9 A	21,3 ± 1,9 A a	26,1 ± 7,1 a	35,0 ± 10,3 a
25.07.2001	15,4 ± 1,6 A	16,4 ± 1,9 A a	19,3 ± 4,9 a	31,6 ± 6,4 a
01.10.2001	31,0 ± 1,5 A	21,3 ± 5,1 A a	24,1 ± 6,2 a	30,3 ± 8,2 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3

Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 35:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras (Felix + Lipo) sowie bei den Reinsaat des Persischen Klees (Felix, Archibald) am Standort **Reinshof** im Untersuchungszeitraum (1999). Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Felix + Lipo	Felix	Archibald
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>		
29.03.1999	60,8 ± 5,9 A	59,5 ± 7,9 A a	51,4 ± 10,7 a
18.07.1999	19,5 ± 5,6 A	28,3 ± 4,5 A a	26,4 ± 2,3 a
20.09.1999	19,2 ± 3,8 A	29,1 ± 2,9 A a	36,3 ± 5,0 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3  
 Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 36:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras (Felix + Lipo) sowie bei den Reinsaat des Persischen Klees (Felix, Archibald) am Standort **Oederquart** im Untersuchungszeitraum (1999 und 2000). Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Felix + Lipo	Felix	Archibald
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>		
31.03.1999	23,5 ± 5,6 A	19,7 ± 3,4 A a	22,6 ± 6,0 a
12.07.1999	28,0 ± 12,5 A	28,5 ± 8,5 A a	39,2 ± 16,5 a
06.09.1999	8,8 ± 1,8 A	30,0 ± 7,1 A a	25,5 ± 8,0 a
20.10.1999	11,0 ± 0,3 A	31,9 ± 8,7 A a	29,9 ± 6,6 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>		
28.08.2000	17,3 ± 3,1 A	43,4 ± 20,3 A a	55,3 ± 19,5 b
16.10.2000	13,8 ± 2,1 A	28,2 ± 10,4 A a	29,9 ± 10,1 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3  
 Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 37:  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras (Felix + Lipo) sowie bei den Reinsaaten des Persischen Klees (Felix, Archibald) am Standort **Dasselsbruch** im Untersuchungszeitraum (1999 und 2000). Vergleich der  $N_{\min}$ -Menge im Boden  
 - zwischen den Anbauformen Gemenge und Reinsaat (Große Buchstaben)  
 - zwischen den Sorten (kleine Buchstaben)

$N_{\min}$ -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	Felix + Lipo	Felix	Archibald
Probenahme	<b>Versuchsanlage A</b>		
30.03.1999	41,8 ± 6,9 A	48,2 ± 5,9 A a	47,2 ± 6,7 a
15.07.1999	25,4 ± 4,0 A	48,8 ± 4,0 B a	53,1 ± 0,2 a
08.09.1999	19,0 ± 3,3 A	36,0 ± 5,7 B a	39,4 ± 7,9 a
Probenahme	<b>Versuchsanlage B</b>		
11.07.2000	22,2 ± 1,5 A	33,1 ± 2,8 A a	28,9 ± 1,2 a
18.09.2000	28,9 ± 3,6 A	37,6 ± 6,3 A a	28,7 ± 2,6 a

arithm. Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes; n = 3

Tukey-Test mit  $P < 0,05$ ; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Tab. A 38: Vergleich der Mittelwerte der residualen  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) mittels dreifaktorieller Varianzanalyse bei den Reinsaaten der Luzerne und des Rotklee

<b>Luzerne</b>	Jahr	Standort	Sorte	Jahr x Standort	Jahr x Sorte	Standort x Sorte	Jahr x Standort x Sorte
Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zweijährig	#						
<b>Rotklee</b>	Jahr	Standort	Sorte	Jahr x Standort	Jahr x Sorte	Standort x Sorte	Jahr x Standort x Sorte
Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zweijährig	#						

n.s. = nicht signifikant; # - Voraussetzungen für die Durchführung einer Varianzanalyse nicht erfüllt

Tab. A 39: Vergleich der Mittelwerte der residualen  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) mittels zweifaktorieller Varianzanalyse beim Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge sowie beim Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge

<b>Luzerne- Wiesenschwingel- Gemenge</b>	Jahr	Standort	Jahr x Standort
Überjährig	n.s.	**	n.s.
Zweijährig	n.s.	*	n.s.
<b>Rotklee- Wiesenschwingel- Gemenge</b>	Jahr	Standort	Jahr x Standort
Überjährig	n.s.	n.s.	n.s.
Zweijährig	n.s.	n.s.	n.s.

Tukey-Test: \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$ ; n.s. = nicht signifikant

Tab. A 40: Vergleich der Mittelwerte der residualen  $N_{\min}$ -Menge im Boden (Summe 0 bis 125 cm Tiefe) mittels zweifaktorieller Varianzanalyse bei Persischem Klee in Reinsaat

<b>Persischer Klee</b>	Sorte	Standort	Sorte x Standort
Einjährig (1999)	n.s.	n.s.	n.s.
Einjährig (2000)	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = nicht signifikant

Tab. A 41: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge bei Luzerne-Reinseaten (überjähriger Anbau und zweijähriger Anbau) mit zwei Referenzpflanzen (Wiesenschwingel und Spitzwegerich) an drei Untersuchungsstandorten

Referenzpflanze Wiesenschwingel					
	Überjährig		Zweijährig		
	r	P	r	P	n
Reinshof	0,78	0,0001	0,62	0,0063	18
Oederquart	0,86	0,0001	0,94	0,0001	18
Dasselsbruch	0,91	0,0001	0,94	0,0001	18
Referenzpflanze Spitzwegerich					
	Überjährig		Zweijährig		
	r	P	r	P	n
Reinshof	0,64	0,0044	0,41	0,0875	18
Oederquart	0,85	0,0001	0,87	0,0001	18
Dasselsbruch	0,96	0,0001	0,97	0,0001	18

Tab. A 42: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge bei den Rotklee-Reinseaten (überjähriger Anbau und zweijähriger Anbau) mit zwei Referenzpflanzen (Wiesenschwingel und Spitzwegerich) an drei Untersuchungsstandorten

Referenzpflanze Wiesenschwingel					
	Überjährig		Zweijährig		
	r	P	r	P	n
Reinshof	0,70	0,0012	0,21	0,4066	18
Oederquart	0,92	0,0001	0,93	0,0001	18
Dasselsbruch	0,86	0,0001	0,73	0,0007	18
Referenzpflanze Spitzwegerich					
	Überjährig		Zweijährig		
	r	P	r	P	n
Reinshof	0,58	0,0111	- 0,26	0,3021	18
Oederquart	0,90	0,0001	0,86	0,0001	18
Dasselsbruch	0,58	0,0112	0,47	0,0516	18



Tab. A 43: Korrelation zwischen den Ergebnissen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Methode und der erweiterten Differenzmethode zur Schätzung der symbiotisch fixierten N-Menge bei der Reinsaat von Persischem Klee (einjähriger Anbau) mit der Referenzpflanze Welsches Weidelgras an drei Untersuchungsstandorten

Referenzpflanze Welsches Weidelgras			
Einjährig			
	r	P	n
Reinshof	0,58	0,2300	6
Oederquart	0,96	0,0001	12
Dasselsbruch	0,49	0,1096	12

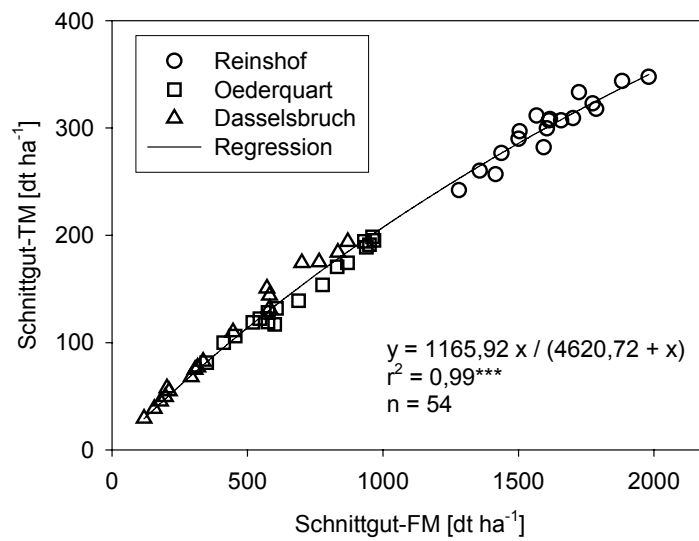


Abb. A 3: Regression des in der Summe aus zwei HNJ erzielten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den in Summe aus zwei HNJ akkumulierten Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

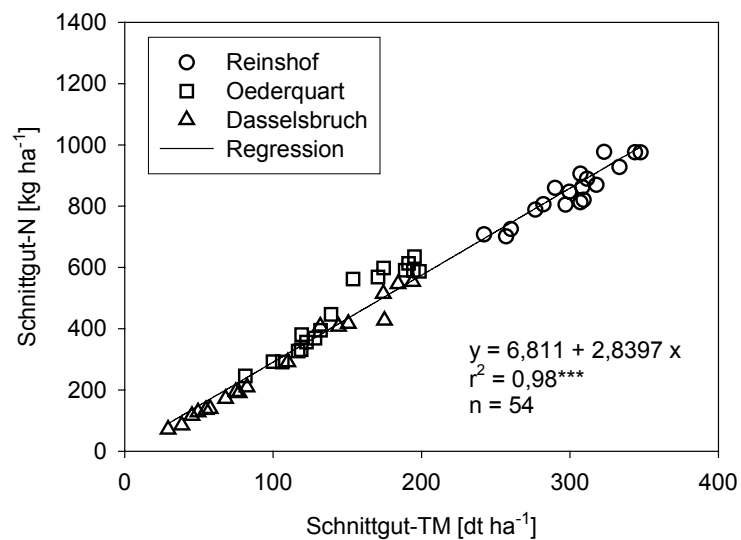


Abb. A 4: Regression der Schnittgut-N-Menge auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren akkumulierten Schnittgut-TM-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

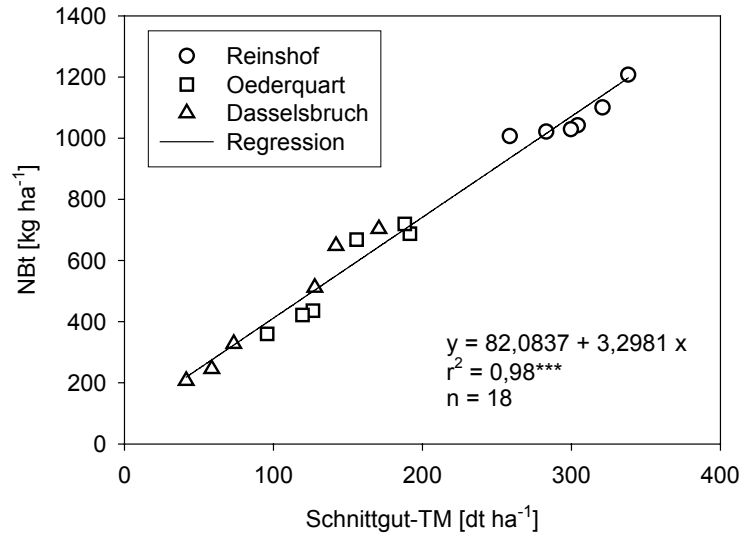


Abb. A 5: Regression der gesamt-pflanzlichen N-Menge ( $N_{Bt}$ ) in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren akkumulierten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Luzerne (Reinsaat, zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch, Mittelwerte der Sorten

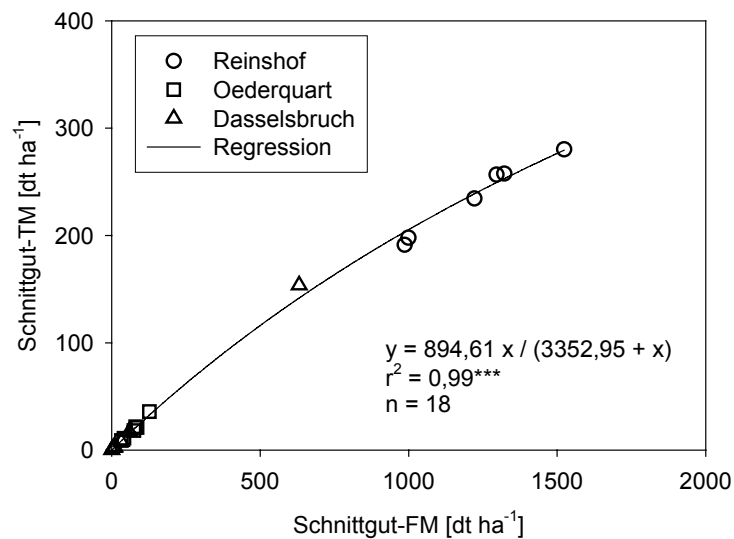


Abb. A 6: Regression des in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den in Summe aus zwei HNJ akkumulierten Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

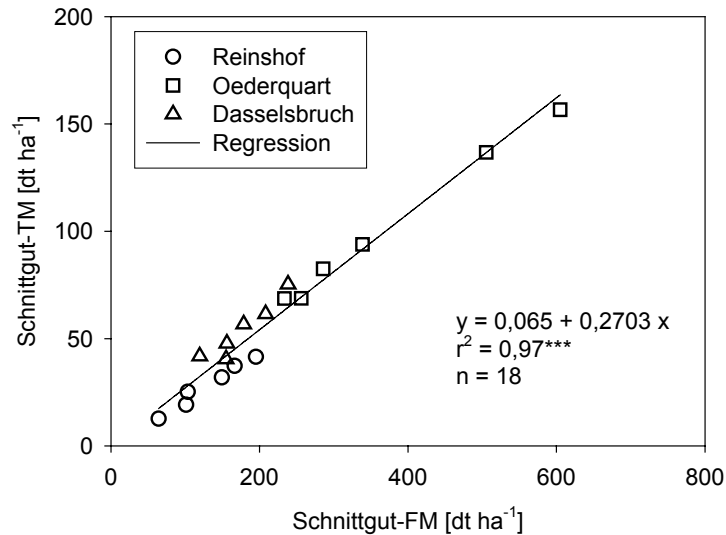


Abb. A 7: Regression des in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den in der Summe aus zwei HNJ akkumulierten Schnittgut-Frischmasse-Ertrag beim Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

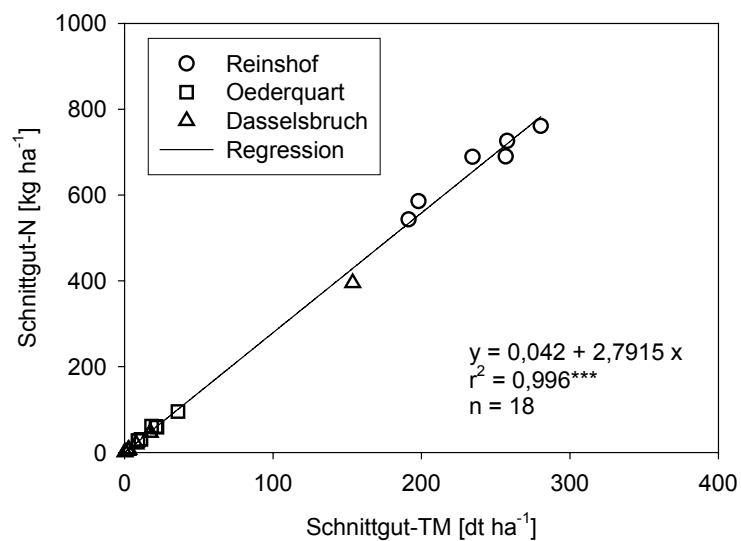


Abb. A 8: Regression der Schnittgut-N-Menge auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

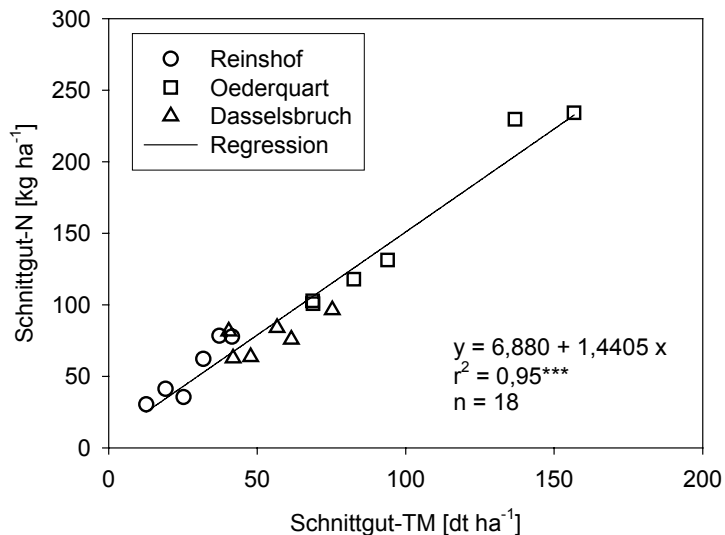


Abb. A 9: Regression der Schnittgut-N-Menge auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag beim Wiesenschwingel im Gemenge mit Luzerne (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

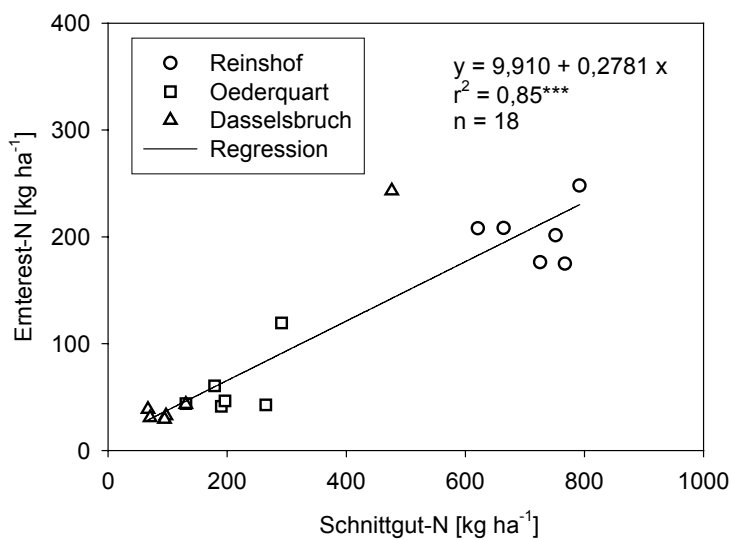


Abb. A 10: Regression der Ernterest-N-Menge am Ende des 2. Hauptnutzungsjahres auf die in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielte Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Luzerne und Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

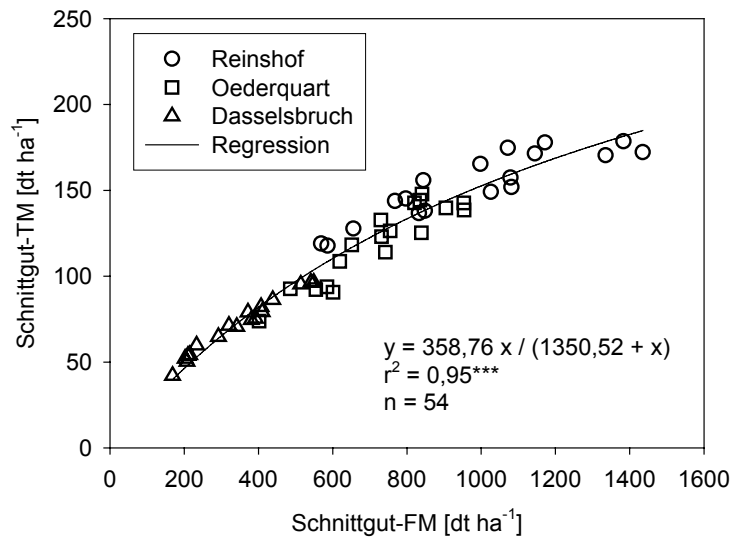


Abb. A 11: Regression des jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

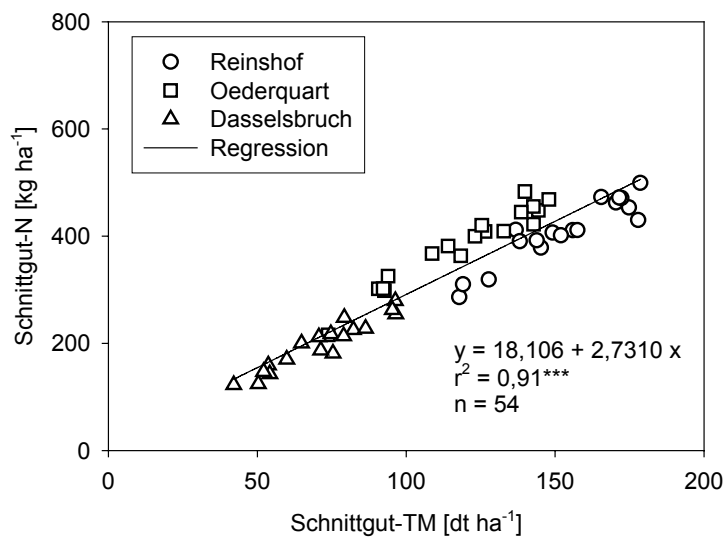


Abb. A 12: Regression der Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

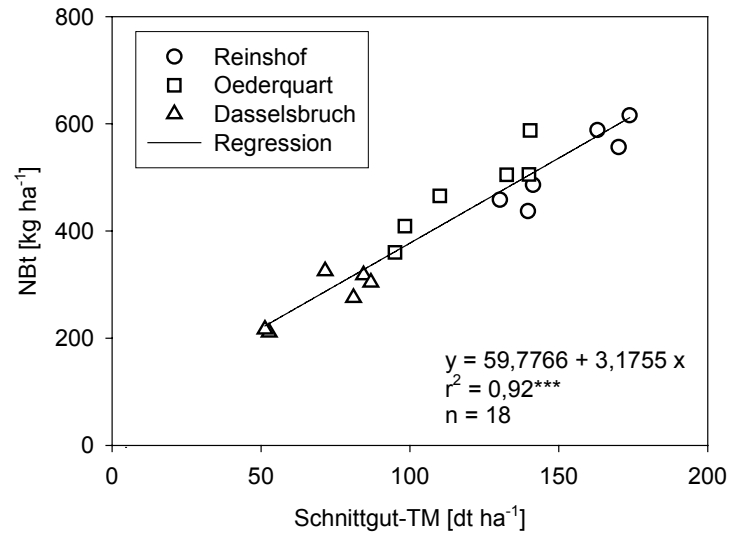


Abb. A 13: Regression der gesampflanzlichen N-Menge ( $N_{Bt}$ ) im 1. Hauptnutzungsjahr auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch; Mittelwerte der Sorten

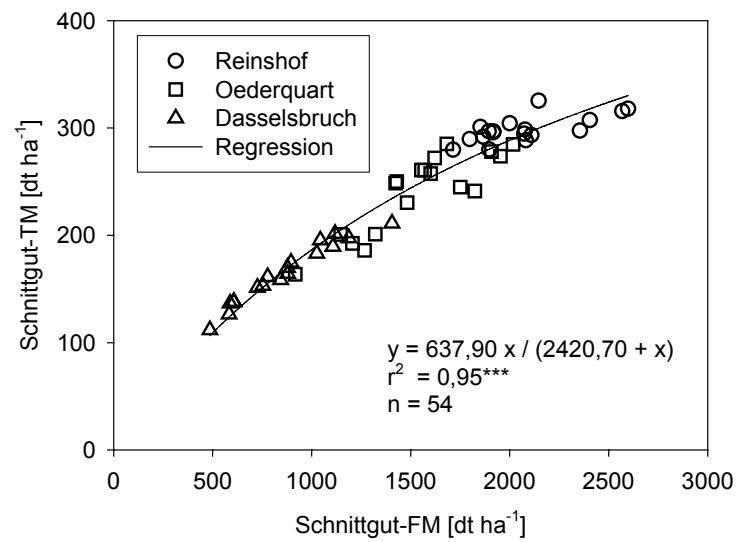


Abb. A 14: Regression des in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-TM-Ertrag auf den in der Summe aus zwei HNJ akkumulierten Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

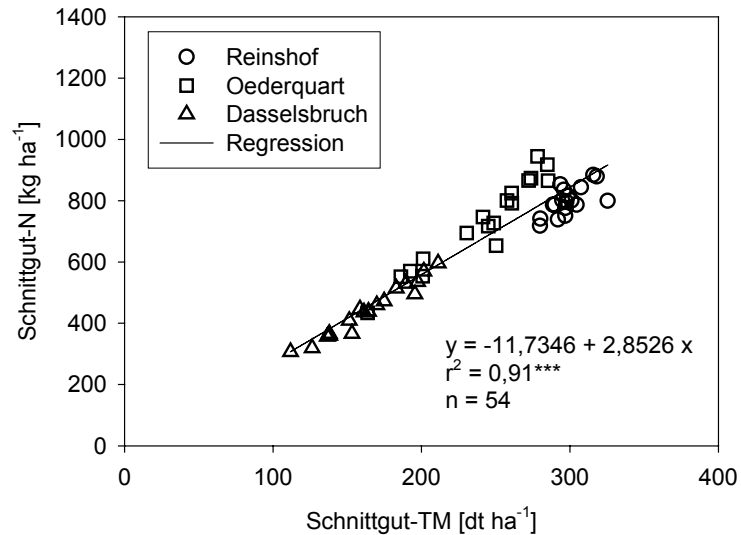


Abb. A 15: Regression der Schnittgut-N-Menge auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

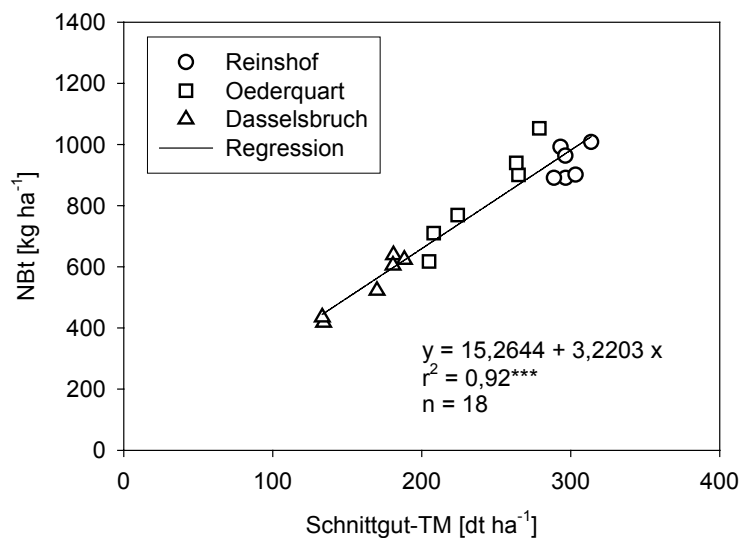


Abb. A 16: Regression der gesamtplanzlichen N-Menge ( $N_{Bt}$ ) in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Rotklee (Reinsaat, zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch; Mittelwerte der Sorten



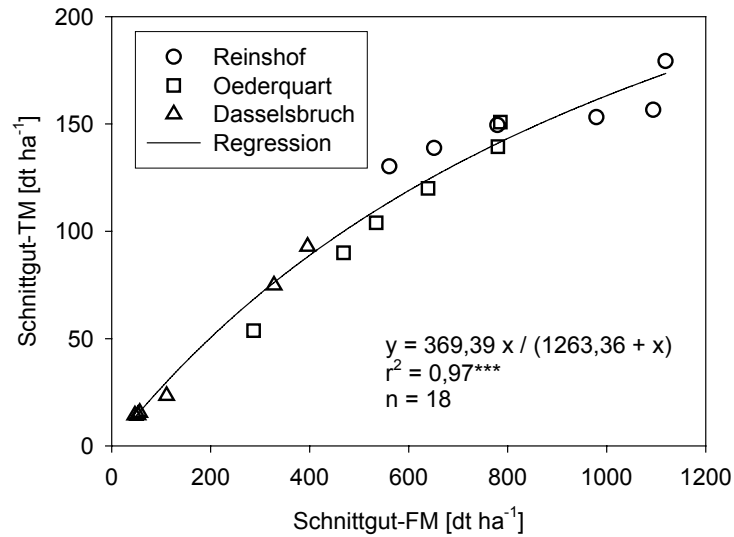


Abb. A 17: Regression des jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

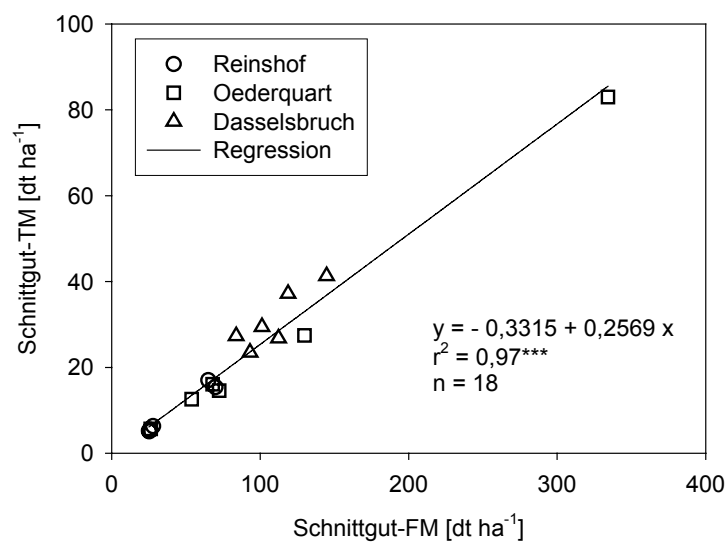


Abb. A 18: Regression des jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

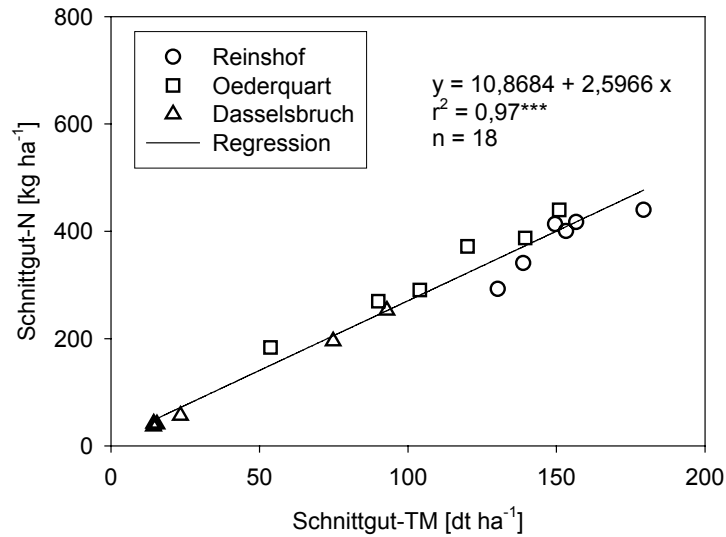


Abb. A 19: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

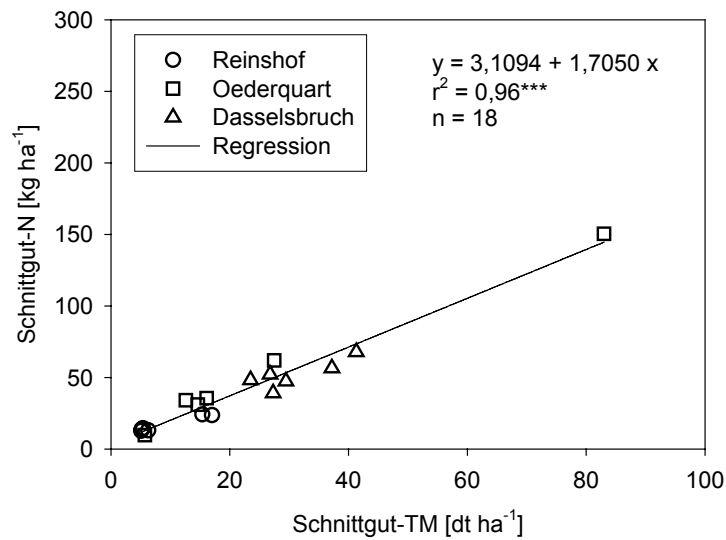


Abb. A 20: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

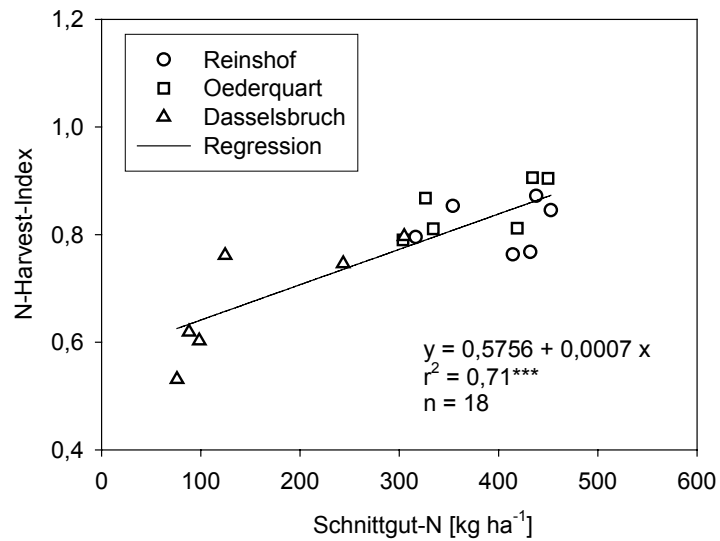


Abb. A 21: Regression des N-Harvest-Indexes auf die jährliche Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Rotklee und Wiesenschwingel (überjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch im 1. Hauptnutzungsjahr

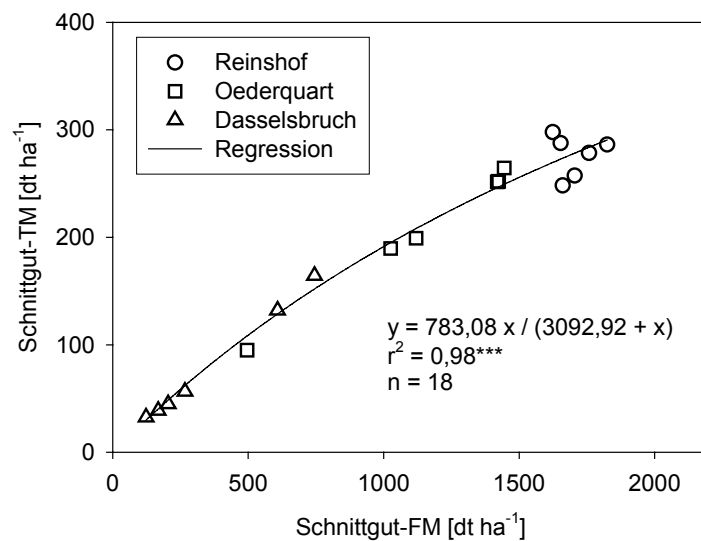


Abb. A 22: Regression des in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-TM-Ertrages auf den in der Summe aus zwei HNJ akkumulierten Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

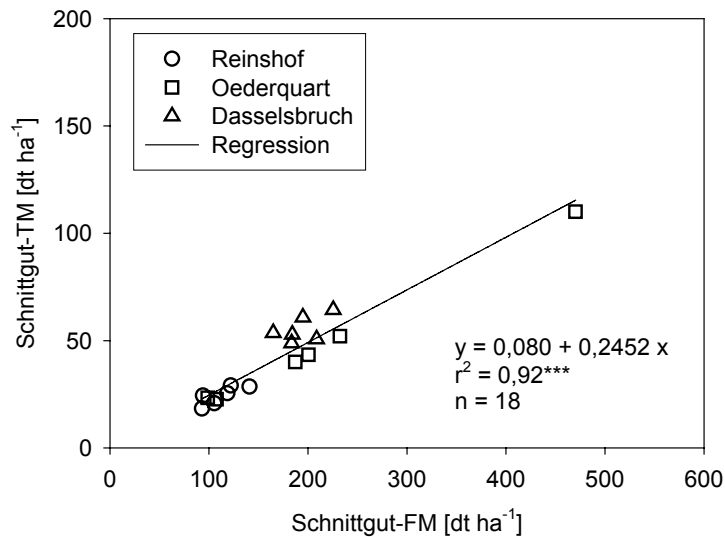


Abb. A 23: Regression des in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielten Schnittgut-TM-Ertrages auf den in der Summe aus zwei HNJ akkumulierten Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

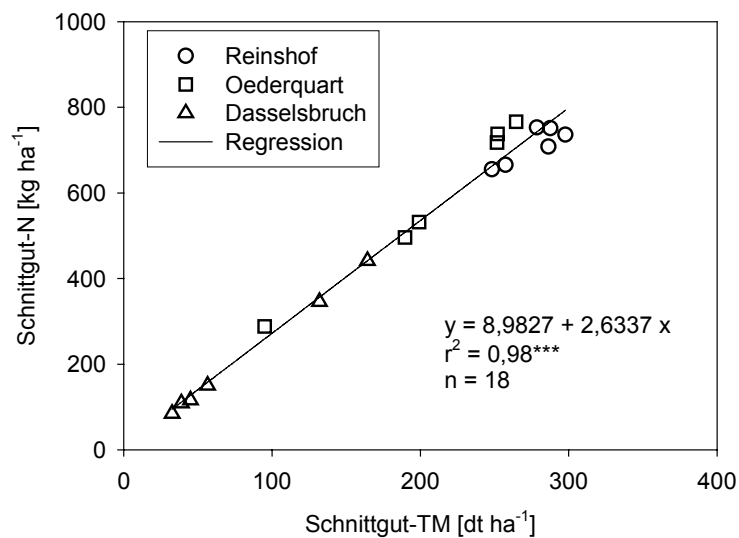


Abb. A 24: Regression der Schnittgut-N-Menge auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren akkumulierten Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

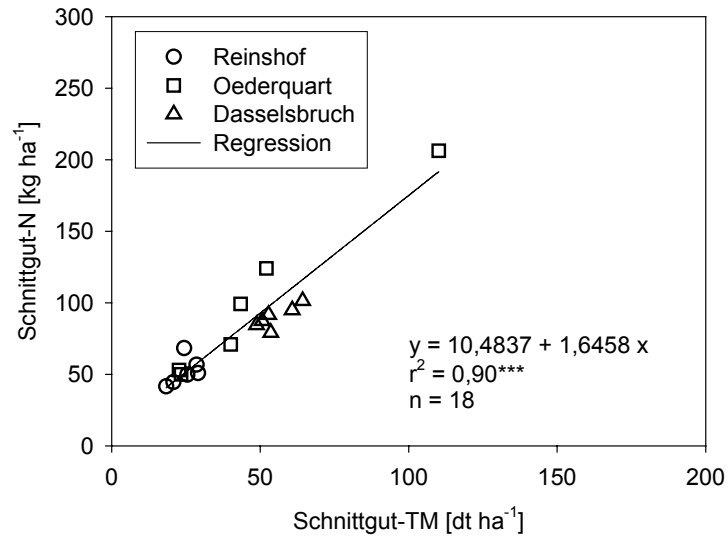


Abb. A 25: Regression der Schnittgut-N-Menge auf den in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren akkumulierten Schnittgut-TM-Ertrag bei Wiesenschwingel im Gemenge mit Rotklee (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

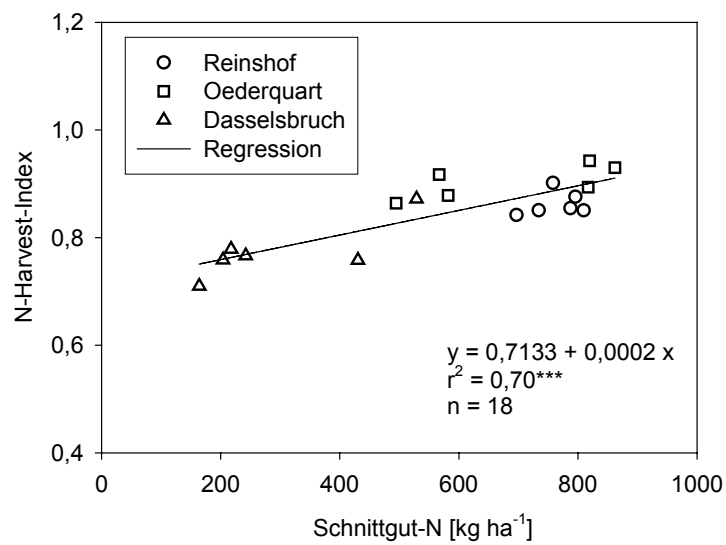


Abb. A 26: Regression des N-Harvest-Indexes auf die in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren erzielte Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Rotklee und Wiesenschwingel (zweijähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

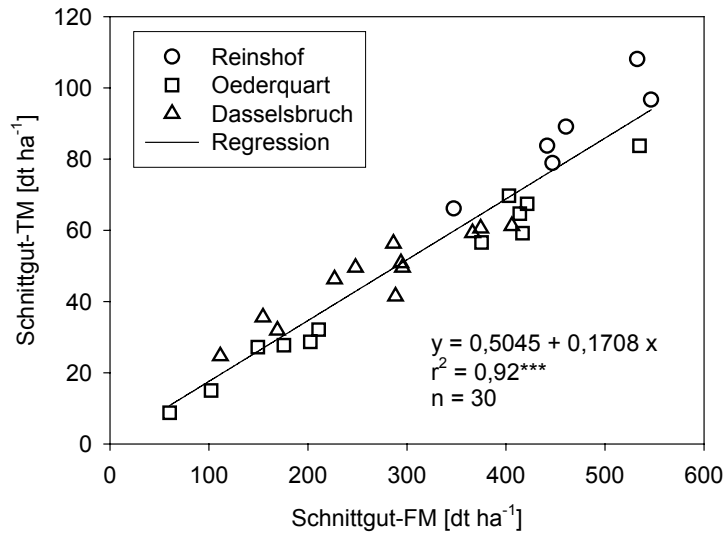


Abb. A 27: Regression des jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Persischem Klee (Reinsaat, einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

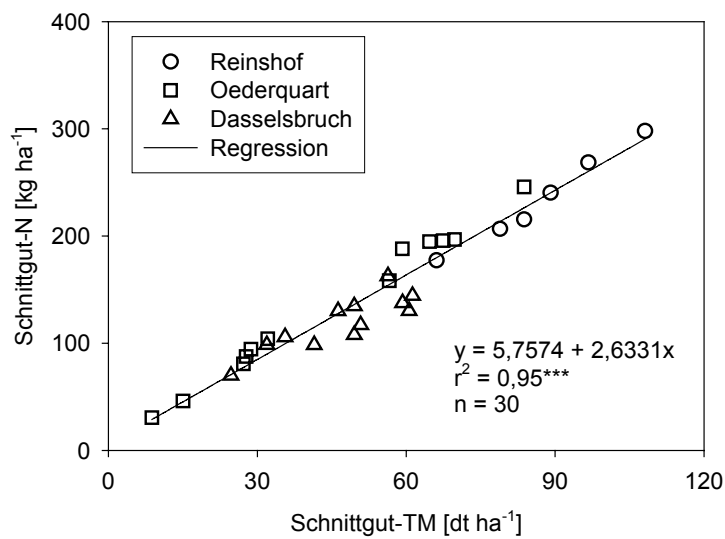


Abb. A 28: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Persischem Klee (Reinsaat, einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

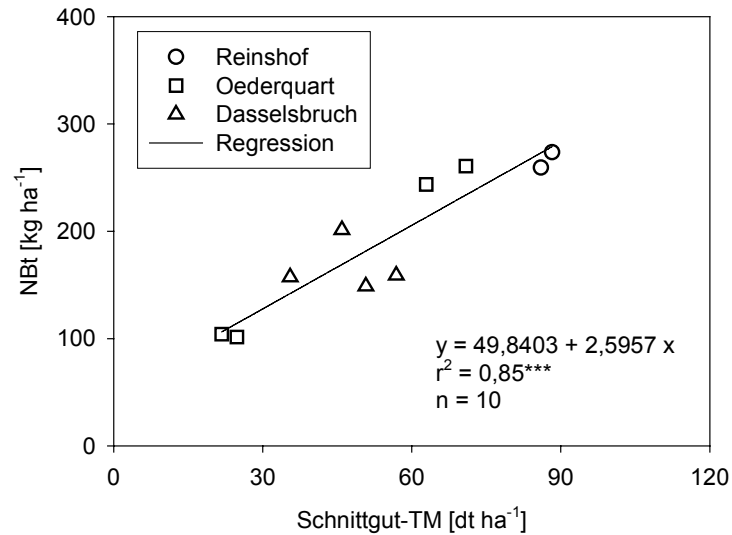


Abb. A 29: Regression der gesamt-pflanzlichen N-Menge ( $N_{Bt}$ ) eines Jahres auf den jährlichen Schnittgut-Trockenmasse-Ertrag bei Persischem Klee (ReinSaat, einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch; Mittelwerte der Sorten

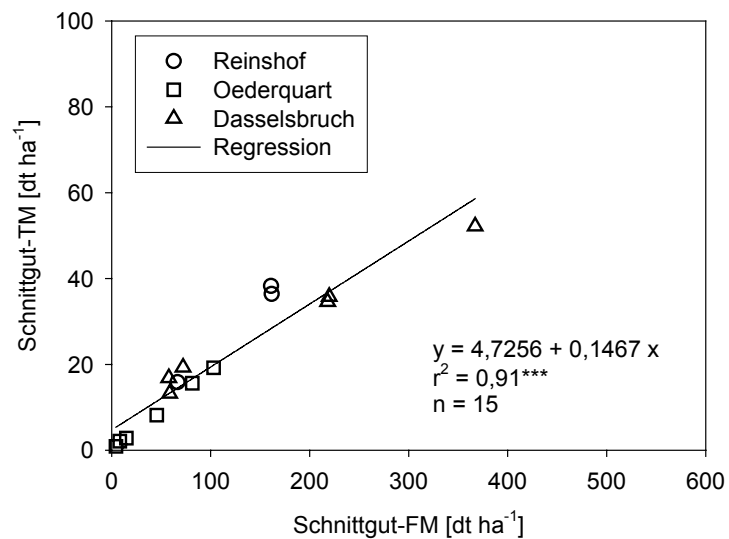


Abb. A 30: Regression des jährlichen Schnittgut-TM-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag bei Persischem Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras (einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

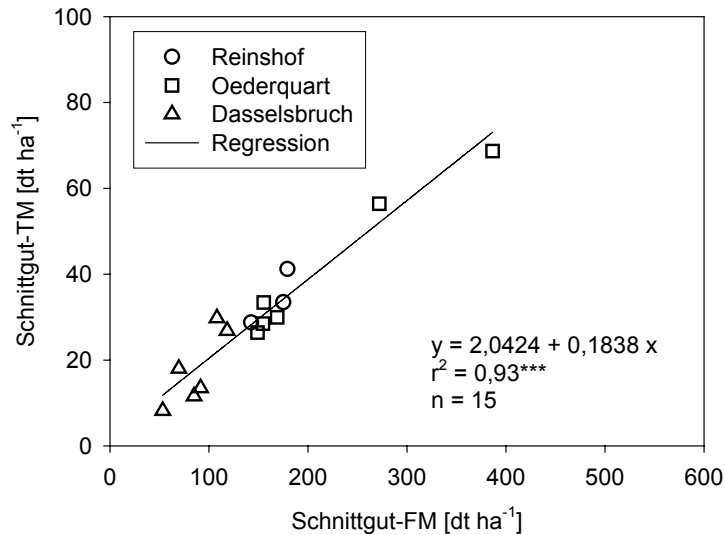


Abb. A 31: Regression des jährlichen Schnittgut-TM-Ertrages auf den jährlichen Schnittgut-Frischmasse-Ertrag beim Welschen Weidelgrass (im Gemenge mit Persischen Klee, einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

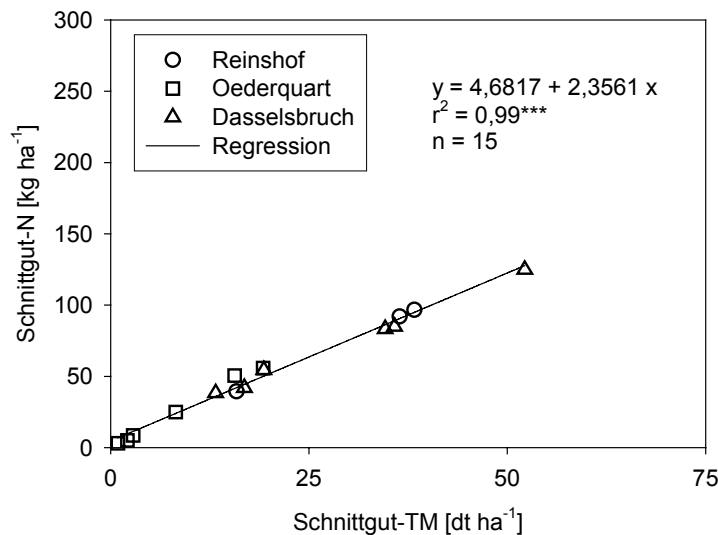


Abb. A 32: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Persischem Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgrass (einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch



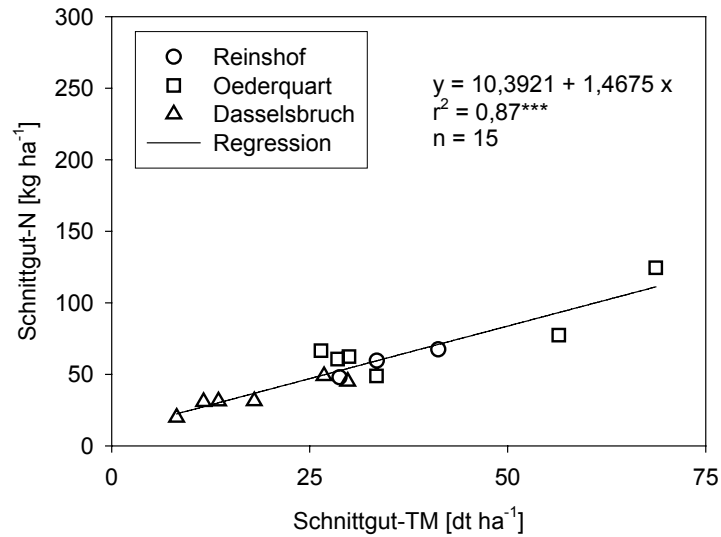


Abb. A 33: Regression der jährlichen Schnittgut-N-Menge auf den jährlichen Schnittgut-TM-Ertrag bei Welschem Weidelgras im Gemenge mit Persischen Klee (einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

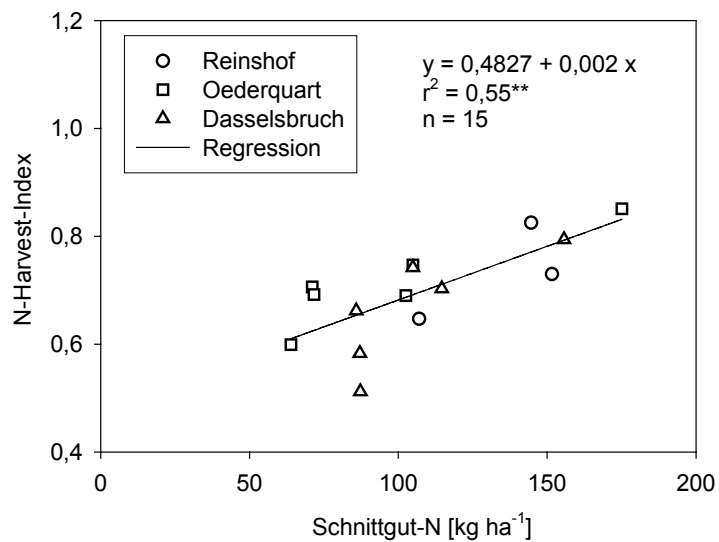


Abb. A 34: Regression des N-Harvest-Indexes auf die jährliche Schnittgut-N-Menge beim Gemenge aus Persischem Klee und Welschem Weidelgras (einjähriger Anbau) mit Datensätzen der Standorte Reinshof, Oederquart und Dasselsbruch

## Kalkulationstabellen: Luzerne-Reinsaat - zweijähriger Anbau

Tab. A 44: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages der Luzerne im zweijährigen Anbau bei 120 bis 580 dt ha<sup>-1</sup> Frischmasse-Ertrag

A.) 120 - 270 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 275 - 425 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 430 - 580 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
120	29,5	275	65,5	430	99,3
125	30,7	280	66,6	435	100,3
130	31,9	285	67,7	440	101,4
135	33,1	290	68,9	445	102,4
140	34,3	295	70,0	450	103,5
145	35,5	300	71,1	455	104,5
150	36,7	305	72,2	460	105,6
155	37,8	310	73,3	465	106,6
160	39,0	315	74,4	470	107,6
165	40,2	320	75,5	475	108,7
170	41,4	325	76,6	480	109,7
175	42,5	330	77,7	485	110,8
180	43,7	335	78,8	490	111,8
185	44,9	340	79,9	495	112,8
190	46,0	345	81,0	500	113,8
195	47,2	350	82,1	505	114,9
200	48,4	355	83,2	510	115,9
205	49,5	360	84,3	515	116,9
210	50,7	365	85,4	520	117,9
215	51,8	370	86,4	525	119,0
220	53,0	375	87,5	530	120,0
225	54,1	380	88,6	535	121,0
230	55,3	385	89,7	540	122,0
235	56,4	390	90,7	545	123,0
240	57,6	395	91,8	550	124,0
245	58,7	400	92,9	555	125,0
250	59,8	405	94,0	560	126,0
255	61,0	410	95,0	565	127,0
260	62,1	415	96,1	570	128,0
265	63,2	420	97,1	575	129,0
270	64,4	425	98,2	580	130,0

Tab. A 45: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages der Luzerne im zweijährigen Anbau bei 585 bis 1045 dt ha<sup>-1</sup> Frischmasse-Ertrag

A.) 585 - 735 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 740 - 890 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 895 - 1045 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
585	131,0	740	160,9	895	189,2
590	132,0	745	161,9	900	190,1
595	133,0	750	162,8	905	191,0
600	134,0	755	163,7	910	191,8
605	135,0	760	164,7	915	192,7
610	136,0	765	165,6	920	193,6
615	137,0	770	166,5	925	194,5
620	137,9	775	167,5	930	195,3
625	138,9	780	168,4	935	196,2
630	139,9	785	169,3	940	197,1
635	140,9	790	170,2	945	198,0
640	141,8	795	171,2	950	198,8
645	142,8	800	172,1	955	199,7
650	143,8	805	173,0	960	200,6
655	144,8	810	173,9	965	201,4
660	145,7	815	174,8	970	202,3
665	146,7	820	175,7	975	203,2
670	147,6	825	176,6	980	204,0
675	148,6	830	177,5	985	204,9
680	149,6	835	178,4	990	205,7
685	150,5	840	179,3	995	206,6
690	151,5	845	180,3	1000	207,4
695	152,4	850	181,2	1005	208,3
700	153,4	855	182,1	1010	209,1
705	154,3	860	182,9	1015	210,0
710	155,3	865	183,8	1020	210,8
715	156,2	870	184,7	1025	211,7
720	157,2	875	185,6	1030	212,5
725	158,1	880	186,5	1035	213,4
730	159,1	885	187,4	1040	214,2
735	160,0	890	188,3	1045	215,0

Tab. A 46: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages der Luzerne im zweijährigen Anbau bei 1050 bis 1510 dt ha<sup>-1</sup> Frischmasse-Ertrag

A.) 1050 - 1200 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1205 - 1355 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 1360 - 1510 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
1050	215,9	1205	241,2	1360	265,1
1055	216,7	1210	242,0	1365	265,9
1060	217,6	1215	242,7	1370	266,6
1065	218,4	1220	243,5	1375	267,4
1070	219,2	1225	244,3	1380	268,1
1075	220,1	1230	245,1	1385	268,9
1080	220,9	1235	245,9	1390	269,6
1085	221,7	1240	246,7	1395	270,4
1090	222,5	1245	247,5	1400	271,1
1095	223,4	1250	248,2	1405	271,9
1100	224,2	1255	249,0	1410	272,6
1105	225,0	1260	249,8	1415	273,3
1110	225,8	1265	250,6	1420	274,1
1115	226,7	1270	251,4	1425	274,8
1120	227,5	1275	252,1	1430	275,5
1125	228,3	1280	252,9	1435	276,3
1130	229,1	1285	253,7	1440	277,0
1135	229,9	1290	254,5	1445	277,8
1140	230,7	1295	255,2	1450	278,5
1145	231,5	1300	256,0	1455	279,2
1150	232,3	1305	256,8	1460	279,9
1155	233,2	1310	257,5	1465	280,7
1160	234,0	1315	258,3	1470	281,4
1165	234,8	1320	259,1	1475	282,1
1170	235,6	1325	259,8	1480	282,8
1175	236,4	1330	260,6	1485	283,6
1180	237,2	1335	261,3	1490	284,3
1185	238,0	1340	262,1	1495	285,0
1190	238,8	1345	262,9	1500	285,7
1195	239,6	1350	263,6	1505	286,5
1200	240,4	1355	264,4	1510	287,2

Tab. A 47: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne im zweijährigen Anbau bei 1515 bis 1975 dt ha<sup>-1</sup> Frischmasse-Ertrag

A.) 1515 - 1665 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1670 - 1820 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 1825 - 1975 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
1515	287,9	1670	309,5	1825	330,1
1520	288,6	1675	310,2	1830	330,8
1525	289,3	1680	310,9	1835	331,4
1530	290,0	1685	311,6	1840	332,1
1535	290,7	1690	312,2	1845	332,7
1540	291,4	1695	312,9	1850	333,3
1545	292,2	1700	313,6	1855	334,0
1550	292,9	1705	314,3	1860	334,6
1555	293,6	1710	314,9	1865	335,3
1560	294,3	1715	315,6	1870	335,9
1565	295,0	1720	316,3	1875	336,5
1570	295,7	1725	316,9	1880	337,2
1575	296,4	1730	317,6	1885	337,8
1580	297,1	1735	318,3	1890	338,5
1585	297,8	1740	318,9	1895	339,1
1590	298,5	1745	319,6	1900	339,7
1595	299,2	1750	320,3	1905	340,4
1600	299,9	1755	320,9	1910	341,0
1605	300,6	1760	321,6	1915	341,6
1610	301,3	1765	322,3	1920	342,3
1615	302,0	1770	322,9	1925	342,9
1620	302,7	1775	323,6	1930	343,5
1625	303,3	1780	324,2	1935	344,1
1630	304,0	1785	324,9	1940	344,8
1635	304,7	1790	325,5	1945	345,4
1640	305,4	1795	326,2	1950	346,0
1645	306,1	1800	326,9	1955	346,6
1650	306,8	1805	327,5	1960	347,3
1655	307,5	1810	328,2	1965	347,9
1660	308,2	1815	328,8	1970	348,5
1665	308,8	1820	329,5	1975	349,1

Tab. A 48: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 100 bis 180 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 100 bis 197,5 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ) Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume								
	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )								
100	189,9	175,4	160,9	146,4	131,9	117,4	102,9	88,4	73,9
102,5	194,8	180,3	165,8	151,3	136,8	122,3	107,8	93,3	78,8
105	199,6	185,1	170,6	156,1	141,6	127,1	112,6	98,1	83,6
107,5	204,5	190,0	175,5	161,0	146,5	132,0	117,5	103,0	88,5
110	209,3	194,8	180,3	165,8	151,3	136,8	122,3	107,8	93,3
112,5	214,2	199,7	185,2	170,7	156,2	141,7	127,2	112,7	98,2
115	219,0	204,5	190,0	175,5	161,0	146,5	132,0	117,5	103,0
117,5	223,9	209,4	194,9	180,4	165,9	151,4	136,9	122,4	107,9
120	228,8	214,3	199,8	185,3	170,8	156,3	141,8	127,3	112,8
122,5	233,6	219,1	204,6	190,1	175,6	161,1	146,6	132,1	117,6
125	238,5	224,0	209,5	195,0	180,5	166,0	151,5	137,0	122,5
127,5	243,3	228,8	214,3	199,8	185,3	170,8	156,3	141,8	127,3
130	248,2	233,7	219,2	204,7	190,2	175,7	161,2	146,7	132,2
132,5	253,0	238,5	224,0	209,5	195,0	180,5	166,0	151,5	137,0
135	257,9	243,4	228,9	214,4	199,9	185,4	170,9	156,4	141,9
137,5	262,7	248,2	233,7	219,2	204,7	190,2	175,7	161,2	146,7
140	267,6	253,1	238,6	224,1	209,6	195,1	180,6	166,1	151,6
142,5	272,5	258,0	243,5	229,0	214,5	200,0	185,5	171,0	156,5
145	277,3	262,8	248,3	233,8	219,3	204,8	190,3	175,8	161,3
147,5	282,2	267,7	253,2	238,7	224,2	209,7	195,2	180,7	166,2
150	287,0	272,5	258,0	243,5	229,0	214,5	200,0	185,5	171,0
152,5	291,9	277,4	262,9	248,4	233,9	219,4	204,9	190,4	175,9
155	296,7	282,2	267,7	253,2	238,7	224,2	209,7	195,2	180,7
157,5	301,6	287,1	272,6	258,1	243,6	229,1	214,6	200,1	185,6
160	306,5	292,0	277,5	263,0	248,5	234,0	219,5	205,0	190,5
162,5	311,3	296,8	282,3	267,8	253,3	238,8	224,3	209,8	195,3
165	316,2	301,7	287,2	272,7	258,2	243,7	229,2	214,7	200,2
167,5	321,0	306,5	292,0	277,5	263,0	248,5	234,0	219,5	205,0
170	325,9	311,4	296,9	282,4	267,9	253,4	238,9	224,4	209,9
172,5	330,7	316,2	301,7	287,2	272,7	258,2	243,7	229,2	214,7
175	335,6	321,1	306,6	292,1	277,6	263,1	248,6	234,1	219,6
177,5	340,5	326,0	311,5	297,0	282,5	268,0	253,5	239,0	224,5
180	345,3	330,8	316,3	301,8	287,3	272,8	258,3	243,8	229,3
182,5	350,2	335,7	321,2	306,7	292,2	277,7	263,2	248,7	234,2
185	355,0	340,5	326,0	311,5	297,0	282,5	268,0	253,5	239,0
187,5	359,9	345,4	330,9	316,4	301,9	287,4	272,9	258,4	243,9
190	364,7	350,2	335,7	321,2	306,7	292,2	277,7	263,2	248,7
192,5	369,6	355,1	340,6	326,1	311,6	297,1	282,6	268,1	253,6
195	374,4	359,9	345,4	330,9	316,4	301,9	287,4	272,9	258,4
197,5	379,3	364,8	350,3	335,8	321,3	306,8	292,3	277,8	263,3

Tab. A 49: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 190 bis 270 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 100 bis 197,5 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ) Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume								
	190	200	210	220	230	240	250	260	270
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )								
100	59,4	44,9	30,4	15,9	1,4	-13,1	-27,6	-42,1	-56,6
102,5	64,3	49,8	35,3	20,8	6,3	-8,2	-22,7	-37,2	-51,7
105	69,1	54,6	40,1	25,6	11,1	-3,4	-17,9	-32,4	-46,9
107,5	74,0	59,5	45,0	30,5	16,0	1,5	-13,0	-27,5	-42,0
110	78,8	64,3	49,8	35,3	20,8	6,3	-8,2	-22,7	-37,2
112,5	83,7	69,2	54,7	40,2	25,7	11,2	-3,3	-17,8	-32,3
115	88,5	74,0	59,5	45,0	30,5	16,0	1,5	-13,0	-27,5
117,5	93,4	78,9	64,4	49,9	35,4	20,9	6,4	-8,1	-22,6
120	98,3	83,8	69,3	54,8	40,3	25,8	11,3	-3,2	-17,7
122,5	103,1	88,6	74,1	59,6	45,1	30,6	16,1	1,6	-12,9
125	108,0	93,5	79,0	64,5	50,0	35,5	21,0	6,5	-8,0
127,5	112,8	98,3	83,8	69,3	54,8	40,3	25,8	11,3	-3,2
130	117,7	103,2	88,7	74,2	59,7	45,2	30,7	16,2	1,7
132,5	122,5	108,0	93,5	79,0	64,5	50,0	35,5	21,0	6,5
135	127,4	112,9	98,4	83,9	69,4	54,9	40,4	25,9	11,4
137,5	132,2	117,7	103,2	88,7	74,2	59,7	45,2	30,7	16,2
140	137,1	122,6	108,1	93,6	79,1	64,6	50,1	35,6	21,1
142,5	142,0	127,5	113,0	98,5	84,0	69,5	55,0	40,5	26,0
145	146,8	132,3	117,8	103,3	88,8	74,3	59,8	45,3	30,8
147,5	151,7	137,2	122,7	108,2	93,7	79,2	64,7	50,2	35,7
150	156,5	142,0	127,5	113,0	98,5	84,0	69,5	55,0	40,5
152,5	161,4	146,9	132,4	117,9	103,4	88,9	74,4	59,9	45,4
155	166,2	151,7	137,2	122,7	108,2	93,7	79,2	64,7	50,2
157,5	171,1	156,6	142,1	127,6	113,1	98,6	84,1	69,6	55,1
160	176,0	161,5	147,0	132,5	118,0	103,5	89,0	74,5	60,0
162,5	180,8	166,3	151,8	137,3	122,8	108,3	93,8	79,3	64,8
165	185,7	171,2	156,7	142,2	127,7	113,2	98,7	84,2	69,7
167,5	190,5	176,0	161,5	147,0	132,5	118,0	103,5	89,0	74,5
170	195,4	180,9	166,4	151,9	137,4	122,9	108,4	93,9	79,4
172,5	200,2	185,7	171,2	156,7	142,2	127,7	113,2	98,7	84,2
175	205,1	190,6	176,1	161,6	147,1	132,6	118,1	103,6	89,1
177,5	210,0	195,5	181,0	166,5	152,0	137,5	123,0	108,5	94,0
180	214,8	200,3	185,8	171,3	156,8	142,3	127,8	113,3	98,8
182,5	219,7	205,2	190,7	176,2	161,7	147,2	132,7	118,2	103,7
185	224,5	210,0	195,5	181,0	166,5	152,0	137,5	123,0	108,5
187,5	229,4	214,9	200,4	185,9	171,4	156,9	142,4	127,9	113,4
190	234,2	219,7	205,2	190,7	176,2	161,7	147,2	132,7	118,2
192,5	239,1	224,6	210,1	195,6	181,1	166,6	152,1	137,6	123,1
195	243,9	229,4	214,9	200,4	185,9	171,4	156,9	142,4	127,9
197,5	248,8	234,3	219,8	205,3	190,8	176,3	161,8	147,3	132,8

Tab. A 50: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 280 bis 360 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 100 bis 197,5 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ) Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume								
	280	290	300	310	320	330	340	350	360
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )								
100	-71,1	-85,6	-100,1	-114,6	-129,1	-143,6	-158,1	-172,6	-187,1
102,5	-66,2	-80,7	-95,2	-109,7	-124,2	-138,7	-153,2	-167,7	-182,2
105	-61,4	-75,9	-90,4	-104,9	-119,4	-133,9	-148,4	-162,9	-177,4
107,5	-56,5	-71,0	-85,5	-100,0	-114,5	-129,0	-143,5	-158,0	-172,5
110	-51,7	-66,2	-80,7	-95,2	-109,7	-124,2	-138,7	-153,2	-167,7
112,5	-46,8	-61,3	-75,8	-90,3	-104,8	-119,3	-133,8	-148,3	-162,8
115	-42,0	-56,5	-71,0	-85,5	-100,0	-114,5	-129,0	-143,5	-158,0
117,5	-37,1	-51,6	-66,1	-80,6	-95,1	-109,6	-124,1	-138,6	-153,1
120	-32,2	-46,7	-61,2	-75,7	-90,2	-104,7	-119,2	-133,7	-148,2
122,5	-27,4	-41,9	-56,4	-70,9	-85,4	-99,9	-114,4	-128,9	-143,4
125	-22,5	-37,0	-51,5	-66,0	-80,5	-95,0	-109,5	-124,0	-138,5
127,5	-17,7	-32,2	-46,7	-61,2	-75,7	-90,2	-104,7	-119,2	-133,7
130	-12,8	-27,3	-41,8	-56,3	-70,8	-85,3	-99,8	-114,3	-128,8
132,5	-8,0	-22,5	-37,0	-51,5	-66,0	-80,5	-95,0	-109,5	-124,0
135	-3,1	-17,6	-32,1	-46,6	-61,1	-75,6	-90,1	-104,6	-119,1
137,5	1,7	-12,8	-27,3	-41,8	-56,3	-70,8	-85,3	-99,8	-114,3
140	6,6	-7,9	-22,4	-36,9	-51,4	-65,9	-80,4	-94,9	-109,4
142,5	11,5	-3,0	-17,5	-32,0	-46,5	-61,0	-75,5	-90,0	-104,5
145	16,3	1,8	-12,7	-27,2	-41,7	-56,2	-70,7	-85,2	-99,7
147,5	21,2	6,7	-7,8	-22,3	-36,8	-51,3	-65,8	-80,3	-94,8
150	26,0	11,5	-3,0	-17,5	-32,0	-46,5	-61,0	-75,5	-90,0
152,5	30,9	16,4	1,9	-12,6	-27,1	-41,6	-56,1	-70,6	-85,1
155	35,7	21,2	6,7	-7,8	-22,3	-36,8	-51,3	-65,8	-80,3
157,5	40,6	26,1	11,6	-2,9	-17,4	-31,9	-46,4	-60,9	-75,4
160	45,5	31,0	16,5	2,0	-12,5	-27,0	-41,5	-56,0	-70,5
162,5	50,3	35,8	21,3	6,8	-7,7	-22,2	-36,7	-51,2	-65,7
165	55,2	40,7	26,2	11,7	-2,8	-17,3	-31,8	-46,3	-60,8
167,5	60,0	45,5	31,0	16,5	2,0	-12,5	-27,0	-41,5	-56,0
170	64,9	50,4	35,9	21,4	6,9	-7,6	-22,1	-36,6	-51,1
172,5	69,7	55,2	40,7	26,2	11,7	-2,8	-17,3	-31,8	-46,3
175	74,6	60,1	45,6	31,1	16,6	2,1	-12,4	-26,9	-41,4
177,5	79,5	65,0	50,5	36,0	21,5	7,0	-7,5	-22,0	-36,5
180	84,3	69,8	55,3	40,8	26,3	11,8	-2,7	-17,2	-31,7
182,5	89,2	74,7	60,2	45,7	31,2	16,7	2,2	-12,3	-26,8
185	94,0	79,5	65,0	50,5	36,0	21,5	7,0	-7,5	-22,0
187,5	98,9	84,4	69,9	55,4	40,9	26,4	11,9	-2,6	-17,1
190	103,7	89,2	74,7	60,2	45,7	31,2	16,7	2,2	-12,3
192,5	108,6	94,1	79,6	65,1	50,6	36,1	21,6	7,1	-7,4
195	113,4	98,9	84,4	69,9	55,4	40,9	26,4	11,9	-2,6
197,5	118,3	103,8	89,3	74,8	60,3	45,8	31,3	16,8	2,3



Tab. A 51: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 100 bis 180 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 200 bis 300 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ) Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume								
	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )								
200	384,2	369,7	355,2	340,7	326,2	311,7	297,2	282,7	268,2
202,5	389,0	374,5	360,0	345,5	331,0	316,5	302,0	287,5	273,0
205	393,9	379,4	364,9	350,4	335,9	321,4	306,9	292,4	277,9
207,5	398,7	384,2	369,7	355,2	340,7	326,2	311,7	297,2	282,7
210	403,6	389,1	374,6	360,1	345,6	331,1	316,6	302,1	287,6
212,5	408,4	393,9	379,4	364,9	350,4	335,9	321,4	306,9	292,4
215	413,3	398,8	384,3	369,8	355,3	340,8	326,3	311,8	297,3
217,5	418,2	403,7	389,2	374,7	360,2	345,7	331,2	316,7	302,2
220	423,0	408,5	394,0	379,5	365,0	350,5	336,0	321,5	307,0
222,5	427,9	413,4	398,9	384,4	369,9	355,4	340,9	326,4	311,9
225	432,7	418,2	403,7	389,2	374,7	360,2	345,7	331,2	316,7
227,5	437,6	423,1	408,6	394,1	379,6	365,1	350,6	336,1	321,6
230	442,4	427,9	413,4	398,9	384,4	369,9	355,4	340,9	326,4
232,5	447,3	432,8	418,3	403,8	389,3	374,8	360,3	345,8	331,3
235	452,1	437,6	423,1	408,6	394,1	379,6	365,1	350,6	336,1
237,5	457,0	442,5	428,0	413,5	399,0	384,5	370,0	355,5	341,0
240	461,9	447,4	432,9	418,4	403,9	389,4	374,9	360,4	345,9
242,5	466,7	452,2	437,7	423,2	408,7	394,2	379,7	365,2	350,7
245	471,6	457,1	442,6	428,1	413,6	399,1	384,6	370,1	355,6
247,5	476,4	461,9	447,4	432,9	418,4	403,9	389,4	374,9	360,4
250	481,3	466,8	452,3	437,8	423,3	408,8	394,3	379,8	365,3
252,5	486,1	471,6	457,1	442,6	428,1	413,6	399,1	384,6	370,1
255	491,0	476,5	462,0	447,5	433,0	418,5	404,0	389,5	375,0
257,5	495,9	481,4	466,9	452,4	437,9	423,4	408,9	394,4	379,9
260	500,7	486,2	471,7	457,2	442,7	428,2	413,7	399,2	384,7
262,5	505,6	491,1	476,6	462,1	447,6	433,1	418,6	404,1	389,6
265	510,4	495,9	481,4	466,9	452,4	437,9	423,4	408,9	394,4
267,5	515,3	500,8	486,3	471,8	457,3	442,8	428,3	413,8	399,3
270	520,1	505,6	491,1	476,6	462,1	447,6	433,1	418,6	404,1
272,5	525,0	510,5	496,0	481,5	467,0	452,5	438,0	423,5	409,0
275	529,8	515,3	500,8	486,3	471,8	457,3	442,8	428,3	413,8
277,5	534,7	520,2	505,7	491,2	476,7	462,2	447,7	433,2	418,7
280	539,6	525,1	510,6	496,1	481,6	467,1	452,6	438,1	423,6
282,5	544,4	529,9	515,4	500,9	486,4	471,9	457,4	442,9	428,4
285	549,3	534,8	520,3	505,8	491,3	476,8	462,3	447,8	433,3
287,5	554,1	539,6	525,1	510,6	496,1	481,6	467,1	452,6	438,1
290	559,0	544,5	530,0	515,5	501,0	486,5	472,0	457,5	443,0
292,5	563,8	549,3	534,8	520,3	505,8	491,3	476,8	462,3	447,8
295	568,7	554,2	539,7	525,2	510,7	496,2	481,7	467,2	452,7
297,5	573,6	559,1	544,6	530,1	515,6	501,1	486,6	472,1	457,6
300	578,4	563,9	549,4	534,9	520,4	505,9	491,4	476,9	462,4

Tab. A 52: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 190 bis 270 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 200 bis 300 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ) Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume								
	190	200	210	220	230	240	250	260	270
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )								
200	253,7	239,2	224,7	210,2	195,7	181,2	166,7	152,2	137,7
202,5	258,5	244,0	229,5	215,0	200,5	186,0	171,5	157,0	142,5
205	263,4	248,9	234,4	219,9	205,4	190,9	176,4	161,9	147,4
207,5	268,2	253,7	239,2	224,7	210,2	195,7	181,2	166,7	152,2
210	273,1	258,6	244,1	229,6	215,1	200,6	186,1	171,6	157,1
212,5	277,9	263,4	248,9	234,4	219,9	205,4	190,9	176,4	161,9
215	282,8	268,3	253,8	239,3	224,8	210,3	195,8	181,3	166,8
217,5	287,7	273,2	258,7	244,2	229,7	215,2	200,7	186,2	171,7
220	292,5	278,0	263,5	249,0	234,5	220,0	205,5	191,0	176,5
222,5	297,4	282,9	268,4	253,9	239,4	224,9	210,4	195,9	181,4
225	302,2	287,7	273,2	258,7	244,2	229,7	215,2	200,7	186,2
227,5	307,1	292,6	278,1	263,6	249,1	234,6	220,1	205,6	191,1
230	311,9	297,4	282,9	268,4	253,9	239,4	224,9	210,4	195,9
232,5	316,8	302,3	287,8	273,3	258,8	244,3	229,8	215,3	200,8
235	321,6	307,1	292,6	278,1	263,6	249,1	234,6	220,1	205,6
237,5	326,5	312,0	297,5	283,0	268,5	254,0	239,5	225,0	210,5
240	331,4	316,9	302,4	287,9	273,4	258,9	244,4	229,9	215,4
242,5	336,2	321,7	307,2	292,7	278,2	263,7	249,2	234,7	220,2
245	341,1	326,6	312,1	297,6	283,1	268,6	254,1	239,6	225,1
247,5	345,9	331,4	316,9	302,4	287,9	273,4	258,9	244,4	229,9
250	350,8	336,3	321,8	307,3	292,8	278,3	263,8	249,3	234,8
252,5	355,6	341,1	326,6	312,1	297,6	283,1	268,6	254,1	239,6
255	360,5	346,0	331,5	317,0	302,5	288,0	273,5	259,0	244,5
257,5	365,4	350,9	336,4	321,9	307,4	292,9	278,4	263,9	249,4
260	370,2	355,7	341,2	326,7	312,2	297,7	283,2	268,7	254,2
262,5	375,1	360,6	346,1	331,6	317,1	302,6	288,1	273,6	259,1
265	379,9	365,4	350,9	336,4	321,9	307,4	292,9	278,4	263,9
267,5	384,8	370,3	355,8	341,3	326,8	312,3	297,8	283,3	268,8
270	389,6	375,1	360,6	346,1	331,6	317,1	302,6	288,1	273,6
272,5	394,5	380,0	365,5	351,0	336,5	322,0	307,5	293,0	278,5
275	399,3	384,8	370,3	355,8	341,3	326,8	312,3	297,8	283,3
277,5	404,2	389,7	375,2	360,7	346,2	331,7	317,2	302,7	288,2
280	409,1	394,6	380,1	365,6	351,1	336,6	322,1	307,6	293,1
282,5	413,9	399,4	384,9	370,4	355,9	341,4	326,9	312,4	297,9
285	418,8	404,3	389,8	375,3	360,8	346,3	331,8	317,3	302,8
287,5	423,6	409,1	394,6	380,1	365,6	351,1	336,6	322,1	307,6
290	428,5	414,0	399,5	385,0	370,5	356,0	341,5	327,0	312,5
292,5	433,3	418,8	404,3	389,8	375,3	360,8	346,3	331,8	317,3
295	438,2	423,7	409,2	394,7	380,2	365,7	351,2	336,7	322,2
297,5	443,1	428,6	414,1	399,6	385,1	370,6	356,1	341,6	327,1
300	447,9	433,4	418,9	404,4	389,9	375,4	360,9	346,4	331,9

Tab. A 53: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum der Luzerne in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 280 bis 360 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 200 bis 300 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ) Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume								
	280	290	300	310	320	330	340	350	360
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )								
200	123,2	108,7	94,2	79,7	65,2	50,7	36,2	21,7	7,2
202,5	128,0	113,5	99,0	84,5	70,0	55,5	41,0	26,5	12,0
205	132,9	118,4	103,9	89,4	74,9	60,4	45,9	31,4	16,9
207,5	137,7	123,2	108,7	94,2	79,7	65,2	50,7	36,2	21,7
210	142,6	128,1	113,6	99,1	84,6	70,1	55,6	41,1	26,6
212,5	147,4	132,9	118,4	103,9	89,4	74,9	60,4	45,9	31,4
215	152,3	137,8	123,3	108,8	94,3	79,8	65,3	50,8	36,3
217,5	157,2	142,7	128,2	113,7	99,2	84,7	70,2	55,7	41,2
220	162,0	147,5	133,0	118,5	104,0	89,5	75,0	60,5	46,0
222,5	166,9	152,4	137,9	123,4	108,9	94,4	79,9	65,4	50,9
225	171,7	157,2	142,7	128,2	113,7	99,2	84,7	70,2	55,7
227,5	176,6	162,1	147,6	133,1	118,6	104,1	89,6	75,1	60,6
230	181,4	166,9	152,4	137,9	123,4	108,9	94,4	79,9	65,4
232,5	186,3	171,8	157,3	142,8	128,3	113,8	99,3	84,8	70,3
235	191,1	176,6	162,1	147,6	133,1	118,6	104,1	89,6	75,1
237,5	196,0	181,5	167,0	152,5	138,0	123,5	109,0	94,5	80,0
240	200,9	186,4	171,9	157,4	142,9	128,4	113,9	99,4	84,9
242,5	205,7	191,2	176,7	162,2	147,7	133,2	118,7	104,2	89,7
245	210,6	196,1	181,6	167,1	152,6	138,1	123,6	109,1	94,6
247,5	215,4	200,9	186,4	171,9	157,4	142,9	128,4	113,9	99,4
250	220,3	205,8	191,3	176,8	162,3	147,8	133,3	118,8	104,3
252,5	225,1	210,6	196,1	181,6	167,1	152,6	138,1	123,6	109,1
255	230,0	215,5	201,0	186,5	172,0	157,5	143,0	128,5	114,0
257,5	234,9	220,4	205,9	191,4	176,9	162,4	147,9	133,4	118,9
260	239,7	225,2	210,7	196,2	181,7	167,2	152,7	138,2	123,7
262,5	244,6	230,1	215,6	201,1	186,6	172,1	157,6	143,1	128,6
265	249,4	234,9	220,4	205,9	191,4	176,9	162,4	147,9	133,4
267,5	254,3	239,8	225,3	210,8	196,3	181,8	167,3	152,8	138,3
270	259,1	244,6	230,1	215,6	201,1	186,6	172,1	157,6	143,1
272,5	264,0	249,5	235,0	220,5	206,0	191,5	177,0	162,5	148,0
275	268,8	254,3	239,8	225,3	210,8	196,3	181,8	167,3	152,8
277,5	273,7	259,2	244,7	230,2	215,7	201,2	186,7	172,2	157,7
280	278,6	264,1	249,6	235,1	220,6	206,1	191,6	177,1	162,6
282,5	283,4	268,9	254,4	239,9	225,4	210,9	196,4	181,9	167,4
285	288,3	273,8	259,3	244,8	230,3	215,8	201,3	186,8	172,3
287,5	293,1	278,6	264,1	249,6	235,1	220,6	206,1	191,6	177,1
290	298,0	283,5	269,0	254,5	240,0	225,5	211,0	196,5	182,0
292,5	302,8	288,3	273,8	259,3	244,8	230,3	215,8	201,3	186,8
295	307,7	293,2	278,7	264,2	249,7	235,2	220,7	206,2	191,7
297,5	312,6	298,1	283,6	269,1	254,6	240,1	225,6	211,1	196,6
300	317,4	302,9	288,4	273,9	259,4	244,9	230,4	215,9	201,4

Tab. A 54: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Luzerne für unterschiedliche Schnittgut-TM-Erträge in der Summe von zwei Hauptnutzungsjahren

A.) 100 - 165 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 167,5 - 132,5 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 235 - 300 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge für zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge für zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge für zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
100	21,9	167,5	33,7	235	45,5
102,5	22,3	170	34,1	237,5	46,0
105	22,8	172,5	34,6	240	46,4
107,5	23,2	175	35,0	242,5	46,8
110	23,6	177,5	35,5	245	47,3
112,5	24,1	180	35,9	247,5	47,7
115	24,5	182,5	36,3	250	48,2
117,5	24,9	185	36,8	252,5	48,6
120	25,4	187,5	37,2	255	49,0
122,5	25,8	190	37,7	257,5	49,5
125	26,3	192,5	38,1	260	49,9
127,5	26,7	195	38,5	262,5	50,4
130	27,1	197,5	39,0	265	50,8
132,5	27,6	200	39,4	267,5	51,2
135	28,0	202,5	39,8	270	51,7
137,5	28,5	205	40,3	272,5	52,1
140	28,9	207,5	40,7	275	52,5
142,5	29,3	210	41,2	277,5	53,0
145	29,8	212,5	41,6	280	53,4
147,5	30,2	215	42,0	282,5	53,9
150	30,6	217,5	42,5	285	54,3
152,5	31,1	220	42,9	287,5	54,7
155	31,5	222,5	43,3	290	55,2
157,5	32,0	225	43,8	292,5	55,6
160	32,4	227,5	44,2	295	56,0
162,5	32,8	230	44,7	297,5	56,5
165	33,3	232,5	45,1	300	56,9

**Luzerne-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau**

Tab. A 55: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag der Luzerne in Höhe von 10 bis 515 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 10 - 175 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 180 - 345 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 350 - 515 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
10	2,7	180	45,6	350	84,6
15	4,0	185	46,8	355	85,7
20	5,3	190	48,0	360	86,7
25	6,6	195	49,2	365	87,8
30	7,9	200	50,4	370	88,9
35	9,2	205	51,5	375	90,0
40	10,5	210	52,7	380	91,1
45	11,8	215	53,9	385	92,1
50	13,1	220	55,1	390	93,2
55	14,4	225	56,3	395	94,3
60	15,7	230	57,4	400	95,4
65	17,0	235	58,6	405	96,4
70	18,3	240	59,8	410	97,5
75	19,6	245	60,9	415	98,5
80	20,8	250	62,1	420	99,6
85	22,1	255	63,2	425	100,6
90	23,4	260	64,4	430	101,7
95	24,6	265	65,5	435	102,7
100	25,9	270	66,7	440	103,8
105	27,2	275	67,8	445	104,8
110	28,4	280	68,9	450	105,9
115	29,7	285	70,1	455	106,9
120	30,9	290	71,2	460	107,9
125	32,2	295	72,3	465	109,0
130	33,4	300	73,5	470	110,0
135	34,6	305	74,6	475	111,0
140	35,9	310	75,7	480	112,0
145	37,1	315	76,8	485	113,1
150	38,3	320	77,9	490	114,1
155	39,5	325	79,1	495	115,1
160	40,7	330	80,2	500	116,1
165	42,0	335	81,3	505	117,1
170	43,2	340	82,4	510	118,1
175	44,4	345	83,5	515	119,1

Tab. A 56: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Erträge der Luzerne in Höhe von 520 bis 1025 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 520 - 685 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 690 - 855 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 860 - 1025 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
520	120,1	690	152,7	860	182,6
525	121,1	695	153,6	865	183,5
530	122,1	700	154,5	870	184,3
535	123,1	705	155,4	875	185,1
540	124,1	710	156,3	880	186,0
545	125,1	715	157,2	885	186,8
550	126,1	720	158,1	890	187,7
555	127,1	725	159,0	895	188,5
560	128,0	730	159,9	900	189,3
565	129,0	735	160,8	905	190,1
570	130,0	740	161,7	910	191,0
575	131,0	745	162,6	915	191,8
580	131,9	750	163,5	920	192,6
585	132,9	755	164,4	925	193,4
590	133,9	760	165,3	930	194,3
595	134,8	765	166,2	935	195,1
600	135,8	770	167,1	940	195,9
605	136,7	775	168,0	945	196,7
610	137,7	780	168,8	950	197,5
615	138,7	785	169,7	955	198,3
620	139,6	790	170,6	960	199,1
625	140,6	795	171,5	965	199,9
630	141,5	800	172,3	970	200,7
635	142,4	805	173,2	975	201,5
640	143,4	810	174,1	980	202,3
645	144,3	815	174,9	985	203,1
650	145,3	820	175,8	990	203,9
655	146,2	825	176,7	995	204,7
660	147,1	830	177,5	1000	205,5
665	148,1	835	178,4	1005	206,3
670	149,0	840	179,2	1010	207,1
675	149,9	845	180,1	1015	207,9
680	150,8	850	180,9	1020	208,7
685	151,8	855	181,8	1025	209,5

Tab. A 57: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Luzerne (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwinge!) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag der Luzerne in Höhe von 1030 bis 1520 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 1030 - 1190 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1195 - 1355 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 1360 - 1520 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
1030	210,2	1195	235,1	1360	258,2
1035	211,0	1200	235,8	1365	258,8
1040	211,8	1205	236,5	1370	259,5
1045	212,6	1210	237,2	1375	260,2
1050	213,3	1215	238,0	1380	260,8
1055	214,1	1220	238,7	1385	261,5
1060	214,9	1225	239,4	1390	262,2
1065	215,7	1230	240,1	1395	262,8
1070	216,4	1235	240,8	1400	263,5
1075	217,2	1240	241,5	1405	264,2
1080	218,0	1245	242,2	1410	264,8
1085	218,7	1250	242,9	1415	265,5
1090	219,5	1255	243,7	1420	266,2
1095	220,2	1260	244,4	1425	266,8
1100	221,0	1265	245,1	1430	267,5
1105	221,7	1270	245,8	1435	268,1
1110	222,5	1275	246,5	1440	268,8
1115	223,3	1280	247,2	1445	269,4
1120	224,0	1285	247,9	1450	270,1
1125	224,8	1290	248,6	1455	270,7
1130	225,5	1295	249,3	1460	271,4
1135	226,2	1300	249,9	1465	272,0
1140	227,0	1305	250,6	1470	272,7
1145	227,7	1310	251,3	1475	273,3
1150	228,5	1315	252,0	1480	274,0
1155	229,2	1320	252,7	1485	274,6
1160	229,9	1325	253,4	1490	275,2
1165	230,7	1330	254,1	1495	275,9
1170	231,4	1335	254,8	1500	276,5
1175	232,2	1340	255,4	1505	277,2
1180	232,9	1345	256,1	1510	277,8
1185	233,6	1350	256,8	1515	278,4
1190	234,3	1355	257,5	1520	279,1

Tab. A 58: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandekomponente im Gemenge mit Luzerne) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Wiesen-schwingels in Höhe von 65 bis 330 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 65 - 195 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 200 - 330 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
65	17,6	200	54,1
70	19,0	205	55,5
75	20,3	210	56,8
80	21,7	215	58,2
85	23,0	220	59,5
90	24,4	225	60,9
95	25,7	230	62,2
100	27,1	235	63,6
105	28,4	240	64,9
110	29,8	245	66,3
115	31,1	250	67,6
120	32,5	255	69,0
125	33,9	260	70,3
130	35,2	265	71,7
135	36,6	270	73,0
140	37,9	275	74,4
145	39,3	280	75,7
150	40,6	285	77,1
155	42,0	290	78,5
160	43,3	295	79,8
165	44,7	300	81,2
170	46,0	305	82,5
175	47,4	310	83,9
180	48,7	315	85,2
185	50,1	320	86,6
190	51,4	325	87,9
195	52,8	330	89,3



Tab. A 59: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandekomponente im Gemenge mit Luzerne) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Wiesen-schwingels in Höhe von 335 bis 600 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 335 - 465 dt ha-1		B.) 470 - 600 dt ha-1	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)
335	90,6	470	127,1
340	92,0	475	128,5
345	93,3	480	129,8
350	94,7	485	131,2
355	96,0	490	132,5
360	97,4	495	133,9
365	98,7	500	135,2
370	100,1	505	136,6
375	101,4	510	137,9
380	102,8	515	139,3
385	104,1	520	140,6
390	105,5	525	142,0
395	106,8	530	143,3
400	108,2	535	144,7
405	109,5	540	146,0
410	110,9	545	147,4
415	112,2	550	148,7
420	113,6	555	150,1
425	114,9	560	151,4
430	116,3	565	152,8
435	117,6	570	154,1
440	119,0	575	155,5
445	120,3	580	156,8
450	121,7	585	158,2
455	123,1	590	159,5
460	124,4	595	160,9
465	125,8	600	162,2

Tab. A 60: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Luzerne (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren

A.) 5 - 95 dt ha-1		B.) 97,5 - 187,5 dt ha-1		C.) 190 - 280 dt ha-1	
Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha-1)	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha-1)	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha-1)
5	14,0	97,5	272,2	190	530,4
7,5	21,0	100	279,2	192,5	537,4
10	28,0	102,5	286,2	195	544,4
12,5	34,9	105	293,1	197,5	551,4
15	41,9	107,5	300,1	200	558,3
17,5	48,9	110	307,1	202,5	565,3
20	55,9	112,5	314,1	205	572,3
22,5	62,9	115	321,1	207,5	579,3
25	69,8	117,5	328,0	210	586,3
27,5	76,8	120	335,0	212,5	593,2
30	83,8	122,5	342,0	215	600,2
32,5	90,8	125	349,0	217,5	607,2
35	97,7	127,5	356,0	220	614,2
37,5	104,7	130	362,9	222,5	621,2
40	111,7	132,5	369,9	225	628,1
42,5	118,7	135	376,9	227,5	635,1
45	125,7	137,5	383,9	230	642,1
47,5	132,6	140	390,9	232,5	649,1
50	139,6	142,5	397,8	235	656,0
52,5	146,6	145	404,8	237,5	663,0
55	153,6	147,5	411,8	240	670,0
57,5	160,6	150	418,8	242,5	677,0
60	167,5	152,5	425,7	245	684,0
62,5	174,5	155	432,7	247,5	690,9
65	181,5	157,5	439,7	250	697,9
67,5	188,5	160	446,7	252,5	704,9
70	195,4	162,5	453,7	255	711,9
72,5	202,4	165	460,6	257,5	718,9
75	209,4	167,5	467,6	260	725,8
77,5	216,4	170	474,6	262,5	732,8
80	223,4	172,5	481,6	265	739,8
82,5	230,3	175	488,6	267,5	746,8
85	237,3	177,5	495,5	270	753,7
87,5	244,3	180	502,5	272,5	760,7
90	251,3	182,5	509,5	275	767,7
92,5	258,3	185	516,5	277,5	774,7
95	265,2	187,5	523,4	280	781,7

Tab. A 61: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Luzerne) in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren

A.) 12,5 - 82,5 dt ha-1		B.) 85 - 155 dt ha-1	
Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha-1)	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha-1)	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha-1)
12,5	24,9	85	129,3
15	28,5	87,5	132,9
17,5	32,1	90	136,5
20	35,7	92,5	140,1
22,5	39,3	95	143,7
25	42,9	97,5	147,3
27,5	46,5	100	150,9
30	50,1	102,5	154,5
32,5	53,7	105	158,1
35	57,3	107,5	161,7
37,5	60,9	110	165,3
40	64,5	112,5	168,9
42,5	68,1	115	172,5
45	71,7	117,5	176,1
47,5	75,3	120	179,7
50	78,9	122,5	183,3
52,5	82,5	125	186,9
55	86,1	127,5	190,5
57,5	89,7	130	194,1
60	93,3	132,5	197,7
62,5	96,9	135	201,3
65	100,5	137,5	204,9
67,5	104,1	140	208,6
70	107,7	142,5	212,2
72,5	111,3	145	215,8
75	114,9	147,5	219,4
77,5	118,5	150	223,0
80	122,1	152,5	226,6
82,5	125,7	155	230,2

Tab. A 62: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 300 bis 397,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 210 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
300	12,1	2,1	-7,9	-17,9	-27,9	-37,9	-47,9	-57,9	-67,9	-77,9	-87,9	-97,9
302,5	12,7	2,7	-7,3	-17,3	-27,3	-37,3	-47,3	-57,3	-67,3	-77,3	-87,3	-97,3
305	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6	-66,6	-76,6	-86,6	-96,6
307,5	14,0	4,0	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0	-66,0	-76,0	-86,0	-96,0
310	14,7	4,7	-5,3	-15,3	-25,3	-35,3	-45,3	-55,3	-65,3	-75,3	-85,3	-95,3
312,5	15,3	5,3	-4,7	-14,7	-24,7	-34,7	-44,7	-54,7	-64,7	-74,7	-84,7	-94,7
315	15,9	5,9	-4,1	-14,1	-24,1	-34,1	-44,1	-54,1	-64,1	-74,1	-84,1	-94,1
317,5	16,6	6,6	-3,4	-13,4	-23,4	-33,4	-43,4	-53,4	-63,4	-73,4	-83,4	-93,4
320	17,2	7,2	-2,8	-12,8	-22,8	-32,8	-42,8	-52,8	-62,8	-72,8	-82,8	-92,8
322,5	17,9	7,9	-2,1	-12,1	-22,1	-32,1	-42,1	-52,1	-62,1	-72,1	-82,1	-92,1
325	18,5	8,5	-1,5	-11,5	-21,5	-31,5	-41,5	-51,5	-61,5	-71,5	-81,5	-91,5
327,5	19,2	9,2	-0,8	-10,8	-20,8	-30,8	-40,8	-50,8	-60,8	-70,8	-80,8	-90,8
330	19,8	9,8	-0,2	-10,2	-20,2	-30,2	-40,2	-50,2	-60,2	-70,2	-80,2	-90,2
332,5	20,5	10,5	0,5	-9,5	-19,5	-29,5	-39,5	-49,5	-59,5	-69,5	-79,5	-89,5
335	21,1	11,1	1,1	-8,9	-18,9	-28,9	-38,9	-48,9	-58,9	-68,9	-78,9	-88,9
337,5	21,8	11,8	1,8	-8,2	-18,2	-28,2	-38,2	-48,2	-58,2	-68,2	-78,2	-88,2
340	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6	-77,6	-87,6
342,5	23,0	13,0	3,0	-7,0	-17,0	-27,0	-37,0	-47,0	-57,0	-67,0	-77,0	-87,0
345	23,7	13,7	3,7	-6,3	-16,3	-26,3	-36,3	-46,3	-56,3	-66,3	-76,3	-86,3
347,5	24,3	14,3	4,3	-5,7	-15,7	-25,7	-35,7	-45,7	-55,7	-65,7	-75,7	-85,7
350	25,0	15,0	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0
352,5	25,6	15,6	5,6	-4,4	-14,4	-24,4	-34,4	-44,4	-54,4	-64,4	-74,4	-84,4
355	26,3	16,3	6,3	-3,7	-13,7	-23,7	-33,7	-43,7	-53,7	-63,7	-73,7	-83,7
357,5	26,9	16,9	6,9	-3,1	-13,1	-23,1	-33,1	-43,1	-53,1	-63,1	-73,1	-83,1
360	27,6	17,6	7,6	-2,4	-12,4	-22,4	-32,4	-42,4	-52,4	-62,4	-72,4	-82,4
362,5	28,2	18,2	8,2	-1,8	-11,8	-21,8	-31,8	-41,8	-51,8	-61,8	-71,8	-81,8
365	28,8	18,8	8,8	-1,2	-11,2	-21,2	-31,2	-41,2	-51,2	-61,2	-71,2	-81,2
367,5	29,5	19,5	9,5	-0,5	-10,5	-20,5	-30,5	-40,5	-50,5	-60,5	-70,5	-80,5
370	30,1	20,1	10,1	0,1	-9,9	-19,9	-29,9	-39,9	-49,9	-59,9	-69,9	-79,9
372,5	30,8	20,8	10,8	0,8	-9,2	-19,2	-29,2	-39,2	-49,2	-59,2	-69,2	-79,2
375	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6	-68,6	-78,6
377,5	32,1	22,1	12,1	2,1	-7,9	-17,9	-27,9	-37,9	-47,9	-57,9	-67,9	-77,9
380	32,7	22,7	12,7	2,7	-7,3	-17,3	-27,3	-37,3	-47,3	-57,3	-67,3	-77,3
382,5	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6	-66,6	-76,6
385	34,0	24,0	14,0	4,0	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0	-66,0	-76,0
387,5	34,7	24,7	14,7	4,7	-5,3	-15,3	-25,3	-35,3	-45,3	-55,3	-65,3	-75,3
390	35,3	25,3	15,3	5,3	-4,7	-14,7	-24,7	-34,7	-44,7	-54,7	-64,7	-74,7
392,5	35,9	25,9	15,9	5,9	-4,1	-14,1	-24,1	-34,1	-44,1	-54,1	-64,1	-74,1
395	36,6	26,6	16,6	6,6	-3,4	-13,4	-23,4	-33,4	-43,4	-53,4	-63,4	-73,4
397,5	37,2	27,2	17,2	7,2	-2,8	-12,8	-22,8	-32,8	-42,8	-52,8	-62,8	-72,8

Tab. A 63: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 300 bis 397,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 220 bis 330 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
300	-107,9	-117,9	-127,9	-137,9	-147,9	-157,9	-167,9	-177,9	-187,9	-197,9	-207,9	-217,9
302,5	-107,3	-117,3	-127,3	-137,3	-147,3	-157,3	-167,3	-177,3	-187,3	-197,3	-207,3	-217,3
305	-106,6	-116,6	-126,6	-136,6	-146,6	-156,6	-166,6	-176,6	-186,6	-196,6	-206,6	-216,6
307,5	-106,0	-116,0	-126,0	-136,0	-146,0	-156,0	-166,0	-176,0	-186,0	-196,0	-206,0	-216,0
310	-105,3	-115,3	-125,3	-135,3	-145,3	-155,3	-165,3	-175,3	-185,3	-195,3	-205,3	-215,3
312,5	-104,7	-114,7	-124,7	-134,7	-144,7	-154,7	-164,7	-174,7	-184,7	-194,7	-204,7	-214,7
315	-104,1	-114,1	-124,1	-134,1	-144,1	-154,1	-164,1	-174,1	-184,1	-194,1	-204,1	-214,1
317,5	-103,4	-113,4	-123,4	-133,4	-143,4	-153,4	-163,4	-173,4	-183,4	-193,4	-203,4	-213,4
320	-102,8	-112,8	-122,8	-132,8	-142,8	-152,8	-162,8	-172,8	-182,8	-192,8	-202,8	-212,8
322,5	-102,1	-112,1	-122,1	-132,1	-142,1	-152,1	-162,1	-172,1	-182,1	-192,1	-202,1	-212,1
325	-101,5	-111,5	-121,5	-131,5	-141,5	-151,5	-161,5	-171,5	-181,5	-191,5	-201,5	-211,5
327,5	-100,8	-110,8	-120,8	-130,8	-140,8	-150,8	-160,8	-170,8	-180,8	-190,8	-200,8	-210,8
330	-100,2	-110,2	-120,2	-130,2	-140,2	-150,2	-160,2	-170,2	-180,2	-190,2	-200,2	-210,2
332,5	-99,5	-109,5	-119,5	-129,5	-139,5	-149,5	-159,5	-169,5	-179,5	-189,5	-199,5	-209,5
335	-98,9	-108,9	-118,9	-128,9	-138,9	-148,9	-158,9	-168,9	-178,9	-188,9	-198,9	-208,9
337,5	-98,2	-108,2	-118,2	-128,2	-138,2	-148,2	-158,2	-168,2	-178,2	-188,2	-198,2	-208,2
340	-97,6	-107,6	-117,6	-127,6	-137,6	-147,6	-157,6	-167,6	-177,6	-187,6	-197,6	-207,6
342,5	-97,0	-107,0	-117,0	-127,0	-137,0	-147,0	-157,0	-167,0	-177,0	-187,0	-197,0	-207,0
345	-96,3	-106,3	-116,3	-126,3	-136,3	-146,3	-156,3	-166,3	-176,3	-186,3	-196,3	-206,3
347,5	-95,7	-105,7	-115,7	-125,7	-135,7	-145,7	-155,7	-165,7	-175,7	-185,7	-195,7	-205,7
350	-95,0	-105,0	-115,0	-125,0	-135,0	-145,0	-155,0	-165,0	-175,0	-185,0	-195,0	-205,0
352,5	-94,4	-104,4	-114,4	-124,4	-134,4	-144,4	-154,4	-164,4	-174,4	-184,4	-194,4	-204,4
355	-93,7	-103,7	-113,7	-123,7	-133,7	-143,7	-153,7	-163,7	-173,7	-183,7	-193,7	-203,7
357,5	-93,1	-103,1	-113,1	-123,1	-133,1	-143,1	-153,1	-163,1	-173,1	-183,1	-193,1	-203,1
360	-92,4	-102,4	-112,4	-122,4	-132,4	-142,4	-152,4	-162,4	-172,4	-182,4	-192,4	-202,4
362,5	-91,8	-101,8	-111,8	-121,8	-131,8	-141,8	-151,8	-161,8	-171,8	-181,8	-191,8	-201,8
365	-91,2	-101,2	-111,2	-121,2	-131,2	-141,2	-151,2	-161,2	-171,2	-181,2	-191,2	-201,2
367,5	-90,5	-100,5	-110,5	-120,5	-130,5	-140,5	-150,5	-160,5	-170,5	-180,5	-190,5	-200,5
370	-89,9	-99,9	-109,9	-119,9	-129,9	-139,9	-149,9	-159,9	-169,9	-179,9	-189,9	-199,9
372,5	-89,2	-99,2	-109,2	-119,2	-129,2	-139,2	-149,2	-159,2	-169,2	-179,2	-189,2	-199,2
375	-88,6	-98,6	-108,6	-118,6	-128,6	-138,6	-148,6	-158,6	-168,6	-178,6	-188,6	-198,6
377,5	-87,9	-97,9	-107,9	-117,9	-127,9	-137,9	-147,9	-157,9	-167,9	-177,9	-187,9	-197,9
380	-87,3	-97,3	-107,3	-117,3	-127,3	-137,3	-147,3	-157,3	-167,3	-177,3	-187,3	-197,3
382,5	-86,6	-96,6	-106,6	-116,6	-126,6	-136,6	-146,6	-156,6	-166,6	-176,6	-186,6	-196,6
385	-86,0	-96,0	-106,0	-116,0	-126,0	-136,0	-146,0	-156,0	-166,0	-176,0	-186,0	-196,0
387,5	-85,3	-95,3	-105,3	-115,3	-125,3	-135,3	-145,3	-155,3	-165,3	-175,3	-185,3	-195,3
390	-84,7	-94,7	-104,7	-114,7	-124,7	-134,7	-144,7	-154,7	-164,7	-174,7	-184,7	-194,7
392,5	-84,1	-94,1	-104,1	-114,1	-124,1	-134,1	-144,1	-154,1	-164,1	-174,1	-184,1	-194,1
395	-83,4	-93,4	-103,4	-113,4	-123,4	-133,4	-143,4	-153,4	-163,4	-173,4	-183,4	-193,4
397,5	-82,8	-92,8	-102,8	-112,8	-122,8	-132,8	-142,8	-152,8	-162,8	-172,8	-182,8	-192,8

Tab. A 64: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 400 bis 497,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 210 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
400	37,9	27,9	17,9	7,9	-2,1	-12,1	-22,1	-32,1	-42,1	-52,1	-62,1	-72,1
402,5	38,5	28,5	18,5	8,5	-1,5	-11,5	-21,5	-31,5	-41,5	-51,5	-61,5	-71,5
405	39,2	29,2	19,2	9,2	-0,8	-10,8	-20,8	-30,8	-40,8	-50,8	-60,8	-70,8
407,5	39,8	29,8	19,8	9,8	-0,2	-10,2	-20,2	-30,2	-40,2	-50,2	-60,2	-70,2
410	40,5	30,5	20,5	10,5	0,5	-9,5	-19,5	-29,5	-39,5	-49,5	-59,5	-69,5
412,5	41,1	31,1	21,1	11,1	1,1	-8,9	-18,9	-28,9	-38,9	-48,9	-58,9	-68,9
415	41,7	31,7	21,7	11,7	1,7	-8,3	-18,3	-28,3	-38,3	-48,3	-58,3	-68,3
417,5	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6
420	43,0	33,0	23,0	13,0	3,0	-7,0	-17,0	-27,0	-37,0	-47,0	-57,0	-67,0
422,5	43,7	33,7	23,7	13,7	3,7	-6,3	-16,3	-26,3	-36,3	-46,3	-56,3	-66,3
425	44,3	34,3	24,3	14,3	4,3	-5,7	-15,7	-25,7	-35,7	-45,7	-55,7	-65,7
427,5	45,0	35,0	25,0	15,0	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0
430	45,6	35,6	25,6	15,6	5,6	-4,4	-14,4	-24,4	-34,4	-44,4	-54,4	-64,4
432,5	46,3	36,3	26,3	16,3	6,3	-3,7	-13,7	-23,7	-33,7	-43,7	-53,7	-63,7
435	46,9	36,9	26,9	16,9	6,9	-3,1	-13,1	-23,1	-33,1	-43,1	-53,1	-63,1
437,5	47,6	37,6	27,6	17,6	7,6	-2,4	-12,4	-22,4	-32,4	-42,4	-52,4	-62,4
440	48,2	38,2	28,2	18,2	8,2	-1,8	-11,8	-21,8	-31,8	-41,8	-51,8	-61,8
442,5	48,8	38,8	28,8	18,8	8,8	-1,2	-11,2	-21,2	-31,2	-41,2	-51,2	-61,2
445	49,5	39,5	29,5	19,5	9,5	-0,5	-10,5	-20,5	-30,5	-40,5	-50,5	-60,5
447,5	50,1	40,1	30,1	20,1	10,1	0,1	-9,9	-19,9	-29,9	-39,9	-49,9	-59,9
450	50,8	40,8	30,8	20,8	10,8	0,8	-9,2	-19,2	-29,2	-39,2	-49,2	-59,2
452,5	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6
455	52,1	42,1	32,1	22,1	12,1	2,1	-7,9	-17,9	-27,9	-37,9	-47,9	-57,9
457,5	52,7	42,7	32,7	22,7	12,7	2,7	-7,3	-17,3	-27,3	-37,3	-47,3	-57,3
460	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6
462,5	54,0	44,0	34,0	24,0	14,0	4,0	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0
465	54,6	44,6	34,6	24,6	14,6	4,6	-5,4	-15,4	-25,4	-35,4	-45,4	-55,4
467,5	55,3	45,3	35,3	25,3	15,3	5,3	-4,7	-14,7	-24,7	-34,7	-44,7	-54,7
470	55,9	45,9	35,9	25,9	15,9	5,9	-4,1	-14,1	-24,1	-34,1	-44,1	-54,1
472,5	56,6	46,6	36,6	26,6	16,6	6,6	-3,4	-13,4	-23,4	-33,4	-43,4	-53,4
475	57,2	47,2	37,2	27,2	17,2	7,2	-2,8	-12,8	-22,8	-32,8	-42,8	-52,8
477,5	57,9	47,9	37,9	27,9	17,9	7,9	-2,1	-12,1	-22,1	-32,1	-42,1	-52,1
480	58,5	48,5	38,5	28,5	18,5	8,5	-1,5	-11,5	-21,5	-31,5	-41,5	-51,5
482,5	59,2	49,2	39,2	29,2	19,2	9,2	-0,8	-10,8	-20,8	-30,8	-40,8	-50,8
485	59,8	49,8	39,8	29,8	19,8	9,8	-0,2	-10,2	-20,2	-30,2	-40,2	-50,2
487,5	60,5	50,5	40,5	30,5	20,5	10,5	0,5	-9,5	-19,5	-29,5	-39,5	-49,5
490	61,1	51,1	41,1	31,1	21,1	11,1	1,1	-8,9	-18,9	-28,9	-38,9	-48,9
492,5	61,7	51,7	41,7	31,7	21,7	11,7	1,7	-8,3	-18,3	-28,3	-38,3	-48,3
495	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6
497,5	63,0	53,0	43,0	33,0	23,0	13,0	3,0	-7,0	-17,0	-27,0	-37,0	-47,0

Tab. A 65: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 400 bis 497,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 220 bis 330 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
400	-82,1	-92,1	-102,1	-112,1	-122,1	-132,1	-142,1	-152,1	-162,1	-172,1	-182,1	-192,1
402,5	-81,5	-91,5	-101,5	-111,5	-121,5	-131,5	-141,5	-151,5	-161,5	-171,5	-181,5	-191,5
405	-80,8	-90,8	-100,8	-110,8	-120,8	-130,8	-140,8	-150,8	-160,8	-170,8	-180,8	-190,8
407,5	-80,2	-90,2	-100,2	-110,2	-120,2	-130,2	-140,2	-150,2	-160,2	-170,2	-180,2	-190,2
410	-79,5	-89,5	-99,5	-109,5	-119,5	-129,5	-139,5	-149,5	-159,5	-169,5	-179,5	-189,5
412,5	-78,9	-88,9	-98,9	-108,9	-118,9	-128,9	-138,9	-148,9	-158,9	-168,9	-178,9	-188,9
415	-78,3	-88,3	-98,3	-108,3	-118,3	-128,3	-138,3	-148,3	-158,3	-168,3	-178,3	-188,3
417,5	-77,6	-87,6	-97,6	-107,6	-117,6	-127,6	-137,6	-147,6	-157,6	-167,6	-177,6	-187,6
420	-77,0	-87,0	-97,0	-107,0	-117,0	-127,0	-137,0	-147,0	-157,0	-167,0	-177,0	-187,0
422,5	-76,3	-86,3	-96,3	-106,3	-116,3	-126,3	-136,3	-146,3	-156,3	-166,3	-176,3	-186,3
425	-75,7	-85,7	-95,7	-105,7	-115,7	-125,7	-135,7	-145,7	-155,7	-165,7	-175,7	-185,7
427,5	-75,0	-85,0	-95,0	-105,0	-115,0	-125,0	-135,0	-145,0	-155,0	-165,0	-175,0	-185,0
430	-74,4	-84,4	-94,4	-104,4	-114,4	-124,4	-134,4	-144,4	-154,4	-164,4	-174,4	-184,4
432,5	-73,7	-83,7	-93,7	-103,7	-113,7	-123,7	-133,7	-143,7	-153,7	-163,7	-173,7	-183,7
435	-73,1	-83,1	-93,1	-103,1	-113,1	-123,1	-133,1	-143,1	-153,1	-163,1	-173,1	-183,1
437,5	-72,4	-82,4	-92,4	-102,4	-112,4	-122,4	-132,4	-142,4	-152,4	-162,4	-172,4	-182,4
440	-71,8	-81,8	-91,8	-101,8	-111,8	-121,8	-131,8	-141,8	-151,8	-161,8	-171,8	-181,8
442,5	-71,2	-81,2	-91,2	-101,2	-111,2	-121,2	-131,2	-141,2	-151,2	-161,2	-171,2	-181,2
445	-70,5	-80,5	-90,5	-100,5	-110,5	-120,5	-130,5	-140,5	-150,5	-160,5	-170,5	-180,5
447,5	-69,9	-79,9	-89,9	-99,9	-109,9	-119,9	-129,9	-139,9	-149,9	-159,9	-169,9	-179,9
450	-69,2	-79,2	-89,2	-99,2	-109,2	-119,2	-129,2	-139,2	-149,2	-159,2	-169,2	-179,2
452,5	-68,6	-78,6	-88,6	-98,6	-108,6	-118,6	-128,6	-138,6	-148,6	-158,6	-168,6	-178,6
455	-67,9	-77,9	-87,9	-97,9	-107,9	-117,9	-127,9	-137,9	-147,9	-157,9	-167,9	-177,9
457,5	-67,3	-77,3	-87,3	-97,3	-107,3	-117,3	-127,3	-137,3	-147,3	-157,3	-167,3	-177,3
460	-66,6	-76,6	-86,6	-96,6	-106,6	-116,6	-126,6	-136,6	-146,6	-156,6	-166,6	-176,6
462,5	-66,0	-76,0	-86,0	-96,0	-106,0	-116,0	-126,0	-136,0	-146,0	-156,0	-166,0	-176,0
465	-65,4	-75,4	-85,4	-95,4	-105,4	-115,4	-125,4	-135,4	-145,4	-155,4	-165,4	-175,4
467,5	-64,7	-74,7	-84,7	-94,7	-104,7	-114,7	-124,7	-134,7	-144,7	-154,7	-164,7	-174,7
470	-64,1	-74,1	-84,1	-94,1	-104,1	-114,1	-124,1	-134,1	-144,1	-154,1	-164,1	-174,1
472,5	-63,4	-73,4	-83,4	-93,4	-103,4	-113,4	-123,4	-133,4	-143,4	-153,4	-163,4	-173,4
475	-62,8	-72,8	-82,8	-92,8	-102,8	-112,8	-122,8	-132,8	-142,8	-152,8	-162,8	-172,8
477,5	-62,1	-72,1	-82,1	-92,1	-102,1	-112,1	-122,1	-132,1	-142,1	-152,1	-162,1	-172,1
480	-61,5	-71,5	-81,5	-91,5	-101,5	-111,5	-121,5	-131,5	-141,5	-151,5	-161,5	-171,5
482,5	-60,8	-70,8	-80,8	-90,8	-100,8	-110,8	-120,8	-130,8	-140,8	-150,8	-160,8	-170,8
485	-60,2	-70,2	-80,2	-90,2	-100,2	-110,2	-120,2	-130,2	-140,2	-150,2	-160,2	-170,2
487,5	-59,5	-69,5	-79,5	-89,5	-99,5	-109,5	-119,5	-129,5	-139,5	-149,5	-159,5	-169,5
490	-58,9	-68,9	-78,9	-88,9	-98,9	-108,9	-118,9	-128,9	-138,9	-148,9	-158,9	-168,9
492,5	-58,3	-68,3	-78,3	-88,3	-98,3	-108,3	-118,3	-128,3	-138,3	-148,3	-158,3	-168,3
495	-57,6	-67,6	-77,6	-87,6	-97,6	-107,6	-117,6	-127,6	-137,6	-147,6	-157,6	-167,6
497,5	-57,0	-67,0	-77,0	-87,0	-97,0	-107,0	-117,0	-127,0	-137,0	-147,0	-157,0	-167,0

Tab. A 66: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 500 bis 597,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 210 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
500	63,7	53,7	43,7	33,7	23,7	13,7	3,7	-6,3	-16,3	-26,3	-36,3	-46,3
502,5	64,3	54,3	44,3	34,3	24,3	14,3	4,3	-5,7	-15,7	-25,7	-35,7	-45,7
505	65,0	55,0	45,0	35,0	25,0	15,0	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0
507,5	65,6	55,6	45,6	35,6	25,6	15,6	5,6	-4,4	-14,4	-24,4	-34,4	-44,4
510	66,3	56,3	46,3	36,3	26,3	16,3	6,3	-3,7	-13,7	-23,7	-33,7	-43,7
512,5	66,9	56,9	46,9	36,9	26,9	16,9	6,9	-3,1	-13,1	-23,1	-33,1	-43,1
515	67,5	57,5	47,5	37,5	27,5	17,5	7,5	-2,5	-12,5	-22,5	-32,5	-42,5
517,5	68,2	58,2	48,2	38,2	28,2	18,2	8,2	-1,8	-11,8	-21,8	-31,8	-41,8
520	68,8	58,8	48,8	38,8	28,8	18,8	8,8	-1,2	-11,2	-21,2	-31,2	-41,2
522,5	69,5	59,5	49,5	39,5	29,5	19,5	9,5	-0,5	-10,5	-20,5	-30,5	-40,5
525	70,1	60,1	50,1	40,1	30,1	20,1	10,1	0,1	-9,9	-19,9	-29,9	-39,9
527,5	70,8	60,8	50,8	40,8	30,8	20,8	10,8	0,8	-9,2	-19,2	-29,2	-39,2
530	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6
532,5	72,1	62,1	52,1	42,1	32,1	22,1	12,1	2,1	-7,9	-17,9	-27,9	-37,9
535	72,7	62,7	52,7	42,7	32,7	22,7	12,7	2,7	-7,3	-17,3	-27,3	-37,3
537,5	73,4	63,4	53,4	43,4	33,4	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6
540	74,0	64,0	54,0	44,0	34,0	24,0	14,0	4,0	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0
542,5	74,6	64,6	54,6	44,6	34,6	24,6	14,6	4,6	-5,4	-15,4	-25,4	-35,4
545	75,3	65,3	55,3	45,3	35,3	25,3	15,3	5,3	-4,7	-14,7	-24,7	-34,7
547,5	75,9	65,9	55,9	45,9	35,9	25,9	15,9	5,9	-4,1	-14,1	-24,1	-34,1
550	76,6	66,6	56,6	46,6	36,6	26,6	16,6	6,6	-3,4	-13,4	-23,4	-33,4
552,5	77,2	67,2	57,2	47,2	37,2	27,2	17,2	7,2	-2,8	-12,8	-22,8	-32,8
555	77,9	67,9	57,9	47,9	37,9	27,9	17,9	7,9	-2,1	-12,1	-22,1	-32,1
557,5	78,5	68,5	58,5	48,5	38,5	28,5	18,5	8,5	-1,5	-11,5	-21,5	-31,5
560	79,2	69,2	59,2	49,2	39,2	29,2	19,2	9,2	-0,8	-10,8	-20,8	-30,8
562,5	79,8	69,8	59,8	49,8	39,8	29,8	19,8	9,8	-0,2	-10,2	-20,2	-30,2
565	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6	-19,6	-29,6
567,5	81,1	71,1	61,1	51,1	41,1	31,1	21,1	11,1	1,1	-8,9	-18,9	-28,9
570	81,7	71,7	61,7	51,7	41,7	31,7	21,7	11,7	1,7	-8,3	-18,3	-28,3
572,5	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6
575	83,0	73,0	63,0	53,0	43,0	33,0	23,0	13,0	3,0	-7,0	-17,0	-27,0
577,5	83,7	73,7	63,7	53,7	43,7	33,7	23,7	13,7	3,7	-6,3	-16,3	-26,3
580	84,3	74,3	64,3	54,3	44,3	34,3	24,3	14,3	4,3	-5,7	-15,7	-25,7
582,5	85,0	75,0	65,0	55,0	45,0	35,0	25,0	15,0	5,0	-5,0	-15,0	-25,0
585	85,6	75,6	65,6	55,6	45,6	35,6	25,6	15,6	5,6	-4,4	-14,4	-24,4
587,5	86,3	76,3	66,3	56,3	46,3	36,3	26,3	16,3	6,3	-3,7	-13,7	-23,7
590	86,9	76,9	66,9	56,9	46,9	36,9	26,9	16,9	6,9	-3,1	-13,1	-23,1
592,5	87,5	77,5	67,5	57,5	47,5	37,5	27,5	17,5	7,5	-2,5	-12,5	-22,5
595	88,2	78,2	68,2	58,2	48,2	38,2	28,2	18,2	8,2	-1,8	-11,8	-21,8
597,5	88,8	78,8	68,8	58,8	48,8	38,8	28,8	18,8	8,8	-1,2	-11,2	-21,2



Tab. A 67: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 500 bis 597,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 220 bis 330 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
500	-56,3	-66,3	-76,3	-86,3	-96,3	-106,3	-116,3	-126,3	-136,3	-146,3	-156,3	-166,3
502,5	-55,7	-65,7	-75,7	-85,7	-95,7	-105,7	-115,7	-125,7	-135,7	-145,7	-155,7	-165,7
505	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0	-95,0	-105,0	-115,0	-125,0	-135,0	-145,0	-155,0	-165,0
507,5	-54,4	-64,4	-74,4	-84,4	-94,4	-104,4	-114,4	-124,4	-134,4	-144,4	-154,4	-164,4
510	-53,7	-63,7	-73,7	-83,7	-93,7	-103,7	-113,7	-123,7	-133,7	-143,7	-153,7	-163,7
512,5	-53,1	-63,1	-73,1	-83,1	-93,1	-103,1	-113,1	-123,1	-133,1	-143,1	-153,1	-163,1
515	-52,5	-62,5	-72,5	-82,5	-92,5	-102,5	-112,5	-122,5	-132,5	-142,5	-152,5	-162,5
517,5	-51,8	-61,8	-71,8	-81,8	-91,8	-101,8	-111,8	-121,8	-131,8	-141,8	-151,8	-161,8
520	-51,2	-61,2	-71,2	-81,2	-91,2	-101,2	-111,2	-121,2	-131,2	-141,2	-151,2	-161,2
522,5	-50,5	-60,5	-70,5	-80,5	-90,5	-100,5	-110,5	-120,5	-130,5	-140,5	-150,5	-160,5
525	-49,9	-59,9	-69,9	-79,9	-89,9	-99,9	-109,9	-119,9	-129,9	-139,9	-149,9	-159,9
527,5	-49,2	-59,2	-69,2	-79,2	-89,2	-99,2	-109,2	-119,2	-129,2	-139,2	-149,2	-159,2
530	-48,6	-58,6	-68,6	-78,6	-88,6	-98,6	-108,6	-118,6	-128,6	-138,6	-148,6	-158,6
532,5	-47,9	-57,9	-67,9	-77,9	-87,9	-97,9	-107,9	-117,9	-127,9	-137,9	-147,9	-157,9
535	-47,3	-57,3	-67,3	-77,3	-87,3	-97,3	-107,3	-117,3	-127,3	-137,3	-147,3	-157,3
537,5	-46,6	-56,6	-66,6	-76,6	-86,6	-96,6	-106,6	-116,6	-126,6	-136,6	-146,6	-156,6
540	-46,0	-56,0	-66,0	-76,0	-86,0	-96,0	-106,0	-116,0	-126,0	-136,0	-146,0	-156,0
542,5	-45,4	-55,4	-65,4	-75,4	-85,4	-95,4	-105,4	-115,4	-125,4	-135,4	-145,4	-155,4
545	-44,7	-54,7	-64,7	-74,7	-84,7	-94,7	-104,7	-114,7	-124,7	-134,7	-144,7	-154,7
547,5	-44,1	-54,1	-64,1	-74,1	-84,1	-94,1	-104,1	-114,1	-124,1	-134,1	-144,1	-154,1
550	-43,4	-53,4	-63,4	-73,4	-83,4	-93,4	-103,4	-113,4	-123,4	-133,4	-143,4	-153,4
552,5	-42,8	-52,8	-62,8	-72,8	-82,8	-92,8	-102,8	-112,8	-122,8	-132,8	-142,8	-152,8
555	-42,1	-52,1	-62,1	-72,1	-82,1	-92,1	-102,1	-112,1	-122,1	-132,1	-142,1	-152,1
557,5	-41,5	-51,5	-61,5	-71,5	-81,5	-91,5	-101,5	-111,5	-121,5	-131,5	-141,5	-151,5
560	-40,8	-50,8	-60,8	-70,8	-80,8	-90,8	-100,8	-110,8	-120,8	-130,8	-140,8	-150,8
562,5	-40,2	-50,2	-60,2	-70,2	-80,2	-90,2	-100,2	-110,2	-120,2	-130,2	-140,2	-150,2
565	-39,6	-49,6	-59,6	-69,6	-79,6	-89,6	-99,6	-109,6	-119,6	-129,6	-139,6	-149,6
567,5	-38,9	-48,9	-58,9	-68,9	-78,9	-88,9	-98,9	-108,9	-118,9	-128,9	-138,9	-148,9
570	-38,3	-48,3	-58,3	-68,3	-78,3	-88,3	-98,3	-108,3	-118,3	-128,3	-138,3	-148,3
572,5	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6	-77,6	-87,6	-97,6	-107,6	-117,6	-127,6	-137,6	-147,6
575	-37,0	-47,0	-57,0	-67,0	-77,0	-87,0	-97,0	-107,0	-117,0	-127,0	-137,0	-147,0
577,5	-36,3	-46,3	-56,3	-66,3	-76,3	-86,3	-96,3	-106,3	-116,3	-126,3	-136,3	-146,3
580	-35,7	-45,7	-55,7	-65,7	-75,7	-85,7	-95,7	-105,7	-115,7	-125,7	-135,7	-145,7
582,5	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0	-95,0	-105,0	-115,0	-125,0	-135,0	-145,0
585	-34,4	-44,4	-54,4	-64,4	-74,4	-84,4	-94,4	-104,4	-114,4	-124,4	-134,4	-144,4
587,5	-33,7	-43,7	-53,7	-63,7	-73,7	-83,7	-93,7	-103,7	-113,7	-123,7	-133,7	-143,7
590	-33,1	-43,1	-53,1	-63,1	-73,1	-83,1	-93,1	-103,1	-113,1	-123,1	-133,1	-143,1
592,5	-32,5	-42,5	-52,5	-62,5	-72,5	-82,5	-92,5	-102,5	-112,5	-122,5	-132,5	-142,5
595	-31,8	-41,8	-51,8	-61,8	-71,8	-81,8	-91,8	-101,8	-111,8	-121,8	-131,8	-141,8
597,5	-31,2	-41,2	-51,2	-61,2	-71,2	-81,2	-91,2	-101,2	-111,2	-121,2	-131,2	-141,2

Tab. A 68: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 600 bis 697,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 210 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
600	89,5	79,5	69,5	59,5	49,5	39,5	29,5	19,5	9,5	-0,5	-10,5	-20,5
602,5	90,1	80,1	70,1	60,1	50,1	40,1	30,1	20,1	10,1	0,1	-9,9	-19,9
605	90,8	80,8	70,8	60,8	50,8	40,8	30,8	20,8	10,8	0,8	-9,2	-19,2
607,5	91,4	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4	-8,6	-18,6
610	92,1	82,1	72,1	62,1	52,1	42,1	32,1	22,1	12,1	2,1	-7,9	-17,9
612,5	92,7	82,7	72,7	62,7	52,7	42,7	32,7	22,7	12,7	2,7	-7,3	-17,3
615	93,3	83,3	73,3	63,3	53,3	43,3	33,3	23,3	13,3	3,3	-6,7	-16,7
617,5	94,0	84,0	74,0	64,0	54,0	44,0	34,0	24,0	14,0	4,0	-6,0	-16,0
620	94,6	84,6	74,6	64,6	54,6	44,6	34,6	24,6	14,6	4,6	-5,4	-15,4
622,5	95,3	85,3	75,3	65,3	55,3	45,3	35,3	25,3	15,3	5,3	-4,7	-14,7
625	95,9	85,9	75,9	65,9	55,9	45,9	35,9	25,9	15,9	5,9	-4,1	-14,1
627,5	96,6	86,6	76,6	66,6	56,6	46,6	36,6	26,6	16,6	6,6	-3,4	-13,4
630	97,2	87,2	77,2	67,2	57,2	47,2	37,2	27,2	17,2	7,2	-2,8	-12,8
632,5	97,9	87,9	77,9	67,9	57,9	47,9	37,9	27,9	17,9	7,9	-2,1	-12,1
635	98,5	88,5	78,5	68,5	58,5	48,5	38,5	28,5	18,5	8,5	-1,5	-11,5
637,5	99,2	89,2	79,2	69,2	59,2	49,2	39,2	29,2	19,2	9,2	-0,8	-10,8
640	99,8	89,8	79,8	69,8	59,8	49,8	39,8	29,8	19,8	9,8	-0,2	-10,2
642,5	100,4	90,4	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4	0,4	-9,6
645	101,1	91,1	81,1	71,1	61,1	51,1	41,1	31,1	21,1	11,1	1,1	-8,9
647,5	101,7	91,7	81,7	71,7	61,7	51,7	41,7	31,7	21,7	11,7	1,7	-8,3
650	102,4	92,4	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4	2,4	-7,6
652,5	103,0	93,0	83,0	73,0	63,0	53,0	43,0	33,0	23,0	13,0	3,0	-7,0
655	103,7	93,7	83,7	73,7	63,7	53,7	43,7	33,7	23,7	13,7	3,7	-6,3
657,5	104,3	94,3	84,3	74,3	64,3	54,3	44,3	34,3	24,3	14,3	4,3	-5,7
660	105,0	95,0	85,0	75,0	65,0	55,0	45,0	35,0	25,0	15,0	5,0	-5,0
662,5	105,6	95,6	85,6	75,6	65,6	55,6	45,6	35,6	25,6	15,6	5,6	-4,4
665	106,2	96,2	86,2	76,2	66,2	56,2	46,2	36,2	26,2	16,2	6,2	-3,8
667,5	106,9	96,9	86,9	76,9	66,9	56,9	46,9	36,9	26,9	16,9	6,9	-3,1
670	107,5	97,5	87,5	77,5	67,5	57,5	47,5	37,5	27,5	17,5	7,5	-2,5
672,5	108,2	98,2	88,2	78,2	68,2	58,2	48,2	38,2	28,2	18,2	8,2	-1,8
675	108,8	98,8	88,8	78,8	68,8	58,8	48,8	38,8	28,8	18,8	8,8	-1,2
677,5	109,5	99,5	89,5	79,5	69,5	59,5	49,5	39,5	29,5	19,5	9,5	-0,5
680	110,1	100,1	90,1	80,1	70,1	60,1	50,1	40,1	30,1	20,1	10,1	0,1
682,5	110,8	100,8	90,8	80,8	70,8	60,8	50,8	40,8	30,8	20,8	10,8	0,8
685	111,4	101,4	91,4	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4	11,4	1,4
687,5	112,1	102,1	92,1	82,1	72,1	62,1	52,1	42,1	32,1	22,1	12,1	2,1
690	112,7	102,7	92,7	82,7	72,7	62,7	52,7	42,7	32,7	22,7	12,7	2,7
692,5	113,3	103,3	93,3	83,3	73,3	63,3	53,3	43,3	33,3	23,3	13,3	3,3
695	114,0	104,0	94,0	84,0	74,0	64,0	54,0	44,0	34,0	24,0	14,0	4,0
697,5	114,6	104,6	94,6	84,6	74,6	64,6	54,6	44,6	34,6	24,6	14,6	4,6

Tab. A 69: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 600 bis 697,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 220 bis 330 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
600	-30,5	-40,5	-50,5	-60,5	-70,5	-80,5	-90,5	-100,5	-110,5	-120,5	-130,5	-140,5
602,5	-29,9	-39,9	-49,9	-59,9	-69,9	-79,9	-89,9	-99,9	-109,9	-119,9	-129,9	-139,9
605	-29,2	-39,2	-49,2	-59,2	-69,2	-79,2	-89,2	-99,2	-109,2	-119,2	-129,2	-139,2
607,5	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6	-68,6	-78,6	-88,6	-98,6	-108,6	-118,6	-128,6	-138,6
610	-27,9	-37,9	-47,9	-57,9	-67,9	-77,9	-87,9	-97,9	-107,9	-117,9	-127,9	-137,9
612,5	-27,3	-37,3	-47,3	-57,3	-67,3	-77,3	-87,3	-97,3	-107,3	-117,3	-127,3	-137,3
615	-26,7	-36,7	-46,7	-56,7	-66,7	-76,7	-86,7	-96,7	-106,7	-116,7	-126,7	-136,7
617,5	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0	-66,0	-76,0	-86,0	-96,0	-106,0	-116,0	-126,0	-136,0
620	-25,4	-35,4	-45,4	-55,4	-65,4	-75,4	-85,4	-95,4	-105,4	-115,4	-125,4	-135,4
622,5	-24,7	-34,7	-44,7	-54,7	-64,7	-74,7	-84,7	-94,7	-104,7	-114,7	-124,7	-134,7
625	-24,1	-34,1	-44,1	-54,1	-64,1	-74,1	-84,1	-94,1	-104,1	-114,1	-124,1	-134,1
627,5	-23,4	-33,4	-43,4	-53,4	-63,4	-73,4	-83,4	-93,4	-103,4	-113,4	-123,4	-133,4
630	-22,8	-32,8	-42,8	-52,8	-62,8	-72,8	-82,8	-92,8	-102,8	-112,8	-122,8	-132,8
632,5	-22,1	-32,1	-42,1	-52,1	-62,1	-72,1	-82,1	-92,1	-102,1	-112,1	-122,1	-132,1
635	-21,5	-31,5	-41,5	-51,5	-61,5	-71,5	-81,5	-91,5	-101,5	-111,5	-121,5	-131,5
637,5	-20,8	-30,8	-40,8	-50,8	-60,8	-70,8	-80,8	-90,8	-100,8	-110,8	-120,8	-130,8
640	-20,2	-30,2	-40,2	-50,2	-60,2	-70,2	-80,2	-90,2	-100,2	-110,2	-120,2	-130,2
642,5	-19,6	-29,6	-39,6	-49,6	-59,6	-69,6	-79,6	-89,6	-99,6	-109,6	-119,6	-129,6
645	-18,9	-28,9	-38,9	-48,9	-58,9	-68,9	-78,9	-88,9	-98,9	-108,9	-118,9	-128,9
647,5	-18,3	-28,3	-38,3	-48,3	-58,3	-68,3	-78,3	-88,3	-98,3	-108,3	-118,3	-128,3
650	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6	-77,6	-87,6	-97,6	-107,6	-117,6	-127,6
652,5	-17,0	-27,0	-37,0	-47,0	-57,0	-67,0	-77,0	-87,0	-97,0	-107,0	-117,0	-127,0
655	-16,3	-26,3	-36,3	-46,3	-56,3	-66,3	-76,3	-86,3	-96,3	-106,3	-116,3	-126,3
657,5	-15,7	-25,7	-35,7	-45,7	-55,7	-65,7	-75,7	-85,7	-95,7	-105,7	-115,7	-125,7
660	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0	-95,0	-105,0	-115,0	-125,0
662,5	-14,4	-24,4	-34,4	-44,4	-54,4	-64,4	-74,4	-84,4	-94,4	-104,4	-114,4	-124,4
665	-13,8	-23,8	-33,8	-43,8	-53,8	-63,8	-73,8	-83,8	-93,8	-103,8	-113,8	-123,8
667,5	-13,1	-23,1	-33,1	-43,1	-53,1	-63,1	-73,1	-83,1	-93,1	-103,1	-113,1	-123,1
670	-12,5	-22,5	-32,5	-42,5	-52,5	-62,5	-72,5	-82,5	-92,5	-102,5	-112,5	-122,5
672,5	-11,8	-21,8	-31,8	-41,8	-51,8	-61,8	-71,8	-81,8	-91,8	-101,8	-111,8	-121,8
675	-11,2	-21,2	-31,2	-41,2	-51,2	-61,2	-71,2	-81,2	-91,2	-101,2	-111,2	-121,2
677,5	-10,5	-20,5	-30,5	-40,5	-50,5	-60,5	-70,5	-80,5	-90,5	-100,5	-110,5	-120,5
680	-9,9	-19,9	-29,9	-39,9	-49,9	-59,9	-69,9	-79,9	-89,9	-99,9	-109,9	-119,9
682,5	-9,2	-19,2	-29,2	-39,2	-49,2	-59,2	-69,2	-79,2	-89,2	-99,2	-109,2	-119,2
685	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6	-68,6	-78,6	-88,6	-98,6	-108,6	-118,6
687,5	-7,9	-17,9	-27,9	-37,9	-47,9	-57,9	-67,9	-77,9	-87,9	-97,9	-107,9	-117,9
690	-7,3	-17,3	-27,3	-37,3	-47,3	-57,3	-67,3	-77,3	-87,3	-97,3	-107,3	-117,3
692,5	-6,7	-16,7	-26,7	-36,7	-46,7	-56,7	-66,7	-76,7	-86,7	-96,7	-106,7	-116,7
695	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0	-66,0	-76,0	-86,0	-96,0	-106,0	-116,0
697,5	-5,4	-15,4	-25,4	-35,4	-45,4	-55,4	-65,4	-75,4	-85,4	-95,4	-105,4	-115,4

Tab. A 70: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 700 bis 790 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 210 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
700	115,3	105,3	95,3	85,3	75,3	65,3	55,3	45,3	35,3	25,3	15,3	5,3
702,5	115,9	105,9	95,9	85,9	75,9	65,9	55,9	45,9	35,9	25,9	15,9	5,9
705	116,6	106,6	96,6	86,6	76,6	66,6	56,6	46,6	36,6	26,6	16,6	6,6
707,5	117,2	107,2	97,2	87,2	77,2	67,2	57,2	47,2	37,2	27,2	17,2	7,2
710	117,9	107,9	97,9	87,9	77,9	67,9	57,9	47,9	37,9	27,9	17,9	7,9
712,5	118,5	108,5	98,5	88,5	78,5	68,5	58,5	48,5	38,5	28,5	18,5	8,5
715	119,1	109,1	99,1	89,1	79,1	69,1	59,1	49,1	39,1	29,1	19,1	9,1
717,5	119,8	109,8	99,8	89,8	79,8	69,8	59,8	49,8	39,8	29,8	19,8	9,8
720	120,4	110,4	100,4	90,4	80,4	70,4	60,4	50,4	40,4	30,4	20,4	10,4
722,5	121,1	111,1	101,1	91,1	81,1	71,1	61,1	51,1	41,1	31,1	21,1	11,1
725	121,7	111,7	101,7	91,7	81,7	71,7	61,7	51,7	41,7	31,7	21,7	11,7
727,5	122,4	112,4	102,4	92,4	82,4	72,4	62,4	52,4	42,4	32,4	22,4	12,4
730	123,0	113,0	103,0	93,0	83,0	73,0	63,0	53,0	43,0	33,0	23,0	13,0
732,5	123,7	113,7	103,7	93,7	83,7	73,7	63,7	53,7	43,7	33,7	23,7	13,7
735	124,3	114,3	104,3	94,3	84,3	74,3	64,3	54,3	44,3	34,3	24,3	14,3
737,5	125,0	115,0	105,0	95,0	85,0	75,0	65,0	55,0	45,0	35,0	25,0	15,0
740	125,6	115,6	105,6	95,6	85,6	75,6	65,6	55,6	45,6	35,6	25,6	15,6
742,5	126,2	116,2	106,2	96,2	86,2	76,2	66,2	56,2	46,2	36,2	26,2	16,2
745	126,9	116,9	106,9	96,9	86,9	76,9	66,9	56,9	46,9	36,9	26,9	16,9
747,5	127,5	117,5	107,5	97,5	87,5	77,5	67,5	57,5	47,5	37,5	27,5	17,5
750	128,2	118,2	108,2	98,2	88,2	78,2	68,2	58,2	48,2	38,2	28,2	18,2
752,5	128,8	118,8	108,8	98,8	88,8	78,8	68,8	58,8	48,8	38,8	28,8	18,8
755	129,5	119,5	109,5	99,5	89,5	79,5	69,5	59,5	49,5	39,5	29,5	19,5
757,5	130,1	120,1	110,1	100,1	90,1	80,1	70,1	60,1	50,1	40,1	30,1	20,1
760	130,8	120,8	110,8	100,8	90,8	80,8	70,8	60,8	50,8	40,8	30,8	20,8
762,5	131,4	121,4	111,4	101,4	91,4	81,4	71,4	61,4	51,4	41,4	31,4	21,4
765	132,0	122,0	112,0	102,0	92,0	82,0	72,0	62,0	52,0	42,0	32,0	22,0
767,5	132,7	122,7	112,7	102,7	92,7	82,7	72,7	62,7	52,7	42,7	32,7	22,7
770	133,3	123,3	113,3	103,3	93,3	83,3	73,3	63,3	53,3	43,3	33,3	23,3
772,5	134,0	124,0	114,0	104,0	94,0	84,0	74,0	64,0	54,0	44,0	34,0	24,0
775	134,6	124,6	114,6	104,6	94,6	84,6	74,6	64,6	54,6	44,6	34,6	24,6
777,5	135,3	125,3	115,3	105,3	95,3	85,3	75,3	65,3	55,3	45,3	35,3	25,3
780	135,9	125,9	115,9	105,9	95,9	85,9	75,9	65,9	55,9	45,9	35,9	25,9
782,5	136,6	126,6	116,6	106,6	96,6	86,6	76,6	66,6	56,6	46,6	36,6	26,6
785	137,2	127,2	117,2	107,2	97,2	87,2	77,2	67,2	57,2	47,2	37,2	27,2
787,5	137,9	127,9	117,9	107,9	97,9	87,9	77,9	67,9	57,9	47,9	37,9	27,9
790	138,5	128,5	118,5	108,5	98,5	88,5	78,5	68,5	58,5	48,5	38,5	28,5

Tab. A 71: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau der Luzerne im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Luzernegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 700 bis 790 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 220 bis 330 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume											
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
700	-4,7	-14,7	-24,7	-34,7	-44,7	-54,7	-64,7	-74,7	-84,7	-94,7	-104,7	-114,7
702,5	-4,1	-14,1	-24,1	-34,1	-44,1	-54,1	-64,1	-74,1	-84,1	-94,1	-104,1	-114,1
705	-3,4	-13,4	-23,4	-33,4	-43,4	-53,4	-63,4	-73,4	-83,4	-93,4	-103,4	-113,4
707,5	-2,8	-12,8	-22,8	-32,8	-42,8	-52,8	-62,8	-72,8	-82,8	-92,8	-102,8	-112,8
710	-2,1	-12,1	-22,1	-32,1	-42,1	-52,1	-62,1	-72,1	-82,1	-92,1	-102,1	-112,1
712,5	-1,5	-11,5	-21,5	-31,5	-41,5	-51,5	-61,5	-71,5	-81,5	-91,5	-101,5	-111,5
715	-0,9	-10,9	-20,9	-30,9	-40,9	-50,9	-60,9	-70,9	-80,9	-90,9	-100,9	-110,9
717,5	-0,2	-10,2	-20,2	-30,2	-40,2	-50,2	-60,2	-70,2	-80,2	-90,2	-100,2	-110,2
720	0,4	-9,6	-19,6	-29,6	-39,6	-49,6	-59,6	-69,6	-79,6	-89,6	-99,6	-109,6
722,5	1,1	-8,9	-18,9	-28,9	-38,9	-48,9	-58,9	-68,9	-78,9	-88,9	-98,9	-108,9
725	1,7	-8,3	-18,3	-28,3	-38,3	-48,3	-58,3	-68,3	-78,3	-88,3	-98,3	-108,3
727,5	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6	-77,6	-87,6	-97,6	-107,6
730	3,0	-7,0	-17,0	-27,0	-37,0	-47,0	-57,0	-67,0	-77,0	-87,0	-97,0	-107,0
732,5	3,7	-6,3	-16,3	-26,3	-36,3	-46,3	-56,3	-66,3	-76,3	-86,3	-96,3	-106,3
735	4,3	-5,7	-15,7	-25,7	-35,7	-45,7	-55,7	-65,7	-75,7	-85,7	-95,7	-105,7
737,5	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0	-95,0	-105,0
740	5,6	-4,4	-14,4	-24,4	-34,4	-44,4	-54,4	-64,4	-74,4	-84,4	-94,4	-104,4
742,5	6,2	-3,8	-13,8	-23,8	-33,8	-43,8	-53,8	-63,8	-73,8	-83,8	-93,8	-103,8
745	6,9	-3,1	-13,1	-23,1	-33,1	-43,1	-53,1	-63,1	-73,1	-83,1	-93,1	-103,1
747,5	7,5	-2,5	-12,5	-22,5	-32,5	-42,5	-52,5	-62,5	-72,5	-82,5	-92,5	-102,5
750	8,2	-1,8	-11,8	-21,8	-31,8	-41,8	-51,8	-61,8	-71,8	-81,8	-91,8	-101,8
752,5	8,8	-1,2	-11,2	-21,2	-31,2	-41,2	-51,2	-61,2	-71,2	-81,2	-91,2	-101,2
755	9,5	-0,5	-10,5	-20,5	-30,5	-40,5	-50,5	-60,5	-70,5	-80,5	-90,5	-100,5
757,5	10,1	0,1	-9,9	-19,9	-29,9	-39,9	-49,9	-59,9	-69,9	-79,9	-89,9	-99,9
760	10,8	0,8	-9,2	-19,2	-29,2	-39,2	-49,2	-59,2	-69,2	-79,2	-89,2	-99,2
762,5	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6	-68,6	-78,6	-88,6	-98,6
765	12,0	2,0	-8,0	-18,0	-28,0	-38,0	-48,0	-58,0	-68,0	-78,0	-88,0	-98,0
767,5	12,7	2,7	-7,3	-17,3	-27,3	-37,3	-47,3	-57,3	-67,3	-77,3	-87,3	-97,3
770	13,3	3,3	-6,7	-16,7	-26,7	-36,7	-46,7	-56,7	-66,7	-76,7	-86,7	-96,7
772,5	14,0	4,0	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0	-66,0	-76,0	-86,0	-96,0
775	14,6	4,6	-5,4	-15,4	-25,4	-35,4	-45,4	-55,4	-65,4	-75,4	-85,4	-95,4
777,5	15,3	5,3	-4,7	-14,7	-24,7	-34,7	-44,7	-54,7	-64,7	-74,7	-84,7	-94,7
780	15,9	5,9	-4,1	-14,1	-24,1	-34,1	-44,1	-54,1	-64,1	-74,1	-84,1	-94,1
782,5	16,6	6,6	-3,4	-13,4	-23,4	-33,4	-43,4	-53,4	-63,4	-73,4	-83,4	-93,4
785	17,2	7,2	-2,8	-12,8	-22,8	-32,8	-42,8	-52,8	-62,8	-72,8	-82,8	-92,8
787,5	17,9	7,9	-2,1	-12,1	-22,1	-32,1	-42,1	-52,1	-62,1	-72,1	-82,1	-92,1
790	18,5	8,5	-1,5	-11,5	-21,5	-31,5	-41,5	-51,5	-61,5	-71,5	-81,5	-91,5

## Rotklee-Reinsaat - überjähriger Anbau

Tab. A 72: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee im überjährigen Anbau mit einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 170 bis 645 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 170 - 325 dt ha-1		B.) 330 - 485 dt ha-1		C.) 490 - 645 dt ha-1	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha-1)	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha-1)
170	40,1	330	70,4	490	95,5
175	41,2	335	71,3	495	96,2
180	42,2	340	72,2	500	96,9
185	43,2	345	73,0	505	97,6
190	44,2	350	73,8	510	98,3
195	45,3	355	74,7	515	99,0
200	46,3	360	75,5	520	99,7
205	47,3	365	76,3	525	100,4
210	48,3	370	77,2	530	101,1
215	49,3	375	78,0	535	101,8
220	50,3	380	78,8	540	102,5
225	51,2	385	79,6	545	103,2
230	52,2	390	80,4	550	103,8
235	53,2	395	81,2	555	104,5
240	54,1	400	82,0	560	105,2
245	55,1	405	82,8	565	105,8
250	56,0	410	83,6	570	106,5
255	57,0	415	84,3	575	107,1
260	57,9	420	85,1	580	107,8
265	58,8	425	85,9	585	108,4
270	59,8	430	86,6	590	109,1
275	60,7	435	87,4	595	109,7
280	61,6	440	88,2	600	110,4
285	62,5	445	88,9	605	111,0
290	63,4	450	89,7	610	111,6
295	64,3	455	90,4	615	112,3
300	65,2	460	91,2	620	112,9
305	66,1	465	91,9	625	113,5
310	67,0	470	92,6	630	114,1
315	67,9	475	93,3	635	114,7
320	68,7	480	94,1	640	115,4
325	69,6	485	94,8	645	116,0

Tab. A 73: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee im überjährigen Anbau bei einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 650 bis 1125 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 650 - 805 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 810 - 965 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 970 - 1125 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
650	116,6	810	134,5	970	150,0
655	117,2	815	135,0	975	150,4
660	117,8	820	135,5	980	150,9
665	118,4	825	136,0	985	151,3
670	119,0	830	136,6	990	151,8
675	119,6	835	137,1	995	152,2
680	120,1	840	137,6	1000	152,6
685	120,7	845	138,1	1005	153,1
690	121,3	850	138,6	1010	153,5
695	121,9	855	139,1	1015	153,9
700	122,5	860	139,6	1020	154,4
705	123,0	865	140,1	1025	154,8
710	123,6	870	140,6	1030	155,2
715	124,2	875	141,1	1035	155,7
720	124,8	880	141,5	1040	156,1
725	125,3	885	142,0	1045	156,5
730	125,9	890	142,5	1050	156,9
735	126,4	895	143,0	1055	157,3
740	127,0	900	143,5	1060	157,8
745	127,5	905	143,9	1065	158,2
750	128,1	910	144,4	1070	158,6
755	128,6	915	144,9	1075	159,0
760	129,2	920	145,4	1080	159,4
765	129,7	925	145,8	1085	159,8
770	130,3	930	146,3	1090	160,2
775	130,8	935	146,8	1095	160,6
780	131,3	940	147,2	1100	161,0
785	131,9	945	147,7	1105	161,4
790	132,4	950	148,2	1110	161,8
795	132,9	955	148,6	1115	162,2
800	133,5	960	149,1	1120	162,6
805	134,0	965	149,5	1125	163,0

Tab. A 74: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee im überjährigen Anbau bei einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 1130 bis 1425 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 1130 - 1275 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1280 - 1425 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
1130	163,4	1280	174,6
1135	163,8	1285	174,9
1140	164,2	1290	175,3
1145	164,6	1295	175,6
1150	165,0	1300	176,0
1155	165,4	1305	176,3
1160	165,8	1310	176,6
1165	166,2	1315	177,0
1170	166,5	1320	177,3
1175	166,9	1325	177,7
1180	167,3	1330	178,0
1185	167,7	1335	178,3
1190	168,0	1340	178,7
1195	168,4	1345	179,0
1200	168,8	1350	179,3
1205	169,2	1355	179,7
1210	169,5	1360	180,0
1215	169,9	1365	180,3
1220	170,3	1370	180,7
1225	170,6	1375	181,0
1230	171,0	1380	181,3
1235	171,4	1385	181,6
1240	171,7	1390	182,0
1245	172,1	1395	182,3
1250	172,4	1400	182,6
1255	172,8	1405	182,9
1260	173,2	1410	183,2
1265	173,5	1415	183,6
1270	173,9	1420	183,9
1275	174,2	1425	184,2



Tab. A 75: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotklee (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklee im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem N-Angebot in Höhe von 50 bis 140 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> )	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes									
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
60	207,5	190,5	173,5	156,5	139,5	122,5	105,5	88,5	71,5	54,5
62,5	214,2	197,2	180,2	163,2	146,2	129,2	112,2	95,2	78,2	61,2
65	220,9	203,9	186,9	169,9	152,9	135,9	118,9	101,9	84,9	67,9
67,5	227,5	210,5	193,5	176,5	159,5	142,5	125,5	108,5	91,5	74,5
70	234,2	217,2	200,2	183,2	166,2	149,2	132,2	115,2	98,2	81,2
72,5	240,9	223,9	206,9	189,9	172,9	155,9	138,9	121,9	104,9	87,9
75	247,5	230,5	213,5	196,5	179,5	162,5	145,5	128,5	111,5	94,5
77,5	254,2	237,2	220,2	203,2	186,2	169,2	152,2	135,2	118,2	101,2
80	260,9	243,9	226,9	209,9	192,9	175,9	158,9	141,9	124,9	107,9
82,5	267,5	250,5	233,5	216,5	199,5	182,5	165,5	148,5	131,5	114,5
85	274,2	257,2	240,2	223,2	206,2	189,2	172,2	155,2	138,2	121,2
87,5	280,9	263,9	246,9	229,9	212,9	195,9	178,9	161,9	144,9	127,9
90	287,6	270,6	253,6	236,6	219,6	202,6	185,6	168,6	151,6	134,6
92,5	294,2	277,2	260,2	243,2	226,2	209,2	192,2	175,2	158,2	141,2
95	300,9	283,9	266,9	249,9	232,9	215,9	198,9	181,9	164,9	147,9
97,5	307,6	290,6	273,6	256,6	239,6	222,6	205,6	188,6	171,6	154,6
100	314,2	297,2	280,2	263,2	246,2	229,2	212,2	195,2	178,2	161,2
102,5	320,9	303,9	286,9	269,9	252,9	235,9	218,9	201,9	184,9	167,9
105	327,6	310,6	293,6	276,6	259,6	242,6	225,6	208,6	191,6	174,6
107,5	334,2	317,2	300,2	283,2	266,2	249,2	232,2	215,2	198,2	181,2
110	340,9	323,9	306,9	289,9	272,9	255,9	238,9	221,9	204,9	187,9
112,5	347,6	330,6	313,6	296,6	279,6	262,6	245,6	228,6	211,6	194,6
115	354,2	337,2	320,2	303,2	286,2	269,2	252,2	235,2	218,2	201,2
117,5	360,9	343,9	326,9	309,9	292,9	275,9	258,9	241,9	224,9	207,9
120	367,6	350,6	333,6	316,6	299,6	282,6	265,6	248,6	231,6	214,6
122,5	374,2	357,2	340,2	323,2	306,2	289,2	272,2	255,2	238,2	221,2
125	380,9	363,9	346,9	329,9	312,9	295,9	278,9	261,9	244,9	227,9
127,5	387,6	370,6	353,6	336,6	319,6	302,6	285,6	268,6	251,6	234,6
130	394,2	377,2	360,2	343,2	326,2	309,2	292,2	275,2	258,2	241,2
132,5	400,9	383,9	366,9	349,9	332,9	315,9	298,9	281,9	264,9	247,9
135	407,6	390,6	373,6	356,6	339,6	322,6	305,6	288,6	271,6	254,6
137,5	414,3	397,3	380,3	363,3	346,3	329,3	312,3	295,3	278,3	261,3
140	420,9	403,9	386,9	369,9	352,9	335,9	318,9	301,9	284,9	267,9
142,5	427,6	410,6	393,6	376,6	359,6	342,6	325,6	308,6	291,6	274,6
145	434,3	417,3	400,3	383,3	366,3	349,3	332,3	315,3	298,3	281,3
147,5	440,9	423,9	406,9	389,9	372,9	355,9	338,9	321,9	304,9	287,9
150	447,6	430,6	413,6	396,6	379,6	362,6	345,6	328,6	311,6	294,6
152,5	454,3	437,3	420,3	403,3	386,3	369,3	352,3	335,3	318,3	301,3
155	460,9	443,9	426,9	409,9	392,9	375,9	358,9	341,9	324,9	307,9
157,5	467,6	450,6	433,6	416,6	399,6	382,6	365,6	348,6	331,6	314,6
160	474,3	457,3	440,3	423,3	406,3	389,3	372,3	355,3	338,3	321,3
162,5	480,9	463,9	446,9	429,9	412,9	395,9	378,9	361,9	344,9	327,9
165	487,6	470,6	453,6	436,6	419,6	402,6	385,6	368,6	351,6	334,6
167,5	494,3	477,3	460,3	443,3	426,3	409,3	392,3	375,3	358,3	341,3
170	500,9	483,9	466,9	449,9	432,9	415,9	398,9	381,9	364,9	347,9

Tab. A 76: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotklee (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklee im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem N-Angebot in Höhe von 150 bis 240 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> )	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes									
	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
60	37,5	20,5	3,5	-13,5	-30,5	-47,5	-64,5	-81,5	-98,5	-115,5
62,5	44,2	27,2	10,2	-6,8	-23,8	-40,8	-57,8	-74,8	-91,8	-108,8
65	50,9	33,9	16,9	-0,1	-17,1	-34,1	-51,1	-68,1	-85,1	-102,1
67,5	57,5	40,5	23,5	6,5	-10,5	-27,5	-44,5	-61,5	-78,5	-95,5
70	64,2	47,2	30,2	13,2	-3,8	-20,8	-37,8	-54,8	-71,8	-88,8
72,5	70,9	53,9	36,9	19,9	2,9	-14,1	-31,1	-48,1	-65,1	-82,1
75	77,5	60,5	43,5	26,5	9,5	-7,5	-24,5	-41,5	-58,5	-75,5
77,5	84,2	67,2	50,2	33,2	16,2	-0,8	-17,8	-34,8	-51,8	-68,8
80	90,9	73,9	56,9	39,9	22,9	5,9	-11,1	-28,1	-45,1	-62,1
82,5	97,5	80,5	63,5	46,5	29,5	12,5	-4,5	-21,5	-38,5	-55,5
85	104,2	87,2	70,2	53,2	36,2	19,2	2,2	-14,8	-31,8	-48,8
87,5	110,9	93,9	76,9	59,9	42,9	25,9	8,9	-8,1	-25,1	-42,1
90	117,6	100,6	83,6	66,6	49,6	32,6	15,6	-1,4	-18,4	-35,4
92,5	124,2	107,2	90,2	73,2	56,2	39,2	22,2	5,2	-11,8	-28,8
95	130,9	113,9	96,9	79,9	62,9	45,9	28,9	11,9	-5,1	-22,1
97,5	137,6	120,6	103,6	86,6	69,6	52,6	35,6	18,6	1,6	-15,4
100	144,2	127,2	110,2	93,2	76,2	59,2	42,2	25,2	8,2	-8,8
102,5	150,9	133,9	116,9	99,9	82,9	65,9	48,9	31,9	14,9	-2,1
105	157,6	140,6	123,6	106,6	89,6	72,6	55,6	38,6	21,6	4,6
107,5	164,2	147,2	130,2	113,2	96,2	79,2	62,2	45,2	28,2	11,2
110	170,9	153,9	136,9	119,9	102,9	85,9	68,9	51,9	34,9	17,9
112,5	177,6	160,6	143,6	126,6	109,6	92,6	75,6	58,6	41,6	24,6
115	184,2	167,2	150,2	133,2	116,2	99,2	82,2	65,2	48,2	31,2
117,5	190,9	173,9	156,9	139,9	122,9	105,9	88,9	71,9	54,9	37,9
120	197,6	180,6	163,6	146,6	129,6	112,6	95,6	78,6	61,6	44,6
122,5	204,2	187,2	170,2	153,2	136,2	119,2	102,2	85,2	68,2	51,2
125	210,9	193,9	176,9	159,9	142,9	125,9	108,9	91,9	74,9	57,9
127,5	217,6	200,6	183,6	166,6	149,6	132,6	115,6	98,6	81,6	64,6
130	224,2	207,2	190,2	173,2	156,2	139,2	122,2	105,2	88,2	71,2
132,5	230,9	213,9	196,9	179,9	162,9	145,9	128,9	111,9	94,9	77,9
135	237,6	220,6	203,6	186,6	169,6	152,6	135,6	118,6	101,6	84,6
137,5	244,3	227,3	210,3	193,3	176,3	159,3	142,3	125,3	108,3	91,3
140	250,9	233,9	216,9	199,9	182,9	165,9	148,9	131,9	114,9	97,9
142,5	257,6	240,6	223,6	206,6	189,6	172,6	155,6	138,6	121,6	104,6
145	264,3	247,3	230,3	213,3	196,3	179,3	162,3	145,3	128,3	111,3
147,5	270,9	253,9	236,9	219,9	202,9	185,9	168,9	151,9	134,9	117,9
150	277,6	260,6	243,6	226,6	209,6	192,6	175,6	158,6	141,6	124,6
152,5	284,3	267,3	250,3	233,3	216,3	199,3	182,3	165,3	148,3	131,3
155	290,9	273,9	256,9	239,9	222,9	205,9	188,9	171,9	154,9	137,9
157,5	297,6	280,6	263,6	246,6	229,6	212,6	195,6	178,6	161,6	144,6
160	304,3	287,3	270,3	253,3	236,3	219,3	202,3	185,3	168,3	151,3
162,5	310,9	293,9	276,9	259,9	242,9	225,9	208,9	191,9	174,9	157,9
165	317,6	300,6	283,6	266,6	249,6	232,6	215,6	198,6	181,6	164,6
167,5	324,3	307,3	290,3	273,3	256,3	239,3	222,3	205,3	188,3	171,3
170	330,9	313,9	296,9	279,9	262,9	245,9	228,9	211,9	194,9	177,9

Tab. A 77: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee für unterschiedliche Schnittgut-TM-Erträge im 1. Hauptnutzungsjahr

A.) 60 - 112,5 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 115 - 170 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM im 1.HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Remineralisierte N-Menge im Jahr des Eintrages (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM im 1.HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Remineralisierte N-Menge im Jahr des Eintrages (kg N ha <sup>-1</sup> )
60	17,5	115	29,7
62,5	18,1	117,5	30,3
65	18,6	120	30,9
67,5	19,2	122,5	31,4
70	19,7	125	32,0
72,5	20,3	127,5	32,5
75	20,9	130	33,1
77,5	21,4	132,5	33,6
80	22,0	135	34,2
82,5	22,5	137,5	34,7
85	23,1	140	35,3
87,5	23,6	142,5	35,9
90	24,2	145	36,4
92,5	24,7	147,5	37,0
95	25,3	150	37,5
97,5	25,9	152,5	38,1
100	26,4	155	38,6
102,5	27,0	157,5	39,2
105	27,5	160	39,7
107,5	28,1	162,5	40,3
110	28,6	165	40,9
112,5	29,2	167,5	41,4
		170	42,0

## Rotklee-Reinsaat - zweijähriger Anbau

Tab. A 78: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee im zweijährigen Anbau mit einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 490 bis 995 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 490 - 655 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 660 - 825 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 830 - 995 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
490	107,4	660	136,7	830	162,9
495	108,3	665	137,5	835	163,6
500	109,2	670	138,3	840	164,3
505	110,1	675	139,1	845	165,1
510	111,0	680	139,9	850	165,8
515	111,9	685	140,7	855	166,5
520	112,8	690	141,5	860	167,2
525	113,7	695	142,3	865	167,9
530	114,6	700	143,1	870	168,6
535	115,5	705	143,9	875	169,4
540	116,3	710	144,7	880	170,1
545	117,2	715	145,5	885	170,8
550	118,1	720	146,2	890	171,5
555	119,0	725	147,0	895	172,2
560	119,8	730	147,8	900	172,9
565	120,7	735	148,6	905	173,6
570	121,6	740	149,3	910	174,3
575	122,4	745	150,1	915	175,0
580	123,3	750	150,9	920	175,7
585	124,2	755	151,7	925	176,4
590	125,0	760	152,4	930	177,1
595	125,9	765	153,2	935	177,7
600	126,7	770	153,9	940	178,4
605	127,5	775	154,7	945	179,1
610	128,4	780	155,5	950	179,8
615	129,2	785	156,2	955	180,5
620	130,1	790	157,0	960	181,1
625	130,9	795	157,7	965	181,8
630	131,7	800	158,4	970	182,5
635	132,6	805	159,2	975	183,2
640	133,4	810	159,9	980	183,8
645	134,2	815	160,7	985	184,5
650	135,0	820	161,4	990	185,2
655	135,8	825	162,1	995	185,8

Tab. A 79: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee im zweijährigen Anbau mit einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 1000 bis 1505 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 1000 - 1165 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1170 - 1335 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 1340 - 1505 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
1000	186,5	1170	207,9	1340	227,3
1005	187,1	1175	208,5	1345	227,8
1010	187,8	1180	209,0	1350	228,4
1015	188,5	1185	209,6	1355	228,9
1020	189,1	1190	210,2	1360	229,5
1025	189,8	1195	210,8	1365	230,0
1030	190,4	1200	211,4	1370	230,5
1035	191,1	1205	212,0	1375	231,1
1040	191,7	1210	212,6	1380	231,6
1045	192,3	1215	213,2	1385	232,1
1050	193,0	1220	213,8	1390	232,7
1055	193,6	1225	214,3	1395	233,2
1060	194,3	1230	214,9	1400	233,7
1065	194,9	1235	215,5	1405	234,3
1070	195,5	1240	216,1	1410	234,8
1075	196,2	1245	216,7	1415	235,3
1080	196,8	1250	217,2	1420	235,8
1085	197,4	1255	217,8	1425	236,4
1090	198,1	1260	218,4	1430	236,9
1095	198,7	1265	218,9	1435	237,4
1100	199,3	1270	219,5	1440	237,9
1105	199,9	1275	220,1	1445	238,4
1110	200,5	1280	220,6	1450	239,0
1115	201,2	1285	221,2	1455	239,5
1120	201,8	1290	221,8	1460	240,0
1125	202,4	1295	222,3	1465	240,5
1130	203,0	1300	222,9	1470	241,0
1135	203,6	1305	223,4	1475	241,5
1140	204,2	1310	224,0	1480	242,0
1145	204,8	1315	224,5	1485	242,5
1150	205,4	1320	225,1	1490	243,0
1155	206,0	1325	225,6	1495	243,5
1160	206,7	1330	226,2	1500	244,0
1165	207,3	1335	226,7	1505	244,6

Tab. A 80: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee im zweijährigen Anbau mit einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 1510 bis 2015 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 1510 - 1675 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1680 - 1875 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 1850 - 2015 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
1510	245,1	1680	261,3	1850	276,3
1515	245,5	1685	261,8	1855	276,7
1520	246,0	1690	262,3	1860	277,2
1525	246,5	1695	262,7	1865	277,6
1530	247,0	1700	263,2	1870	278,0
1535	247,5	1705	263,6	1875	278,4
1540	248,0	1710	264,1	1880	278,8
1545	248,5	1715	264,5	1885	279,3
1550	249,0	1720	265,0	1890	279,7
1555	249,5	1725	265,4	1895	280,1
1560	250,0	1730	265,9	1900	280,5
1565	250,5	1735	266,3	1905	280,9
1570	251,0	1740	266,8	1910	281,3
1575	251,4	1745	267,2	1915	281,7
1580	251,9	1750	267,7	1920	282,2
1585	252,4	1755	268,1	1925	282,6
1590	252,9	1760	268,5	1930	283,0
1595	253,4	1765	269,0	1935	283,4
1600	253,8	1770	269,4	1940	283,8
1605	254,3	1775	269,9	1945	284,2
1610	254,8	1780	270,3	1950	284,6
1615	255,3	1785	270,7	1955	285,0
1620	255,7	1790	271,2	1960	285,4
1625	256,2	1795	271,6	1965	285,8
1630	256,7	1800	272,0	1970	286,2
1635	257,2	1805	272,5	1975	286,6
1640	257,6	1810	272,9	1980	287,0
1645	258,1	1815	273,3	1985	287,4
1650	258,6	1820	273,8	1990	287,8
1655	259,0	1825	274,2	1995	288,2
1660	259,5	1830	274,6	2000	288,6
1665	260,0	1835	275,1	2005	289,0
1670	260,4	1840	275,5	2010	289,4
1675	260,9	1845	275,9	2015	289,8

Tab. A 81: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee im zweijährigen Anbau mit einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 2020 bis 2525 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 2020 - 2185 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 2190 - 2355 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 2360 - 2525 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
2020	290,2	2190	303,0	2360	314,9
2025	290,6	2195	303,4	2365	315,2
2030	290,9	2200	303,7	2370	315,6
2035	291,3	2205	304,1	2375	315,9
2040	291,7	2210	304,4	2380	316,2
2045	292,1	2215	304,8	2385	316,6
2050	292,5	2220	305,2	2390	316,9
2055	292,9	2225	305,5	2395	317,2
2060	293,3	2230	305,9	2400	317,6
2065	293,7	2235	306,2	2405	317,9
2070	294,0	2240	306,6	2410	318,2
2075	294,4	2245	306,9	2415	318,6
2080	294,8	2250	307,3	2420	318,9
2085	295,2	2255	307,6	2425	319,2
2090	295,6	2260	308,0	2430	319,6
2095	295,9	2265	308,3	2435	319,9
2100	296,3	2270	308,7	2440	320,2
2105	296,7	2275	309,1	2445	320,5
2110	297,1	2280	309,4	2450	320,9
2115	297,5	2285	309,7	2455	321,2
2120	297,8	2290	310,1	2460	321,5
2125	298,2	2295	310,4	2465	321,8
2130	298,6	2300	310,8	2470	322,2
2135	298,9	2305	311,1	2475	322,5
2140	299,3	2310	311,5	2480	322,8
2145	299,7	2315	311,8	2485	323,1
2150	300,1	2320	312,2	2490	323,4
2155	300,4	2325	312,5	2495	323,8
2160	300,8	2330	312,9	2500	324,1
2165	301,2	2335	313,2	2505	324,4
2170	301,5	2340	313,5	2510	324,7
2175	301,9	2345	313,9	2515	325,0
2180	302,3	2350	314,2	2520	325,4
2185	302,6	2355	314,6	2525	325,7

Tab. A 82: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklee (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklee in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 100 bis 190 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 100 bis 197,5 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ); Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
100	171,0	154,0	137,0	120,0	103,0	86,0	69,0	52,0	35,0	18,0
102,5	177,6	160,6	143,6	126,6	109,6	92,6	75,6	58,6	41,6	24,6
105	184,1	167,1	150,1	133,1	116,1	99,1	82,1	65,1	48,1	31,1
107,5	190,7	173,7	156,7	139,7	122,7	105,7	88,7	71,7	54,7	37,7
110	197,2	180,2	163,2	146,2	129,2	112,2	95,2	78,2	61,2	44,2
112,5	203,8	186,8	169,8	152,8	135,8	118,8	101,8	84,8	67,8	50,8
115	210,3	193,3	176,3	159,3	142,3	125,3	108,3	91,3	74,3	57,3
117,5	216,9	199,9	182,9	165,9	148,9	131,9	114,9	97,9	80,9	63,9
120	223,4	206,4	189,4	172,4	155,4	138,4	121,4	104,4	87,4	70,4
122,5	230,0	213,0	196,0	179,0	162,0	145,0	128,0	111,0	94,0	77,0
125	236,5	219,5	202,5	185,5	168,5	151,5	134,5	117,5	100,5	83,5
127,5	243,1	226,1	209,1	192,1	175,1	158,1	141,1	124,1	107,1	90,1
130	249,7	232,7	215,7	198,7	181,7	164,7	147,7	130,7	113,7	96,7
132,5	256,2	239,2	222,2	205,2	188,2	171,2	154,2	137,2	120,2	103,2
135	262,8	245,8	228,8	211,8	194,8	177,8	160,8	143,8	126,8	109,8
137,5	269,3	252,3	235,3	218,3	201,3	184,3	167,3	150,3	133,3	116,3
140	275,9	258,9	241,9	224,9	207,9	190,9	173,9	156,9	139,9	122,9
142,5	282,4	265,4	248,4	231,4	214,4	197,4	180,4	163,4	146,4	129,4
145	289,0	272,0	255,0	238,0	221,0	204,0	187,0	170,0	153,0	136,0
147,5	295,5	278,5	261,5	244,5	227,5	210,5	193,5	176,5	159,5	142,5
150	302,1	285,1	268,1	251,1	234,1	217,1	200,1	183,1	166,1	149,1
152,5	308,7	291,7	274,7	257,7	240,7	223,7	206,7	189,7	172,7	155,7
155	315,2	298,2	281,2	264,2	247,2	230,2	213,2	196,2	179,2	162,2
157,5	321,8	304,8	287,8	270,8	253,8	236,8	219,8	202,8	185,8	168,8
160	328,3	311,3	294,3	277,3	260,3	243,3	226,3	209,3	192,3	175,3
162,5	334,9	317,9	300,9	283,9	266,9	249,9	232,9	215,9	198,9	181,9
165	341,4	324,4	307,4	290,4	273,4	256,4	239,4	222,4	205,4	188,4
167,5	348,0	331,0	314,0	297,0	280,0	263,0	246,0	229,0	212,0	195,0
170	354,5	337,5	320,5	303,5	286,5	269,5	252,5	235,5	218,5	201,5
172,5	361,1	344,1	327,1	310,1	293,1	276,1	259,1	242,1	225,1	208,1
175	367,6	350,6	333,6	316,6	299,6	282,6	265,6	248,6	231,6	214,6
177,5	374,2	357,2	340,2	323,2	306,2	289,2	272,2	255,2	238,2	221,2
180	380,8	363,8	346,8	329,8	312,8	295,8	278,8	261,8	244,8	227,8
182,5	387,3	370,3	353,3	336,3	319,3	302,3	285,3	268,3	251,3	234,3
185	393,9	376,9	359,9	342,9	325,9	308,9	291,9	274,9	257,9	240,9
187,5	400,4	383,4	366,4	349,4	332,4	315,4	298,4	281,4	264,4	247,4
190	407,0	390,0	373,0	356,0	339,0	322,0	305,0	288,0	271,0	254,0
192,5	413,5	396,5	379,5	362,5	345,5	328,5	311,5	294,5	277,5	260,5
195	420,1	403,1	386,1	369,1	352,1	335,1	318,1	301,1	284,1	267,1
197,5	426,6	409,6	392,6	375,6	358,6	341,6	324,6	307,6	290,6	273,6



Tab. A 83: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklees in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 200 bis 290 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 100 bis 197,5 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ); Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume									
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
100	1,0	-16,0	-33,0	-50,0	-67,0	-84,0	-101,0	-118,0	-135,0	-152,0
102,5	7,6	-9,4	-26,4	-43,4	-60,4	-77,4	-94,4	-111,4	-128,4	-145,4
105	14,1	-2,9	-19,9	-36,9	-53,9	-70,9	-87,9	-104,9	-121,9	-138,9
107,5	20,7	3,7	-13,3	-30,3	-47,3	-64,3	-81,3	-98,3	-115,3	-132,3
110	27,2	10,2	-6,8	-23,8	-40,8	-57,8	-74,8	-91,8	-108,8	-125,8
112,5	33,8	16,8	-0,2	-17,2	-34,2	-51,2	-68,2	-85,2	-102,2	-119,2
115	40,3	23,3	6,3	-10,7	-27,7	-44,7	-61,7	-78,7	-95,7	-112,7
117,5	46,9	29,9	12,9	-4,1	-21,1	-38,1	-55,1	-72,1	-89,1	-106,1
120	53,4	36,4	19,4	2,4	-14,6	-31,6	-48,6	-65,6	-82,6	-99,6
122,5	60,0	43,0	26,0	9,0	-8,0	-25,0	-42,0	-59,0	-76,0	-93,0
125	66,5	49,5	32,5	15,5	-1,5	-18,5	-35,5	-52,5	-69,5	-86,5
127,5	73,1	56,1	39,1	22,1	5,1	-11,9	-28,9	-45,9	-62,9	-79,9
130	79,7	62,7	45,7	28,7	11,7	-5,3	-22,3	-39,3	-56,3	-73,3
132,5	86,2	69,2	52,2	35,2	18,2	1,2	-15,8	-32,8	-49,8	-66,8
135	92,8	75,8	58,8	41,8	24,8	7,8	-9,2	-26,2	-43,2	-60,2
137,5	99,3	82,3	65,3	48,3	31,3	14,3	-2,7	-19,7	-36,7	-53,7
140	105,9	88,9	71,9	54,9	37,9	20,9	3,9	-13,1	-30,1	-47,1
142,5	112,4	95,4	78,4	61,4	44,4	27,4	10,4	-6,6	-23,6	-40,6
145	119,0	102,0	85,0	68,0	51,0	34,0	17,0	0,0	-17,0	-34,0
147,5	125,5	108,5	91,5	74,5	57,5	40,5	23,5	6,5	-10,5	-27,5
150	132,1	115,1	98,1	81,1	64,1	47,1	30,1	13,1	-3,9	-20,9
152,5	138,7	121,7	104,7	87,7	70,7	53,7	36,7	19,7	2,7	-14,3
155	145,2	128,2	111,2	94,2	77,2	60,2	43,2	26,2	9,2	-7,8
157,5	151,8	134,8	117,8	100,8	83,8	66,8	49,8	32,8	15,8	-1,2
160	158,3	141,3	124,3	107,3	90,3	73,3	56,3	39,3	22,3	5,3
162,5	164,9	147,9	130,9	113,9	96,9	79,9	62,9	45,9	28,9	11,9
165	171,4	154,4	137,4	120,4	103,4	86,4	69,4	52,4	35,4	18,4
167,5	178,0	161,0	144,0	127,0	110,0	93,0	76,0	59,0	42,0	25,0
170	184,5	167,5	150,5	133,5	116,5	99,5	82,5	65,5	48,5	31,5
172,5	191,1	174,1	157,1	140,1	123,1	106,1	89,1	72,1	55,1	38,1
175	197,6	180,6	163,6	146,6	129,6	112,6	95,6	78,6	61,6	44,6
177,5	204,2	187,2	170,2	153,2	136,2	119,2	102,2	85,2	68,2	51,2
180	210,8	193,8	176,8	159,8	142,8	125,8	108,8	91,8	74,8	57,8
182,5	217,3	200,3	183,3	166,3	149,3	132,3	115,3	98,3	81,3	64,3
185	223,9	206,9	189,9	172,9	155,9	138,9	121,9	104,9	87,9	70,9
187,5	230,4	213,4	196,4	179,4	162,4	145,4	128,4	111,4	94,4	77,4
190	237,0	220,0	203,0	186,0	169,0	152,0	135,0	118,0	101,0	84,0
192,5	243,5	226,5	209,5	192,5	175,5	158,5	141,5	124,5	107,5	90,5
195	250,1	233,1	216,1	199,1	182,1	165,1	148,1	131,1	114,1	97,1
197,5	256,6	239,6	222,6	205,6	188,6	171,6	154,6	137,6	120,6	103,6

Tab. A 84: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklees in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 300 bis 390 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 100 bis 197,5 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ); Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume									
	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
100	-169,0	-186,0	-203,0	-220,0	-237,0	-254,0	-271,0	-273,5	-273,5	-273,5
102,5	-162,4	-179,4	-196,4	-213,4	-230,4	-247,4	-264,4	-280,7	-280,7	-280,7
105	-155,9	-172,9	-189,9	-206,9	-223,9	-240,9	-257,9	-274,9	-287,8	-287,8
107,5	-149,3	-166,3	-183,3	-200,3	-217,3	-234,3	-251,3	-268,3	-285,3	-294,9
110	-142,8	-159,8	-176,8	-193,8	-210,8	-227,8	-244,8	-261,8	-278,8	-295,8
112,5	-136,2	-153,2	-170,2	-187,2	-204,2	-221,2	-238,2	-255,2	-272,2	-289,2
115	-129,7	-146,7	-163,7	-180,7	-197,7	-214,7	-231,7	-248,7	-265,7	-282,7
117,5	-123,1	-140,1	-157,1	-174,1	-191,1	-208,1	-225,1	-242,1	-259,1	-276,1
120	-116,6	-133,6	-150,6	-167,6	-184,6	-201,6	-218,6	-235,6	-252,6	-269,6
122,5	-110,0	-127,0	-144,0	-161,0	-178,0	-195,0	-212,0	-229,0	-246,0	-263,0
125	-103,5	-120,5	-137,5	-154,5	-171,5	-188,5	-205,5	-222,5	-239,5	-256,5
127,5	-96,9	-113,9	-130,9	-147,9	-164,9	-181,9	-198,9	-215,9	-232,9	-249,9
130	-90,3	-107,3	-124,3	-141,3	-158,3	-175,3	-192,3	-209,3	-226,3	-243,3
132,5	-83,8	-100,8	-117,8	-134,8	-151,8	-168,8	-185,8	-202,8	-219,8	-236,8
135	-77,2	-94,2	-111,2	-128,2	-145,2	-162,2	-179,2	-196,2	-213,2	-230,2
137,5	-70,7	-87,7	-104,7	-121,7	-138,7	-155,7	-172,7	-189,7	-206,7	-223,7
140	-64,1	-81,1	-98,1	-115,1	-132,1	-149,1	-166,1	-183,1	-200,1	-217,1
142,5	-57,6	-74,6	-91,6	-108,6	-125,6	-142,6	-159,6	-176,6	-193,6	-210,6
145	-51,0	-68,0	-85,0	-102,0	-119,0	-136,0	-153,0	-170,0	-187,0	-204,0
147,5	-44,5	-61,5	-78,5	-95,5	-112,5	-129,5	-146,5	-163,5	-180,5	-197,5
150	-37,9	-54,9	-71,9	-88,9	-105,9	-122,9	-139,9	-156,9	-173,9	-190,9
152,5	-31,3	-48,3	-65,3	-82,3	-99,3	-116,3	-133,3	-150,3	-167,3	-184,3
155	-24,8	-41,8	-58,8	-75,8	-92,8	-109,8	-126,8	-143,8	-160,8	-177,8
157,5	-18,2	-35,2	-52,2	-69,2	-86,2	-103,2	-120,2	-137,2	-154,2	-171,2
160	-11,7	-28,7	-45,7	-62,7	-79,7	-96,7	-113,7	-130,7	-147,7	-164,7
162,5	-5,1	-22,1	-39,1	-56,1	-73,1	-90,1	-107,1	-124,1	-141,1	-158,1
165	1,4	-15,6	-32,6	-49,6	-66,6	-83,6	-100,6	-117,6	-134,6	-151,6
167,5	8,0	-9,0	-26,0	-43,0	-60,0	-77,0	-94,0	-111,0	-128,0	-145,0
170	14,5	-2,5	-19,5	-36,5	-53,5	-70,5	-87,5	-104,5	-121,5	-138,5
172,5	21,1	4,1	-12,9	-29,9	-46,9	-63,9	-80,9	-97,9	-114,9	-131,9
175	27,6	10,6	-6,4	-23,4	-40,4	-57,4	-74,4	-91,4	-108,4	-125,4
177,5	34,2	17,2	0,2	-16,8	-33,8	-50,8	-67,8	-84,8	-101,8	-118,8
180	40,8	23,8	6,8	-10,2	-27,2	-44,2	-61,2	-78,2	-95,2	-112,2
182,5	47,3	30,3	13,3	-3,7	-20,7	-37,7	-54,7	-71,7	-88,7	-105,7
185	53,9	36,9	19,9	2,9	-14,1	-31,1	-48,1	-65,1	-82,1	-99,1
187,5	60,4	43,4	26,4	9,4	-7,6	-24,6	-41,6	-58,6	-75,6	-92,6
190	67,0	50,0	33,0	16,0	-1,0	-18,0	-35,0	-52,0	-69,0	-86,0
192,5	73,5	56,5	39,5	22,5	5,5	-11,5	-28,5	-45,5	-62,5	-79,5
195	80,1	63,1	46,1	29,1	12,1	-4,9	-21,9	-38,9	-55,9	-72,9
197,5	86,6	69,6	52,6	35,6	18,6	1,6	-15,4	-32,4	-49,4	-66,4

Tab. A 85: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklees in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 100 bis 190 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 200 bis 300 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ); Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
200	433,2	416,2	399,2	382,2	365,2	348,2	331,2	314,2	297,2	280,2
202,5	439,7	422,7	405,7	388,7	371,7	354,7	337,7	320,7	303,7	286,7
205	446,3	429,3	412,3	395,3	378,3	361,3	344,3	327,3	310,3	293,3
207,5	452,9	435,9	418,9	401,9	384,9	367,9	350,9	333,9	316,9	299,9
210	459,4	442,4	425,4	408,4	391,4	374,4	357,4	340,4	323,4	306,4
212,5	466,0	449,0	432,0	415,0	398,0	381,0	364,0	347,0	330,0	313,0
215	472,5	455,5	438,5	421,5	404,5	387,5	370,5	353,5	336,5	319,5
217,5	479,1	462,1	445,1	428,1	411,1	394,1	377,1	360,1	343,1	326,1
220	485,6	468,6	451,6	434,6	417,6	400,6	383,6	366,6	349,6	332,6
222,5	492,2	475,2	458,2	441,2	424,2	407,2	390,2	373,2	356,2	339,2
225	498,7	481,7	464,7	447,7	430,7	413,7	396,7	379,7	362,7	345,7
227,5	505,3	488,3	471,3	454,3	437,3	420,3	403,3	386,3	369,3	352,3
230	511,8	494,8	477,8	460,8	443,8	426,8	409,8	392,8	375,8	358,8
232,5	518,4	501,4	484,4	467,4	450,4	433,4	416,4	399,4	382,4	365,4
235	525,0	508,0	491,0	474,0	457,0	440,0	423,0	406,0	389,0	372,0
237,5	531,5	514,5	497,5	480,5	463,5	446,5	429,5	412,5	395,5	378,5
240	538,1	521,1	504,1	487,1	470,1	453,1	436,1	419,1	402,1	385,1
242,5	544,6	527,6	510,6	493,6	476,6	459,6	442,6	425,6	408,6	391,6
245	551,2	534,2	517,2	500,2	483,2	466,2	449,2	432,2	415,2	398,2
247,5	557,7	540,7	523,7	506,7	489,7	472,7	455,7	438,7	421,7	404,7
250	564,3	547,3	530,3	513,3	496,3	479,3	462,3	445,3	428,3	411,3
252,5	570,8	553,8	536,8	519,8	502,8	485,8	468,8	451,8	434,8	417,8
255	577,4	560,4	543,4	526,4	509,4	492,4	475,4	458,4	441,4	424,4
257,5	584,0	567,0	550,0	533,0	516,0	499,0	482,0	465,0	448,0	431,0
260	590,5	573,5	556,5	539,5	522,5	505,5	488,5	471,5	454,5	437,5
262,5	597,1	580,1	563,1	546,1	529,1	512,1	495,1	478,1	461,1	444,1
265	603,6	586,6	569,6	552,6	535,6	518,6	501,6	484,6	467,6	450,6
267,5	610,2	593,2	576,2	559,2	542,2	525,2	508,2	491,2	474,2	457,2
270	616,7	599,7	582,7	565,7	548,7	531,7	514,7	497,7	480,7	463,7
272,5	623,3	606,3	589,3	572,3	555,3	538,3	521,3	504,3	487,3	470,3
275	629,8	612,8	595,8	578,8	561,8	544,8	527,8	510,8	493,8	476,8
277,5	636,4	619,4	602,4	585,4	568,4	551,4	534,4	517,4	500,4	483,4
280	642,9	625,9	608,9	591,9	574,9	557,9	540,9	523,9	506,9	489,9
282,5	649,5	632,5	615,5	598,5	581,5	564,5	547,5	530,5	513,5	496,5
285	656,1	639,1	622,1	605,1	588,1	571,1	554,1	537,1	520,1	503,1
287,5	662,6	645,6	628,6	611,6	594,6	577,6	560,6	543,6	526,6	509,6
290	669,2	652,2	635,2	618,2	601,2	584,2	567,2	550,2	533,2	516,2
292,5	675,7	658,7	641,7	624,7	607,7	590,7	573,7	556,7	539,7	522,7
295	682,3	665,3	648,3	631,3	614,3	597,3	580,3	563,3	546,3	529,3
297,5	688,8	671,8	654,8	637,8	620,8	603,8	586,8	569,8	552,8	535,8
300	695,4	678,4	661,4	644,4	627,4	610,4	593,4	576,4	559,4	542,4

Tab. A 86: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklees in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 200 bis 290 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 200 bis 300 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ); Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume									
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
200	263,2	246,2	229,2	212,2	195,2	178,2	161,2	144,2	127,2	110,2
202,5	269,7	252,7	235,7	218,7	201,7	184,7	167,7	150,7	133,7	116,7
205	276,3	259,3	242,3	225,3	208,3	191,3	174,3	157,3	140,3	123,3
207,5	282,9	265,9	248,9	231,9	214,9	197,9	180,9	163,9	146,9	129,9
210	289,4	272,4	255,4	238,4	221,4	204,4	187,4	170,4	153,4	136,4
212,5	296,0	279,0	262,0	245,0	228,0	211,0	194,0	177,0	160,0	143,0
215	302,5	285,5	268,5	251,5	234,5	217,5	200,5	183,5	166,5	149,5
217,5	309,1	292,1	275,1	258,1	241,1	224,1	207,1	190,1	173,1	156,1
220	315,6	298,6	281,6	264,6	247,6	230,6	213,6	196,6	179,6	162,6
222,5	322,2	305,2	288,2	271,2	254,2	237,2	220,2	203,2	186,2	169,2
225	328,7	311,7	294,7	277,7	260,7	243,7	226,7	209,7	192,7	175,7
227,5	335,3	318,3	301,3	284,3	267,3	250,3	233,3	216,3	199,3	182,3
230	341,8	324,8	307,8	290,8	273,8	256,8	239,8	222,8	205,8	188,8
232,5	348,4	331,4	314,4	297,4	280,4	263,4	246,4	229,4	212,4	195,4
235	355,0	338,0	321,0	304,0	287,0	270,0	253,0	236,0	219,0	202,0
237,5	361,5	344,5	327,5	310,5	293,5	276,5	259,5	242,5	225,5	208,5
240	368,1	351,1	334,1	317,1	300,1	283,1	266,1	249,1	232,1	215,1
242,5	374,6	357,6	340,6	323,6	306,6	289,6	272,6	255,6	238,6	221,6
245	381,2	364,2	347,2	330,2	313,2	296,2	279,2	262,2	245,2	228,2
247,5	387,7	370,7	353,7	336,7	319,7	302,7	285,7	268,7	251,7	234,7
250	394,3	377,3	360,3	343,3	326,3	309,3	292,3	275,3	258,3	241,3
252,5	400,8	383,8	366,8	349,8	332,8	315,8	298,8	281,8	264,8	247,8
255	407,4	390,4	373,4	356,4	339,4	322,4	305,4	288,4	271,4	254,4
257,5	414,0	397,0	380,0	363,0	346,0	329,0	312,0	295,0	278,0	261,0
260	420,5	403,5	386,5	369,5	352,5	335,5	318,5	301,5	284,5	267,5
262,5	427,1	410,1	393,1	376,1	359,1	342,1	325,1	308,1	291,1	274,1
265	433,6	416,6	399,6	382,6	365,6	348,6	331,6	314,6	297,6	280,6
267,5	440,2	423,2	406,2	389,2	372,2	355,2	338,2	321,2	304,2	287,2
270	446,7	429,7	412,7	395,7	378,7	361,7	344,7	327,7	310,7	293,7
272,5	453,3	436,3	419,3	402,3	385,3	368,3	351,3	334,3	317,3	300,3
275	459,8	442,8	425,8	408,8	391,8	374,8	357,8	340,8	323,8	306,8
277,5	466,4	449,4	432,4	415,4	398,4	381,4	364,4	347,4	330,4	313,4
280	472,9	455,9	438,9	421,9	404,9	387,9	370,9	353,9	336,9	319,9
282,5	479,5	462,5	445,5	428,5	411,5	394,5	377,5	360,5	343,5	326,5
285	486,1	469,1	452,1	435,1	418,1	401,1	384,1	367,1	350,1	333,1
287,5	492,6	475,6	458,6	441,6	424,6	407,6	390,6	373,6	356,6	339,6
290	499,2	482,2	465,2	448,2	431,2	414,2	397,2	380,2	363,2	346,2
292,5	505,7	488,7	471,7	454,7	437,7	420,7	403,7	386,7	369,7	352,7
295	512,3	495,3	478,3	461,3	444,3	427,3	410,3	393,3	376,3	359,3
297,5	518,8	501,8	484,8	467,8	450,8	433,8	416,8	399,8	382,8	365,8
300	525,4	508,4	491,4	474,4	457,4	440,4	423,4	406,4	389,4	372,4

Tab. A 87: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Rotklees in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem N-Angebot im Boden in Höhe von 300 bis 390 kg ha<sup>-1</sup> und einem Schnittgut-TM-Ertrag in Höhe von 200 bis 300 dt ha<sup>-1</sup>

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> ); Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume									
	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )									
200	93,2	76,2	59,2	42,2	25,2	8,2	-8,8	-25,8	-42,8	-59,8
202,5	99,7	82,7	65,7	48,7	31,7	14,7	-2,3	-19,3	-36,3	-53,3
205	106,3	89,3	72,3	55,3	38,3	21,3	4,3	-12,7	-29,7	-46,7
207,5	112,9	95,9	78,9	61,9	44,9	27,9	10,9	-6,1	-23,1	-40,1
210	119,4	102,4	85,4	68,4	51,4	34,4	17,4	0,4	-16,6	-33,6
212,5	126,0	109,0	92,0	75,0	58,0	41,0	24,0	7,0	-10,0	-27,0
215	132,5	115,5	98,5	81,5	64,5	47,5	30,5	13,5	-3,5	-20,5
217,5	139,1	122,1	105,1	88,1	71,1	54,1	37,1	20,1	3,1	-13,9
220	145,6	128,6	111,6	94,6	77,6	60,6	43,6	26,6	9,6	-7,4
222,5	152,2	135,2	118,2	101,2	84,2	67,2	50,2	33,2	16,2	-0,8
225	158,7	141,7	124,7	107,7	90,7	73,7	56,7	39,7	22,7	5,7
227,5	165,3	148,3	131,3	114,3	97,3	80,3	63,3	46,3	29,3	12,3
230	171,8	154,8	137,8	120,8	103,8	86,8	69,8	52,8	35,8	18,8
232,5	178,4	161,4	144,4	127,4	110,4	93,4	76,4	59,4	42,4	25,4
235	185,0	168,0	151,0	134,0	117,0	100,0	83,0	66,0	49,0	32,0
237,5	191,5	174,5	157,5	140,5	123,5	106,5	89,5	72,5	55,5	38,5
240	198,1	181,1	164,1	147,1	130,1	113,1	96,1	79,1	62,1	45,1
242,5	204,6	187,6	170,6	153,6	136,6	119,6	102,6	85,6	68,6	51,6
245	211,2	194,2	177,2	160,2	143,2	126,2	109,2	92,2	75,2	58,2
247,5	217,7	200,7	183,7	166,7	149,7	132,7	115,7	98,7	81,7	64,7
250	224,3	207,3	190,3	173,3	156,3	139,3	122,3	105,3	88,3	71,3
252,5	230,8	213,8	196,8	179,8	162,8	145,8	128,8	111,8	94,8	77,8
255	237,4	220,4	203,4	186,4	169,4	152,4	135,4	118,4	101,4	84,4
257,5	244,0	227,0	210,0	193,0	176,0	159,0	142,0	125,0	108,0	91,0
260	250,5	233,5	216,5	199,5	182,5	165,5	148,5	131,5	114,5	97,5
262,5	257,1	240,1	223,1	206,1	189,1	172,1	155,1	138,1	121,1	104,1
265	263,6	246,6	229,6	212,6	195,6	178,6	161,6	144,6	127,6	110,6
267,5	270,2	253,2	236,2	219,2	202,2	185,2	168,2	151,2	134,2	117,2
270	276,7	259,7	242,7	225,7	208,7	191,7	174,7	157,7	140,7	123,7
272,5	283,3	266,3	249,3	232,3	215,3	198,3	181,3	164,3	147,3	130,3
275	289,8	272,8	255,8	238,8	221,8	204,8	187,8	170,8	153,8	136,8
277,5	296,4	279,4	262,4	245,4	228,4	211,4	194,4	177,4	160,4	143,4
280	302,9	285,9	268,9	251,9	234,9	217,9	200,9	183,9	166,9	149,9
282,5	309,5	292,5	275,5	258,5	241,5	224,5	207,5	190,5	173,5	156,5
285	316,1	299,1	282,1	265,1	248,1	231,1	214,1	197,1	180,1	163,1
287,5	322,6	305,6	288,6	271,6	254,6	237,6	220,6	203,6	186,6	169,6
290	329,2	312,2	295,2	278,2	261,2	244,2	227,2	210,2	193,2	176,2
292,5	335,7	318,7	301,7	284,7	267,7	250,7	233,7	216,7	199,7	182,7
295	342,3	325,3	308,3	291,3	274,3	257,3	240,3	223,3	206,3	189,3
297,5	348,8	331,8	314,8	297,8	280,8	263,8	246,8	229,8	212,8	195,8
300	355,4	338,4	321,4	304,4	287,4	270,4	253,4	236,4	219,4	202,4

Tab. A 88: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee für unterschiedliche Schnittgut-TM-Erträge in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren

A.) 100 - 165 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 167,5 - 132,5 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 235 - 300 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Re-mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Re-mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Re-mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
100	29,5	167,5	48,5	235	67,6
102,5	30,2	170	49,2	237,5	68,3
105	30,9	172,5	49,9	240	69,0
107,5	31,6	175	50,6	242,5	69,7
110	32,3	177,5	51,4	245	70,4
112,5	33,0	180	52,1	247,5	71,1
115	33,7	182,5	52,8	250	71,8
117,5	34,4	185	53,5	252,5	72,5
120	35,1	187,5	54,2	255	73,2
122,5	35,9	190	54,9	257,5	73,9
125	36,6	192,5	55,6	260	74,6
127,5	37,3	195	56,3	262,5	75,3
130	38,0	197,5	57,0	265	76,0
132,5	38,7	200	57,7	267,5	76,7
135	39,4	202,5	58,4	270	77,4
137,5	40,1	205	59,1	272,5	78,1
140	40,8	207,5	59,8	275	78,8
142,5	41,5	210	60,5	277,5	79,5
145	42,2	212,5	61,2	280	80,2
147,5	42,9	215	61,9	282,5	80,9
150	43,6	217,5	62,6	285	81,6
152,5	44,3	220	63,3	287,5	82,3
155	45,0	222,5	64,0	290	83,1
157,5	45,7	225	64,7	292,5	83,8
160	46,4	227,5	65,4	295	84,5
162,5	47,1	230	66,1	297,5	85,2
165	47,8	232,5	66,8	300	85,9

**Rotklee-Gemenge - überjähriger Anbau**

Tab. A 89: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Rotklees in Höhe von 50 bis 450 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 50 - 180 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 185 - 315 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 320 - 450 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
50	14,1	185	47,2	320	74,7
55	15,4	190	48,3	325	75,6
60	16,7	195	49,4	330	76,5
65	18,1	200	50,5	335	77,4
70	19,4	205	51,6	340	78,3
75	20,7	210	52,6	345	79,2
80	22,0	215	53,7	350	80,1
85	23,3	220	54,8	355	81,0
90	24,6	225	55,8	360	81,9
95	25,8	230	56,9	365	82,8
100	27,1	235	57,9	370	83,7
105	28,3	240	59,0	375	84,5
110	29,6	245	60,0	380	85,4
115	30,8	250	61,0	385	86,3
120	32,0	255	62,0	390	87,1
125	33,3	260	63,0	395	88,0
130	34,5	265	64,0	400	88,8
135	35,7	270	65,0	405	89,7
140	36,9	275	66,0	410	90,5
145	38,0	280	67,0	415	91,3
150	39,2	285	68,0	420	92,2
155	40,4	290	69,0	425	93,0
160	41,5	295	69,9	430	93,8
165	42,7	300	70,9	435	94,6
170	43,8	305	71,8	440	95,4
175	44,9	310	72,8	445	96,2
180	46,1	315	73,7	450	97,0

Tab. A 90: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau. Schnittgut- Frischmasse-Ertrag des Rotklees in Höhe von 455 bis 855 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 455 - 585 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 590 - 720 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 725 - 855 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
455	97,8	590	117,6	725	134,7
460	98,6	595	118,3	730	135,3
465	99,4	600	118,9	735	135,9
470	100,2	605	119,6	740	136,4
475	100,9	610	120,3	745	137,0
480	101,7	615	120,9	750	137,6
485	102,5	620	121,6	755	138,2
490	103,2	625	122,3	760	138,7
495	104,0	630	122,9	765	139,3
500	104,7	635	123,6	770	139,9
505	105,5	640	124,2	775	140,4
510	106,2	645	124,8	780	141,0
515	107,0	650	125,5	785	141,6
520	107,7	655	126,1	790	142,1
525	108,4	660	126,8	795	142,7
530	109,2	665	127,4	800	143,2
535	109,9	670	128,0	805	143,8
540	110,6	675	128,6	810	144,3
545	111,3	680	129,3	815	144,9
550	112,0	685	129,9	820	145,4
555	112,7	690	130,5	825	145,9
560	113,4	695	131,1	830	146,5
565	114,1	700	131,7	835	147,0
570	114,8	705	132,3	840	147,5
575	115,5	710	132,9	845	148,0
580	116,2	715	133,5	850	148,6
585	116,9	720	134,1	855	149,1



Tab. A 91: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im überjährigen Anbau. Schnittgut- Frischmasse-Ertrag des Rotklee in Höhe von 860 bis 1125 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 860 - 990 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 995 - 1125 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
860	149,6	995	162,7
865	150,1	1000	163,2
870	150,6	1005	163,7
875	151,2	1010	164,1
880	151,7	1015	164,6
885	152,2	1020	165,0
890	152,7	1025	165,5
895	153,2	1030	165,9
900	153,7	1035	166,3
905	154,2	1040	166,8
910	154,7	1045	167,2
915	155,2	1050	167,7
920	155,6	1055	168,1
925	156,1	1060	168,5
930	156,6	1065	169,0
935	157,1	1070	169,4
940	157,6	1075	169,8
945	158,1	1080	170,2
950	158,5	1085	170,7
955	159,0	1090	171,1
960	159,5	1095	171,5
965	160,0	1100	171,9
970	160,4	1105	172,3
975	160,9	1110	172,8
980	161,4	1115	173,2
985	161,8	1120	173,6
990	162,3	1125	174,0

Tab. A 92: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Rotklee) im überjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Wiesenschwingels in Höhe von 30 bis 325 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 30 - 175 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 180 - 325 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
30	7,4	180	45,9
35	8,7	185	47,2
40	9,9	190	48,5
45	11,2	195	49,8
50	12,5	200	51,0
55	13,8	205	52,3
60	15,1	210	53,6
65	16,4	215	54,9
70	17,7	220	56,2
75	18,9	225	57,5
80	20,2	230	58,8
85	21,5	235	60,0
90	22,8	240	61,3
95	24,1	245	62,6
100	25,4	250	63,9
105	26,6	255	65,2
110	27,9	260	66,5
115	29,2	265	67,7
120	30,5	270	69,0
125	31,8	275	70,3
130	33,1	280	71,6
135	34,4	285	72,9
140	35,6	290	74,2
145	36,9	295	75,5
150	38,2	300	76,7
155	39,5	305	78,0
160	40,8	310	79,3
165	42,1	315	80,6
170	43,3	320	81,9
175	44,6	325	83,2

Tab. A 93: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im 1. Hauptnutzungsjahr

A.) 15 - 95 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 97,5 - 177,5 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM im 1.HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge im 1.HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM im 1.HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge im 1.HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
15	49,8	97,5	264,0
17,5	56,3	100	270,5
20	62,8	102,5	277,0
22,5	69,3	105	283,5
25	75,8	107,5	290,0
27,5	82,3	110	296,5
30	88,8	112,5	303,0
32,5	95,3	115	309,5
35	101,7	117,5	316,0
37,5	108,2	120	322,5
40	114,7	122,5	329,0
42,5	121,2	125	335,4
45	127,7	127,5	341,9
47,5	134,2	130	348,4
50	140,7	132,5	354,9
52,5	147,2	135	361,4
55	153,7	137,5	367,9
57,5	160,2	140	374,4
60	166,7	142,5	380,9
62,5	173,2	145	387,4
65	179,6	147,5	393,9
67,5	186,1	150	400,4
70	192,6	152,5	406,8
72,5	199,1	155	413,3
75	205,6	157,5	419,8
77,5	212,1	160	426,3
80	218,6	162,5	432,8
82,5	225,1	165	439,3
85	231,6	167,5	445,8
87,5	238,1	170	452,3
90	244,6	172,5	458,8
92,5	251,1	175	465,3
95	257,5	177,5	471,8

Tab. A 94: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Rotklee) im 1. Hauptnutzungsjahr

Schnittgut-TM im 1.HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge im 1.HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
7,5	15,9
10	20,2
12,5	24,4
15	28,7
17,5	32,9
20	37,2
22,5	41,5
25	45,7
27,5	50,0
30	54,3
32,5	58,5
35	62,8
37,5	67,0
40	71,3
42,5	75,6
45	79,8
47,5	84,1
50	88,4
52,5	92,6
55	96,9
57,5	101,1
60	105,4
62,5	109,7
65	113,9
67,5	118,2
70	122,5
72,5	126,7
75	131,0
77,5	135,2
80	139,5
82,5	143,8

Tab. A 95: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotklee im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 160 bis 257,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 40 bis 140 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )										
160	198,3	181,2	164,1	147,0	129,9	112,8	95,7	78,6	61,5	44,4	27,3
162,5	201,0	183,9	166,8	149,7	132,6	115,5	98,4	81,3	64,2	47,1	30,0
165	203,7	186,6	169,5	152,4	135,3	118,2	101,1	84,0	66,9	49,8	32,7
167,5	206,3	189,2	172,1	155,0	137,9	120,8	103,7	86,6	69,5	52,4	35,3
170	208,9	191,8	174,7	157,6	140,5	123,4	106,3	89,2	72,1	55,0	37,9
172,5	211,5	194,4	177,3	160,2	143,1	126,0	108,9	91,8	74,7	57,6	40,5
175	214,1	197,0	179,9	162,8	145,7	128,6	111,5	94,4	77,3	60,2	43,1
177,5	216,6	199,5	182,4	165,3	148,2	131,1	114,0	96,9	79,8	62,7	45,6
180	219,1	202,0	184,9	167,8	150,7	133,6	116,5	99,4	82,3	65,2	48,1
182,5	221,6	204,5	187,4	170,3	153,2	136,1	119,0	101,9	84,8	67,7	50,6
185	224,1	207,0	189,9	172,8	155,7	138,6	121,5	104,4	87,3	70,2	53,1
187,5	226,5	209,4	192,3	175,2	158,1	141,0	123,9	106,8	89,7	72,6	55,5
190	228,9	211,8	194,7	177,6	160,5	143,4	126,3	109,2	92,1	75,0	57,9
192,5	231,3	214,2	197,1	180,0	162,9	145,8	128,7	111,6	94,5	77,4	60,3
195	233,7	216,6	199,5	182,4	165,3	148,2	131,1	114,0	96,9	79,8	62,7
197,5	236,0	218,9	201,8	184,7	167,6	150,5	133,4	116,3	99,2	82,1	65,0
200	238,3	221,2	204,1	187,0	169,9	152,8	135,7	118,6	101,5	84,4	67,3
202,5	240,6	223,5	206,4	189,3	172,2	155,1	138,0	120,9	103,8	86,7	69,6
205	242,9	225,8	208,7	191,6	174,5	157,4	140,3	123,2	106,1	89,0	71,9
207,5	245,1	228,0	210,9	193,8	176,7	159,6	142,5	125,4	108,3	91,2	74,1
210	247,4	230,3	213,2	196,1	179,0	161,9	144,8	127,7	110,6	93,5	76,4
212,5	249,6	232,5	215,4	198,3	181,2	164,1	147,0	129,9	112,8	95,7	78,6
215	251,8	234,7	217,6	200,5	183,4	166,3	149,2	132,1	115,0	97,9	80,8
217,5	253,9	236,8	219,7	202,6	185,5	168,4	151,3	134,2	117,1	100,0	82,9
220	256,0	238,9	221,8	204,7	187,6	170,5	153,4	136,3	119,2	102,1	85,0
222,5	258,2	241,1	224,0	206,9	189,8	172,7	155,6	138,5	121,4	104,3	87,2
225	260,2	243,1	226,0	208,9	191,8	174,7	157,6	140,5	123,4	106,3	89,2
227,5	262,3	245,2	228,1	211,0	193,9	176,8	159,7	142,6	125,5	108,4	91,3
230	264,4	247,3	230,2	213,1	196,0	178,9	161,8	144,7	127,6	110,5	93,4
232,5	266,4	249,3	232,2	215,1	198,0	180,9	163,8	146,7	129,6	112,5	95,4
235	268,4	251,3	234,2	217,1	200,0	182,9	165,8	148,7	131,6	114,5	97,4
237,5	270,4	253,3	236,2	219,1	202,0	184,9	167,8	150,7	133,6	116,5	99,4
240	272,3	255,2	238,1	221,0	203,9	186,8	169,7	152,6	135,5	118,4	101,3
242,5	274,3	257,2	240,1	223,0	205,9	188,8	171,7	154,6	137,5	120,4	103,3
245	276,2	259,1	242,0	224,9	207,8	190,7	173,6	156,5	139,4	122,3	105,2
247,5	278,1	261,0	243,9	226,8	209,7	192,6	175,5	158,4	141,3	124,2	107,1
250	280,0	262,9	245,8	228,7	211,6	194,5	177,4	160,3	143,2	126,1	109,0
252,5	281,8	264,7	247,6	230,5	213,4	196,3	179,2	162,1	145,0	127,9	110,8
255	283,7	266,6	249,5	232,4	215,3	198,2	181,1	164,0	146,9	129,8	112,7
257,5	285,5	268,4	251,3	234,2	217,1	200,0	182,9	165,8	148,7	131,6	114,5

Tab. A 96: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotklee-grases im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 160 bis 257,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 150 bis 250 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes										
	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )										
160	10,2	-6,9	-24,0	-41,1	-58,2	-75,3	-92,4	-109,5	-126,6	-143,7	-160,0
162,5	12,9	-4,2	-21,3	-38,4	-55,5	-72,6	-89,7	-106,8	-123,9	-141,0	-158,1
165	15,6	-1,5	-18,6	-35,7	-52,8	-69,9	-87,0	-104,1	-121,2	-138,3	-155,4
167,5	18,2	1,1	-16,0	-33,1	-50,2	-67,3	-84,4	-101,5	-118,6	-135,7	-152,8
170	20,8	3,7	-13,4	-30,5	-47,6	-64,7	-81,8	-98,9	-116,0	-133,1	-150,2
172,5	23,4	6,3	-10,8	-27,9	-45,0	-62,1	-79,2	-96,3	-113,4	-130,5	-147,6
175	26,0	8,9	-8,2	-25,3	-42,4	-59,5	-76,6	-93,7	-110,8	-127,9	-145,0
177,5	28,5	11,4	-5,7	-22,8	-39,9	-57,0	-74,1	-91,2	-108,3	-125,4	-142,5
180	31,0	13,9	-3,2	-20,3	-37,4	-54,5	-71,6	-88,7	-105,8	-122,9	-140,0
182,5	33,5	16,4	-0,7	-17,8	-34,9	-52,0	-69,1	-86,2	-103,3	-120,4	-137,5
185	36,0	18,9	1,8	-15,3	-32,4	-49,5	-66,6	-83,7	-100,8	-117,9	-135,0
187,5	38,4	21,3	4,2	-12,9	-30,0	-47,1	-64,2	-81,3	-98,4	-115,5	-132,6
190	40,8	23,7	6,6	-10,5	-27,6	-44,7	-61,8	-78,9	-96,0	-113,1	-130,2
192,5	43,2	26,1	9,0	-8,1	-25,2	-42,3	-59,4	-76,5	-93,6	-110,7	-127,8
195	45,6	28,5	11,4	-5,7	-22,8	-39,9	-57,0	-74,1	-91,2	-108,3	-125,4
197,5	47,9	30,8	13,7	-3,4	-20,5	-37,6	-54,7	-71,8	-88,9	-106,0	-123,1
200	50,2	33,1	16,0	-1,1	-18,2	-35,3	-52,4	-69,5	-86,6	-103,7	-120,8
202,5	52,5	35,4	18,3	1,2	-15,9	-33,0	-50,1	-67,2	-84,3	-101,4	-118,5
205	54,8	37,7	20,6	3,5	-13,6	-30,7	-47,8	-64,9	-82,0	-99,1	-116,2
207,5	57,0	39,9	22,8	5,7	-11,4	-28,5	-45,6	-62,7	-79,8	-96,9	-114,0
210	59,3	42,2	25,1	8,0	-9,1	-26,2	-43,3	-60,4	-77,5	-94,6	-111,7
212,5	61,5	44,4	27,3	10,2	-6,9	-24,0	-41,1	-58,2	-75,3	-92,4	-109,5
215	63,7	46,6	29,5	12,4	-4,7	-21,8	-38,9	-56,0	-73,1	-90,2	-107,3
217,5	65,8	48,7	31,6	14,5	-2,6	-19,7	-36,8	-53,9	-71,0	-88,1	-105,2
220	67,9	50,8	33,7	16,6	-0,5	-17,6	-34,7	-51,8	-68,9	-86,0	-103,1
222,5	70,1	53,0	35,9	18,8	1,7	-15,4	-32,5	-49,6	-66,7	-83,8	-100,9
225	72,1	55,0	37,9	20,8	3,7	-13,4	-30,5	-47,6	-64,7	-81,8	-98,9
227,5	74,2	57,1	40,0	22,9	5,8	-11,3	-28,4	-45,5	-62,6	-79,7	-96,8
230	76,3	59,2	42,1	25,0	7,9	-9,2	-26,3	-43,4	-60,5	-77,6	-94,7
232,5	78,3	61,2	44,1	27,0	9,9	-7,2	-24,3	-41,4	-58,5	-75,6	-92,7
235	80,3	63,2	46,1	29,0	11,9	-5,2	-22,3	-39,4	-56,5	-73,6	-90,7
237,5	82,3	65,2	48,1	31,0	13,9	-3,2	-20,3	-37,4	-54,5	-71,6	-88,7
240	84,2	67,1	50,0	32,9	15,8	-1,3	-18,4	-35,5	-52,6	-69,7	-86,8
242,5	86,2	69,1	52,0	34,9	17,8	0,7	-16,4	-33,5	-50,6	-67,7	-84,8
245	88,1	71,0	53,9	36,8	19,7	2,6	-14,5	-31,6	-48,7	-65,8	-82,9
247,5	90,0	72,9	55,8	38,7	21,6	4,5	-12,6	-29,7	-46,8	-63,9	-81,0
250	91,9	74,8	57,7	40,6	23,5	6,4	-10,7	-27,8	-44,9	-62,0	-79,1
252,5	93,7	76,6	59,5	42,4	25,3	8,2	-8,9	-26,0	-43,1	-60,2	-77,3
255	95,6	78,5	61,4	44,3	27,2	10,1	-7,0	-24,1	-41,2	-58,3	-75,4
257,5	97,4	80,3	63,2	46,1	29,0	11,9	-5,2	-22,3	-39,4	-56,5	-73,6

Tab. A 97: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotkleees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 260 bis 357,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 40 bis 140 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )										
260	287,3	270,2	253,1	236,0	218,9	201,8	184,7	167,6	150,5	133,4	116,3
262,5	289,0	271,9	254,8	237,7	220,6	203,5	186,4	169,3	152,2	135,1	118,0
265	290,8	273,7	256,6	239,5	222,4	205,3	188,2	171,1	154,0	136,9	119,8
267,5	292,5	275,4	258,3	241,2	224,1	207,0	189,9	172,8	155,7	138,6	121,5
270	294,3	277,2	260,1	243,0	225,9	208,8	191,7	174,6	157,5	140,4	123,3
272,5	296,0	278,9	261,8	244,7	227,6	210,5	193,4	176,3	159,2	142,1	125,0
275	297,6	280,5	263,4	246,3	229,2	212,1	195,0	177,9	160,8	143,7	126,6
277,5	299,3	282,2	265,1	248,0	230,9	213,8	196,7	179,6	162,5	145,4	128,3
280	300,9	283,8	266,7	249,6	232,5	215,4	198,3	181,2	164,1	147,0	129,9
282,5	302,6	285,5	268,4	251,3	234,2	217,1	200,0	182,9	165,8	148,7	131,6
285	304,2	287,1	270,0	252,9	235,8	218,7	201,6	184,5	167,4	150,3	133,2
287,5	305,8	288,7	271,6	254,5	237,4	220,3	203,2	186,1	169,0	151,9	134,8
290	307,3	290,2	273,1	256,0	238,9	221,8	204,7	187,6	170,5	153,4	136,3
292,5	308,9	291,8	274,7	257,6	240,5	223,4	206,3	189,2	172,1	155,0	137,9
295	310,4	293,3	276,2	259,1	242,0	224,9	207,8	190,7	173,6	156,5	139,4
297,5	311,9	294,8	277,7	260,6	243,5	226,4	209,3	192,2	175,1	158,0	140,9
300	313,4	296,3	279,2	262,1	245,0	227,9	210,8	193,7	176,6	159,5	142,4
302,5	314,9	297,8	280,7	263,6	246,5	229,4	212,3	195,2	178,1	161,0	143,9
305	316,4	299,3	282,2	265,1	248,0	230,9	213,8	196,7	179,6	162,5	145,4
307,5	317,8	300,7	283,6	266,5	249,4	232,3	215,2	198,1	181,0	163,9	146,8
310	319,2	302,1	285,0	267,9	250,8	233,7	216,6	199,5	182,4	165,3	148,2
312,5	320,6	303,5	286,4	269,3	252,2	235,1	218,0	200,9	183,8	166,7	149,6
315	322,0	304,9	287,8	270,7	253,6	236,5	219,4	202,3	185,2	168,1	151,0
317,5	323,4	306,3	289,2	272,1	255,0	237,9	220,8	203,7	186,6	169,5	152,4
320	324,8	307,7	290,6	273,5	256,4	239,3	222,2	205,1	188,0	170,9	153,8
322,5	326,1	309,0	291,9	274,8	257,7	240,6	223,5	206,4	189,3	172,2	155,1
325	327,4	310,3	293,2	276,1	259,0	241,9	224,8	207,7	190,6	173,5	156,4
327,5	328,7	311,6	294,5	277,4	260,3	243,2	226,1	209,0	191,9	174,8	157,7
330	330,0	312,9	295,8	278,7	261,6	244,5	227,4	210,3	193,2	176,1	159,0
332,5	331,3	314,2	297,1	280,0	262,9	245,8	228,7	211,6	194,5	177,4	160,3
335	332,6	315,5	298,4	281,3	264,2	247,1	230,0	212,9	195,8	178,7	161,6
337,5	333,8	316,7	299,6	282,5	265,4	248,3	231,2	214,1	197,0	179,9	162,8
340	335,0	317,9	300,8	283,7	266,6	249,5	232,4	215,3	198,2	181,1	164,0
342,5	336,2	319,1	302,0	284,9	267,8	250,7	233,6	216,5	199,4	182,3	165,2
345	337,4	320,3	303,2	286,1	269,0	251,9	234,8	217,7	200,6	183,5	166,4
347,5	338,6	321,5	304,4	287,3	270,2	253,1	236,0	218,9	201,8	184,7	167,6
350	339,8	322,7	305,6	288,5	271,4	254,3	237,2	220,1	203,0	185,9	168,8
352,5	340,9	323,8	306,7	289,6	272,5	255,4	238,3	221,2	204,1	187,0	169,9
355	342,0	324,9	307,8	290,7	273,6	256,5	239,4	222,3	205,2	188,1	171,0
357,5	343,2	326,1	309,0	291,9	274,8	257,7	240,6	223,5	206,4	189,3	172,2

Tab. A 98: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotklee-grases im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 260 bis 357,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 150 bis 250 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes										
	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )										
260	99,2	82,1	65,0	47,9	30,8	13,7	-3,4	-20,5	-37,6	-54,7	-71,8
262,5	100,9	83,8	66,7	49,6	32,5	15,4	-1,7	-18,8	-35,9	-53,0	-70,1
265	102,7	85,6	68,5	51,4	34,3	17,2	0,1	-17,0	-34,1	-51,2	-68,3
267,5	104,4	87,3	70,2	53,1	36,0	18,9	1,8	-15,3	-32,4	-49,5	-66,6
270	106,2	89,1	72,0	54,9	37,8	20,7	3,6	-13,5	-30,6	-47,7	-64,8
272,5	107,9	90,8	73,7	56,6	39,5	22,4	5,3	-11,8	-28,9	-46,0	-63,1
275	109,5	92,4	75,3	58,2	41,1	24,0	6,9	-10,2	-27,3	-44,4	-61,5
277,5	111,2	94,1	77,0	59,9	42,8	25,7	8,6	-8,5	-25,6	-42,7	-59,8
280	112,8	95,7	78,6	61,5	44,4	27,3	10,2	-6,9	-24,0	-41,1	-58,2
282,5	114,5	97,4	80,3	63,2	46,1	29,0	11,9	-5,2	-22,3	-39,4	-56,5
285	116,1	99,0	81,9	64,8	47,7	30,6	13,5	-3,6	-20,7	-37,8	-54,9
287,5	117,7	100,6	83,5	66,4	49,3	32,2	15,1	-2,0	-19,1	-36,2	-53,3
290	119,2	102,1	85,0	67,9	50,8	33,7	16,6	-0,5	-17,6	-34,7	-51,8
292,5	120,8	103,7	86,6	69,5	52,4	35,3	18,2	1,1	-16,0	-33,1	-50,2
295	122,3	105,2	88,1	71,0	53,9	36,8	19,7	2,6	-14,5	-31,6	-48,7
297,5	123,8	106,7	89,6	72,5	55,4	38,3	21,2	4,1	-13,0	-30,1	-47,2
300	125,3	108,2	91,1	74,0	56,9	39,8	22,7	5,6	-11,5	-28,6	-45,7
302,5	126,8	109,7	92,6	75,5	58,4	41,3	24,2	7,1	-10,0	-27,1	-44,2
305	128,3	111,2	94,1	77,0	59,9	42,8	25,7	8,6	-8,5	-25,6	-42,7
307,5	129,7	112,6	95,5	78,4	61,3	44,2	27,1	10,0	-7,1	-24,2	-41,3
310	131,1	114,0	96,9	79,8	62,7	45,6	28,5	11,4	-5,7	-22,8	-39,9
312,5	132,5	115,4	98,3	81,2	64,1	47,0	29,9	12,8	-4,3	-21,4	-38,5
315	133,9	116,8	99,7	82,6	65,5	48,4	31,3	14,2	-2,9	-20,0	-37,1
317,5	135,3	118,2	101,1	84,0	66,9	49,8	32,7	15,6	-1,5	-18,6	-35,7
320	136,7	119,6	102,5	85,4	68,3	51,2	34,1	17,0	-0,1	-17,2	-34,3
322,5	138,0	120,9	103,8	86,7	69,6	52,5	35,4	18,3	1,2	-15,9	-33,0
325	139,3	122,2	105,1	88,0	70,9	53,8	36,7	19,6	2,5	-14,6	-31,7
327,5	140,6	123,5	106,4	89,3	72,2	55,1	38,0	20,9	3,8	-13,3	-30,4
330	141,9	124,8	107,7	90,6	73,5	56,4	39,3	22,2	5,1	-12,0	-29,1
332,5	143,2	126,1	109,0	91,9	74,8	57,7	40,6	23,5	6,4	-10,7	-27,8
335	144,5	127,4	110,3	93,2	76,1	59,0	41,9	24,8	7,7	-9,4	-26,5
337,5	145,7	128,6	111,5	94,4	77,3	60,2	43,1	26,0	8,9	-8,2	-25,3
340	146,9	129,8	112,7	95,6	78,5	61,4	44,3	27,2	10,1	-7,0	-24,1
342,5	148,1	131,0	113,9	96,8	79,7	62,6	45,5	28,4	11,3	-5,8	-22,9
345	149,3	132,2	115,1	98,0	80,9	63,8	46,7	29,6	12,5	-4,6	-21,7
347,5	150,5	133,4	116,3	99,2	82,1	65,0	47,9	30,8	13,7	-3,4	-20,5
350	151,7	134,6	117,5	100,4	83,3	66,2	49,1	32,0	14,9	-2,2	-19,3
352,5	152,8	135,7	118,6	101,5	84,4	67,3	50,2	33,1	16,0	-1,1	-18,2
355	153,9	136,8	119,7	102,6	85,5	68,4	51,3	34,2	17,1	0,0	-17,1
357,5	155,1	138,0	120,9	103,8	86,7	69,6	52,5	35,4	18,3	1,2	-15,9



Tab. A 99: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotkleees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 360 bis 450 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 40 bis 140 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )										
360	344,3	327,2	310,1	293,0	275,9	258,8	241,7	224,6	207,5	190,4	173,3
362,5	345,3	328,2	311,1	294,0	276,9	259,8	242,7	225,6	208,5	191,4	174,3
365	346,4	329,3	312,2	295,1	278,0	260,9	243,8	226,7	209,6	192,5	175,4
367,5	347,5	330,4	313,3	296,2	279,1	262,0	244,9	227,8	210,7	193,6	176,5
370	348,5	331,4	314,3	297,2	280,1	263,0	245,9	228,8	211,7	194,6	177,5
372,5	349,5	332,4	315,3	298,2	281,1	264,0	246,9	229,8	212,7	195,6	178,5
375	350,5	333,4	316,3	299,2	282,1	265,0	247,9	230,8	213,7	196,6	179,5
377,5	351,5	334,4	317,3	300,2	283,1	266,0	248,9	231,8	214,7	197,6	180,5
380	352,5	335,4	318,3	301,2	284,1	267,0	249,9	232,8	215,7	198,6	181,5
382,5	353,5	336,4	319,3	302,2	285,1	268,0	250,9	233,8	216,7	199,6	182,5
385	354,4	337,3	320,2	303,1	286,0	268,9	251,8	234,7	217,6	200,5	183,4
387,5	355,4	338,3	321,2	304,1	287,0	269,9	252,8	235,7	218,6	201,5	184,4
390	356,3	339,2	322,1	305,0	287,9	270,8	253,7	236,6	219,5	202,4	185,3
392,5	357,2	340,1	323,0	305,9	288,8	271,7	254,6	237,5	220,4	203,3	186,2
395	358,1	341,0	323,9	306,8	289,7	272,6	255,5	238,4	221,3	204,2	187,1
397,5	359,0	341,9	324,8	307,7	290,6	273,5	256,4	239,3	222,2	205,1	188,0
400	359,9	342,8	325,7	308,6	291,5	274,4	257,3	240,2	223,1	206,0	188,9
402,5	360,7	343,6	326,5	309,4	292,3	275,2	258,1	241,0	223,9	206,8	189,7
405	361,6	344,5	327,4	310,3	293,2	276,1	259,0	241,9	224,8	207,7	190,6
407,5	362,4	345,3	328,2	311,1	294,0	276,9	259,8	242,7	225,6	208,5	191,4
410	363,2	346,1	329,0	311,9	294,8	277,7	260,6	243,5	226,4	209,3	192,2
412,5	364,0	346,9	329,8	312,7	295,6	278,5	261,4	244,3	227,2	210,1	193,0
415	364,8	347,7	330,6	313,5	296,4	279,3	262,2	245,1	228,0	210,9	193,8
417,5	365,6	348,5	331,4	314,3	297,2	280,1	263,0	245,9	228,8	211,7	194,6
420	366,3	349,2	332,1	315,0	297,9	280,8	263,7	246,6	229,5	212,4	195,3
422,5	367,1	350,0	332,9	315,8	298,7	281,6	264,5	247,4	230,3	213,2	196,1
425	367,8	350,7	333,6	316,5	299,4	282,3	265,2	248,1	231,0	213,9	196,8
427,5	368,5	351,4	334,3	317,2	300,1	283,0	265,9	248,8	231,7	214,6	197,5
430	369,2	352,1	335,0	317,9	300,8	283,7	266,6	249,5	232,4	215,3	198,2
432,5	369,9	352,8	335,7	318,6	301,5	284,4	267,3	250,2	233,1	216,0	198,9
435	370,6	353,5	336,4	319,3	302,2	285,1	268,0	250,9	233,8	216,7	199,6
437,5	371,3	354,2	337,1	320,0	302,9	285,8	268,7	251,6	234,5	217,4	200,3
440	371,9	354,8	337,7	320,6	303,5	286,4	269,3	252,2	235,1	218,0	200,9
442,5	372,6	355,5	338,4	321,3	304,2	287,1	270,0	252,9	235,8	218,7	201,6
445	373,2	356,1	339,0	321,9	304,8	287,7	270,6	253,5	236,4	219,3	202,2
447,5	373,8	356,7	339,6	322,5	305,4	288,3	271,2	254,1	237,0	219,9	202,8
450	374,4	357,3	340,2	323,1	306,0	288,9	271,8	254,7	237,6	220,5	203,4

Tab. A 100: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim überjährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotklee-grases im 1. Hauptnutzungsjahr bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 360 bis 450 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 150 bis 250 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes										
	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )										
360	156,2	139,1	122,0	104,9	87,8	70,7	53,6	36,5	19,4	2,3	-14,8
362,5	157,2	140,1	123,0	105,9	88,8	71,7	54,6	37,5	20,4	3,3	-13,8
365	158,3	141,2	124,1	107,0	89,9	72,8	55,7	38,6	21,5	4,4	-12,7
367,5	159,4	142,3	125,2	108,1	91,0	73,9	56,8	39,7	22,6	5,5	-11,6
370	160,4	143,3	126,2	109,1	92,0	74,9	57,8	40,7	23,6	6,5	-10,6
372,5	161,4	144,3	127,2	110,1	93,0	75,9	58,8	41,7	24,6	7,5	-9,6
375	162,4	145,3	128,2	111,1	94,0	76,9	59,8	42,7	25,6	8,5	-8,6
377,5	163,4	146,3	129,2	112,1	95,0	77,9	60,8	43,7	26,6	9,5	-7,6
380	164,4	147,3	130,2	113,1	96,0	78,9	61,8	44,7	27,6	10,5	-6,6
382,5	165,4	148,3	131,2	114,1	97,0	79,9	62,8	45,7	28,6	11,5	-5,6
385	166,3	149,2	132,1	115,0	97,9	80,8	63,7	46,6	29,5	12,4	-4,7
387,5	167,3	150,2	133,1	116,0	98,9	81,8	64,7	47,6	30,5	13,4	-3,7
390	168,2	151,1	134,0	116,9	99,8	82,7	65,6	48,5	31,4	14,3	-2,8
392,5	169,1	152,0	134,9	117,8	100,7	83,6	66,5	49,4	32,3	15,2	-1,9
395	170,0	152,9	135,8	118,7	101,6	84,5	67,4	50,3	33,2	16,1	-1,0
397,5	170,9	153,8	136,7	119,6	102,5	85,4	68,3	51,2	34,1	17,0	-0,1
400	171,8	154,7	137,6	120,5	103,4	86,3	69,2	52,1	35,0	17,9	0,8
402,5	172,6	155,5	138,4	121,3	104,2	87,1	70,0	52,9	35,8	18,7	1,6
405	173,5	156,4	139,3	122,2	105,1	88,0	70,9	53,8	36,7	19,6	2,5
407,5	174,3	157,2	140,1	123,0	105,9	88,8	71,7	54,6	37,5	20,4	3,3
410	175,1	158,0	140,9	123,8	106,7	89,6	72,5	55,4	38,3	21,2	4,1
412,5	175,9	158,8	141,7	124,6	107,5	90,4	73,3	56,2	39,1	22,0	4,9
415	176,7	159,6	142,5	125,4	108,3	91,2	74,1	57,0	39,9	22,8	5,7
417,5	177,5	160,4	143,3	126,2	109,1	92,0	74,9	57,8	40,7	23,6	6,5
420	178,2	161,1	144,0	126,9	109,8	92,7	75,6	58,5	41,4	24,3	7,2
422,5	179,0	161,9	144,8	127,7	110,6	93,5	76,4	59,3	42,2	25,1	8,0
425	179,7	162,6	145,5	128,4	111,3	94,2	77,1	60,0	42,9	25,8	8,7
427,5	180,4	163,3	146,2	129,1	112,0	94,9	77,8	60,7	43,6	26,5	9,4
430	181,1	164,0	146,9	129,8	112,7	95,6	78,5	61,4	44,3	27,2	10,1
432,5	181,8	164,7	147,6	130,5	113,4	96,3	79,2	62,1	45,0	27,9	10,8
435	182,5	165,4	148,3	131,2	114,1	97,0	79,9	62,8	45,7	28,6	11,5
437,5	183,2	166,1	149,0	131,9	114,8	97,7	80,6	63,5	46,4	29,3	12,2
440	183,8	166,7	149,6	132,5	115,4	98,3	81,2	64,1	47,0	29,9	12,8
442,5	184,5	167,4	150,3	133,2	116,1	99,0	81,9	64,8	47,7	30,6	13,5
445	185,1	168,0	150,9	133,8	116,7	99,6	82,5	65,4	48,3	31,2	14,1
447,5	185,7	168,6	151,5	134,4	117,3	100,2	83,1	66,0	48,9	31,8	14,7
450	186,3	169,2	152,1	135,0	117,9	100,8	83,7	66,6	49,5	32,4	15,3

Tab. A 101: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee gras für unterschiedliche Schnittgut-N-Mengen im 1. Hauptnutzungsjahr

A.) 160 - 255 kg ha <sup>-1</sup>		B.) 257,5 - 352,5 kg ha <sup>-1</sup>		C.) 355 - 450 kg ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-N im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge im 1. HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
160	16,5	257,5	24,2	355	30,6
162,5	16,7	260	24,4	357,5	30,7
165	17,0	262,5	24,5	360	30,9
167,5	17,2	265	24,7	362,5	31,0
170	17,4	267,5	24,9	365	31,2
172,5	17,6	270	25,1	367,5	31,3
175	17,8	272,5	25,2	370	31,5
177,5	18,0	275	25,4	372,5	31,6
180	18,2	277,5	25,6	375	31,8
182,5	18,4	280	25,8	377,5	31,9
185	18,6	282,5	25,9	380	32,1
187,5	18,8	285	26,1	382,5	32,2
190	19,0	287,5	26,3	385	32,3
192,5	19,2	290	26,4	387,5	32,5
195	19,4	292,5	26,6	390	32,6
197,5	19,6	295	26,8	392,5	32,8
200	19,8	297,5	26,9	395	32,9
202,5	20,0	300	27,1	397,5	33,1
205	20,2	302,5	27,3	400	33,2
207,5	20,4	305	27,4	402,5	33,3
210	20,6	307,5	27,6	405	33,5
212,5	20,8	310	27,8	407,5	33,6
215	21,0	312,5	27,9	410	33,7
217,5	21,2	315	28,1	412,5	33,9
220	21,4	317,5	28,3	415	34,0
222,5	21,6	320	28,4	417,5	34,2
225	21,8	322,5	28,6	420	34,3
227,5	22,0	325	28,7	422,5	34,4
230	22,2	327,5	28,9	425	34,6
232,5	22,4	330	29,0	427,5	34,7
235	22,5	332,5	29,2	430	34,8
237,5	22,7	335	29,4	432,5	35,0
240	22,9	337,5	29,5	435	35,1
242,5	23,1	340	29,7	437,5	35,2
245	23,3	342,5	29,8	440	35,4
247,5	23,5	345	30,0	442,5	35,5
250	23,6	347,5	30,1	445	35,6
252,5	23,8	350	30,3	447,5	35,7
255	24,0	352,5	30,4	450	35,9

### Rotklee-Wiesenschwingel-Gemenge - zweijähriger Anbau

Tab. A 102: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Rotklees in Höhe von 130 bis 545 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 130 - 265 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 270 - 405 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 410 - 545 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
130	31,6	270	62,9	410	91,7
135	32,8	275	63,9	415	92,6
140	33,9	280	65,0	420	93,6
145	35,1	285	66,1	425	94,6
150	36,2	290	67,1	430	95,6
155	37,4	295	68,2	435	96,6
160	38,5	300	69,2	440	97,5
165	39,7	305	70,3	445	98,5
170	40,8	310	71,3	450	99,5
175	41,9	315	72,4	455	100,4
180	43,1	320	73,4	460	101,4
185	44,2	325	74,5	465	102,3
190	45,3	330	75,5	470	103,3
195	46,4	335	76,5	475	104,3
200	47,6	340	77,6	480	105,2
205	48,7	345	78,6	485	106,1
210	49,8	350	79,6	490	107,1
215	50,9	355	80,6	495	108,0
220	52,0	360	81,6	500	109,0
225	53,1	365	82,7	505	109,9
230	54,2	370	83,7	510	110,8
235	55,3	375	84,7	515	111,8
240	56,4	380	85,7	520	112,7
245	57,5	385	86,7	525	113,6
250	58,6	390	87,7	530	114,6
255	59,6	395	88,7	535	115,5
260	60,7	400	89,7	540	116,4
265	61,8	405	90,7	545	117,3

Tab. A 103: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau. Schnittgut- Frischmasse-Ertrag des Rotklee in Höhe von 550 bis 965 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 550 - 685 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 690 - 825 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 830 - 965 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
550	118,2	690	142,8	830	165,7
555	119,1	695	143,7	835	166,5
560	120,0	700	144,5	840	167,3
565	121,0	705	145,4	845	168,0
570	121,9	710	146,2	850	168,8
575	122,8	715	147,0	855	169,6
580	123,7	720	147,9	860	170,4
585	124,6	725	148,7	865	171,1
590	125,4	730	149,5	870	171,9
595	126,3	735	150,4	875	172,7
600	127,2	740	151,2	880	173,5
605	128,1	745	152,0	885	174,2
610	129,0	750	152,8	890	175,0
615	129,9	755	153,6	895	175,7
620	130,8	760	154,5	900	176,5
625	131,6	765	155,3	905	177,3
630	132,5	770	156,1	910	178,0
635	133,4	775	156,9	915	178,8
640	134,3	780	157,7	920	179,5
645	135,1	785	158,5	925	180,3
650	136,0	790	159,3	930	181,0
655	136,9	795	160,1	935	181,8
660	137,7	800	160,9	940	182,5
665	138,6	805	161,7	945	183,3
670	139,4	810	162,5	950	184,0
675	140,3	815	163,3	955	184,7
680	141,1	820	164,1	960	185,5
685	142,0	825	164,9	965	186,2

Tab. A 104: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Rotklee in Höhe von 970 bis 1385 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 970 - 1105 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1110 - 1245 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 1250 - 1385 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
970	187,0	1110	206,8	1250	225,4
975	187,7	1115	207,5	1255	226,0
980	188,4	1120	208,2	1260	226,7
985	189,1	1125	208,9	1265	227,3
990	189,9	1130	209,5	1270	227,9
995	190,6	1135	210,2	1275	228,6
1000	191,3	1140	210,9	1280	229,2
1005	192,0	1145	211,6	1285	229,8
1010	192,8	1150	212,2	1290	230,5
1015	193,5	1155	212,9	1295	231,1
1020	194,2	1160	213,6	1300	231,7
1025	194,9	1165	214,3	1305	232,4
1030	195,6	1170	214,9	1310	233,0
1035	196,3	1175	215,6	1315	233,6
1040	197,1	1180	216,3	1320	234,2
1045	197,8	1185	216,9	1325	234,9
1050	198,5	1190	217,6	1330	235,5
1055	199,2	1195	218,2	1335	236,1
1060	199,9	1200	218,9	1340	236,7
1065	200,6	1205	219,6	1345	237,3
1070	201,3	1210	220,2	1350	237,9
1075	202,0	1215	220,9	1355	238,6
1080	202,7	1220	221,5	1360	239,2
1085	203,4	1225	222,2	1365	239,8
1090	204,1	1230	222,8	1370	240,4
1095	204,7	1235	223,5	1375	241,0
1100	205,4	1240	224,1	1380	241,6
1105	206,1	1245	224,7	1385	242,2

Tab. A 105: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Rotklee (Bestandekomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) im zweijährigen Anbau. Schnittgut- Frischmasse-Ertrag des Rotklee in Höhe von 1390 bis 1820 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 1390 - 1530 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 1535 - 1675 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 1680 - 1820 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
1390	242,8	1535	259,7	1680	275,6
1395	243,4	1540	260,3	1685	276,2
1400	244,0	1545	260,9	1690	276,7
1405	244,6	1550	261,4	1695	277,2
1410	245,2	1555	262,0	1700	277,8
1415	245,8	1560	262,5	1705	278,3
1420	246,4	1565	263,1	1710	278,8
1425	247,0	1570	263,7	1715	279,3
1430	247,6	1575	264,2	1720	279,9
1435	248,2	1580	264,8	1725	280,4
1440	248,8	1585	265,3	1730	280,9
1445	249,4	1590	265,9	1735	281,4
1450	249,9	1595	266,4	1740	281,9
1455	250,5	1600	267,0	1745	282,5
1460	251,1	1605	267,5	1750	283,0
1465	251,7	1610	268,1	1755	283,5
1470	252,3	1615	268,6	1760	284,0
1475	252,9	1620	269,2	1765	284,5
1480	253,4	1625	269,7	1770	285,0
1485	254,0	1630	270,3	1775	285,5
1490	254,6	1635	270,8	1780	286,0
1495	255,2	1640	271,3	1785	286,6
1500	255,7	1645	271,9	1790	287,1
1505	256,3	1650	272,4	1795	287,6
1510	256,9	1655	273,0	1800	288,1
1515	257,5	1660	273,5	1805	288,6
1520	258,0	1665	274,0	1810	289,1
1525	258,6	1670	274,6	1815	289,6
1530	259,2	1675	275,1	1820	290,1

Tab. A 106: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Wiesenschwingel (Bestandeskomponente im Gemenge mit Rotklee) im zweijährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Wiesenschwingels in Höhe von 100 bis 470 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 100 - 220 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 225 - 345 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 350 - 470 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
100	24,4	225	55,1	350	85,7
105	25,7	230	56,3	355	87,0
110	26,9	235	57,5	360	88,2
115	28,1	240	58,8	365	89,4
120	29,3	245	60,0	370	90,6
125	30,6	250	61,2	375	91,9
130	31,8	255	62,4	380	93,1
135	33,0	260	63,7	385	94,3
140	34,2	265	64,9	390	95,5
145	35,5	270	66,1	395	96,8
150	36,7	275	67,4	400	98,0
155	37,9	280	68,6	405	99,2
160	39,2	285	69,8	410	100,5
165	40,4	290	71,0	415	101,7
170	41,6	295	72,3	420	102,9
175	42,8	300	73,5	425	104,1
180	44,1	305	74,7	430	105,4
185	45,3	310	75,9	435	106,6
190	46,5	315	77,2	440	107,8
195	47,7	320	78,4	445	109,0
200	49,0	325	79,6	450	110,3
205	50,2	330	80,8	455	111,5
210	51,4	335	82,1	460	112,7
215	52,6	340	83,3	465	113,9
220	53,9	345	84,5	470	115,2



Tab. A 107: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages des Rotklee (Bestandskomponente im Gemenge mit Wiesenschwingel) in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren

A.) 35 - 122,5 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 125 - 210 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 212,5 - 297,5 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
35	101,2	125	338,2	212,5	568,6
37,5	107,7	127,5	344,8	215	575,2
40	114,3	130	351,4	217,5	581,8
42,5	120,9	132,5	357,9	220	588,4
45	127,5	135	364,5	222,5	595,0
47,5	134,1	137,5	371,1	225	601,6
50	140,7	140	377,7	227,5	608,1
52,5	147,3	142,5	384,3	230	614,7
55	153,8	145	390,9	232,5	621,3
57,5	160,4	147,5	397,5	235	627,9
60	167,0	150	404,0	237,5	634,5
62,5	173,6	152,5	410,6	240	641,1
65	180,2	155	417,2	242,5	647,7
67,5	186,8	157,5	423,8	245	654,2
70	193,3	160	430,4	247,5	660,8
72,5	199,9	162,5	437,0	250	667,4
75	206,5	165	443,5	252,5	674,0
77,5	213,1	167,5	450,1	255	680,6
80	219,7	170	456,7	257,5	687,2
82,5	226,3	172,5	463,3	260	693,7
85	232,8	175	469,9	262,5	700,3
87,5	239,4	177,5	476,5	265	706,9
90	246,0	180	483,0	267,5	713,5
92,5	252,6	182,5	489,6	270	720,1
95	259,2	185	496,2	272,5	726,7
97,5	265,8	187,5	502,8	275	733,3
100	272,4	190	509,4	277,5	739,8
102,5	278,9	192,5	516,0	280	746,4
105	285,5	195	522,6	282,5	753,0
107,5	292,1	197,5	529,1	285	759,6
110	298,7	200	535,7	287,5	766,2
112,5	305,3	202,5	542,3	290	772,8
115	311,9	205	548,9	292,5	779,3
117,5	318,4	207,5	555,5	295	785,9
120	325,0	210	562,1	297,5	792,5
122,5	331,6				

Tab. A 108: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages des Wiesenschwingsels (Bestandeskomponente im Gemenge mit Rotklee) in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren

A.) 15 - 95 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 97,5 - 177,5 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-TM in der Summe aus zwei HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
20	43,4	67,5	121,6
22,5	47,5	70	125,7
25	51,6	72,5	129,8
27,5	55,7	75	133,9
30	59,9	77,5	138,0
32,5	64,0	80	142,1
35	68,1	82,5	146,3
37,5	72,2	85	150,4
40	76,3	87,5	154,5
42,5	80,4	90	158,6
45	84,5	92,5	162,7
47,5	88,7	95	166,8
50	92,8	97,5	170,9
52,5	96,9	100	175,1
55	101,0	102,5	179,2
57,5	105,1	105	183,3
60	109,2	107,5	187,4
62,5	113,3	110	191,5
65	117,5		

Tab. A 109: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 270 bis 375 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 220 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
270	193,7	176,6	159,5	142,4	125,3	108,2	91,1	74,0	56,9	39,8	22,7	5,6	-11,5
272,5	196,4	179,3	162,2	145,1	128,0	110,9	93,8	76,7	59,6	42,5	25,4	8,3	-8,8
275	199,1	182,0	164,9	147,8	130,7	113,6	96,5	79,4	62,3	45,2	28,1	11,0	-6,1
277,5	201,7	184,6	167,5	150,4	133,3	116,2	99,1	82,0	64,9	47,8	30,7	13,6	-3,5
280	204,4	187,3	170,2	153,1	136,0	118,9	101,8	84,7	67,6	50,5	33,4	16,3	-0,8
282,5	207,0	189,9	172,8	155,7	138,6	121,5	104,4	87,3	70,2	53,1	36,0	18,9	1,8
285	209,7	192,6	175,5	158,4	141,3	124,2	107,1	90,0	72,9	55,8	38,7	21,6	4,5
287,5	212,3	195,2	178,1	161,0	143,9	126,8	109,7	92,6	75,5	58,4	41,3	24,2	7,1
290	215,0	197,9	180,8	163,7	146,6	129,5	112,4	95,3	78,2	61,1	44,0	26,9	9,8
292,5	217,6	200,5	183,4	166,3	149,2	132,1	115,0	97,9	80,8	63,7	46,6	29,5	12,4
295	220,2	203,1	186,0	168,9	151,8	134,7	117,6	100,5	83,4	66,3	49,2	32,1	15,0
297,5	222,8	205,7	188,6	171,5	154,4	137,3	120,2	103,1	86,0	68,9	51,8	34,7	17,6
300	225,4	208,3	191,2	174,1	157,0	139,9	122,8	105,7	88,6	71,5	54,4	37,3	20,2
302,5	228,0	210,9	193,8	176,7	159,6	142,5	125,4	108,3	91,2	74,1	57,0	39,9	22,8
305	230,6	213,5	196,4	179,3	162,2	145,1	128,0	110,9	93,8	76,7	59,6	42,5	25,4
307,5	233,2	216,1	199,0	181,9	164,8	147,7	130,6	113,5	96,4	79,3	62,2	45,1	28,0
310	235,8	218,7	201,6	184,5	167,4	150,3	133,2	116,1	99,0	81,9	64,8	47,7	30,6
312,5	238,3	221,2	204,1	187,0	169,9	152,8	135,7	118,6	101,5	84,4	67,3	50,2	33,1
315	240,9	223,8	206,7	189,6	172,5	155,4	138,3	121,2	104,1	87,0	69,9	52,8	35,7
317,5	243,4	226,3	209,2	192,1	175,0	157,9	140,8	123,7	106,6	89,5	72,4	55,3	38,2
320	246,0	228,9	211,8	194,7	177,6	160,5	143,4	126,3	109,2	92,1	75,0	57,9	40,8
322,5	248,5	231,4	214,3	197,2	180,1	163,0	145,9	128,8	111,7	94,6	77,5	60,4	43,3
325	251,1	234,0	216,9	199,8	182,7	165,6	148,5	131,4	114,3	97,2	80,1	63,0	45,9
327,5	253,6	236,5	219,4	202,3	185,2	168,1	151,0	133,9	116,8	99,7	82,6	65,5	48,4
330	256,1	239,0	221,9	204,8	187,7	170,6	153,5	136,4	119,3	102,2	85,1	68,0	50,9
332,5	258,6	241,5	224,4	207,3	190,2	173,1	156,0	138,9	121,8	104,7	87,6	70,5	53,4
335	261,2	244,1	227,0	209,9	192,8	175,7	158,6	141,5	124,4	107,3	90,2	73,1	56,0
337,5	263,7	246,6	229,5	212,4	195,3	178,2	161,1	144,0	126,9	109,8	92,7	75,6	58,5
340	266,2	249,1	232,0	214,9	197,8	180,7	163,6	146,5	129,4	112,3	95,2	78,1	61,0
342,5	268,7	251,6	234,5	217,4	200,3	183,2	166,1	149,0	131,9	114,8	97,7	80,6	63,5
345	271,1	254,0	236,9	219,8	202,7	185,6	168,5	151,4	134,3	117,2	100,1	83,0	65,9
347,5	273,6	256,5	239,4	222,3	205,2	188,1	171,0	153,9	136,8	119,7	102,6	85,5	68,4
350	276,1	259,0	241,9	224,8	207,7	190,6	173,5	156,4	139,3	122,2	105,1	88,0	70,9
352,5	278,6	261,5	244,4	227,3	210,2	193,1	176,0	158,9	141,8	124,7	107,6	90,5	73,4
355	281,0	263,9	246,8	229,7	212,6	195,5	178,4	161,3	144,2	127,1	110,0	92,9	75,8
357,5	283,5	266,4	249,3	232,2	215,1	198,0	180,9	163,8	146,7	129,6	112,5	95,4	78,3
360	285,9	268,8	251,7	234,6	217,5	200,4	183,3	166,2	149,1	132,0	114,9	97,8	80,7
362,5	288,4	271,3	254,2	237,1	220,0	202,9	185,8	168,7	151,6	134,5	117,4	100,3	83,2
365	290,8	273,7	256,6	239,5	222,4	205,3	188,2	171,1	154,0	136,9	119,8	102,7	85,6
367,5	293,2	276,1	259,0	241,9	224,8	207,7	190,6	173,5	156,4	139,3	122,2	105,1	88,0
370	295,6	278,5	261,4	244,3	227,2	210,1	193,0	175,9	158,8	141,7	124,6	107,5	90,4
372,5	298,1	281,0	263,9	246,8	229,7	212,6	195,5	178,4	161,3	144,2	127,1	110,0	92,9
375	300,5	283,4	266,3	249,2	232,1	215,0	197,9	180,8	163,7	146,6	129,5	112,4	95,3

Tab. A 110: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 270 bis 375 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 230 bis 350 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
270	-28,6	-45,7	-62,8	-79,9	-97,0	-114,1	-131,2	-148,3	-165,4	-182,5	-199,6	-216,7	-233,8
272,5	-25,9	-43,0	-60,1	-77,2	-94,3	-111,4	-128,5	-145,6	-162,7	-179,8	-196,9	-214,0	-231,1
275	-23,2	-40,3	-57,4	-74,5	-91,6	-108,7	-125,8	-142,9	-160,0	-177,1	-194,2	-211,3	-228,4
277,5	-20,6	-37,7	-54,8	-71,9	-89,0	-106,1	-123,2	-140,3	-157,4	-174,5	-191,6	-208,7	-225,8
280	-17,9	-35,0	-52,1	-69,2	-86,3	-103,4	-120,5	-137,6	-154,7	-171,8	-188,9	-206,0	-223,1
282,5	-15,3	-32,4	-49,5	-66,6	-83,7	-100,8	-117,9	-135,0	-152,1	-169,2	-186,3	-203,4	-220,5
285	-12,6	-29,7	-46,8	-63,9	-81,0	-98,1	-115,2	-132,3	-149,4	-166,5	-183,6	-200,7	-217,8
287,5	-10,0	-27,1	-44,2	-61,3	-78,4	-95,5	-112,6	-129,7	-146,8	-163,9	-181,0	-198,1	-215,2
290	-7,3	-24,4	-41,5	-58,6	-75,7	-92,8	-109,9	-127,0	-144,1	-161,2	-178,3	-195,4	-212,5
292,5	-4,7	-21,8	-38,9	-56,0	-73,1	-90,2	-107,3	-124,4	-141,5	-158,6	-175,7	-192,8	-209,9
295	-2,1	-19,2	-36,3	-53,4	-70,5	-87,6	-104,7	-121,8	-138,9	-156,0	-173,1	-190,2	-207,3
297,5	0,5	-16,6	-33,7	-50,8	-67,9	-85,0	-102,1	-119,2	-136,3	-153,4	-170,5	-187,6	-204,7
300	3,1	-14,0	-31,1	-48,2	-65,3	-82,4	-99,5	-116,6	-133,7	-150,8	-167,9	-185,0	-202,1
302,5	5,7	-11,4	-28,5	-45,6	-62,7	-79,8	-96,9	-114,0	-131,1	-148,2	-165,3	-182,4	-199,5
305	8,3	-8,8	-25,9	-43,0	-60,1	-77,2	-94,3	-111,4	-128,5	-145,6	-162,7	-179,8	-196,9
307,5	10,9	-6,2	-23,3	-40,4	-57,5	-74,6	-91,7	-108,8	-125,9	-143,0	-160,1	-177,2	-194,3
310	13,5	-3,6	-20,7	-37,8	-54,9	-72,0	-89,1	-106,2	-123,3	-140,4	-157,5	-174,6	-191,7
312,5	16,0	-1,1	-18,2	-35,3	-52,4	-69,5	-86,6	-103,7	-120,8	-137,9	-155,0	-172,1	-189,2
315	18,6	1,5	-15,6	-32,7	-49,8	-66,9	-84,0	-101,1	-118,2	-135,3	-152,4	-169,5	-186,6
317,5	21,1	4,0	-13,1	-30,2	-47,3	-64,4	-81,5	-98,6	-115,7	-132,8	-149,9	-167,0	-184,1
320	23,7	6,6	-10,5	-27,6	-44,7	-61,8	-78,9	-96,0	-113,1	-130,2	-147,3	-164,4	-181,5
322,5	26,2	9,1	-8,0	-25,1	-42,2	-59,3	-76,4	-93,5	-110,6	-127,7	-144,8	-161,9	-179,0
325	28,8	11,7	-5,4	-22,5	-39,6	-56,7	-73,8	-90,9	-108,0	-125,1	-142,2	-159,3	-176,4
327,5	31,3	14,2	-2,9	-20,0	-37,1	-54,2	-71,3	-88,4	-105,5	-122,6	-139,7	-156,8	-173,9
330	33,8	16,7	-0,4	-17,5	-34,6	-51,7	-68,8	-85,9	-103,0	-120,1	-137,2	-154,3	-171,4
332,5	36,3	19,2	2,1	-15,0	-32,1	-49,2	-66,3	-83,4	-100,5	-117,6	-134,7	-151,8	-168,9
335	38,9	21,8	4,7	-12,4	-29,5	-46,6	-63,7	-80,8	-97,9	-115,0	-132,1	-149,2	-166,3
337,5	41,4	24,3	7,2	-9,9	-27,0	-44,1	-61,2	-78,3	-95,4	-112,5	-129,6	-146,7	-163,8
340	43,9	26,8	9,7	-7,4	-24,5	-41,6	-58,7	-75,8	-92,9	-110,0	-127,1	-144,2	-161,3
342,5	46,4	29,3	12,2	-4,9	-22,0	-39,1	-56,2	-73,3	-90,4	-107,5	-124,6	-141,7	-158,8
345	48,8	31,7	14,6	-2,5	-19,6	-36,7	-53,8	-70,9	-88,0	-105,1	-122,2	-139,3	-156,4
347,5	51,3	34,2	17,1	0,0	-17,1	-34,2	-51,3	-68,4	-85,5	-102,6	-119,7	-136,8	-153,9
350	53,8	36,7	19,6	2,5	-14,6	-31,7	-48,8	-65,9	-83,0	-100,1	-117,2	-134,3	-151,4
352,5	56,3	39,2	22,1	5,0	-12,1	-29,2	-46,3	-63,4	-80,5	-97,6	-114,7	-131,8	-148,9
355	58,7	41,6	24,5	7,4	-9,7	-26,8	-43,9	-61,0	-78,1	-95,2	-112,3	-129,4	-146,5
357,5	61,2	44,1	27,0	9,9	-7,2	-24,3	-41,4	-58,5	-75,6	-92,7	-109,8	-126,9	-144,0
360	63,6	46,5	29,4	12,3	-4,8	-21,9	-39,0	-56,1	-73,2	-90,3	-107,4	-124,5	-141,6
362,5	66,1	49,0	31,9	14,8	-2,3	-19,4	-36,5	-53,6	-70,7	-87,8	-104,9	-122,0	-139,1
365	68,5	51,4	34,3	17,2	0,1	-17,0	-34,1	-51,2	-68,3	-85,4	-102,5	-119,6	-136,7
367,5	70,9	53,8	36,7	19,6	2,5	-14,6	-31,7	-48,8	-65,9	-83,0	-100,1	-117,2	-134,3
370	73,3	56,2	39,1	22,0	4,9	-12,2	-29,3	-46,4	-63,5	-80,6	-97,7	-114,8	-131,9
372,5	75,8	58,7	41,6	24,5	7,4	-9,7	-26,8	-43,9	-61,0	-78,1	-95,2	-112,3	-129,4
375	78,2	61,1	44,0	26,9	9,8	-7,3	-24,4	-41,5	-58,6	-75,7	-92,8	-109,9	-127,0

Tab. A 111: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 377,5 bis 482,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 220 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
377,5	302,9	285,8	268,7	251,6	234,5	217,4	200,3	183,2	166,1	149,0	131,9	114,8	97,7
380	305,3	288,2	271,1	254,0	236,9	219,8	202,7	185,6	168,5	151,4	134,3	117,2	100,1
382,5	307,7	290,6	273,5	256,4	239,3	222,2	205,1	188,0	170,9	153,8	136,7	119,6	102,5
385	310,1	293,0	275,9	258,8	241,7	224,6	207,5	190,4	173,3	156,2	139,1	122,0	104,9
387,5	312,4	295,3	278,2	261,1	244,0	226,9	209,8	192,7	175,6	158,5	141,4	124,3	107,2
390	314,8	297,7	280,6	263,5	246,4	229,3	212,2	195,1	178,0	160,9	143,8	126,7	109,6
392,5	317,2	300,1	283,0	265,9	248,8	231,7	214,6	197,5	180,4	163,3	146,2	129,1	112,0
395	319,5	302,4	285,3	268,2	251,1	234,0	216,9	199,8	182,7	165,6	148,5	131,4	114,3
397,5	321,9	304,8	287,7	270,6	253,5	236,4	219,3	202,2	185,1	168,0	150,9	133,8	116,7
400	324,2	307,1	290,0	272,9	255,8	238,7	221,6	204,5	187,4	170,3	153,2	136,1	119,0
402,5	326,6	309,5	292,4	275,3	258,2	241,1	224,0	206,9	189,8	172,7	155,6	138,5	121,4
405	328,9	311,8	294,7	277,6	260,5	243,4	226,3	209,2	192,1	175,0	157,9	140,8	123,7
407,5	331,2	314,1	297,0	279,9	262,8	245,7	228,6	211,5	194,4	177,3	160,2	143,1	126,0
410	333,6	316,5	299,4	282,3	265,2	248,1	231,0	213,9	196,8	179,7	162,6	145,5	128,4
412,5	335,9	318,8	301,7	284,6	267,5	250,4	233,3	216,2	199,1	182,0	164,9	147,8	130,7
415	338,2	321,1	304,0	286,9	269,8	252,7	235,6	218,5	201,4	184,3	167,2	150,1	133,0
417,5	340,5	323,4	306,3	289,2	272,1	255,0	237,9	220,8	203,7	186,6	169,5	152,4	135,3
420	342,8	325,7	308,6	291,5	274,4	257,3	240,2	223,1	206,0	188,9	171,8	154,7	137,6
422,5	345,1	328,0	310,9	293,8	276,7	259,6	242,5	225,4	208,3	191,2	174,1	157,0	139,9
425	347,4	330,3	313,2	296,1	279,0	261,9	244,8	227,7	210,6	193,5	176,4	159,3	142,2
427,5	349,7	332,6	315,5	298,4	281,3	264,2	247,1	230,0	212,9	195,8	178,7	161,6	144,5
430	351,9	334,8	317,7	300,6	283,5	266,4	249,3	232,2	215,1	198,0	180,9	163,8	146,7
432,5	354,2	337,1	320,0	302,9	285,8	268,7	251,6	234,5	217,4	200,3	183,2	166,1	149,0
435	356,5	339,4	322,3	305,2	288,1	271,0	253,9	236,8	219,7	202,6	185,5	168,4	151,3
437,5	358,7	341,6	324,5	307,4	290,3	273,2	256,1	239,0	221,9	204,8	187,7	170,6	153,5
440	361,0	343,9	326,8	309,7	292,6	275,5	258,4	241,3	224,2	207,1	190,0	172,9	155,8
442,5	363,2	346,1	329,0	311,9	294,8	277,7	260,6	243,5	226,4	209,3	192,2	175,1	158,0
445	365,5	348,4	331,3	314,2	297,1	280,0	262,9	245,8	228,7	211,6	194,5	177,4	160,3
447,5	367,7	350,6	333,5	316,4	299,3	282,2	265,1	248,0	230,9	213,8	196,7	179,6	162,5
450	369,9	352,8	335,7	318,6	301,5	284,4	267,3	250,2	233,1	216,0	198,9	181,8	164,7
452,5	372,2	355,1	338,0	320,9	303,8	286,7	269,6	252,5	235,4	218,3	201,2	184,1	167,0
455	374,4	357,3	340,2	323,1	306,0	288,9	271,8	254,7	237,6	220,5	203,4	186,3	169,2
457,5	376,6	359,5	342,4	325,3	308,2	291,1	274,0	256,9	239,8	222,7	205,6	188,5	171,4
460	378,8	361,7	344,6	327,5	310,4	293,3	276,2	259,1	242,0	224,9	207,8	190,7	173,6
462,5	381,0	363,9	346,8	329,7	312,6	295,5	278,4	261,3	244,2	227,1	210,0	192,9	175,8
465	383,2	366,1	349,0	331,9	314,8	297,7	280,6	263,5	246,4	229,3	212,2	195,1	178,0
467,5	385,4	368,3	351,2	334,1	317,0	299,9	282,8	265,7	248,6	231,5	214,4	197,3	180,2
470	387,6	370,5	353,4	336,3	319,2	302,1	285,0	267,9	250,8	233,7	216,6	199,5	182,4
472,5	389,7	372,6	355,5	338,4	321,3	304,2	287,1	270,0	252,9	235,8	218,7	201,6	184,5
475	391,9	374,8	357,7	340,6	323,5	306,4	289,3	272,2	255,1	238,0	220,9	203,8	186,7
477,5	394,1	377,0	359,9	342,8	325,7	308,6	291,5	274,4	257,3	240,2	223,1	206,0	188,9
480	396,2	379,1	362,0	344,9	327,8	310,7	293,6	276,5	259,4	242,3	225,2	208,1	191,0
482,5	398,4	381,3	364,2	347,1	330,0	312,9	295,8	278,7	261,6	244,5	227,4	210,3	193,2

Tab. A 112: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 377,5 bis 482,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 230 bis 350 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
377,5	80,6	63,5	46,4	29,3	12,2	-4,9	-22,0	-39,1	-56,2	-73,3	-90,4	-107,5	-124,6
380	83,0	65,9	48,8	31,7	14,6	-2,5	-19,6	-36,7	-53,8	-70,9	-88,0	-105,1	-122,2
382,5	85,4	68,3	51,2	34,1	17,0	-0,1	-17,2	-34,3	-51,4	-68,5	-85,6	-102,7	-119,8
385	87,8	70,7	53,6	36,5	19,4	2,3	-14,8	-31,9	-49,0	-66,1	-83,2	-100,3	-117,4
387,5	90,1	73,0	55,9	38,8	21,7	4,6	-12,5	-29,6	-46,7	-63,8	-80,9	-98,0	-115,1
390	92,5	75,4	58,3	41,2	24,1	7,0	-10,1	-27,2	-44,3	-61,4	-78,5	-95,6	-112,7
392,5	94,9	77,8	60,7	43,6	26,5	9,4	-7,7	-24,8	-41,9	-59,0	-76,1	-93,2	-110,3
395	97,2	80,1	63,0	45,9	28,8	11,7	-5,4	-22,5	-39,6	-56,7	-73,8	-90,9	-108,0
397,5	99,6	82,5	65,4	48,3	31,2	14,1	-3,0	-20,1	-37,2	-54,3	-71,4	-88,5	-105,6
400	101,9	84,8	67,7	50,6	33,5	16,4	-0,7	-17,8	-34,9	-52,0	-69,1	-86,2	-103,3
402,5	104,3	87,2	70,1	53,0	35,9	18,8	1,7	-15,4	-32,5	-49,6	-66,7	-83,8	-100,9
405	106,6	89,5	72,4	55,3	38,2	21,1	4,0	-13,1	-30,2	-47,3	-64,4	-81,5	-98,6
407,5	108,9	91,8	74,7	57,6	40,5	23,4	6,3	-10,8	-27,9	-45,0	-62,1	-79,2	-96,3
410	111,3	94,2	77,1	60,0	42,9	25,8	8,7	-8,4	-25,5	-42,6	-59,7	-76,8	-93,9
412,5	113,6	96,5	79,4	62,3	45,2	28,1	11,0	-6,1	-23,2	-40,3	-57,4	-74,5	-91,6
415	115,9	98,8	81,7	64,6	47,5	30,4	13,3	-3,8	-20,9	-38,0	-55,1	-72,2	-89,3
417,5	118,2	101,1	84,0	66,9	49,8	32,7	15,6	-1,5	-18,6	-35,7	-52,8	-69,9	-87,0
420	120,5	103,4	86,3	69,2	52,1	35,0	17,9	0,8	-16,3	-33,4	-50,5	-67,6	-84,7
422,5	122,8	105,7	88,6	71,5	54,4	37,3	20,2	3,1	-14,0	-31,1	-48,2	-65,3	-82,4
425	125,1	108,0	90,9	73,8	56,7	39,6	22,5	5,4	-11,7	-28,8	-45,9	-63,0	-80,1
427,5	127,4	110,3	93,2	76,1	59,0	41,9	24,8	7,7	-9,4	-26,5	-43,6	-60,7	-77,8
430	129,6	112,5	95,4	78,3	61,2	44,1	27,0	9,9	-7,2	-24,3	-41,4	-58,5	-75,6
432,5	131,9	114,8	97,7	80,6	63,5	46,4	29,3	12,2	-4,9	-22,0	-39,1	-56,2	-73,3
435	134,2	117,1	100,0	82,9	65,8	48,7	31,6	14,5	-2,6	-19,7	-36,8	-53,9	-71,0
437,5	136,4	119,3	102,2	85,1	68,0	50,9	33,8	16,7	-0,4	-17,5	-34,6	-51,7	-68,8
440	138,7	121,6	104,5	87,4	70,3	53,2	36,1	19,0	1,9	-15,2	-32,3	-49,4	-66,5
442,5	140,9	123,8	106,7	89,6	72,5	55,4	38,3	21,2	4,1	-13,0	-30,1	-47,2	-64,3
445	143,2	126,1	109,0	91,9	74,8	57,7	40,6	23,5	6,4	-10,7	-27,8	-44,9	-62,0
447,5	145,4	128,3	111,2	94,1	77,0	59,9	42,8	25,7	8,6	-8,5	-25,6	-42,7	-59,8
450	147,6	130,5	113,4	96,3	79,2	62,1	45,0	27,9	10,8	-6,3	-23,4	-40,5	-57,6
452,5	149,9	132,8	115,7	98,6	81,5	64,4	47,3	30,2	13,1	-4,0	-21,1	-38,2	-55,3
455	152,1	135,0	117,9	100,8	83,7	66,6	49,5	32,4	15,3	-1,8	-18,9	-36,0	-53,1
457,5	154,3	137,2	120,1	103,0	85,9	68,8	51,7	34,6	17,5	0,4	-16,7	-33,8	-50,9
460	156,5	139,4	122,3	105,2	88,1	71,0	53,9	36,8	19,7	2,6	-14,5	-31,6	-48,7
462,5	158,7	141,6	124,5	107,4	90,3	73,2	56,1	39,0	21,9	4,8	-12,3	-29,4	-46,5
465	160,9	143,8	126,7	109,6	92,5	75,4	58,3	41,2	24,1	7,0	-10,1	-27,2	-44,3
467,5	163,1	146,0	128,9	111,8	94,7	77,6	60,5	43,4	26,3	9,2	-7,9	-25,0	-42,1
470	165,3	148,2	131,1	114,0	96,9	79,8	62,7	45,6	28,5	11,4	-5,7	-22,8	-39,9
472,5	167,4	150,3	133,2	116,1	99,0	81,9	64,8	47,7	30,6	13,5	-3,6	-20,7	-37,8
475	169,6	152,5	135,4	118,3	101,2	84,1	67,0	49,9	32,8	15,7	-1,4	-18,5	-35,6
477,5	171,8	154,7	137,6	120,5	103,4	86,3	69,2	52,1	35,0	17,9	0,8	-16,3	-33,4
480	173,9	156,8	139,7	122,6	105,5	88,4	71,3	54,2	37,1	20,0	2,9	-14,2	-31,3
482,5	176,1	159,0	141,9	124,8	107,7	90,6	73,5	56,4	39,3	22,2	5,1	-12,0	-29,1

Tab. A 113: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 485 bis 590 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 220 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
485	400,5	383,4	366,3	349,2	332,1	315,0	297,9	280,8	263,7	246,6	229,5	212,4	195,3
487,5	402,7	385,6	368,5	351,4	334,3	317,2	300,1	283,0	265,9	248,8	231,7	214,6	197,5
490	404,8	387,7	370,6	353,5	336,4	319,3	302,2	285,1	268,0	250,9	233,8	216,7	199,6
492,5	406,9	389,8	372,7	355,6	338,5	321,4	304,3	287,2	270,1	253,0	235,9	218,8	201,7
495	409,1	392,0	374,9	357,8	340,7	323,6	306,5	289,4	272,3	255,2	238,1	221,0	203,9
497,5	411,2	394,1	377,0	359,9	342,8	325,7	308,6	291,5	274,4	257,3	240,2	223,1	206,0
500	413,3	396,2	379,1	362,0	344,9	327,8	310,7	293,6	276,5	259,4	242,3	225,2	208,1
502,5	415,4	398,3	381,2	364,1	347,0	329,9	312,8	295,7	278,6	261,5	244,4	227,3	210,2
505	417,5	400,4	383,3	366,2	349,1	332,0	314,9	297,8	280,7	263,6	246,5	229,4	212,3
507,5	419,6	402,5	385,4	368,3	351,2	334,1	317,0	299,9	282,8	265,7	248,6	231,5	214,4
510	421,7	404,6	387,5	370,4	353,3	336,2	319,1	302,0	284,9	267,8	250,7	233,6	216,5
512,5	423,8	406,7	389,6	372,5	355,4	338,3	321,2	304,1	287,0	269,9	252,8	235,7	218,6
515	425,8	408,7	391,6	374,5	357,4	340,3	323,2	306,1	289,0	271,9	254,8	237,7	220,6
517,5	427,9	410,8	393,7	376,6	359,5	342,4	325,3	308,2	291,1	274,0	256,9	239,8	222,7
520	430,0	412,9	395,8	378,7	361,6	344,5	327,4	310,3	293,2	276,1	259,0	241,9	224,8
522,5	432,1	415,0	397,9	380,8	363,7	346,6	329,5	312,4	295,3	278,2	261,1	244,0	226,9
525	434,1	417,0	399,9	382,8	365,7	348,6	331,5	314,4	297,3	280,2	263,1	246,0	228,9
527,5	436,2	419,1	402,0	384,9	367,8	350,7	333,6	316,5	299,4	282,3	265,2	248,1	231,0
530	438,2	421,1	404,0	386,9	369,8	352,7	335,6	318,5	301,4	284,3	267,2	250,1	233,0
532,5	440,2	423,1	406,0	388,9	371,8	354,7	337,6	320,5	303,4	286,3	269,2	252,1	235,0
535	442,3	425,2	408,1	391,0	373,9	356,8	339,7	322,6	305,5	288,4	271,3	254,2	237,1
537,5	444,3	427,2	410,1	393,0	375,9	358,8	341,7	324,6	307,5	290,4	273,3	256,2	239,1
540	446,3	429,2	412,1	395,0	377,9	360,8	343,7	326,6	309,5	292,4	275,3	258,2	241,1
542,5	448,3	431,2	414,1	397,0	379,9	362,8	345,7	328,6	311,5	294,4	277,3	260,2	243,1
545	450,4	433,3	416,2	399,1	382,0	364,9	347,8	330,7	313,6	296,5	279,4	262,3	245,2
547,5	452,4	435,3	418,2	401,1	384,0	366,9	349,8	332,7	315,6	298,5	281,4	264,3	247,2
550	454,4	437,3	420,2	403,1	386,0	368,9	351,8	334,7	317,6	300,5	283,4	266,3	249,2
552,5	456,4	439,3	422,2	405,1	388,0	370,9	353,8	336,7	319,6	302,5	285,4	268,3	251,2
555	458,4	441,3	424,2	407,1	390,0	372,9	355,8	338,7	321,6	304,5	287,4	270,3	253,2
557,5	460,3	443,2	426,1	409,0	391,9	374,8	357,7	340,6	323,5	306,4	289,3	272,2	255,1
560	462,3	445,2	428,1	411,0	393,9	376,8	359,7	342,6	325,5	308,4	291,3	274,2	257,1
562,5	464,3	447,2	430,1	413,0	395,9	378,8	361,7	344,6	327,5	310,4	293,3	276,2	259,1
565	466,3	449,2	432,1	415,0	397,9	380,8	363,7	346,6	329,5	312,4	295,3	278,2	261,1
567,5	468,2	451,1	434,0	416,9	399,8	382,7	365,6	348,5	331,4	314,3	297,2	280,1	263,0
570	470,2	453,1	436,0	418,9	401,8	384,7	367,6	350,5	333,4	316,3	299,2	282,1	265,0
572,5	472,1	455,0	437,9	420,8	403,7	386,6	369,5	352,4	335,3	318,2	301,1	284,0	266,9
575	474,1	457,0	439,9	422,8	405,7	388,6	371,5	354,4	337,3	320,2	303,1	286,0	268,9
577,5	476,0	458,9	441,8	424,7	407,6	390,5	373,4	356,3	339,2	322,1	305,0	287,9	270,8
580	478,0	460,9	443,8	426,7	409,6	392,5	375,4	358,3	341,2	324,1	307,0	289,9	272,8
582,5	479,9	462,8	445,7	428,6	411,5	394,4	377,3	360,2	343,1	326,0	308,9	291,8	274,7
585	481,8	464,7	447,6	430,5	413,4	396,3	379,2	362,1	345,0	327,9	310,8	293,7	276,6
587,5	483,7	466,6	449,5	432,4	415,3	398,2	381,1	364,0	346,9	329,8	312,7	295,6	278,5
590	485,7	468,6	451,5	434,4	417,3	400,2	383,1	366,0	348,9	331,8	314,7	297,6	280,5

Tab. A 114: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 485 bis 590 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 230 bis 350 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
485	178,2	161,1	144,0	126,9	109,8	92,7	75,6	58,5	41,4	24,3	7,2	-9,9	-27,0
487,5	180,4	163,3	146,2	129,1	112,0	94,9	77,8	60,7	43,6	26,5	9,4	-7,7	-24,8
490	182,5	165,4	148,3	131,2	114,1	97,0	79,9	62,8	45,7	28,6	11,5	-5,6	-22,7
492,5	184,6	167,5	150,4	133,3	116,2	99,1	82,0	64,9	47,8	30,7	13,6	-3,5	-20,6
495	186,8	169,7	152,6	135,5	118,4	101,3	84,2	67,1	50,0	32,9	15,8	-1,3	-18,4
497,5	188,9	171,8	154,7	137,6	120,5	103,4	86,3	69,2	52,1	35,0	17,9	0,8	-16,3
500	191,0	173,9	156,8	139,7	122,6	105,5	88,4	71,3	54,2	37,1	20,0	2,9	-14,2
502,5	193,1	176,0	158,9	141,8	124,7	107,6	90,5	73,4	56,3	39,2	22,1	5,0	-12,1
505	195,2	178,1	161,0	143,9	126,8	109,7	92,6	75,5	58,4	41,3	24,2	7,1	-10,0
507,5	197,3	180,2	163,1	146,0	128,9	111,8	94,7	77,6	60,5	43,4	26,3	9,2	-7,9
510	199,4	182,3	165,2	148,1	131,0	113,9	96,8	79,7	62,6	45,5	28,4	11,3	-5,8
512,5	201,5	184,4	167,3	150,2	133,1	116,0	98,9	81,8	64,7	47,6	30,5	13,4	-3,7
515	203,5	186,4	169,3	152,2	135,1	118,0	100,9	83,8	66,7	49,6	32,5	15,4	-1,7
517,5	205,6	188,5	171,4	154,3	137,2	120,1	103,0	85,9	68,8	51,7	34,6	17,5	0,4
520	207,7	190,6	173,5	156,4	139,3	122,2	105,1	88,0	70,9	53,8	36,7	19,6	2,5
522,5	209,8	192,7	175,6	158,5	141,4	124,3	107,2	90,1	73,0	55,9	38,8	21,7	4,6
525	211,8	194,7	177,6	160,5	143,4	126,3	109,2	92,1	75,0	57,9	40,8	23,7	6,6
527,5	213,9	196,8	179,7	162,6	145,5	128,4	111,3	94,2	77,1	60,0	42,9	25,8	8,7
530	215,9	198,8	181,7	164,6	147,5	130,4	113,3	96,2	79,1	62,0	44,9	27,8	10,7
532,5	217,9	200,8	183,7	166,6	149,5	132,4	115,3	98,2	81,1	64,0	46,9	29,8	12,7
535	220,0	202,9	185,8	168,7	151,6	134,5	117,4	100,3	83,2	66,1	49,0	31,9	14,8
537,5	222,0	204,9	187,8	170,7	153,6	136,5	119,4	102,3	85,2	68,1	51,0	33,9	16,8
540	224,0	206,9	189,8	172,7	155,6	138,5	121,4	104,3	87,2	70,1	53,0	35,9	18,8
542,5	226,0	208,9	191,8	174,7	157,6	140,5	123,4	106,3	89,2	72,1	55,0	37,9	20,8
545	228,1	211,0	193,9	176,8	159,7	142,6	125,5	108,4	91,3	74,2	57,1	40,0	22,9
547,5	230,1	213,0	195,9	178,8	161,7	144,6	127,5	110,4	93,3	76,2	59,1	42,0	24,9
550	232,1	215,0	197,9	180,8	163,7	146,6	129,5	112,4	95,3	78,2	61,1	44,0	26,9
552,5	234,1	217,0	199,9	182,8	165,7	148,6	131,5	114,4	97,3	80,2	63,1	46,0	28,9
555	236,1	219,0	201,9	184,8	167,7	150,6	133,5	116,4	99,3	82,2	65,1	48,0	30,9
557,5	238,0	220,9	203,8	186,7	169,6	152,5	135,4	118,3	101,2	84,1	67,0	49,9	32,8
560	240,0	222,9	205,8	188,7	171,6	154,5	137,4	120,3	103,2	86,1	69,0	51,9	34,8
562,5	242,0	224,9	207,8	190,7	173,6	156,5	139,4	122,3	105,2	88,1	71,0	53,9	36,8
565	244,0	226,9	209,8	192,7	175,6	158,5	141,4	124,3	107,2	90,1	73,0	55,9	38,8
567,5	245,9	228,8	211,7	194,6	177,5	160,4	143,3	126,2	109,1	92,0	74,9	57,8	40,7
570	247,9	230,8	213,7	196,6	179,5	162,4	145,3	128,2	111,1	94,0	76,9	59,8	42,7
572,5	249,8	232,7	215,6	198,5	181,4	164,3	147,2	130,1	113,0	95,9	78,8	61,7	44,6
575	251,8	234,7	217,6	200,5	183,4	166,3	149,2	132,1	115,0	97,9	80,8	63,7	46,6
577,5	253,7	236,6	219,5	202,4	185,3	168,2	151,1	134,0	116,9	99,8	82,7	65,6	48,5
580	255,7	238,6	221,5	204,4	187,3	170,2	153,1	136,0	118,9	101,8	84,7	67,6	50,5
582,5	257,6	240,5	223,4	206,3	189,2	172,1	155,0	137,9	120,8	103,7	86,6	69,5	52,4
585	259,5	242,4	225,3	208,2	191,1	174,0	156,9	139,8	122,7	105,6	88,5	71,4	54,3
587,5	261,4	244,3	227,2	210,1	193,0	175,9	158,8	141,7	124,6	107,5	90,4	73,3	56,2
590	263,4	246,3	229,2	212,1	195,0	177,9	160,8	143,7	126,6	109,5	92,4	75,3	58,2



Tab. A 115: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 592,5 bis 697,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 220 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
592,5	487,6	470,5	453,4	436,3	419,2	402,1	385,0	367,9	350,8	333,7	316,6	299,5	282,4
595	489,5	472,4	455,3	438,2	421,1	404,0	386,9	369,8	352,7	335,6	318,5	301,4	284,3
597,5	491,4	474,3	457,2	440,1	423,0	405,9	388,8	371,7	354,6	337,5	320,4	303,3	286,2
600	493,3	476,2	459,1	442,0	424,9	407,8	390,7	373,6	356,5	339,4	322,3	305,2	288,1
602,5	495,2	478,1	461,0	443,9	426,8	409,7	392,6	375,5	358,4	341,3	324,2	307,1	290,0
605	497,0	479,9	462,8	445,7	428,6	411,5	394,4	377,3	360,2	343,1	326,0	308,9	291,8
607,5	498,9	481,8	464,7	447,6	430,5	413,4	396,3	379,2	362,1	345,0	327,9	310,8	293,7
610	500,8	483,7	466,6	449,5	432,4	415,3	398,2	381,1	364,0	346,9	329,8	312,7	295,6
612,5	502,7	485,6	468,5	451,4	434,3	417,2	400,1	383,0	365,9	348,8	331,7	314,6	297,5
615	504,5	487,4	470,3	453,2	436,1	419,0	401,9	384,8	367,7	350,6	333,5	316,4	299,3
617,5	506,4	489,3	472,2	455,1	438,0	420,9	403,8	386,7	369,6	352,5	335,4	318,3	301,2
620	508,2	491,1	474,0	456,9	439,8	422,7	405,6	388,5	371,4	354,3	337,2	320,1	303,0
622,5	510,1	493,0	475,9	458,8	441,7	424,6	407,5	390,4	373,3	356,2	339,1	322,0	304,9
625	511,9	494,8	477,7	460,6	443,5	426,4	409,3	392,2	375,1	358,0	340,9	323,8	306,7
627,5	513,8	496,7	479,6	462,5	445,4	428,3	411,2	394,1	377,0	359,9	342,8	325,7	308,6
630	515,6	498,5	481,4	464,3	447,2	430,1	413,0	395,9	378,8	361,7	344,6	327,5	310,4
632,5	517,4	500,3	483,2	466,1	449,0	431,9	414,8	397,7	380,6	363,5	346,4	329,3	312,2
635	519,2	502,1	485,0	467,9	450,8	433,7	416,6	399,5	382,4	365,3	348,2	331,1	314,0
637,5	521,0	503,9	486,8	469,7	452,6	435,5	418,4	401,3	384,2	367,1	350,0	332,9	315,8
640	522,9	505,8	488,7	471,6	454,5	437,4	420,3	403,2	386,1	369,0	351,9	334,8	317,7
642,5	524,7	507,6	490,5	473,4	456,3	439,2	422,1	405,0	387,9	370,8	353,7	336,6	319,5
645	526,5	509,4	492,3	475,2	458,1	441,0	423,9	406,8	389,7	372,6	355,5	338,4	321,3
647,5	528,3	511,2	494,1	477,0	459,9	442,8	425,7	408,6	391,5	374,4	357,3	340,2	323,1
650	530,1	513,0	495,9	478,8	461,7	444,6	427,5	410,4	393,3	376,2	359,1	342,0	324,9
652,5	531,8	514,7	497,6	480,5	463,4	446,3	429,2	412,1	395,0	377,9	360,8	343,7	326,6
655	533,6	516,5	499,4	482,3	465,2	448,1	431,0	413,9	396,8	379,7	362,6	345,5	328,4
657,5	535,4	518,3	501,2	484,1	467,0	449,9	432,8	415,7	398,6	381,5	364,4	347,3	330,2
660	537,2	520,1	503,0	485,9	468,8	451,7	434,6	417,5	400,4	383,3	366,2	349,1	332,0
662,5	538,9	521,8	504,7	487,6	470,5	453,4	436,3	419,2	402,1	385,0	367,9	350,8	333,7
665	540,7	523,6	506,5	489,4	472,3	455,2	438,1	421,0	403,9	386,8	369,7	352,6	335,5
667,5	542,4	525,3	508,2	491,1	474,0	456,9	439,8	422,7	405,6	388,5	371,4	354,3	337,2
670	544,2	527,1	510,0	492,9	475,8	458,7	441,6	424,5	407,4	390,3	373,2	356,1	339,0
672,5	545,9	528,8	511,7	494,6	477,5	460,4	443,3	426,2	409,1	392,0	374,9	357,8	340,7
675	547,7	530,6	513,5	496,4	479,3	462,2	445,1	428,0	410,9	393,8	376,7	359,6	342,5
677,5	549,4	532,3	515,2	498,1	481,0	463,9	446,8	429,7	412,6	395,5	378,4	361,3	344,2
680	551,1	534,0	516,9	499,8	482,7	465,6	448,5	431,4	414,3	397,2	380,1	363,0	345,9
682,5	552,9	535,8	518,7	501,6	484,5	467,4	450,3	433,2	416,1	399,0	381,9	364,8	347,7
685	554,6	537,5	520,4	503,3	486,2	469,1	452,0	434,9	417,8	400,7	383,6	366,5	349,4
687,5	556,3	539,2	522,1	505,0	487,9	470,8	453,7	436,6	419,5	402,4	385,3	368,2	351,1
690	558,0	540,9	523,8	506,7	489,6	472,5	455,4	438,3	421,2	404,1	387,0	369,9	352,8
692,5	559,7	542,6	525,5	508,4	491,3	474,2	457,1	440,0	422,9	405,8	388,7	371,6	354,5
695	561,4	544,3	527,2	510,1	493,0	475,9	458,8	441,7	424,6	407,5	390,4	373,3	356,2
697,5	563,1	546,0	528,9	511,8	494,7	477,6	460,5	443,4	426,3	409,2	392,1	375,0	357,9

Tab. A 116: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 592,5 bis 697,5 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 230 bis 350 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
592,5	265,3	248,2	231,1	214,0	196,9	179,8	162,7	145,6	128,5	111,4	94,3	77,2	60,1
595	267,2	250,1	233,0	215,9	198,8	181,7	164,6	147,5	130,4	113,3	96,2	79,1	62,0
597,5	269,1	252,0	234,9	217,8	200,7	183,6	166,5	149,4	132,3	115,2	98,1	81,0	63,9
600	271,0	253,9	236,8	219,7	202,6	185,5	168,4	151,3	134,2	117,1	100,0	82,9	65,8
602,5	272,9	255,8	238,7	221,6	204,5	187,4	170,3	153,2	136,1	119,0	101,9	84,8	67,7
605	274,7	257,6	240,5	223,4	206,3	189,2	172,1	155,0	137,9	120,8	103,7	86,6	69,5
607,5	276,6	259,5	242,4	225,3	208,2	191,1	174,0	156,9	139,8	122,7	105,6	88,5	71,4
610	278,5	261,4	244,3	227,2	210,1	193,0	175,9	158,8	141,7	124,6	107,5	90,4	73,3
612,5	280,4	263,3	246,2	229,1	212,0	194,9	177,8	160,7	143,6	126,5	109,4	92,3	75,2
615	282,2	265,1	248,0	230,9	213,8	196,7	179,6	162,5	145,4	128,3	111,2	94,1	77,0
617,5	284,1	267,0	249,9	232,8	215,7	198,6	181,5	164,4	147,3	130,2	113,1	96,0	78,9
620	285,9	268,8	251,7	234,6	217,5	200,4	183,3	166,2	149,1	132,0	114,9	97,8	80,7
622,5	287,8	270,7	253,6	236,5	219,4	202,3	185,2	168,1	151,0	133,9	116,8	99,7	82,6
625	289,6	272,5	255,4	238,3	221,2	204,1	187,0	169,9	152,8	135,7	118,6	101,5	84,4
627,5	291,5	274,4	257,3	240,2	223,1	206,0	188,9	171,8	154,7	137,6	120,5	103,4	86,3
630	293,3	276,2	259,1	242,0	224,9	207,8	190,7	173,6	156,5	139,4	122,3	105,2	88,1
632,5	295,1	278,0	260,9	243,8	226,7	209,6	192,5	175,4	158,3	141,2	124,1	107,0	89,9
635	296,9	279,8	262,7	245,6	228,5	211,4	194,3	177,2	160,1	143,0	125,9	108,8	91,7
637,5	298,7	281,6	264,5	247,4	230,3	213,2	196,1	179,0	161,9	144,8	127,7	110,6	93,5
640	300,6	283,5	266,4	249,3	232,2	215,1	198,0	180,9	163,8	146,7	129,6	112,5	95,4
642,5	302,4	285,3	268,2	251,1	234,0	216,9	199,8	182,7	165,6	148,5	131,4	114,3	97,2
645	304,2	287,1	270,0	252,9	235,8	218,7	201,6	184,5	167,4	150,3	133,2	116,1	99,0
647,5	306,0	288,9	271,8	254,7	237,6	220,5	203,4	186,3	169,2	152,1	135,0	117,9	100,8
650	307,8	290,7	273,6	256,5	239,4	222,3	205,2	188,1	171,0	153,9	136,8	119,7	102,6
652,5	309,5	292,4	275,3	258,2	241,1	224,0	206,9	189,8	172,7	155,6	138,5	121,4	104,3
655	311,3	294,2	277,1	260,0	242,9	225,8	208,7	191,6	174,5	157,4	140,3	123,2	106,1
657,5	313,1	296,0	278,9	261,8	244,7	227,6	210,5	193,4	176,3	159,2	142,1	125,0	107,9
660	314,9	297,8	280,7	263,6	246,5	229,4	212,3	195,2	178,1	161,0	143,9	126,8	109,7
662,5	316,6	299,5	282,4	265,3	248,2	231,1	214,0	196,9	179,8	162,7	145,6	128,5	111,4
665	318,4	301,3	284,2	267,1	250,0	232,9	215,8	198,7	181,6	164,5	147,4	130,3	113,2
667,5	320,1	303,0	285,9	268,8	251,7	234,6	217,5	200,4	183,3	166,2	149,1	132,0	114,9
670	321,9	304,8	287,7	270,6	253,5	236,4	219,3	202,2	185,1	168,0	150,9	133,8	116,7
672,5	323,6	306,5	289,4	272,3	255,2	238,1	221,0	203,9	186,8	169,7	152,6	135,5	118,4
675	325,4	308,3	291,2	274,1	257,0	239,9	222,8	205,7	188,6	171,5	154,4	137,3	120,2
677,5	327,1	310,0	292,9	275,8	258,7	241,6	224,5	207,4	190,3	173,2	156,1	139,0	121,9
680	328,8	311,7	294,6	277,5	260,4	243,3	226,2	209,1	192,0	174,9	157,8	140,7	123,6
682,5	330,6	313,5	296,4	279,3	262,2	245,1	228,0	210,9	193,8	176,7	159,6	142,5	125,4
685	332,3	315,2	298,1	281,0	263,9	246,8	229,7	212,6	195,5	178,4	161,3	144,2	127,1
687,5	334,0	316,9	299,8	282,7	265,6	248,5	231,4	214,3	197,2	180,1	163,0	145,9	128,8
690	335,7	318,6	301,5	284,4	267,3	250,2	233,1	216,0	198,9	181,8	164,7	147,6	130,5
692,5	337,4	320,3	303,2	286,1	269,0	251,9	234,8	217,7	200,6	183,5	166,4	149,3	132,2
695	339,1	322,0	304,9	287,8	270,7	253,6	236,5	219,4	202,3	185,2	168,1	151,0	133,9
697,5	340,8	323,7	306,6	289,5	272,4	255,3	238,2	221,1	204,0	186,9	169,8	152,7	135,6

Tab. A 117: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 700 bis 800 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 100 bis 220 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
700	564,8	547,7	530,6	513,5	496,4	479,3	462,2	445,1	428,0	410,9	393,8	376,7	359,6
702,5	566,5	549,4	532,3	515,2	498,1	481,0	463,9	446,8	429,7	412,6	395,5	378,4	361,3
705	568,2	551,1	534,0	516,9	499,8	482,7	465,6	448,5	431,4	414,3	397,2	380,1	363,0
707,5	569,8	552,7	535,6	518,5	501,4	484,3	467,2	450,1	433,0	415,9	398,8	381,7	364,6
710	571,5	554,4	537,3	520,2	503,1	486,0	468,9	451,8	434,7	417,6	400,5	383,4	366,3
712,5	573,2	556,1	539,0	521,9	504,8	487,7	470,6	453,5	436,4	419,3	402,2	385,1	368,0
715	574,8	557,7	540,6	523,5	506,4	489,3	472,2	455,1	438,0	420,9	403,8	386,7	369,6
717,5	576,5	559,4	542,3	525,2	508,1	491,0	473,9	456,8	439,7	422,6	405,5	388,4	371,3
720	578,2	561,1	544,0	526,9	509,8	492,7	475,6	458,5	441,4	424,3	407,2	390,1	373,0
722,5	579,8	562,7	545,6	528,5	511,4	494,3	477,2	460,1	443,0	425,9	408,8	391,7	374,6
725	581,4	564,3	547,2	530,1	513,0	495,9	478,8	461,7	444,6	427,5	410,4	393,3	376,2
727,5	583,1	566,0	548,9	531,8	514,7	497,6	480,5	463,4	446,3	429,2	412,1	395,0	377,9
730	584,7	567,6	550,5	533,4	516,3	499,2	482,1	465,0	447,9	430,8	413,7	396,6	379,5
732,5	586,3	569,2	552,1	535,0	517,9	500,8	483,7	466,6	449,5	432,4	415,3	398,2	381,1
735	588,0	570,9	553,8	536,7	519,6	502,5	485,4	468,3	451,2	434,1	417,0	399,9	382,8
737,5	589,6	572,5	555,4	538,3	521,2	504,1	487,0	469,9	452,8	435,7	418,6	401,5	384,4
740	591,2	574,1	557,0	539,9	522,8	505,7	488,6	471,5	454,4	437,3	420,2	403,1	386,0
742,5	592,8	575,7	558,6	541,5	524,4	507,3	490,2	473,1	456,0	438,9	421,8	404,7	387,6
745	594,4	577,3	560,2	543,1	526,0	508,9	491,8	474,7	457,6	440,5	423,4	406,3	389,2
747,5	596,0	578,9	561,8	544,7	527,6	510,5	493,4	476,3	459,2	442,1	425,0	407,9	390,8
750	597,6	580,5	563,4	546,3	529,2	512,1	495,0	477,9	460,8	443,7	426,6	409,5	392,4
752,5	599,2	582,1	565,0	547,9	530,8	513,7	496,6	479,5	462,4	445,3	428,2	411,1	394,0
755	600,8	583,7	566,6	549,5	532,4	515,3	498,2	481,1	464,0	446,9	429,8	412,7	395,6
757,5	602,3	585,2	568,1	551,0	533,9	516,8	499,7	482,6	465,5	448,4	431,3	414,2	397,1
760	603,9	586,8	569,7	552,6	535,5	518,4	501,3	484,2	467,1	450,0	432,9	415,8	398,7
762,5	605,5	588,4	571,3	554,2	537,1	520,0	502,9	485,8	468,7	451,6	434,5	417,4	400,3
765	607,1	590,0	572,9	555,8	538,7	521,6	504,5	487,4	470,3	453,2	436,1	419,0	401,9
767,5	608,6	591,5	574,4	557,3	540,2	523,1	506,0	488,9	471,8	454,7	437,6	420,5	403,4
770	610,2	593,1	576,0	558,9	541,8	524,7	507,6	490,5	473,4	456,3	439,2	422,1	405,0
772,5	611,7	594,6	577,5	560,4	543,3	526,2	509,1	492,0	474,9	457,8	440,7	423,6	406,5
775	613,3	596,2	579,1	562,0	544,9	527,8	510,7	493,6	476,5	459,4	442,3	425,2	408,1
777,5	614,8	597,7	580,6	563,5	546,4	529,3	512,2	495,1	478,0	460,9	443,8	426,7	409,6
780	616,4	599,3	582,2	565,1	548,0	530,9	513,8	496,7	479,6	462,5	445,4	428,3	411,2
782,5	617,9	600,8	583,7	566,6	549,5	532,4	515,3	498,2	481,1	464,0	446,9	429,8	412,7
785	619,4	602,3	585,2	568,1	551,0	533,9	516,8	499,7	482,6	465,5	448,4	431,3	414,2
787,5	620,9	603,8	586,7	569,6	552,5	535,4	518,3	501,2	484,1	467,0	449,9	432,8	415,7
790	622,5	605,4	588,3	571,2	554,1	537,0	519,9	502,8	485,7	468,6	451,5	434,4	417,3
792,5	624,0	606,9	589,8	572,7	555,6	538,5	521,4	504,3	487,2	470,1	453,0	435,9	418,8
795	625,5	608,4	591,3	574,2	557,1	540,0	522,9	505,8	488,7	471,6	454,5	437,4	420,3
797,5	627,0	609,9	592,8	575,7	558,6	541,5	524,4	507,3	490,2	473,1	456,0	438,9	421,8
800	628,5	611,4	594,3	577,2	560,1	543,0	525,9	508,8	491,7	474,6	457,5	440,4	423,3

Tab. A 118: Schätzung des erweiterten N-Flächenbilanzsaldos beim zweijährigen Anbau des Rotklees im Gemenge mit Wiesenschwingel als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum des Rotkleeegrases in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren bei einem Schnittgut-N-Ertrag in Höhe von 700 bis 800 kg ha<sup>-1</sup> und einem N-Angebot in Höhe von 230 bis 350 kg ha<sup>-1</sup>

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges; Σ zwei HNJ	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während der Vegetationszeiträume												
	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
	erweiterter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )												
700	342,5	325,4	308,3	291,2	274,1	257,0	239,9	222,8	205,7	188,6	171,5	154,4	137,3
702,5	344,2	327,1	310,0	292,9	275,8	258,7	241,6	224,5	207,4	190,3	173,2	156,1	139,0
705	345,9	328,8	311,7	294,6	277,5	260,4	243,3	226,2	209,1	192,0	174,9	157,8	140,7
707,5	347,5	330,4	313,3	296,2	279,1	262,0	244,9	227,8	210,7	193,6	176,5	159,4	142,3
710	349,2	332,1	315,0	297,9	280,8	263,7	246,6	229,5	212,4	195,3	178,2	161,1	144,0
712,5	350,9	333,8	316,7	299,6	282,5	265,4	248,3	231,2	214,1	197,0	179,9	162,8	145,7
715	352,5	335,4	318,3	301,2	284,1	267,0	249,9	232,8	215,7	198,6	181,5	164,4	147,3
717,5	354,2	337,1	320,0	302,9	285,8	268,7	251,6	234,5	217,4	200,3	183,2	166,1	149,0
720	355,9	338,8	321,7	304,6	287,5	270,4	253,3	236,2	219,1	202,0	184,9	167,8	150,7
722,5	357,5	340,4	323,3	306,2	289,1	272,0	254,9	237,8	220,7	203,6	186,5	169,4	152,3
725	359,1	342,0	324,9	307,8	290,7	273,6	256,5	239,4	222,3	205,2	188,1	171,0	153,9
727,5	360,8	343,7	326,6	309,5	292,4	275,3	258,2	241,1	224,0	206,9	189,8	172,7	155,6
730	362,4	345,3	328,2	311,1	294,0	276,9	259,8	242,7	225,6	208,5	191,4	174,3	157,2
732,5	364,0	346,9	329,8	312,7	295,6	278,5	261,4	244,3	227,2	210,1	193,0	175,9	158,8
735	365,7	348,6	331,5	314,4	297,3	280,2	263,1	246,0	228,9	211,8	194,7	177,6	160,5
737,5	367,3	350,2	333,1	316,0	298,9	281,8	264,7	247,6	230,5	213,4	196,3	179,2	162,1
740	368,9	351,8	334,7	317,6	300,5	283,4	266,3	249,2	232,1	215,0	197,9	180,8	163,7
742,5	370,5	353,4	336,3	319,2	302,1	285,0	267,9	250,8	233,7	216,6	199,5	182,4	165,3
745	372,1	355,0	337,9	320,8	303,7	286,6	269,5	252,4	235,3	218,2	201,1	184,0	166,9
747,5	373,7	356,6	339,5	322,4	305,3	288,2	271,1	254,0	236,9	219,8	202,7	185,6	168,5
750	375,3	358,2	341,1	324,0	306,9	289,8	272,7	255,6	238,5	221,4	204,3	187,2	170,1
752,5	376,9	359,8	342,7	325,6	308,5	291,4	274,3	257,2	240,1	223,0	205,9	188,8	171,7
755	378,5	361,4	344,3	327,2	310,1	293,0	275,9	258,8	241,7	224,6	207,5	190,4	173,3
757,5	380,0	362,9	345,8	328,7	311,6	294,5	277,4	260,3	243,2	226,1	209,0	191,9	174,8
760	381,6	364,5	347,4	330,3	313,2	296,1	279,0	261,9	244,8	227,7	210,6	193,5	176,4
762,5	383,2	366,1	349,0	331,9	314,8	297,7	280,6	263,5	246,4	229,3	212,2	195,1	178,0
765	384,8	367,7	350,6	333,5	316,4	299,3	282,2	265,1	248,0	230,9	213,8	196,7	179,6
767,5	386,3	369,2	352,1	335,0	317,9	300,8	283,7	266,6	249,5	232,4	215,3	198,2	181,1
770	387,9	370,8	353,7	336,6	319,5	302,4	285,3	268,2	251,1	234,0	216,9	199,8	182,7
772,5	389,4	372,3	355,2	338,1	321,0	303,9	286,8	269,7	252,6	235,5	218,4	201,3	184,2
775	391,0	373,9	356,8	339,7	322,6	305,5	288,4	271,3	254,2	237,1	220,0	202,9	185,8
777,5	392,5	375,4	358,3	341,2	324,1	307,0	289,9	272,8	255,7	238,6	221,5	204,4	187,3
780	394,1	377,0	359,9	342,8	325,7	308,6	291,5	274,4	257,3	240,2	223,1	206,0	188,9
782,5	395,6	378,5	361,4	344,3	327,2	310,1	293,0	275,9	258,8	241,7	224,6	207,5	190,4
785	397,1	380,0	362,9	345,8	328,7	311,6	294,5	277,4	260,3	243,2	226,1	209,0	191,9
787,5	398,6	381,5	364,4	347,3	330,2	313,1	296,0	278,9	261,8	244,7	227,6	210,5	193,4
790	400,2	383,1	366,0	348,9	331,8	314,7	297,6	280,5	263,4	246,3	229,2	212,1	195,0
792,5	401,7	384,6	367,5	350,4	333,3	316,2	299,1	282,0	264,9	247,8	230,7	213,6	196,5
795	403,2	386,1	369,0	351,9	334,8	317,7	300,6	283,5	266,4	249,3	232,2	215,1	198,0
797,5	404,7	387,6	370,5	353,4	336,3	319,2	302,1	285,0	267,9	250,8	233,7	216,6	199,5
800	406,2	389,1	372,0	354,9	337,8	320,7	303,6	286,5	269,4	252,3	235,2	218,1	201,0

Tab. A 119: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotklee gras für unterschiedliche Schnittgut-N-Mengen in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren für 270 bis 537,5 kg N ha<sup>-1</sup>

A.) 270 - 357,5 kg ha <sup>-1</sup>		B.) 360 - 447,5 kg ha <sup>-1</sup>		C.) 450 - 537,5 kg ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-N in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
270	31,2	360	40,7	450	49,7
272,5	31,5	362,5	40,9	452,5	50,0
275	31,8	365	41,2	455	50,2
277,5	32,0	367,5	41,5	457,5	50,5
280	32,3	370	41,7	460	50,7
282,5	32,6	372,5	42,0	462,5	50,9
285	32,8	375	42,2	465	51,2
287,5	33,1	377,5	42,5	467,5	51,4
290	33,4	380	42,7	470	51,7
292,5	33,6	382,5	43,0	472,5	51,9
295	33,9	385	43,2	475	52,2
297,5	34,2	387,5	43,5	477,5	52,4
300	34,4	390	43,7	480	52,6
302,5	34,7	392,5	44,0	482,5	52,9
305	35,0	395	44,2	485	53,1
307,5	35,2	397,5	44,5	487,5	53,4
310	35,5	400	44,7	490	53,6
312,5	35,7	402,5	45,0	492,5	53,8
315	36,0	405	45,3	495	54,1
317,5	36,3	407,5	45,5	497,5	54,3
320	36,5	410	45,8	500	54,6
322,5	36,8	412,5	46,0	502,5	54,8
325	37,1	415	46,3	505	55,0
327,5	37,3	417,5	46,5	507,5	55,3
330	37,6	420	46,8	510	55,5
332,5	37,8	422,5	47,0	512,5	55,8
335	38,1	425	47,2	515	56,0
337,5	38,4	427,5	47,5	517,5	56,2
340	38,6	430	47,7	520	56,5
342,5	38,9	432,5	48,0	522,5	56,7
345	39,1	435	48,2	525	56,9
347,5	39,4	437,5	48,5	527,5	57,2
350	39,7	440	48,7	530	57,4
352,5	39,9	442,5	49,0	532,5	57,6
355	40,2	445	49,2	535	57,9
357,5	40,4	447,5	49,5	537,5	58,1

Tab. A 120: Schätzung der aus der Rhizodeposition stammenden remineralisierten N-Menge bei Rotkleegrass für unterschiedliche Schnittgut-N-Mengen in der Summe aus zwei Hauptnutzungsjahren für 540 bis 800 kg N ha<sup>-1</sup>

A.) 540 - 625 kg ha <sup>-1</sup>		B.) 627,5 - 712,5 kg ha <sup>-1</sup>		C.) 715 - 800 kg ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-N in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-N in der Summe aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )	Re- mineralisierte N-Menge aus zwei HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
540	58,4	627,5	66,4	715	74,1
542,5	58,6	630	66,6	717,5	74,3
545	58,8	632,5	66,8	720	74,5
547,5	59,1	635	67,1	722,5	74,8
550	59,3	637,5	67,3	725	75,0
552,5	59,5	640	67,5	727,5	75,2
555	59,8	642,5	67,7	730	75,4
557,5	60,0	645	68,0	732,5	75,6
560	60,2	647,5	68,2	735	75,8
562,5	60,5	650	68,4	737,5	76,0
565	60,7	652,5	68,6	740	76,3
567,5	60,9	655	68,9	742,5	76,5
570	61,1	657,5	69,1	745	76,7
572,5	61,4	660	69,3	747,5	76,9
575	61,6	662,5	69,5	750	77,1
577,5	61,8	665	69,7	752,5	77,3
580	62,1	667,5	70,0	755	77,5
582,5	62,3	670	70,2	757,5	77,7
585	62,5	672,5	70,4	760	77,9
587,5	62,8	675	70,6	762,5	78,2
590	63,0	677,5	70,8	765	78,4
592,5	63,2	680	71,1	767,5	78,6
595	63,4	682,5	71,3	770	78,8
597,5	63,7	685	71,5	772,5	79,0
600	63,9	687,5	71,7	775	79,2
602,5	64,1	690	71,9	777,5	79,4
605	64,4	692,5	72,2	780	79,6
607,5	64,6	695	72,4	782,5	79,8
610	64,8	697,5	72,6	785	80,1
612,5	65,0	700	72,8	787,5	80,3
615	65,3	702,5	73,0	790	80,5
617,5	65,5	705	73,2	792,5	80,7
620	65,7	707,5	73,5	795	80,9
622,5	65,9	710	73,7	797,5	81,1
625	66,2	712,5	73,9	800	81,3

## Persischer Klee in Reinsaat - einjähriger Anbau

Tab. A 121: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Persischem Klee im einjährigen Anbau bei einem Frischmasse-Ertrag in Höhe von 65 bis 540 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 65 - 220 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 225 - 380 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 385 - 540 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
65	11,6	225	38,9	385	66,3
70	12,5	230	39,8	390	67,1
75	13,3	235	40,6	395	68,0
80	14,2	240	41,5	400	68,8
85	15,0	245	42,4	405	69,7
90	15,9	250	43,2	410	70,5
95	16,7	255	44,1	415	71,4
100	17,6	260	44,9	420	72,2
105	18,4	265	45,8	425	73,1
110	19,3	270	46,6	430	73,9
115	20,1	275	47,5	435	74,8
120	21,0	280	48,3	440	75,7
125	21,9	285	49,2	445	76,5
130	22,7	290	50,0	450	77,4
135	23,6	295	50,9	455	78,2
140	24,4	300	51,7	460	79,1
145	25,3	305	52,6	465	79,9
150	26,1	310	53,5	470	80,8
155	27,0	315	54,3	475	81,6
160	27,8	320	55,2	480	82,5
165	28,7	325	56,0	485	83,3
170	29,5	330	56,9	490	84,2
175	30,4	335	57,7	495	85,1
180	31,2	340	58,6	500	85,9
185	32,1	345	59,4	505	86,8
190	33,0	350	60,3	510	87,6
195	33,8	355	61,1	515	88,5
200	34,7	360	62,0	520	89,3
205	35,5	365	62,8	525	90,2
210	36,4	370	63,7	530	91,0
215	37,2	375	64,6	535	91,9
220	38,1	380	65,4	540	92,7

Tab. A 122: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim einjährigen Anbau des Persischen Klees (Reinsaat) als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Persischen Klees im 1. Hauptnutzungsjahr

Schnittgut TM (dt ha <sup>-1</sup> )	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes								
	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg ha <sup>-1</sup> )								
20	25,8	15,8	5,8	-4,2	-14,2	-24,2	-34,2	-44,2	-54,2
22,5	25,7	15,7	5,7	-4,3	-14,3	-24,3	-34,3	-44,3	-54,3
25	25,6	15,6	5,6	-4,4	-14,4	-24,4	-34,4	-44,4	-54,4
27,5	25,5	15,5	5,5	-4,5	-14,5	-24,5	-34,5	-44,5	-54,5
30	25,4	15,4	5,4	-4,6	-14,6	-24,6	-34,6	-44,6	-54,6
32,5	25,3	15,3	5,3	-4,7	-14,7	-24,7	-34,7	-44,7	-54,7
35	25,2	15,2	5,2	-4,8	-14,8	-24,8	-34,8	-44,8	-54,8
37,5	25,1	15,1	5,1	-4,9	-14,9	-24,9	-34,9	-44,9	-54,9
40	25,0	15,0	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0
42,5	24,9	14,9	4,9	-5,1	-15,1	-25,1	-35,1	-45,1	-55,1
45	24,8	14,8	4,8	-5,2	-15,2	-25,2	-35,2	-45,2	-55,2
47,5	24,7	14,7	4,7	-5,3	-15,3	-25,3	-35,3	-45,3	-55,3
50	24,7	14,7	4,7	-5,3	-15,3	-25,3	-35,3	-45,3	-55,3
52,5	24,6	14,6	4,6	-5,4	-15,4	-25,4	-35,4	-45,4	-55,4
55	24,5	14,5	4,5	-5,5	-15,5	-25,5	-35,5	-45,5	-55,5
57,5	24,4	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6	-45,6	-55,6
60	24,3	14,3	4,3	-5,7	-15,7	-25,7	-35,7	-45,7	-55,7
62,5	24,2	14,2	4,2	-5,8	-15,8	-25,8	-35,8	-45,8	-55,8
65	24,1	14,1	4,1	-5,9	-15,9	-25,9	-35,9	-45,9	-55,9
67,5	24,0	14,0	4,0	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0
70	23,9	13,9	3,9	-6,1	-16,1	-26,1	-36,1	-46,1	-56,1
72,5	23,8	13,8	3,8	-6,2	-16,2	-26,2	-36,2	-46,2	-56,2
75	23,7	13,7	3,7	-6,3	-16,3	-26,3	-36,3	-46,3	-56,3
77,5	23,6	13,6	3,6	-6,4	-16,4	-26,4	-36,4	-46,4	-56,4
80	23,5	13,5	3,5	-6,5	-16,5	-26,5	-36,5	-46,5	-56,5
82,5	23,4	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6
85	23,3	13,3	3,3	-6,7	-16,7	-26,7	-36,7	-46,7	-56,7
87,5	23,3	13,3	3,3	-6,7	-16,7	-26,7	-36,7	-46,7	-56,7
90	23,2	13,2	3,2	-6,8	-16,8	-26,8	-36,8	-46,8	-56,8
92,5	23,1	13,1	3,1	-6,9	-16,9	-26,9	-36,9	-46,9	-56,9
95	23,0	13,0	3,0	-7,0	-17,0	-27,0	-37,0	-47,0	-57,0
97,5	22,9	12,9	2,9	-7,1	-17,1	-27,1	-37,1	-47,1	-57,1
100	22,8	12,8	2,8	-7,2	-17,2	-27,2	-37,2	-47,2	-57,2



## Persischer Klee im Gemenge mit Welschem Weidelgras - einjähriger Anbau

Tab. A 123: Schätzug des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Persischem Klee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Welschem Weidelgras) im einjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Persischen Klees in Höhe von 10 bis 365 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 10 - 125 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 130 - 245 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 250 - 365 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
10	6,2	130	23,8	250	41,4
15	6,9	135	24,5	255	42,1
20	7,7	140	25,3	260	42,9
25	8,4	145	26,0	265	43,6
30	9,1	150	26,7	270	44,3
35	9,9	155	27,5	275	45,1
40	10,6	160	28,2	280	45,8
45	11,3	165	28,9	285	46,5
50	12,1	170	29,7	290	47,3
55	12,8	175	30,4	295	48,0
60	13,5	180	31,1	300	48,7
65	14,3	185	31,9	305	49,5
70	15,0	190	32,6	310	50,2
75	15,7	195	33,3	315	50,9
80	16,5	200	34,1	320	51,7
85	17,2	205	34,8	325	52,4
90	17,9	210	35,5	330	53,1
95	18,7	215	36,3	335	53,9
100	19,4	220	37,0	340	54,6
105	20,1	225	37,7	345	55,3
110	20,9	230	38,5	350	56,1
115	21,6	235	39,2	355	56,8
120	22,3	240	39,9	360	57,5
125	23,1	245	40,7	365	58,3

Tab. A 124: Schätzung des Schnittgut-Trockenmasse-Ertrages als Funktion des Schnittgut-Frischmasse-Ertrages bei Welschem Weidelgras (Bestandeskomponente im Gemenge mit Persischem Klee) im einjährigen Anbau. Schnittgut-Frischmasse-Ertrag des Welschen Weidelgrases in Höhe von 55 bis 380 dt ha<sup>-1</sup>

A.) 55 - 160 dt ha <sup>-1</sup>		B.) 165 - 270 dt ha <sup>-1</sup>		C.) 275 - 380 dt ha <sup>-1</sup>	
Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Frischmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut-Trockenmasse im 1. HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )
55	12,2	165	32,4	275	52,6
60	13,1	170	33,3	280	53,5
65	14,0	175	34,2	285	54,4
70	14,9	180	35,1	290	55,3
75	15,8	185	36,0	295	56,3
80	16,7	190	37,0	300	57,2
85	17,7	195	37,9	305	58,1
90	18,6	200	38,8	310	59,0
95	19,5	205	39,7	315	59,9
100	20,4	210	40,6	320	60,9
105	21,3	215	41,6	325	61,8
110	22,3	220	42,5	330	62,7
115	23,2	225	43,4	335	63,6
120	24,1	230	44,3	340	64,5
125	25,0	235	45,2	345	65,5
130	25,9	240	46,2	350	66,4
135	26,9	245	47,1	355	67,3
140	27,8	250	48,0	360	68,2
145	28,7	255	48,9	365	69,1
150	29,6	260	49,8	370	70,0
155	30,5	265	50,7	375	71,0
160	31,5	270	51,7	380	71,9

Tab. A 125: Schätzung der Schnittgut-N-Menge als Funktion des Schnittgut-TM-Ertrages bei  
 A.) Persischem Klee (Bestandeskomponente im Gemenge mit Welschem Weidelgras)  
 und  
 B.) Welschem Weidelgras (Bestandeskomponente im Gemenge mit Persischem Klee) im  
 1. Hauptnutzungsjahr

A.) Persischer Klee	
Schnittgut-TM im 1.HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge im 1.HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
2,5	10,6
5	16,5
7,5	22,4
10	28,2
12,5	34,1
15	40,0
17,5	45,9
20	51,8
22,5	57,7
25	63,6
27,5	69,5
30	75,4
32,5	81,3
35	87,1
37,5	93,0
40	98,9
42,5	104,8
45	110,7
47,5	116,6
50	122,5

B.) Welsches Weidelgras	
Schnittgut-TM im 1.HNJ (dt ha <sup>-1</sup> )	Schnittgut- N-Menge im 1.HNJ (kg N ha <sup>-1</sup> )
10	25,1
12,5	28,7
15	32,4
17,5	36,1
20	39,7
22,5	43,4
25	47,1
27,5	50,7
30	54,4
32,5	58,1
35	61,8
37,5	65,4
40	69,1
42,5	72,8
45	76,4
47,5	80,1
50	83,8
52,5	87,4
55	91,1
57,5	94,8
60	98,4
62,5	102,1
65	105,8
67,5	109,4

Tab. A 126: Schätzung des vereinfachten N-Flächenbilanzsaldos beim einjährigen Anbau des Persischem Klees im Gemenge mit Welschem Weidelgras als Funktion des Schnittgut-N-Ertrages und des Angebotes an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Wurzelraum des Gemenges im 1. Hauptnutzungsjahr

Schnittgut N (kg ha <sup>-1</sup> ) des Gemenges	Angebot an pflanzenverfügbarem N im Wurzelraum (kg N ha <sup>-1</sup> ) während des Vegetationszeitraumes											
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
	vereinfachter N-Flächenbilanzsaldo (kg N ha <sup>-1</sup> )											
65	9,5	-0,5	-10,5	-20,5	-30,5	-40,5	-50,5	-60,5	-63,9	-63,9	-63,9	-63,9
67,5	10,2	0,2	-9,8	-19,8	-29,8	-39,8	-49,8	-59,8	-66,4	-66,4	-66,4	-66,4
70	10,8	0,8	-9,2	-19,2	-29,2	-39,2	-49,2	-59,2	-69,2	-68,9	-68,9	-68,9
72,5	11,4	1,4	-8,6	-18,6	-28,6	-38,6	-48,6	-58,6	-68,6	-71,3	-71,3	-71,3
75	11,9	1,9	-8,1	-18,1	-28,1	-38,1	-48,1	-58,1	-68,1	-73,8	-73,8	-73,8
77,5	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6	-76,3	-76,3	-76,3
80	12,9	2,9	-7,1	-17,1	-27,1	-37,1	-47,1	-57,1	-67,1	-77,1	-78,8	-78,8
82,5	13,3	3,3	-6,7	-16,7	-26,7	-36,7	-46,7	-56,7	-66,7	-76,7	-81,2	-81,2
85	13,6	3,6	-6,4	-16,4	-26,4	-36,4	-46,4	-56,4	-66,4	-76,4	-83,7	-83,7
87,5	13,9	3,9	-6,1	-16,1	-26,1	-36,1	-46,1	-56,1	-66,1	-76,1	-86,1	-86,2
90	14,2	4,2	-5,8	-15,8	-25,8	-35,8	-45,8	-55,8	-65,8	-75,8	-85,8	-88,6
92,5	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6	-45,6	-55,6	-65,6	-75,6	-85,6	-91,1
95	14,6	4,6	-5,4	-15,4	-25,4	-35,4	-45,4	-55,4	-65,4	-75,4	-85,4	-93,6
97,5	14,8	4,8	-5,2	-15,2	-25,2	-35,2	-45,2	-55,2	-65,2	-75,2	-85,2	-95,2
100	14,9	4,9	-5,1	-15,1	-25,1	-35,1	-45,1	-55,1	-65,1	-75,1	-85,1	-95,1
102,5	14,9	4,9	-5,1	-15,1	-25,1	-35,1	-45,1	-55,1	-65,1	-75,1	-85,1	-95,1
105	15,0	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0	-95,0
107,5	15,0	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0	-95,0
110	14,9	4,9	-5,1	-15,1	-25,1	-35,1	-45,1	-55,1	-65,1	-75,1	-85,1	-95,1
112,5	14,8	4,8	-5,2	-15,2	-25,2	-35,2	-45,2	-55,2	-65,2	-75,2	-85,2	-95,2
115	14,7	4,7	-5,3	-15,3	-25,3	-35,3	-45,3	-55,3	-65,3	-75,3	-85,3	-95,3
117,5	14,6	4,6	-5,4	-15,4	-25,4	-35,4	-45,4	-55,4	-65,4	-75,4	-85,4	-95,4
120	14,4	4,4	-5,6	-15,6	-25,6	-35,6	-45,6	-55,6	-65,6	-75,6	-85,6	-95,6
122,5	14,2	4,2	-5,8	-15,8	-25,8	-35,8	-45,8	-55,8	-65,8	-75,8	-85,8	-95,8
125	14,0	4,0	-6,0	-16,0	-26,0	-36,0	-46,0	-56,0	-66,0	-76,0	-86,0	-96,0
127,5	13,7	3,7	-6,3	-16,3	-26,3	-36,3	-46,3	-56,3	-66,3	-76,3	-86,3	-96,3
130	13,4	3,4	-6,6	-16,6	-26,6	-36,6	-46,6	-56,6	-66,6	-76,6	-86,6	-96,6
132,5	13,1	3,1	-6,9	-16,9	-26,9	-36,9	-46,9	-56,9	-66,9	-76,9	-86,9	-96,9
135	12,7	2,7	-7,3	-17,3	-27,3	-37,3	-47,3	-57,3	-67,3	-77,3	-87,3	-97,3
137,5	12,4	2,4	-7,6	-17,6	-27,6	-37,6	-47,6	-57,6	-67,6	-77,6	-87,6	-97,6
140	11,9	1,9	-8,1	-18,1	-28,1	-38,1	-48,1	-58,1	-68,1	-78,1	-88,1	-98,1
142,5	11,5	1,5	-8,5	-18,5	-28,5	-38,5	-48,5	-58,5	-68,5	-78,5	-88,5	-98,5
145	11,0	1,0	-9,0	-19,0	-29,0	-39,0	-49,0	-59,0	-69,0	-79,0	-89,0	-99,0
147,5	10,5	0,5	-9,5	-19,5	-29,5	-39,5	-49,5	-59,5	-69,5	-79,5	-89,5	-99,5
150	10,0	0,0	-10,0	-20,0	-30,0	-40,0	-50,0	-60,0	-70,0	-80,0	-90,0	-100,0
152,5	9,5	-0,5	-10,5	-20,5	-30,5	-40,5	-50,5	-60,5	-70,5	-80,5	-90,5	-100,5
155	8,9	-1,1	-11,1	-21,1	-31,1	-41,1	-51,1	-61,1	-71,1	-81,1	-91,1	-101,1
157,5	8,3	-1,7	-11,7	-21,7	-31,7	-41,7	-51,7	-61,7	-71,7	-81,7	-91,7	-101,7
160	7,7	-2,3	-12,3	-22,3	-32,3	-42,3	-52,3	-62,3	-72,3	-82,3	-92,3	-102,3
162,5	7,1	-2,9	-12,9	-22,9	-32,9	-42,9	-52,9	-62,9	-72,9	-82,9	-92,9	-102,9
165	6,4	-3,6	-13,6	-23,6	-33,6	-43,6	-53,6	-63,6	-73,6	-83,6	-93,6	-103,6
167,5	5,7	-4,3	-14,3	-24,3	-34,3	-44,3	-54,3	-64,3	-74,3	-84,3	-94,3	-104,3
170	5,0	-5,0	-15,0	-25,0	-35,0	-45,0	-55,0	-65,0	-75,0	-85,0	-95,0	-105,0
172,5	4,3	-5,7	-15,7	-25,7	-35,7	-45,7	-55,7	-65,7	-75,7	-85,7	-95,7	-105,7
175	3,5	-6,5	-16,5	-26,5	-36,5	-46,5	-56,5	-66,5	-76,5	-86,5	-96,5	-106,5

## Danksagung

Herzlich danken möchte ich,

Herrn Prof. Dr. Rolf Rauber für die Bereitstellung des wissenschaftlichen Themas, die wissenschaftliche Begleitung und die gute Zusammenarbeit,

Herrn Prof. Dr. Johannes Isselstein für die Übernahme des Korreferats,

Herrn Dr. Knut Schmidtke für die vielen neuen Einblicke in die agrarwissenschaftliche Forschung und die umfangreiche wissenschaftliche Betreuung während der Projektarbeit,

Herrn Dr. Gerhard Baumgärtel und der Landwirtschaftskammer Hannover für die Zusammenarbeit und die Bereitstellung der Versuchsflächen in Dasselsbruch und Oederquart,

Henning Alvers (Dasselsbruch) und Herfried Rohde (Dietrichshof/Oederquart) für die Anlage und Betreuung der auswärtigen Feldversuche,

Herrn R. Langel und Herrn Prof. Dr. A. Reineking (Kompetenzzentrum stabile Isotope, Göttingen) für die zahlreichen Messungen am Massenspektrometer,

den vielen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus der Abteilung Pflanzenbau, die maßgeblich an der Probenentnahme und Probenaufarbeitung beteiligt waren, namentlich Johann Anthes, Britta Jost, Dr. Helmut Kimpel-Freund, Philipp Lehne, Christiane Münter, Dr. Karin Reiter sowie Thomas Seibold,

Herrn R. Knöpfel als Leiter des Feldversuchswesens im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen, ferner den vielen Arbeiterinnen und Arbeitern für die Anstrengungen im Feld und bei der Probenaufbereitung,

Frau Nina Hoffmann und Frau Gabrielle Kolle im Ackerbaulabor, insbesondere für die Analyse der  $N_{\min}$ -Proben,

den zahlreichen studentischen Hilfskräften und den Auszubildenden bei der Mithilfe im Feld, im Labor und im Gewächshaus,

der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Osnabrück) für die finanzielle Ausstattung.

Ich danke besonders Simone Klatt, die mich jederzeit optimal unterstützt hat.

## Curriculum Vitae

- Personalien:           Rüdiger Jung  
                              geboren am 11. Januar 1968  
                              in Rotenburg an der Fulda  
                              email: rjung68@web.de
- Ausbildung:
- 1974 bis 1978            Grundschule Meißner-Abterode (Hessen)  
1978 bis 1985            Gymnasium Leuchtbergschule, Eschwege (Hessen)  
1985 bis 1988            Oberstufengymnasium Eschwege, Abschluss: Abitur
- 1988 bis 1990            Arbeiterwohlfahrt Eschwege: Zivildienst
- 1991 bis 1998            Georg-August-Universität Göttingen, Studium der Biologie  
Diplomarbeit in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Michael Runge  
über den Einfluss von Umweltfaktoren auf die Verbreitung  
epiphytischer Flechten im Hochharz  
Abschluss: Diplom-Biologe
- 1999 bis 2003            Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
der Georg-August-Universität Göttingen
- Promotion:
- 2003                     Dissertation in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Rolf Rauber,  
"Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.),  
Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium  
resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen -  
Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur  
Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz"  
Gesamtnote: magna cum laude