

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Schlussbericht zum Thema

“Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie“

FKZ: 2818EPS032

Projektnehmer: Stiftung Ökologie & Landbau

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie.

Schlussbericht

Forschungsprojekt FKZ: 2818EPS032

**Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der
Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des
modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige
Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie**

Ausführung: Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL)

Dr. Harald Schmidt (SÖL)

Himmelsburger Str. 95,

53474 Ahrweiler

Lucas Langanky (SÖL)

Laufzeit: 01.10.2019 bis 31.12.2024

Kooperationen mit:

dem im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geförderten Netzwerkprojekt:

*Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung
des Anbaus und der Verwertung von kleinkörnigen Leguminosen in
Deutschland* (Koordination durch LfL Bayern)

Kurzfassung

Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und –untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie

Harald Schmidt & Lucas Langanky

Kontakt: Harald Schmidt, SÖL, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler,
harald.schmidt@oeko-acker.de

Von 2019 bis 2023 wurde deutschlandweit der praktische Anbau von kleinkörnigen Leguminosen untersucht. Dabei wurde eng mit dem im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie des Bundes geförderten Netzwerkprojekt KleeLuzPlus kooperiert. Wesentliche Ziele des Projekts waren a) die Identifizierung und Gewichtung wesentlicher, ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Anbauerfolg in der Praxis; b) Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien im Anbau.

Bei insgesamt 332 Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen auf 37 konventionell und 29 ökologisch wirtschaftenden Betrieben wurden Boden- und Pflanzenparameter erfasst. Auch die Bewirtschaftung, erhoben durch das Netzwerk, und Witterungsdaten wurden einbezogen. Die Auswertung erfolgte mit statistischen Verfahren und Einzelfallanalysen.

Die per Handernte ermittelten mittleren, jährlichen Trockenmasseerträge von grasreichen Beständen betragen 89 dt/ha, von rotkleedominanten Beständen 98 dt/ha und von luzernedominanten Beständen 105 dt/ha.

Als wesentliche Ertragsfaktoren wurden u. a. die Wasserversorgung, der Erfolg der Bestandesetablierung und die Verfügbarkeit von Bodennährstoffen identifiziert. Von den Schnitten eines Jahres erlangte im Mittel der erste Schnitt den höchsten Ertrag.

Der Leguminosenanteil variierte von 0 bis 100 % und lag im Mittel der Schnitte bei 70 %. Die Zusammensetzung des Saatguts war dabei nur ein Faktor unter mehreren. Einen positiven Einfluss auf den Leguminosenanteil hatten u. a. auch eine gelungene Bestandesetablierung, Frühjahrs- oder frühe Sommersaat und keine oder geringe Stickstoffdüngung. Übers Jahr nahm der Leguminosenanteil im Mittel zu.

Die Futtermittelqualität streute in einem weiten Bereich. Im frischen Erntegut lag der Rohproteingehalt im Mittel bei 193 g/kg TM, der Energiegehalt bei 5,8 MJ NEL/g TM. Wichtigste Faktoren waren beim Rohprotein der Leguminosenanteil und der Schnitttermin, bei der Energie der Schnitttermin. Weitere Faktoren hatten einen geringeren Einfluss.

Abstract

Extension and agronomic evaluation of practice surveys and investigations in the context of the exemplary demonstration network for fodder legumes of the German protein crop strategy

Harald Schmidt & Lucas Langanky

Contact: Dr. Harald Schmidt, Himmelsburger Str. 95, D-53474 Ahrweiler,
harald.schmidt@oeko-acker.de

From 2019 to 2023, the practical cultivation of small grain legumes was investigated throughout Germany. There was close cooperation with the network KleeLuzPlus, which is funded as part of the German protein crop strategy. The main goals of the project were a) to identify and weight key agronomic factors influencing cultivation success in practice; b) to derive site-dependent optimization strategies in cultivation

Soil and plant parameters were recorded for a total of 332 crops with small grain legumes on 37 conventional and 29 organic farms. Management data, collected by the network, and weather data were also included. The evaluation was carried out using statistical methods and individual case analyses.

The average annual dry matter yields harvested by hand from grass-rich stands were 89 dt/ha, from red clover-dominant stands 98 dt/ha and from alfalfa-dominant stands 105 dt/ha.

The key yield factors identified included water supply, the success of stand establishment and the availability of soil nutrients. Of the cuts in a year, the first cut achieved the highest yield on average.

The proportion of legumes varied from 0 to 100 % and averaged 70 % across all cuts. The composition of the seed was just one factor among many. Factors that also had a positive influence on the proportion of legumes included successful crop establishment, spring or early summer sowing and little or no nitrogen fertilization. The proportion of legumes increased on average over the year.

The feed quality varied widely. In the fresh harvested material, the crude protein content was on average 193 g/kg DM and the energy content 5,8 MJ NEL/g DM. The most important factors for crude protein were the legume content and the cutting date, and for energy the cutting date. Other factors had a lesser influence.

Inhalt

1	Einführung	1
1.1	Gegenstand des Vorhabens.....	1
1.2	Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens	1
1.2.1	Gesamtziele des Vorhabens	1
1.2.2	Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen	2
1.2.3	Wissenschaftliche Arbeitsziele des Vorhabens	3
1.3	Planung und Ablauf des Projekts.....	3
2	Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde	4
3	Material und Methoden	10
3.1	Betriebs-, Schlag- und Messpunktauswahl.....	10
3.2	Datenerhebungen und Untersuchungen.....	11
3.2.1	Datenerhebungen	11
3.2.2	Untersuchungen.....	12
3.3	Auswertung	14
4	Ergebnisse	15
4.1	Übersicht zu den untersuchten Betrieben und Beständen	15
4.1.1	Untersuchte Betriebe.....	15
4.1.2	Standortbedingungen der untersuchten Schläge bzw. Bestände.....	17
4.1.3	Bewirtschaftung von Vorfrucht bis Ende des Saatjahrs	20
4.1.4	Bewirtschaftung in den untersuchten Hauptnutzungsjahren	28
4.2	Einflussgrößen auf den Ertrag.....	33
4.2.1	Jahresertrag.....	33
4.2.2	Schnittertrag.....	35
4.2.2.1	Basisfaktoren (Wasserversorgung, Schnittzeitpunkt, Boden, etc.)	35
4.2.2.2	Einfluss langfristiger Bewirtschaftung	42
4.2.2.3	Bodenfaktoren	44
4.2.2.4	Bewirtschaftungsfaktoren im Saatjahr.....	47
4.2.2.5	Bewirtschaftungsfaktoren aus dem Vorjahr.....	49
4.2.2.6	Bewirtschaftungsfaktoren im Untersuchungsjahr	50
4.2.2.7	Bestandesdaten im Untersuchungsjahr	52
4.2.2.8	Witterungsdaten	58
4.2.2.9	Vergleich des Ertrags ökologisch und konventionell	60
4.2.3	Beobachtungen zu weiteren Ertragsfaktoren.....	62
4.2.3.1	Probleme bei der Saat.....	62
4.2.3.2	Frühes Entwicklungsstadium vor Winter.....	63
4.2.3.3	Mäuse	65
4.2.3.4	extreme Trockenheit und Nässe.....	65

4.2.3.5	Spuren	67
4.2.3.6	Krankheiten & Schädlinge	68
4.2.3.7	Wild.....	69
4.2.3.8	Lager und/oder sehr späte Ernte	69
4.2.4	Handernteertrag und Praxisschätzung	70
4.3	Einflussgrößen auf den Leguminosenanteil.....	73
4.3.1	Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr	73
4.3.1.1	Leguminosenanteil kleereicher Bestände mit Sommersaat.....	74
4.3.1.2	Leguminosenanteil luzernereicher Bestände mit Sommersaat.....	76
4.3.1.3	Leguminosenanteil der Bestände mit Frühjahrssaat	77
4.3.2	Faktoren der Änderung des Leguminosenanteils von Schnitt zu Schnitt	79
4.3.2.1	Leguminosenanteil vom ersten Schnitt	79
4.3.2.2	Leguminosenanteil vom zweiten Schnitt	83
4.3.2.3	Leguminosenanteil vom dritten Schnitt	85
4.3.2.4	Leguminosenanteil vom vierten Schnitt.....	87
4.3.2.5	Leguminosenanteil ab dem fünften Schnitt	89
4.3.3	Faktoren des Leguminosenanteils der Hauptnutzungsjahre	90
4.4	Einflussgrößen auf Bestandesparameter.....	93
4.4.1	Anteil unbedeckter Boden zum Schnittzeitpunkt.....	93
4.4.2	Boniturparameter	96
4.4.2.1	Kulturzustand.....	96
4.4.2.2	Homogenität, Deckung und Schädigungen.....	97
4.5	Einflussgrößen auf die Futtermittelqualität.....	104
4.5.1	Rohproteingehalt.....	106
4.5.2	Energiegehalt (NEL).....	107
4.5.3	„Qualitätsfutter“	109
4.6	Umbruch und Nachfrucht	113
5	Zusammenfassende Diskussion	116
5.1	Einflussgrößen auf den Ertrag.....	116
5.1.1	Bewirtschaftungsgeschichte	116
5.1.2	Etablierung.....	118
5.1.2.1	Vorfrucht.....	118
5.1.2.2	Frühjahr- oder Sommersaat.....	118
5.1.2.3	Deckfrucht oder Blanksaat.....	118
5.1.2.4	Bodenbearbeitung	119
5.1.2.5	Saattermin	119
5.1.2.6	Saatgut.....	119
5.1.2.7	Saat.....	120
5.1.2.8	Witterung im Saatjahr	121

5.1.3	Vorjahresbewirtschaftung.....	121
5.1.4	Winterwitterung.....	122
5.1.4.1	Winter nach Saat.....	122
5.1.4.2	Winter vor Untersuchung.....	122
5.1.5	Wasserversorgung im Nutzungsjahr.....	123
5.1.5.1	Abschätzung des Einflusses der Wasserversorgung.....	123
5.1.5.2	Wasserversorgung und Jahresertrag.....	124
5.1.5.3	Wasserversorgung und Ertrag der einzelnen Schnitte.....	124
5.1.6	Bodenchemische Parameter und Düngung.....	125
5.1.6.1	Boden.....	125
5.1.6.2	Düngung.....	126
5.1.7	Bewirtschaftung und Bestand im Untersuchungsjahr.....	128
5.1.7.1	Hauptnutzungsjahr.....	128
5.1.7.2	Schnitte.....	128
5.1.7.3	Aufwuchszeitraum.....	128
5.1.7.4	Schnitthöhe.....	129
5.1.7.5	Schädigungen.....	129
5.1.7.6	Bestandeszusammensetzung.....	129
5.1.8	Jahresertrag.....	130
5.1.8.1	Anzahl Schnitte / Vegetationszeit.....	131
5.1.8.2	Wasserversorgung.....	131
5.1.8.3	Bewirtschaftungsform.....	131
5.1.8.4	Weniger deutliche Zusammenhänge.....	131
5.1.9	Zusammenfassung wesentlicher Ertragsfaktoren.....	132
5.2	Einflussgrößen auf den Leguminosenanteil.....	134
5.2.1	Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr.....	134
5.2.1.1	Frühjahrssaaten.....	134
5.2.1.2	Sommersaat, Rotklee dominant.....	135
5.2.1.3	Sommersaat, Luzerne dominant.....	136
5.2.2	Leguminosenanteil an den einzelnen Schnittterminen.....	137
5.2.2.1	Vorgeschichte.....	137
5.2.2.2	Boden und Nährstoffe.....	137
5.2.2.3	Saat.....	138
5.2.2.4	Wasserversorgung und Witterung.....	138
5.2.2.5	Stickstoffdüngung.....	138
5.2.2.6	Bestand und Schädigungen.....	139
5.2.2.7	Leguminosenanteil über die Jahre.....	139
5.2.3	Zusammenfassung wesentlicher Faktoren des Leguminosenanteils.....	140
5.3	Einflussgrößen auf die Futterqualität.....	142

5.3.1	Faktoren des Rohproteingehalts	142
5.3.2	Faktoren des Energiegehalts.....	143
5.3.3	Faktoren vom Anteil „Qualitätsfutter“	144
5.3.4	Zusammenfassung wesentlicher Faktoren von Rohprotein- und Energiegehalt.....	145
6	Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse	146
7	Erreichte Ziele und weiterführende Fragestellungen	146
7.1	Vergleich der geplanten und der erreichten Ziele	146
7.2	Weiterführende Fragestellungen	148
8	Zusammenfassung	150
9	Literaturverzeichnis.....	154
10	Vorträge und Publikationen zum Projekt	158
11	Danksagung	161

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Der Anbau kleinkörniger Leguminosen war bis zum Aufkommen der mineralischen Stickstoffdüngung lange Zeit ein wesentliches Element der Dreifelderwirtschaft. Aufgrund einer Reihe von Ursachen ging der Anbau im Laufe des zwanzigsten Jahrhunderts stark zurück. Wesentliche daran beteiligt war die Zunahme des Silomaisanbaus und die Steigerung des Kraffuttermittelsverbrauchs. Der Vorteil der Luftstickstoffbindung von Leguminosen spielt bei der Möglichkeit günstiger Stickstoffimporte im konventionellen Landbau keine wichtige Rolle. Im ökologischen Landbau ist der Anbau kleinkörniger Leguminosen die Basis der Stickstoffversorgung und des Erhalts der Bodenfruchtbarkeit.

Mit der Eiweißpflanzenstrategie verfolgt die Bundesregierung unter anderem das Ziel den Leguminosenanbau in Deutschland wieder auszudehnen. Der Anbau kleinkörniger Leguminosen spielt dabei mit der unstrittig die Bodenfruchtbarkeit fördernden Wirkung eine besondere Rolle.

Insgesamt hat ein zunehmender Anbau von Leguminosen verschiedene positive Effekte. Zum einen bedeutet er einen Schritt hin zu nachhaltigeren Agrarsystemen; denn durch die Stickstofffixierung in den Knöllchen ist eine Stickstoffdüngung unnötig und das zusätzliche Blütenangebot fördert Insekten und damit die Biodiversität. Außerdem trägt der Anbau zum Klimaschutz bei, weil dadurch der Import von Eiweißfuttermitteln vermindert werden kann. Zum anderen können die Leguminosen Fruchtfolgen erweitern. Eine solche Erweiterung der Fruchtfolge ist besonders in Zeiten zunehmender Wetterextreme eine wichtige Maßnahme, um Anbaurisiken stärker zu streuen.

Neben politischen Weichenstellungen sind detaillierte Kenntnisse zu ackerbaulichen Zusammenhängen eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Ausweitung des Anbaus kleinkörniger Leguminosen. Vor diesem Hintergrund zeigt das hier beschriebene Forschungsprojekt mit Ergebnissen aus mehrjährigen Praxisuntersuchungen relevante Stellschrauben auf, mit deren Hilfe sich der Anbau von kleinkörnigen Leguminosen optimieren lässt. Die Ergebnisse bieten darüber hinaus viele Kennzahlen und Daten zum Anbau, mit denen konkrete Anbausituationen schnell und einfach eingeschätzt, verglichen und bewertet werden können.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

1.2.1 Gesamtziele des Vorhabens

Ein wesentliches Ziel der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung ist die Ausdehnung des Leguminosenanbaus und damit der heimischen Eiweißversorgung. Für eine Ausweitung des Anbaus kleinkörniger Leguminosen ist eine konkurrenzfähige Produktion hoher Futterqualitäten eine wesentliche Voraussetzung. Eine wichtige Grundlage für das Erreichen hoher Erträge und Qualitäten sind möglichst detaillierte Kenntnisse über die Einflüsse von Standort, Bewirtschaftung und Umwelt auf die Ertragsbildung unter Praxisbedingungen. Bei den oft in Gemengen mit verschiedenen Leguminosen und Gräsern angebauten kleinkörnigen Leguminosen sind die Einflüsse auf die Bestandeszusammensetzung dabei von besonderem Interesse. Zwar liegen eine Reihe von pflanzenbaulichen Einzelergebnissen aus der Forschung

vor, Resultate aus Feldversuchen können jedoch nur die geprüften Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen abbilden. Die Versuchsbedingungen sind häufig nicht mit Praxisbedingungen vergleichbar. Praxiserfahrungen sind hingegen selten publiziert und oft schwer zu verallgemeinern. Das im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geplante Betriebsnetzwerk bietet die Möglichkeit, die ackerbauliche Praxis wissenschaftlich zu untersuchen und bei der umfassenden Auswertung bestehende Erkenntnisse aus der Forschung hinsichtlich ihrer Praxisrelevanz zu diskutieren.

Im Hinblick auf diese Aspekte setzt sich das Projekt folgende Ziele:

- Identifizierung und Gewichtung wesentlicher, ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Erfolg des Anbaus kleinkörniger Leguminosen in der Praxis.
- Ergänzung der Projektergebnisse bei der Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien im Anbau kleinkörniger Leguminosen.
- Nutzung von Synergieeffekten aus der Kombination der geplanten Untersuchungen sowie gezielter ergänzender Datenerhebungen auf den Betrieben des Betriebsnetzwerks.

1.2.2 Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen

Mit der Eiweißpflanzenstrategie des BMELV sollen unter anderem Forschungslücken im Bereich der Leguminosen geschlossen werden und erforderliche Maßnahmen zur Umsetzung in die Praxis dargestellt werden. Das vorliegende Projekt hatte das Ziel, vor allem diese Fragestellungen im Hinblick auf kleinkörnige Leguminosen zur Futternutzung zu bearbeiten. Im Einzelnen werden dabei mit den erlangten Ergebnissen zum praktischen Anbau folgende förderpolitische Ziele unterstützt:

- Stärkung des Anbaus heimischer Leguminosen durch Unterstützung der Landwirte mit praxisrelevantem ackerbaulichem Informationsmaterial.
- Verbesserung des Umwelt- und Klimaschutzes z.B. durch das Transparentmachen von Zusammenhängen zwischen Bewirtschaftung, u.a. dem Düngungsniveau, und dem Erfolg des Leguminosenanbaus.
- Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch die Förderung des Anbaus feinsamiger Leguminosen in Reinsaat oder Gemengen, da diese Kulturen nachweislich eine positive Wirkung auf den Boden erzielen.
- Stärkung der Versorgungssicherheit bzw. die Verringerung der Abhängigkeit von importierten Eiweißfuttermitteln durch eine Unterstützung des Leguminosenanbaus.

Darüber hinaus tragen die gewonnenen Erkenntnisse zu einer besseren Einschätzung der Standortbedingungen hinsichtlich des Anbaus von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen bei.

Wie in den Ausschreibungen der BLE (Nr. 20/17/31) gefordert, wurden im Forschungsprojekt sowohl die konventionelle als auch die ökologische Wirtschaftsweise berücksichtigt. Vorrangig wurde im Projekt die Nutzung und Optimierung des Potentials der Leguminosen hinsichtlich ihrer Funktion als Futtermittel bei der Milchviehhaltung untersucht und wesentliche Ergebnisse zu diesem Bereich erarbeitet.

1.2.3 Wissenschaftliche Arbeitsziele des Vorhabens

Der erfolgreiche Anbau kleinkörniger Leguminosen wie Luzerne oder Kleearten hängt von vielen, zum Teil unterschiedlichen Faktoren ab. Dabei kommen sowohl Standortbedingungen wie Klima, Witterung und Boden als auch Bewirtschaftungseinflüsse sowie phytopathologische Aspekte zum Tragen. Anders als im klassischen Feldversuchswesen geht es im vorliegenden Forschungsansatz nicht um die Isolierung einzelner Faktoren und der exakten Bestimmung ihrer Auswirkungen unter definierten Bedingungen. Ziel ist hingegen, die Faktoren zu ermitteln, die in der Praxis wesentlich für z.B. die Ertragsvarianz oder die Gemengezusammensetzung verantwortlich sind. Dies können sowohl bekannte Effekte als auch bisher wenig beschriebene Faktoren sein. Die Ergebnisse der Projekte 2811OE081 und 2814EPS035 zeigen anhand der Beispiele Soja, Lupine, Erbse, Ackerbohne und Getreide, die Möglichkeiten dieser Methodik zur Ermittlung wesentlicher praxisrelevanter Einflussgrößen. Anders als bei gezielten Feldversuchen ist es hier nicht sinnvoll vorab einzelne Hypothesen aufzustellen, die dann im weiteren Verlauf geprüft werden. Eine Festlegung auf bestimmte Faktoren vor Untersuchungsbeginn würde die Möglichkeiten des Projektes einschränken. Bei der Interpretation der Ergebnisse werden jedoch alle zur Verfügung stehenden ackerbaulichen Erkenntnisse zu den untersuchten kleinkörniger Leguminosen berücksichtigt.

Folgende konkrete Fragestellungen werden in diesem Projekt bearbeitet:

- Welche Ertrags- und Qualitätspotentiale bieten Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen in der Praxis?
- Welche Standortbedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen sind für den erfolgreichen Anbau der geprüften Leguminosen bzw. Leguminosengemenge von besonderer Bedeutung?
- Welche Kombination von Parametern aus den Bereichen Boden, Pflanze, Bewirtschaftung und Umwelt sind die wesentlichen Faktoren der Varianz von Ertrag, Bestandeszusammensetzung, Futterqualität und Pflanzengesundheit von Praxisbeständen mit kleinkörnigen Leguminosen?
- Welche quantitative Bedeutung haben die einzelnen, ermittelten Einflussfaktoren in der Praxis?

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Die Arbeitsschritte laut Antrag und die entsprechende Durchführung sind hier komprimiert wiedergegeben. Die Projektlaufzeit war vom 01.10.2019 bis 30.09.2022 geplant. Die Projektlaufzeit wurde auf Antrag nachträglich mehrmals verlängert bis abschließend zum 31.012.2024. Dabei wurde der Untersuchungszeitraum analog zur Laufzeit vom Netzwerk KleeLuzPlus auf die Jahre 2020 bis 2023 verlängert. In Tabelle 1 ist die Projektdurchführung als Balkenplan dargestellt. Details finden sich im Kapitel Material und Methoden.

Tab. 1: Balkenplan Projektdurchführung (grau: geplant, schwarz: durchgeführt bis 03.24)

	2019	2020				2021				2022				2023				2024				
Arbeitsschritte	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Auswahl Betriebe		■			■								■									
Aufbau Erntelogistik		■	■		■				■				■									
Schlagauswahl		■			■				■				■									
Festlegung Messbereich, Untersuchungen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Daten-Aufarbeitung				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Auswertung					■	■			■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Wissenstransfer						■			■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Erstellung Zwischen- bzw. Abschlussbericht							■				■				■					■	■	■

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde

Der Anbau von Leguminosen zur Grünernte übertraf 2016 mit 262.000 ha deutlich die Anbaufläche von Körnerleguminosen mit 187.000 ha (BMEL 2017). Der Vergleich zum Silomaisanbau (2.137.600 ha) zeigt jedoch das große Ausdehnungspotential für kleinkörnige Leguminosen zur Futternutzung. Regional ist der Anbau von Futterleguminosen in Deutschland sehr ungleichmäßig verteilt; so liegen die Flächenanteile in Norddeutschland meist unter 1 %, in den Mittelgebirgslagen und in Süddeutschland werden hingegen Anteile von 2 bis 6 % erreicht (Hartmann 2017). Im Ökologischen Landbau spielt der Anbau feinsamiger Leguminosen derzeit eine deutlich größere Rolle. So wurden 2013 ca. 34 % aller Klee grasbestände ökologisch angebaut (Loges 2013), während der Anteil ökologischer Ackerfläche bundesweit nur bei knapp 4 % lag.

Erkenntnisse über das Ertragspotential kleinkörniger Leguminosen bzw. von Gemengen sind für eine Ausdehnung des Anbaus von wesentlicher Bedeutung. Bei der Schätzung von Grünernteerträgen in der Praxis muss jedoch von weitaus ungenaueren Ergebnissen als bei Druschfrüchten ausgegangen werden. Während Druschfrüchterträge oft für den Verkauf gewogen oder nach Erntevolumen relativ gut zu schätzen sind, kann bei grün geschnittenen Futterpflanzen meist nur das Volumen geschätzt werden (z.B. Ballen, Silo-m³), was bei einer weiten Spanne von TM-Gehalten und Dichten zu großen Schätzfehlern führen kann. Insgesamt muss davon ausgegangen werden, dass bei geschätzten Ertragsdaten aus der Praxis für grün geerntete Futterleguminosen sehr große Unsicherheiten vorliegen. Vor diesem

Hintergrund hat schon eine methodisch einheitliche Ertragsermittlung auf Praxisflächen eine große Bedeutung. Noch weniger Daten liegen über die Zusammensetzung des Erntegutes von den meist in Gemengen angebauten kleinkörnigen Futterleguminosen vor. Hier können Erhebungen in der Praxis einen deutlichen Erkenntnisgewinn bedeuten.

Wesentlich für die Praxis sind jedoch vor allem Erkenntnisse zu den Faktoren, die Ertrag, Zusammensetzung und Futterqualität der Futterleguminosen beeinflussen können. In einer Vielzahl von Publikationen sind Ergebnisse zu einzelnen Faktoren zur Entwicklung von Beständen kleinkörniger Futterleguminosen aus faktoriellen Feldversuchen an einzelnen Versuchsstandorten veröffentlicht. Als Bewirtschaftungsfaktoren mit einem Einfluss auf Ertrag und/oder Zusammensetzung, werden dabei z.B. Bodenbearbeitung, Saatgutmischung, Saatzeitpunkt, Artenzusammensetzung, Nährstoffversorgung (u.a. Stickstoff, Schwefel), Schnitthöhe, Nutzungsfrequenz und Nutzungsdauer genannt (Urbatzka et al. 2017, Becker et al. 2013, Lind 2013, Leisen 2003, Loges et al 1998, Wachendorf, 1995). Den großen Einfluss von Umweltbedingungen zeigen beispielhaft eigene Untersuchungen mit Klee gras. An einem Standort variierte in fünf Anbaujahren mit identischer Saatgutmischung und Bewirtschaftung sowohl der Ertrag (61 bis 109 dt TM/ha) als auch die Zusammensetzung (9 bis 56 % Klee) in einem weiten Bereich. (Schmidt 1997).

Einen Überblick über die in Fachbüchern und Anbauanleitungen enthaltenen Angaben zu wesentlichen Voraussetzungen eines erfolgreichen Anbaus von Rotklee und Luzerne gibt Tabelle 2.

Tab. 2: Wesentliche Einflussfaktoren auf den Erfolg des Anbaus von Rotklee und Luzerne, pur und im Gemenge mit Gräsern (verschiedene Aussagen zu einem Punkt möglich, Quellen am Ende der Tabelle)

Rotklee	Luzerne
Klima	
Gleichmäßige, ausreichende Wasserversorgung (> 550 mm Jahresniederschlag) Gemäßigtes Klima mit hoher Luftfeuchtigkeit. Besonders Vorsommertrockenheit ungünstig	Trockene & sonnige Lagen (< 600 mm Jahresniederschlag). Empfindlich gegen hohe Niederschläge & Luftfeuchtigkeit aber hoher Wasserbedarf (relativ hoher Verdunstungskoeffizient). Wenig empfindlich gegen Trockenheit aufgrund tiefgehender Wurzeln
	Hoher Wärmebedarf. Empfindlich gegenüber niedrigen Temperaturen, besonders im jungen Stadium – dabei starke Sortenunterschiede
Auswinterungsschäden bei Wechselfröste im Februar & März möglich. Üppig entwickelte Bestände durch strenge Kahlfröste gefährdet. Durch lange Schneeaufgaben Auswinterungsschäden möglich.	Spät gesäte Luzerne empfindlich gegen Spätfröste erhebliche Schäden ab anhaltend -20° C.

Fortsetzung nächste Seite

Tab. 2: Fortsetzung

Rotklee	Luzerne
Boden	
Lehmiger Sand bis schwere Lehmböden mit guter Wasserführung. Verträgt zeitweise Staunässe und dichter gelagerte Böden ohne tiefe Bearbeitung. Nicht auf saurem Sand und trockenem Kalkverwitterungs-, Schotter- & Moorböden.	Tiefgründige, gut durchlüftete, durchlässige & leicht erwärmbare Böden. Klüftige Kalksteinböden auch flachgründig möglich, bei ausreichend Niederschlägen. Keine nasskalten im Untergrund verdichtete Böden oder Staunässe! Auf schweren, staunassen Böden verstärkt Welkekrankheiten.
Verträgt zeitweise wasserführenden Untergrund.	Grundwasserstände von 1,5 – 2 m können zum Ausfaulen der Wurzeln führen. Sauerstoffreiches, bewegtes Grundwasser vorübergehend 1,5 m ohne Schaden.
pH -Wert: > 5,5; optimal 6,0 – 7,5	pH -Wert: > 6
Gute Kalk-, Phosphor- und Kaliversorgung	Gute Kalk-, Phosphor- und Kaliversorgung
Fruchtfolge	
Anbaupausen von 5 – 7 Jahren (auch zu Inkarnatklee). Anbauabstände zu anderen Leguminosen beachten Anbaupause zu reinem Klee 5 Jahre zu Klee gras 4 Jahre (Kleekrebs). Bei Stockälchenbefall 8 – 9 Jahre Anbaupause.	Anbaupausen von 5 – 6 Jahren
Üblicherweise nach Getreide. Idealerweise zu Beginn der Fruchtfolge vor Hackfrüchten, Mais, Winterweizen oder Hafer.	Oft nach Getreide und vor Hackfrüchten, vor Winterweizen, Hafer oder Mais.
Etablierung	
Nicht auf stark mit Quecken verunkrauteten Flächen.	Verunkrautete & vergraste Flächen schlecht geeignet.
Reagiert empfindlich auf hohe Güllegaben.	Luzernekeimlinge sind empfindlich gegenüber Kalisalzen.
Stickstoff: Reinsaat keine Düngung; Rotklee gras: je 10 % Grasanteil 10 bis 15 kg N/ha;	Auf N-armen Böden kann eine Startgabe von 30 – 50 kg N/ha förderlich sein.
Kalkung zur Vorfrucht, Schwefel nach Bedarf.	Hoher Kalk- und Schwefelbedarf, ggf. Düngen.
Feinkrümeliges und gut abgesetztes Saatbett (Wasserführung vom Unterboden)	Sorgfältige Saatbettvorbereitung: feinkrümelig, guter Saathorizont.
	Walzen vor der Saat empfohlen um exakte Saattiefe zu garantieren.
Saattiefe: 1 – 2 cm.	Saattiefe 1 – 1,5 cm, bis 2 cm bei leichten & trockenen Böden.
	Impfung kann vorteilhaft sein, bei Flächen, auf denen nicht schon häufig Luzerne stand.
Saatstärke: circa 12 – 25 kg/ha	Saatstärke (Reinsaat): 15 – 30 / 25 – 30 kg/ha.
Regionale Sorten und Mischungsempfehlungen der Landeseinrichtungen für Landwirtschaft	Regionale Sorten und Mischungsempfehlungen der Landeseinrichtungen für Landwirtschaft

Fortsetzung nächste Seite

Tab. 2: Fortsetzung

Rotklee	Luzerne
Frühjahrssaat: Blanksaat oder als Untersaat; je feuchter, desto später säen. Frühe Frühjahrs-Blanksaaten (Termin Sommergetreidesaat): höheres Ertragspotential im Saatjahr als späte. Frühjahrssaat ab Februar.	Frühjahrssaat ab Ende März, auch als Untersaat. Frühe Frühjahrs-Blanksaaten (Termin Sommergetreidesaat): höheres Ertragspotential im Saatjahr als späte. Blanksaat: empfindlich gegen Verschlammung & Verkrustung. Frühjahrsblanksaat: Gelingen wahrscheinlicher als Untersaat.
Untersaat in weniger beschattenden, frühräumenden Deckfrüchten (z.B. Gerste). Untersaat bei zu früher Saat Gefahr des Durchwuchses (je feuchter die Lage umso später säen).	Untersaat: Luzerne braucht mehr Licht als Rotklee); empfindlich gegen Lager oder längeres Stehenbleiben einer Deckfrucht. Bei zu früher Saat Gefahr des Durchwuchses; zu spät: Trockenheitsschäden möglich. Wenn Untersaat, dann in Sommergerste.
Sommersaat: Mitte Juli bis Mitte August, Sommersaat durch Wechselfröste sehr stark gefährdet.	Sommersaat Anfang August bis Anfang September. Sommersaat riskant, bis 2. Augushälfte möglich. Sommersaat bis spätestens Mitte August. Zu späte Herbstsaaten sind anfällig gegen Kleekrebs
Walzen nach der Saat empfehlenswert	Walzen nach der Saat empfehlenswert
Schröpfschnitt bei circa 15 cm Bestandshöhe zur Unkrautregulierung.	Schröpfschnitt gegen Unkraut 5 – 6 Wochen nach Saat bei circa 15 cm Wuchshöhe Bei Anbau nach Mitte August sollte kein Herbstschnitt mehr erfolgen.
Krankheiten und Schädlinge	
Südlicher Stängelbrenner (<i>Gloeosporium caulivorum</i>), samenbürtig durch warm-trockene Witterung gefördert. Bei Befall abernten & umbrechen, danach andere Futterleguminosen verwenden; tolerante Sorten!	Welkekrankheiten (<i>Verticillium</i> -, <i>Fusarium</i> -, <i>Ascochyta</i> - & <i>Phoma</i> -Arten) schon im 2. Anbaujahr Lücken. Verstärkt auf schweren, staunassen Böden Maßnahmen: Fruchtfolge, Standort- & Sortenwahl
	<i>Rhizoctonia crocorum</i> (Wurzeltöter) Luzernemüdigkeit bei zu enger Fruchtfolge
Kleekrebs (<i>Sclerotinia trifoliorum</i>), häufigste Ursache der Kleemüdigkeit. Maßnahmen: Fruchtfolge & Sortenwahl Anbaupause zu Klee pur 5 Jahre zu Klee gras 4 Jahre. Befallene Felder tief pflügen: Sklerotien vergraben. Saat im Frühjahr ist besser, da ältere Pflanzen relativ resistenter sind als junge	Kleekrebs (<i>Sclerotinia trifoliorum</i>) häufigste Ursache der Kleemüdigkeit. Maßnahmen: Fruchtfolge & Sortenwahl. Befallene Felder tief pflügen: Sklerotien vergraben. Zu späte Herbstsaaten sind anfällig gegen Kleekrebs. Saat im Frühjahr ist besser, da ältere Pflanzen relativ resistenter sind als junge.
Nesterweise: Stock- und Stängelälchen. Maßnahmen: Fruchtfolge & Sortenwahl.	Larven des Luzernerüsselkäfers an den Wurzeln.
Schnecken	Schnecken
Mäuse	Mäuse
Hauptnutzungsjahre	
Walzen im Frühjahr bei aufgefrorenem Boden	Walzen im Frühjahr bei aufgefrorenem Boden.
Bei Verunkrautung ein Eggenstrich nach Bodenabtrocknung sinnvoll.	Wenn Eggenstrich notwendig (Unkraut) nach dem 1. Schnitt, weil Luzerne im Frühjahr empfindlich.

Fortsetzung nächste Seite

Tab. 2: Fortsetzung

Rotklee	Luzerne
<p>3 bis 5 Schnitte (ältere Quelle: 2 – 3) im Hauptnutzungsjahr. Letzter Schnitt/Schröpfschnitt Ende September/Anfang Oktober (damit vor Winter noch etwas wächst...).</p> <p>Soll kurz in den Winter gehen wegen Kleekrebs.</p>	<p>3 bis 6 Schnitte. Letzter Schnitt/Schröpfschnitt Ende September/Anfang Oktober.</p>
<p>Schnitthöhe 7 – 10 cm.</p>	<p>Besonders im Saatjahr empfindlich gegen tiefen Schnitt. Schnitthöhe oberhalb der ersten Verzweigung, mindestens 10 cm. Letzter Schnitt/Schröpfschnitt Ende September/Anfang Oktober. Luzerne sollte 15 bis 20 cm hoch überwintern. Luzerne sollte mit etwa 10 cm in den Winter gehen, dadurch rascher Frühjahrsaustrieb – im Zweifel aber lieber länger als kürzer.</p>
<p>Optimaler Schnittzeitpunkt: Knospenstadium bis Beginn Blüte. Empfohlenes Schnittstadium: zwischen Knospenstadium und 35 % des Bestandes in Blüte. Früher Schnitt kann Bestand schwächen. Empfehlung Schnitt bei Vollblüte In Gemengen: frühe Nutzung (Knospenbildung) reduziert Dominanz des Rotkleees.</p>	<p>Empfohlen 1. Schnitt vor Blüte. 2. Schnitt bis zur Blüte kommen lassen. Bestand einmal pro Jahr blühen lassen & Intervall zwischen vorletztem und letztem Schnitt min. 5 - 8 Wochen: sonst Abnahme Wurzelwachstum, Bestandesdichte & Leistung der Einzelpflanze. Häufiges Schneiden führt zu Ertragseinbußen, v.a im Folgejahr. Empfohlenes Schnittstadium: zwischen Knospenstadium und Beginn der Blüte.</p>
<p>Nutzungsdauer: überjährlig, im 2 Hauptnutzungsjahr oft schon weniger Pflanzen. Ausdauer 1 – 2 Jahre aber stark sortenabhängig.</p>	<p>Nutzungsdauer 2-3 Jahre, dann abnehmende Ertragsleistung und Verunkrautung. Bei intensiver Nutzung (4 Schnitte & mehr) nur 2 Hauptnutzungsjahre</p>
Quellen	
<p>BLE (Hrsg.), 2023; Kämpf et al., 1981 Simon, 1987 Wurth, 2006 Huss, 2009 LfL (Hrsg.), 2016</p>	<p>BLE (Hrsg.), 2023; Kämpf et al., 1981 Simon, 1987 LfL (Hrsg.), 2016 LfL (Hrsg.), 2016 Schubiger, 2024</p>

Für eine Ausdehnung des Anbaus kleinkörniger Leguminosen ist es von großer Bedeutung die wesentlichen Einflussfaktoren von Ertrag und Qualität im praktischen Anbau zu identifizieren und zu gewichten, um mit Hilfe des umfassenden Erkenntnisstandes zu Einzelfaktorwirkungen Optimierungsstrategien ableiten zu können. Datenerhebungen auf landwirtschaftlichen Praxisflächen können eine wertvolle Basis für die Untersuchung komplexer Zusammenhänge im pflanzenbaulichen System bieten. Neben der Darstellung des Status Quo und zu Demonstrationszwecken ist mit spezifischen Auswertungsschritten auch eine Ableitung wissenschaftlich fundierter Ergebnisse möglich. Hierfür stehen unter anderem multivariate statistische Verfahren zur Verfügung. In der Literatur liegen eine Reihe von

Beispielen vor, bei denen mit diesen Methoden pflanzenbauliche Systeme untersucht wurden: Eine Stichprobenerhebung auf 57 Schlägen von 17 Ökobetrieben in Schweden diente Rydberg & Milberg (2000) als Grundlage um mit Hilfe der PCCA (Partial Canonical Correspondence Analysis) wesentliche Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren des Unkrautdrucks identifizieren und gewichten zu können. Raghupathi & Bhargava (1998) identifizierten mit Hilfe von Stichproben aus kommerziellen Obstbaubetrieben in Indien unter Verwendung von PCA (Principal Component Analyses) und KA (multiple Korrelationsanalyse) die wesentlichen für die Granatapfelproduktion relevanten Nährstoffungleichgewichte. In einer niederländischen Studie auf Praxisflächen konnten mit Hilfe multivariater Verfahren Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren für das Auftreten von Fußkrankheiten an Erbsen identifiziert werden. (Oyarzun et al. 1993, 1994 & 1998). Bei eigenen Untersuchungen auf 74 Körnererbsen- und 44 Ackerbohenschlägen konnten u.a. wesentliche in der Praxis wirksame Faktoren der Ertragsbildung und des Unkrautdrucks ermittelt werden (Schmidt & Wild 2013, Wilbois et al. 2013). Diese Ergebnisse sind Bestandteil der für die Praxis aufgearbeiteten Informationen in der Broschüre „Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit“ (BLE 2014).

Darüber hinaus bietet die Prüfung von Einzelfällen die Ableitung weiterer Erkenntnisse. Die Durchführung von Fallstudien definiert Yin (2003) als eine Forschungsstrategie bzw. eine empirische Erhebung, die ein Phänomen innerhalb seines "real-life" Kontextes untersucht. Bei dieser Methode können durch Nutzung des Erkenntnisstandes und aufbauend auf andere Quellen auch quantitative Beweise erarbeitet werden. Im Bereich des ökologischen Landbaus wurde eine Vielzahl von wissenschaftlichen Arbeiten mit dieser Methode durchgeführt. So konnte z.B. Mikkelsen (2000) aus der Untersuchung des Nährstoffmanagements eines einzelnen ökologischen Betriebes prinzipielle Schlussfolgerungen für die ökologische Bewirtschaftung ableiten. Auch Bakken et al. (2005) und Eyhorn et al. (2007) nutzten Fallstudien zur Untersuchung pflanzenbaulicher Sachverhalte und zur Ableitung verallgemeinerbarer Schlussfolgerungen.

Im Forschungsprojekt „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ (2814EPS035) wurden statistische Auswertungen mit Einzelfallanalysen verknüpft um sowohl wesentliche Faktoren einzelner Zielgrößen (z.B. Ertrag) zu ermitteln, als auch in Einzelfällen wirksame Zusammenhänge beschreiben zu können. Die Ergebnisse zeigen das Potential dieser Form der Auswertung von Praxiserhebungen (Schmidt et al. 2019, Schmidt & Langanky 2020, Schmidt & Langanky 2021a, Schmidt & Langanky 2022b).

3 Material und Methoden

3.1 Betriebs-, Schlag- und Messpunktauswahl

In Zusammenarbeit mit dem im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung geförderten Netzwerkprojekt KleeLuzPlus (Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von kleinkörnigen Leguminosen in Deutschland) wurden im Zeitraum 2019 bis 2023 Betriebe und Praxisschläge mit Anbau von kleinkörnigen Leguminosen für die Untersuchung ausgewählt. Dabei wurde in enger Kooperation mit den, für die Betriebskontakte zuständigen Betriebsbetreuern und den betreffenden Landwirten für die Betriebe charakteristische Felder unter Berücksichtigung folgender Kriterien ausgewählt:

- Ziel war es, Schläge auf Betrieben mit möglichst viel Erfahrung im Anbau mit der jeweiligen Körnerleguminose auszuwählen. Soweit möglich wurden dabei die Praxisflächen untersucht bei denen Datenerhebungen durch KleeLuzPlus geplant waren.
- Weite Spannweite an Böden und Bewirtschaftungssystemen: Für die geplante Auswertung mit multivariaten statistischen Verfahren sollten möglichst unterschiedliche Standortbedingungen und Bewirtschaftungsverfahren bei den Schlägen vertreten sein. Es wurde angestrebt ca. die Hälfte ökologisch bzw. konventionell bewirtschaftete Schläge zu untersuchen.
- Es wurden nur Betriebe gewählt, deren Bewirtschaftung nach Ansicht des jeweiligen Betreuers keine deutlichen Defizite aufwiesen.

In den Jahren 2020 bis 2023 wurden auf 66 Betrieben insgesamt 332 Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen untersucht (Details in Tab. 3). In Abbildung 1 ist die Lage der untersuchten Betriebe dargestellt.

Tab. 3: Anzahl im Projekt untersuchte Betriebe bzw. Bestände (Bestand: ein Schlag in einem Jahr) nach Saatgutzusammensetzung

	> 50 % Gräser	< 50 % Gräser Klee > Luz.	< 50 % Gräser Luz. > Klee	100 % Luzerne	Gesamt
Betriebe					66
Schläge	69	25	56	44	192
Bestände	119	37	90	86	332
Ökologisch	79	30	52	3	164
Konventionell	40	7	38	83	168
2020	30	10	27	19	86
2021	32	7	23	26	88
2022	30	8	19	25	82
2023	27	12	21	16	76

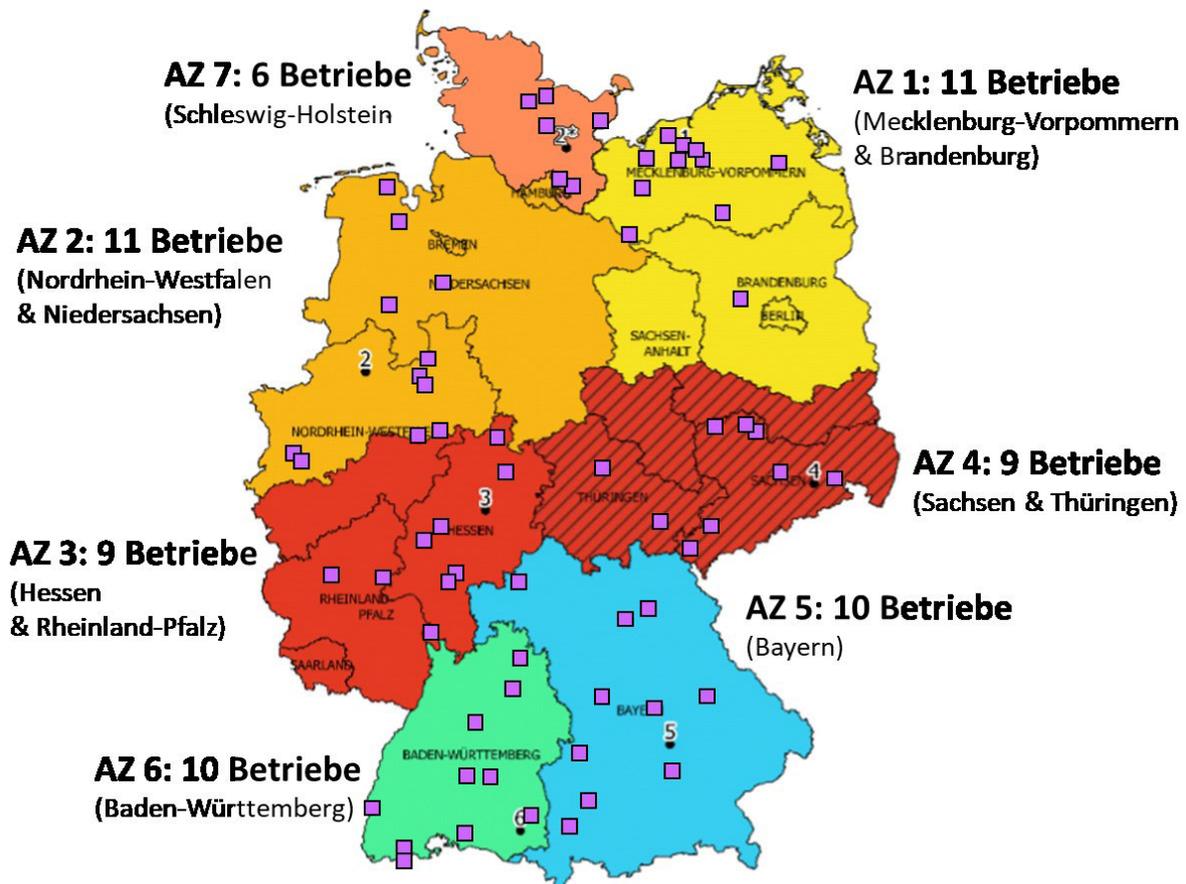


Abb. 1: Lage der von 2020 bis 2023 untersuchten Betriebe in den einzelnen Aktionszentren des Netzwerks KleeLuzPlus

Auf jedem Untersuchungsschlag wurde ein Messbereich von 20 m Durchmesser in einem für den Schlag charakteristischen und möglichst homogenen Bereich mit ausreichend Abstand zum Rand bzw. zum Vorgewende ausgewählt. Mit dem Messbereich sollte nicht der gesamte Schlag abgebildet werden, sondern ein charakteristischer Bereich des Schlages, mit klar zuordenbaren Bodenbedingungen und Bestandesausprägungen.

3.2 Datenerhebungen und Untersuchungen

3.2.1 Datenerhebungen

Für die ackerbauliche Auswertung wurden unter anderem Daten aus den im Rahmen der Netzwerke durchgeführten Erhebungen verwendet. Von den Betriebsbetreuer*innen wurde dabei die Leitung der Betriebe mit Fragebögen nach diversen Daten zu den Betrieben und den untersuchten Schlägen befragt. Die Fragebögen wurden in Kooperation der Netzwerkpartner und der SÖL erstellt. Die im Rahmen des vorliegenden Projekts genutzten Erhebungsdaten sind in Tabelle 4 schematisch aufgeführt.

Tab. 4: Daten aus der Betriebsbefragung die für die ackerbauliche Auswertung verwendet wurden

Bereich	Details
Betrieb	Allgemeine Angaben zur Betriebsorganisation bzw. -bewirtschaftung, zum Standort und Ackerbau sowie zur Tierhaltung
Untersuchungsschlag	
Standort	Ackerzahl, Bodenart, Bodenuntersuchungsergebnisse, Schlaggröße
Schlaggeschichte	10-15 Jahre, angebaute Haupt- und Zwischenfrüchte, Düngung, wesentliche Bewirtschaftungsänderungen
Bewirtschaftungsmaßnahmen von Ernte der Vorfrucht (Hauptfrucht) bis Ende der Untersuchungen	Bodenbearbeitung: Termin, Gerät / Werkzeug Bearbeitungstiefe; Nichtchemische Unkrautregulierung: Maßnahmen, Gerät, Abstand zur Reihe, Tiefe, Erfolg; Chemische Pflanzenschutzmaßnahmen: Termin, Mittel, Erfolg; Zwischenfrucht: Termin, Zusammensetzung; Mineralische & organische Düngung: Termin, Art, Menge
Anbau kleinkörniger Leguminosen	Arten, Sorten, Saatgutzusammensetzung & -kategorie, Beizung; Impfung; Saattermin, Aussaatmenge; Reihenabstand, Saattiefe, Saattechnik; Mineralische & organische Düngung: Termin, Art, Menge; ggf. Angaben zur Deckfrucht / Untersaat; Schnitttermine & Bestandeshöhe, verwendete Technik, Schnitthöhe, Konservierungsverfahren, Ertrags- und Verlustschätzung; Besonderheiten im Anbaujahr

Für eine Einbeziehung von Sorteneigenschaften in die Auswertung wurde ermittelt wie hoch der Anteil an von den jeweiligen Landes-Organisationen empfohlenen Leguminosensorten im Saatgut war.

Zusätzlich zu der geplanten Befragung der teilnehmenden Betriebe wurde Anfang 2024 eine Befragung zur Nachfrucht nach kleinkörnigen Leguminosen durchgeführt. In Kooperation von der KleeLuzPlus-Fachkoordination Pflanze/Feld und der SÖL (Charlotte Junker & Lucas Langanky-Salzer) wurden ausgewählte Betriebe zur Bewirtschaftung ab dem letzten Schnitt der Leguminosenbestände bis zur Ernte der folgenden Hauptfrucht befragt und die Daten zur Auswertung aufbereitet.

3.2.2 Untersuchungen

Die Bodenuntersuchungen und die Bestandesbonituren an den Messbereichen erfolgte durch Projektmitarbeiter der SÖL. Die Handernten vor jedem Praxisschnitt wurden zum Großteil durch Personen im Umfeld des jeweiligen Betriebs durchgeführt. Einzelne Betriebe wurden durch Betriebsbeteuer*innen oder durch die SÖL beprobt. Die Handernten erfolgten immer mit einem 0,5 m² Standardrahmen von 7 cm Höhe. Standardisierte Fotos von jedem geernteten Rahmen (vor und nach Schnitt) und vom Erntegut auf einem Standard-Fototuch ermöglichte die Schätzung der Bestandeszusammensetzung und weiterer Bestandeseigenschaften. Die Fotobonituren durch immer dieselbe Person wurde durch die Trennung einzelner

Schnittproben in Leguminosen, Gräser und Kräuter/Unkräuter von Leguminosenanteil unterstützt. Die in den Messbereichen erhobenen Parameter sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tab. 5: In den Messparzellen erhobene Parameter

Parameter	Angaben
Boden	einmalig je untersuchtem Schlag
pH, C _{org} , N _t , K, P, Mg, Mn, Zn, Cu, B, S	0 - 20 cm; Frühjahr; 2 Mischproben pro Messbereich nach VDLUFA (Makronährstoffe: verfügbar; Mikronährstoffe & S: CAT-Extrakt)
Korngrößenverteilung	0 - 20 cm; 1 Mischprobe pro Messbereich (Schlämmmethode)
Eindringwiderstand & Eindringtiefe	Penetrologger 0 - 80 cm; 20 Einstiche pro Messbereich, Winter/Frühjahr
Bestand	
Deckungsgrad und mittlere Höhe (Leguminosen, Gräser, Kräuter, Unkraut, Auflaufgetreide, ohne Bewuchs), Unkrautarten; Bestandesschäden mit möglichen Ursachen (z.B. Mäuse, Säfeher, etc.); Pflanzenschäden (z.B. Nekrosen, Fraß, etc.). Bewertung des Kulturzustands (1-9) mit Begründung. Standardisierte Fotos	Bestandesbonituren: Herbst nach Saat (ab 2020), Ende Winter/Anfang Frühjahr, Sommer; jeweils 8 x 0,5 m ² im Messbereich; Kulturzustand für Messbereich & gesamten Schlag
FM-Ertrag, Bestandeshöhe FM-Anteile: Leguminosen, Gräser, Kräuter/Unkräuter; Anteil unbedeckter Bodenfläche Gehalte: TM, Protein, ADFom, NEL	Vor jedem Praxisschnitt: 8 x 0,5 m ² - Rahmen: jeweils 4 x Höhe mit Kunststoffscheibe (Ø 22 cm, 34 g); jeweils schneiden (über 7 cm hohen Rahmen), einzeln wiegen; Standardfotos vor & nach Schnitt sowie vom Erntegut auf Standard-Fototuch für Anteilsschätzung; Trennung und Wiegen der einzelnen Komponenten bei ausgewählten Rahmen und Beständen zur „Eichung“ der Fotobonitur. Jeweils von 4 Rahmen 1 Mischprobe des Erntegutes: frisch per Post an Labor, Futtermittelanalyse in verschiedenen Laboren durch KleeLuzPlus (TM bei 105°, Rohprotein, ADFom und NEL per NIRS)

Die Witterungsdaten – Tageswerte für Temperatur und Globalstrahlung – wurden von den nächstgelegenen Wetterstationen des DWD oder anderen kostenfreien Wetterstationen abgerufen bzw. beim Niederschlag den Daten des bundesweiten Rasters von 1x1 km der DWD-Radarklimatologie entnommen (Kombination von Messstationsdaten und radarbasierter Niederschlagsmessung mit dem RADKLIM-Verfahren).

Auf Basis der Arbeit von Bachinger und Reining (2009) erfolgte mit der Kalkulation einer einfachen Wasserbilanz die Ermittlung der aktuellen täglichen Evapotranspiration. Die Berechnung der potentiellen Evapotranspiration erfolgte dabei nach Wendling (DVWK 238, 1996). Bei diesem vereinfachten Verfahren werden nur Strahlung und Temperatur verwendet. Die Berechnung der nutzbaren Feldkapazität der Böden wurde auf Basis der bodenkundlichen

Kartieranleitung (Ad-hoc AG Boden, 2005, S. 344 & 347; bei mittlerer Lagerungsdichte) unter Verwendung der Bodenart und des Gehaltes an organischer Substanz durchgeführt. Für die effektive Wurzelzone wurden im ersten Hauptnutzungsjahr maximal 1 m und ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr 1,3 m angenommen. Diese Tiefen wurden auf Basis der mittleren Eindringtiefe der Bodensonde korrigiert. Für den Beginn der Vegetationsperiode wurde eine vollständige Auffüllung der nutzbaren Feldkapazität angenommen. Die Berechnung der aktuellen täglichen Evapotranspiration erfolgte sowohl mit dem „Veihmeyer-Ansatz“ (ET1) als auch dem „Zwei-Phasen-Ansatz“ (ET2) (Bachinger & Reining, 2009). Bei den Auswertungen wurde standardmäßig der „Zwei-Phasen-Ansatz“ verwendet, die Verwendung des „Veihmeyer-Ansatz“ wird jeweils gekennzeichnet.

3.3 Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte in mehreren Schritten:

Strukturierung, Berechnung und Vorbereitung der Daten. Umsetzung der erhobenen und von den Projektpartnern erhaltenen Informationen (Fragebögen) sowie - soweit möglich und notwendig - Aufarbeitung zu vergleichbaren Größen (bei der Bewirtschaftung z. B. Fruchtarten-Anbauanteile bzw. Abstände, Zeiträume mit Bodenruhe, Bodenbearbeitungstiefe und -häufigkeit usw.), Zusammenfassung von nicht quantifizierbaren Angaben – z.B. Beobachten und Kommentare bei den Betriebsbesuchen oder Anmerkungen der Betriebsleitung – für die Berücksichtigung bei der Einzelfallbetrachtung. Vorbereitung und Verrechnung der Witterungsparameter (z.B. Mittelwerte/Summen für bestimmte Zeitspannen).

Betriebsübergreifender Vergleich und statistische Untersuchung der erfassten Parameter mit uni- und multivariaten Verfahren (u. a. Korrelationen, multiple Regressionen, Hauptkomponentenanalyse, Varianzanalyse usw.) und grafischer Darstellung (Kurvenanpassung, Streudiagramme, Boxplots u. Ä.) meist mit der Statistik-Software SPSS. Ziel war dabei interkorrelierende Parameter (kommt u. a. häufig bei Bodenparametern vor) zusammenzufassen und wesentliche Zusammenhänge zwischen einzelnen Parametern bzw. Parametergruppen qualitativ und quantitativ zu beschreiben.

Einzelfallauswertung der Ergebnisse von einzelnen Betrieben, Schlägen bzw. Beständen im Sinn von Fallstudien. Dabei wurden besonders diejenigen Fälle beleuchtet, die bei der betriebsübergreifenden Auswertung aufgefallen waren, z. B. Fälle auf denen trotz guter Standort- und Bewirtschaftungsvoraussetzungen kein angemessenes Ertragsergebnis erzielt werden konnte oder Schläge bei denen andere Auffälligkeiten in den Daten oder Beobachtungen vorlagen. Dadurch wurde versucht die entscheidenden Faktoren des Ausnahmeverhaltens zu identifizieren – z. T. auch in Rücksprache mit den Betriebsleiter*innen und Betriebsbetreuer*innen.

Validieren und Zusammenfassen der Ergebnisse aus der statistischen Analyse und der Einzelfallauswertung. Über den Vergleich zum derzeitigen Erkenntnisstand erfolgte die Erarbeitung schlüssiger Faktorenlisten für die Zielgrößen Ertrag, Zusammensetzung und Qualität der geprüften Bestände mit feinkörnigen Leguminosen. Des Weiteren wurden daraus die wesentlichen Optimierungsbereiche für die Praxis abgeleitet.

4 Ergebnisse

4.1 Übersicht zu den untersuchten Betrieben und Beständen

Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über die bundesweit untersuchten Betriebe, Schläge und Bestände, hinsichtlich der Standortbedingungen und wesentlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen. Da die Betriebsauswahl nach Meldung der Betriebe zum Netzwerk KleeLuzPlus erfolgte, kann die Auswahl keinen Anspruch auf Repräsentativität erheben.

4.1.1 Untersuchte Betriebe

Von den 66 untersuchten Betrieben wurden 29 ökologisch und 37 konventionell bewirtschaftet. Die Ökobetriebe waren im Durchschnitt seit 20 Jahren umgestellt (Abb. 2).

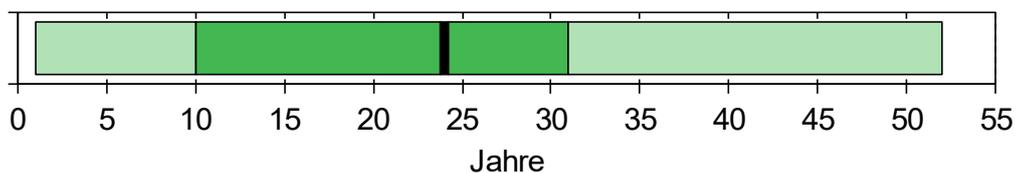


Abb. 2: Boxplot zum Zeitraum von Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweise bis zum Projektbeginn 2020 bei den 29 untersuchten Ökobetrieben

Die Ackerfläche der untersuchten Betriebe streute in einem weiten Bereich, der Median lag bei 94 ha (Abb. 3). Auch der Anteil Leguminosen an der Ackerfläche variierte stark. Der geringe Unterschied zwischen dem Anteil aller Leguminosen und dem der kleinkörnigen Leguminosen zeigt, dass der Anbau von Körnerleguminosen meist keine große Rolle spielte. Wie erwartet lag der Leguminosenanteil bei den Ökobetrieben deutlich höher als bei konventioneller Bewirtschaftung (Abb. 3). Auf den konventionell bewirtschafteten Betrieben wurden im Mittel mehr Tiere pro landwirtschaftlicher Nutzfläche gehalten als bei den Ökobetrieben.

Die meisten Betriebe nutzten die Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen zur Fütterung des eigenen Milchviehs (Abb. 4). Auch für Mutterkühe, Mastrinder und andere Fütterungszwecke (z.B. für Kälber) wurden sie eingesetzt. Schweine und Geflügel wurden nur auf Ökobetrieben auch mit Futter von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen gefüttert. Zu einem geringen Teil erfolgte eine andere interne Verwendung, z.B. in Biogasanlagen. Eine externe Verwendung erfolgte vor allem bei Ökobetrieben, z.B. in Futter-Mist-Kooperationen, Futterverkauf oder in externen Biogasanlagen.

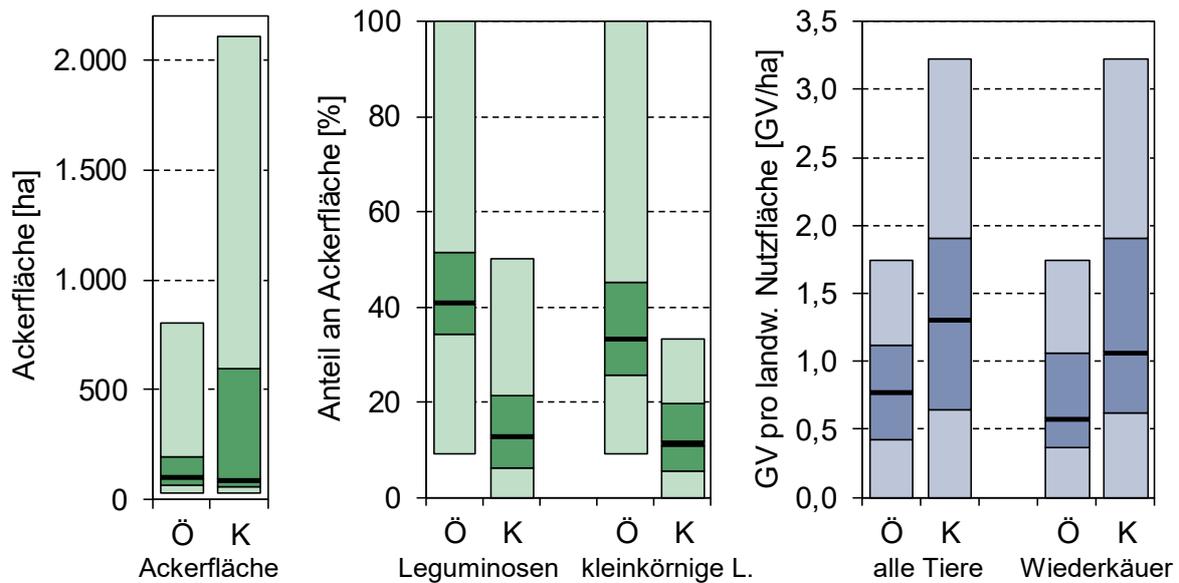


Abb. 3: Boxplots zu Ackerfläche, Leguminosenanteil an der Ackerfläche (Hauptfrüchte) und Tierbesatz bei den untersuchten Betrieben; aufgeteilt in ökologisch (n 29) und konventionell (n 37) bewirtschaftete Betriebe

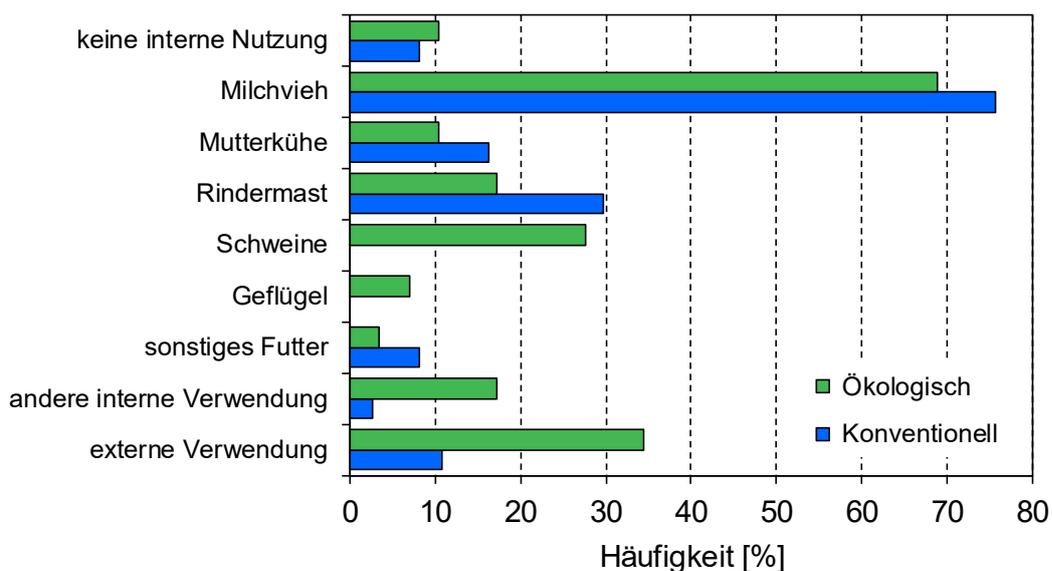


Abb. 4: Nutzung der Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen bei den untersuchten Betrieben; aufgeteilt in ökologisch (n 29) und konventionell (n 37) bewirtschaftete Betriebe

Die Betriebsangaben zur mittleren Nutzungsdauer von Schlägen mit kleinkörnigen Leguminosen unterschied sich deutlich zwischen ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise (Abb. 5). Bei beiden reichte die Spannweite von einem bis fünf Jahren. Auf Ökobetrieben lag der Median jedoch bei zwei Jahren, bei konventionellen Betrieben bei 3,25 Jahren.

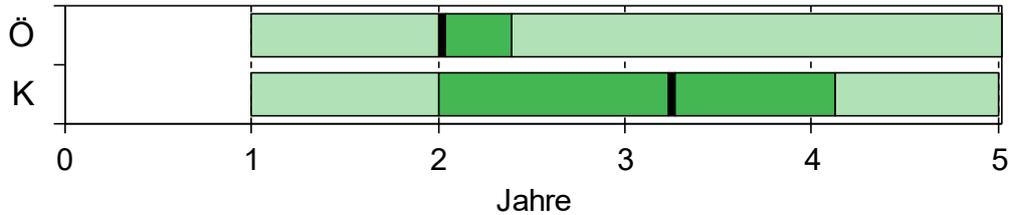


Abb. 5: Boxplot zur mittleren Nutzungsdauer von Schlägen mit kleinkörnigen Leguminosen; aufgeteilt in ökologisch (n 29) und konventionell (n 37) bewirtschaftete Betriebe

4.1.2 Standortbedingungen der untersuchten Schläge bzw. Bestände

Auf den 66 Betrieben wurden von 2020 bis 2023 insgesamt 332 Bestände auf 192 Schlägen untersucht. Der Begriff Bestand ist als ein Anbaujahr auf einem Schlag definiert. Wurden z.B. drei aufeinander folgende Hauptnutzungsjahre auf demselben Schlag untersucht, werden diese als drei Bestände bezeichnet.

In Abb. 6 zeigt sich, dass die untersuchten Schläge in ihrer Bodenqualität, Bodenart, Tiefgründigkeit und Wasserhaltefähigkeit in einem weiten Bereich variierten. Dabei wiesen die Schläge der Ökobetriebe im Mittel etwas bessere Bodenbedingungen auf.

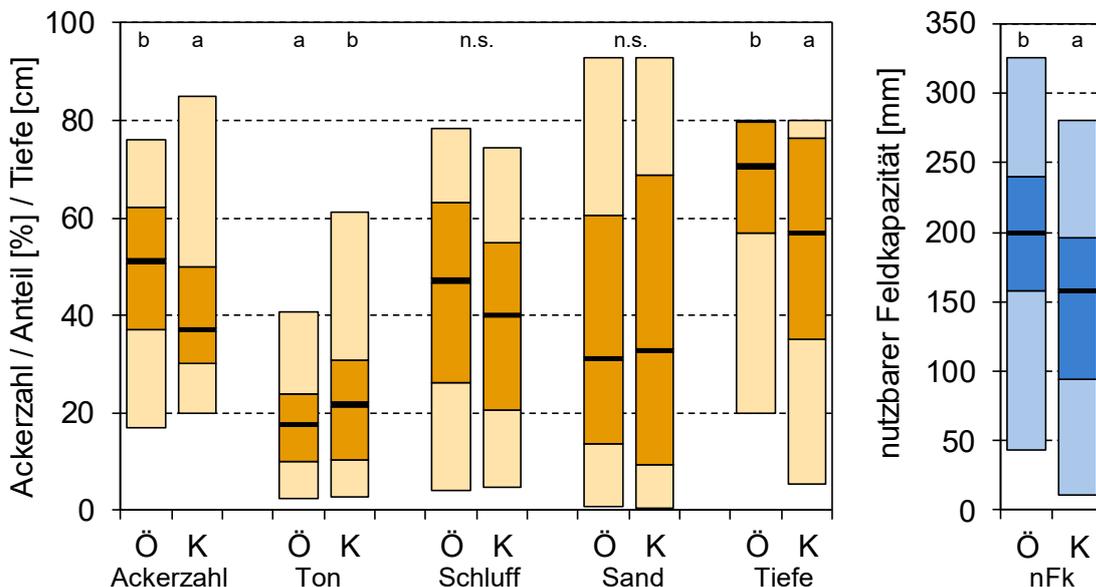


Abb. 6: Boxplots zur Ackerzahl, zum Ton-, Schluff-, und Sandgehalt in 0-20 cm, der mittleren Eindringtiefe einer 80-cm Bodensonde und der nutzbaren Feldkapazität (nach Bodenkundlicher Kartieranleitung und mittlerer Eindringtiefe berechnet, max. Tiefe 1. Hauptnutzungsjahr 1 m ab 2. 1,3 m); aufgeteilt in ökologische (n Ackerzahl bis Tiefe 107 Schläge, nFk 165 Bestände) und konventionelle (n Ackerzahl bis Tiefe 84 Schläge, nFk 167 Bestände) Bewirtschaftung (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, t-Test <0,05)

Auch bei der VDLUFA-Versorgungsstufe verschiedener Bodennährstoffe bzw. dem CAT-Gehalt von Schwefel gab es eine große Streubreite (Abb. 7). Signifikante Unterschiede zwischen konventionellen und Öko-Schlägen wurden nur bei Phosphor, Kalium und Bor gefunden. Hier war die Versorgung auf den konventionellen Schlägen höher. Auch der pH-Wert wies bei dieser Bewirtschaftung ein etwas höheres Niveau auf (Abb. 8). Die ebenfalls höheren Gehalte an organischer Substanz sind auf die hier auch höheren Tongehalte zurückzuführen. Bei Berücksichtigung der Tongehalte in einer zweifaktoriellen Regression erweist sich die ökologische Wirtschaftsweise als positiver Faktor des Gehalts organischer Substanz (Ergebnisse nicht dargestellt).

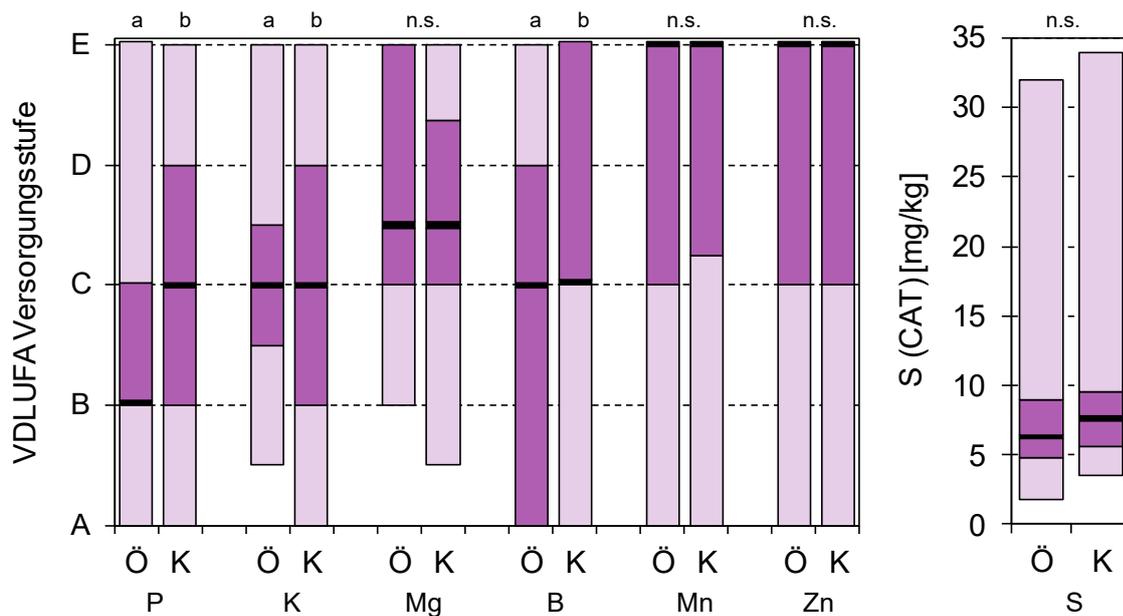


Abb. 7: Boxplots zu den VDLUFA-Versorgungsstufen der Nährstoffe P, K, Mg, B, Mn und Zn sowie den S-Gehalten im CAT-Extrakt in der Bodenschicht 0-20 cm; aufgeteilt in ökologisch (n 107) und konventionell (n 84) bewirtschaftete Schläge (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, t-Test <0,05)

Die Unterschiede im Mittel der Witterungsparameter zwischen den konventionellen und den Öko-Beständen waren nur geringfügig (Abb. 9). Insgesamt variierte die Witterung in den vier Untersuchungsjahren in einem sehr weiten Bereich – sowohl zwischen den Jahren als auch zwischen den Standorten (Abb. 10). Die Streuung ist nicht nur auf die standortbezogene Witterung, sondern auch auf die Unterschiede im Nutzungszeitraum der Bestände zurückzuführen (Abb. 25 S. 30).

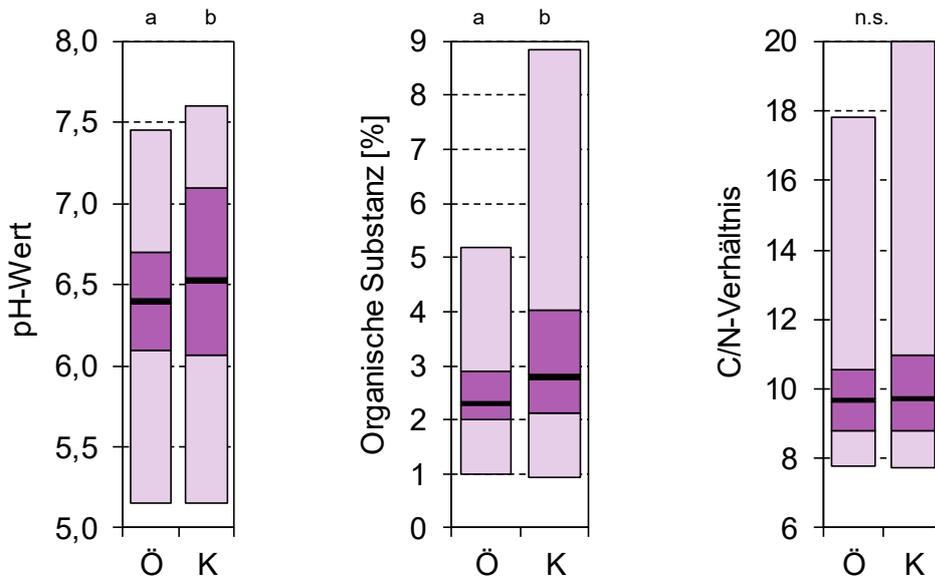


Abb. 8: Boxplots des pH-Werts, des Gehalts an organischer Substanz und des C/N-Verhältnisses in der Bodenschicht 0-20 cm; aufgeteilt in ökologisch (n 107) und konventionell (n 84) bewirtschaftete Schläge (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, t-Test <0,05)

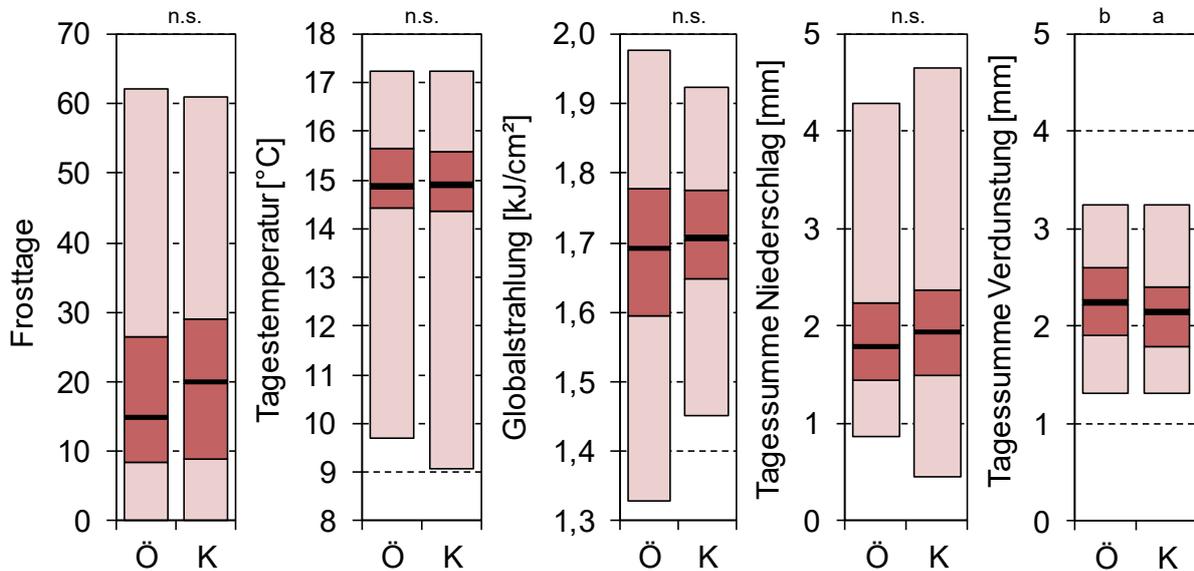


Abb. 9: Boxplots der Frosttage im Winter vor dem Untersuchungsjahr, der mittleren täglichen Temperatur, Globalstrahlung, Niederschlagssumme und aktuellen Evapotranspirationssumme von Vegetationsbeginn bis zum letzten Schnitt; aufgeteilt in ökologisch (n 165) und konventionell (n 167) bewirtschaftete Bestände (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, t-Test <0,05)

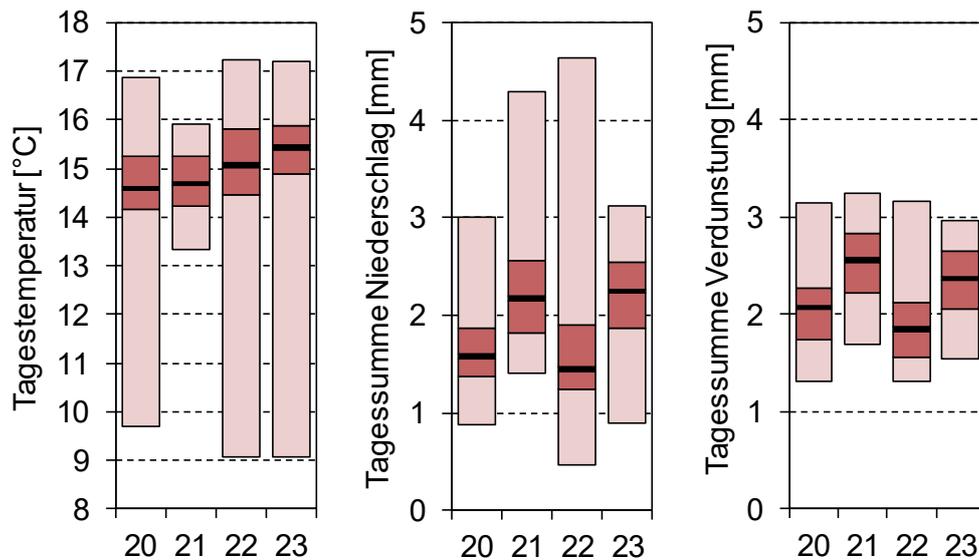


Abb. 10: Boxplots der mittleren täglichen Temperatur, Niederschlagssumme und aktuellen Evapotranspirationssumme von Vegetationsbeginn bis zum letzten Schnitt; aufgeteilt in die vier Untersuchungsjahre (n 2020 86, 2021 88, 2022 82, 2023 76)

4.1.3 Bewirtschaftung von Vorfrucht bis Ende des Saatjahrs

Auf über der Hälfte der untersuchten Schläge wurden die kleinkörnigen Leguminosen nach Wintergetreide gesät (Abb. 11). Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungssystemen gab es bei den Vorfrüchten Sommergetreide, mehr bei ökologischem, und Mais, mehr bei konventionellem Anbau. Nur auf Ökoflächen wurden in wenigen Fällen nach Körnerleguminosen Futterleguminosen angebaut.

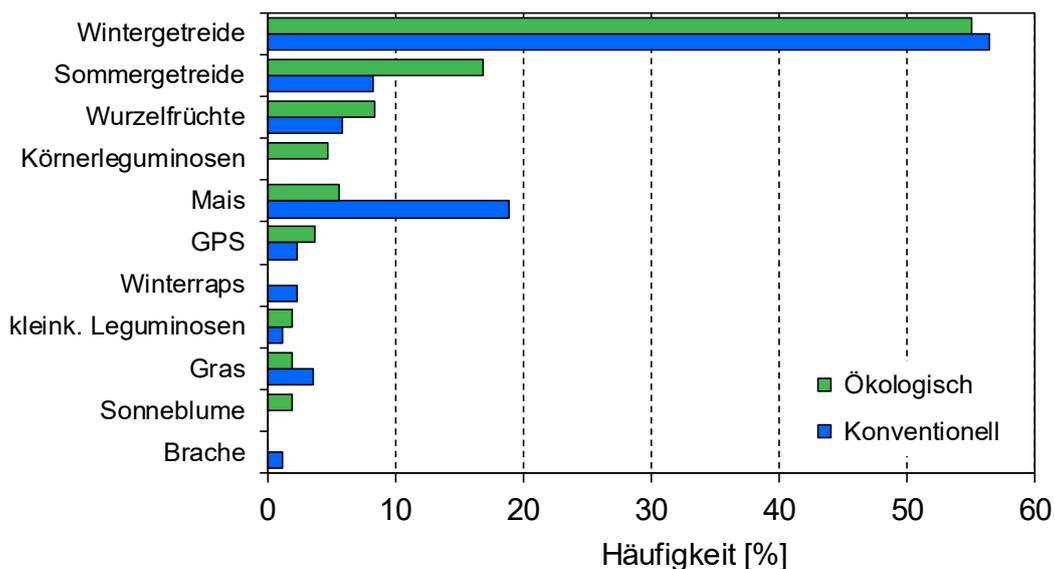


Abb. 11: Vorfrucht vor kleinkörnigen Leguminosen auf den untersuchten Schlägen (n ökologisch: 107, konventionell 85)

Der Saatzeitpunkt variierte sowohl bei der Frühjahrssaat als auch bei der Sommersaat stark (Abb. 12). Im Frühjahr wurde auf den meisten Schlägen im April und im Sommer häufig Ende August bis Mitte September gesät. Schläge mit ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung sowie luzerne- und rotkleedominanten Saaten unterschieden sich nicht. Insgesamt wurde auf 60 Schlägen im Frühjahr und auf 132 Schlägen im Sommer gesät. Luzerne-dominante Bestände wurden häufiger im Frühjahr gesät (42 %) als rotkleedominante (21 %).

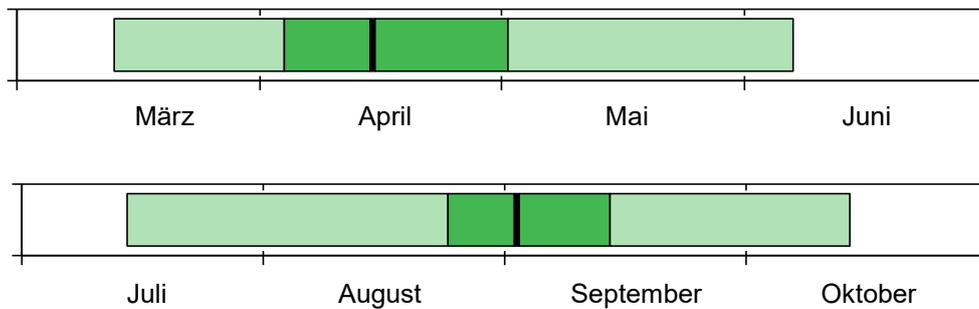


Abb. 12: Boxplots des Zeitpunkts der Saat mit kleinkörnigen Leguminosen der untersuchten Schläge im Frühjahr (n 60) und im Sommer (n 132)

Auch die Intensität der Bodenbearbeitung vor Saat der kleinkörnigen Leguminosen war auf den untersuchten Betrieben sehr unterschiedlich (Abb. 13). Im Mittel wurden seit der Vorfrüchterente bis zur Saat Leguminose bzw. der Deckfrucht drei Arbeitsgänge durchgeführt. Vor der Frühjahrssaat wurde auf 68 % der Schläge gepflügt, vor Sommersaat nur auf 39 %. Dieser Unterschied zwischen den Saatzeiträumen spiegelt sich auch in den maximalen Arbeitstiefen: im Frühjahr durchschnittlich 20 cm im Sommer nur 12 cm. Ökologische und konventionelle Bewirtschaftung waren dabei im Mittel nicht verschieden.

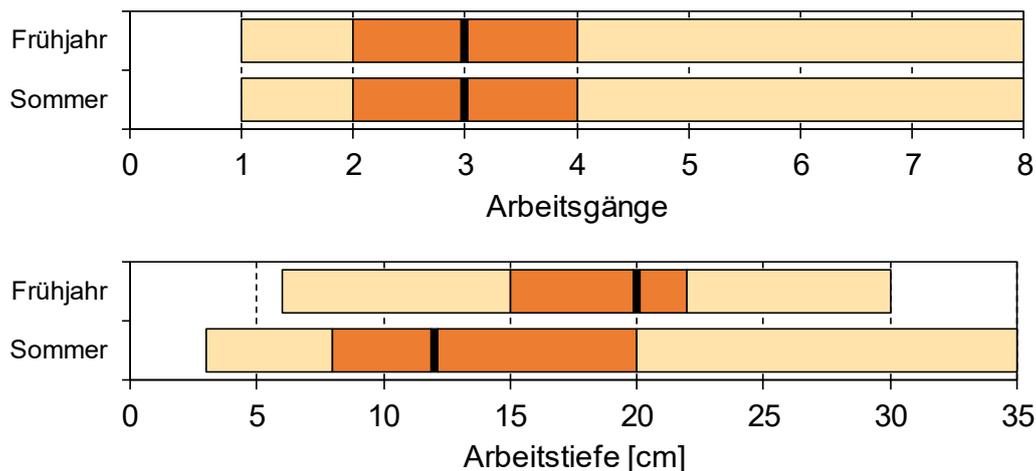


Abb. 13: Boxplots der Anzahl Arbeitsgänge von Vorfrucht bis zur Saat und der maximalen Arbeitstiefe bei diesen Arbeitsgängen (n Frühjahr 60, Sommer 132)

Während zur Sommersaat in fast allen Fällen das Saatbett mit der Kreiselegge oder der Saatbettkombi durchgeführt wurde, erfolgte die Saat im Frühjahr auch häufig als Untersaat in eine Deckfrucht (Abb. 14). Die Saatgutausbringung erfolgte meist mit einer Drillmaschine.

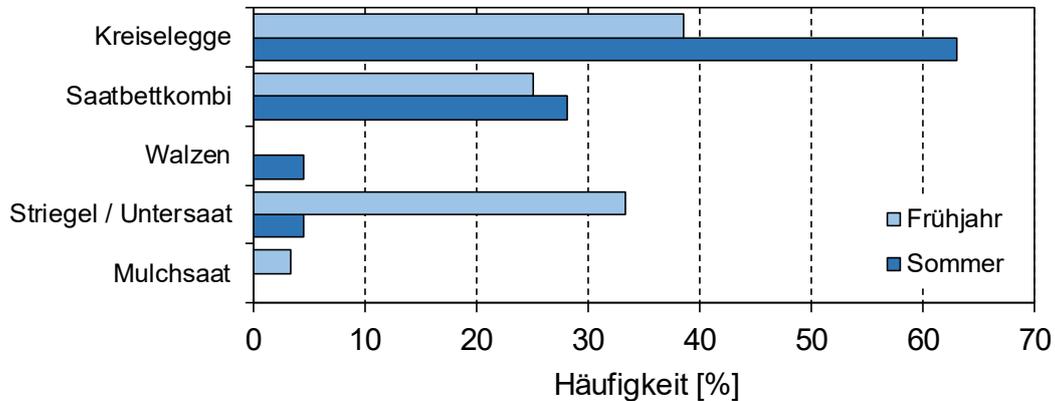


Abb. 14: Boxplots der Saatbettverfahren (n Frühjahr 60, Sommer 132)

Die von den Betrieben angegebene Aussaatmenge reichte von 12 kg/ha bis über 50 kg/ha (Abb. 15). In wenigen Einzelfällen traten durch die Beigabe von grobkörnigen Leguminosen oder Kräutern deutlich höhere Mengen auf (nicht dargestellt).

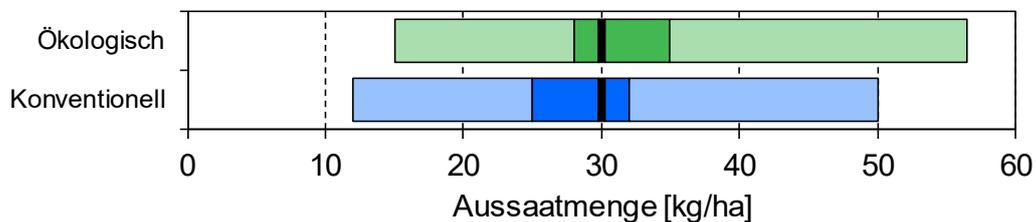


Abb. 15: Boxplots der Aussaatmenge (n ökologisch: 106, konventionell 84)

Bei der Wahl der Anbauform unterschieden sich die konventionellen und die Öko-Betriebe stark (Abb. 16). Auf Öko-Schlägen wurden in fast allen Fällen Gemenge mit Gräsern und in wenigen Fällen auch mit Kräutern gesät. Die konventionellen Schläge wurden hingegen zu über 50 % als Leguminosenreinsaaten bestellt – in fast allen Fällen mit Luzerne.

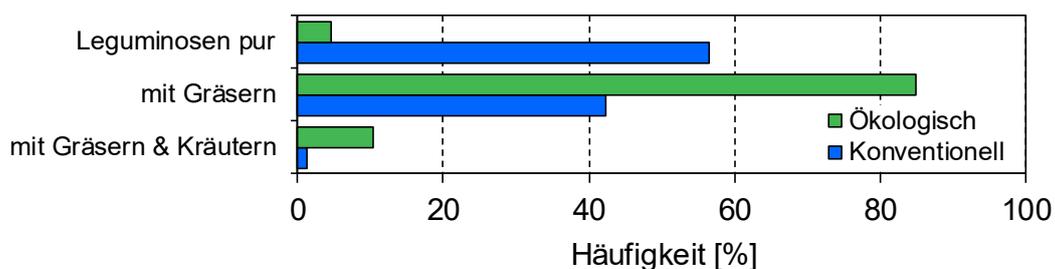


Abb. 16: Reinsaat oder Gemenge nach Bewirtschaftungsform (n ökologisch: 107, konventionell 85)

Der Leguminosenanteil im Saatgut (Gewicht) variierte stark, wurde aber auf den konventionellen Betrieben vom reinen Luzerneanbau dominiert (Abb. 17).

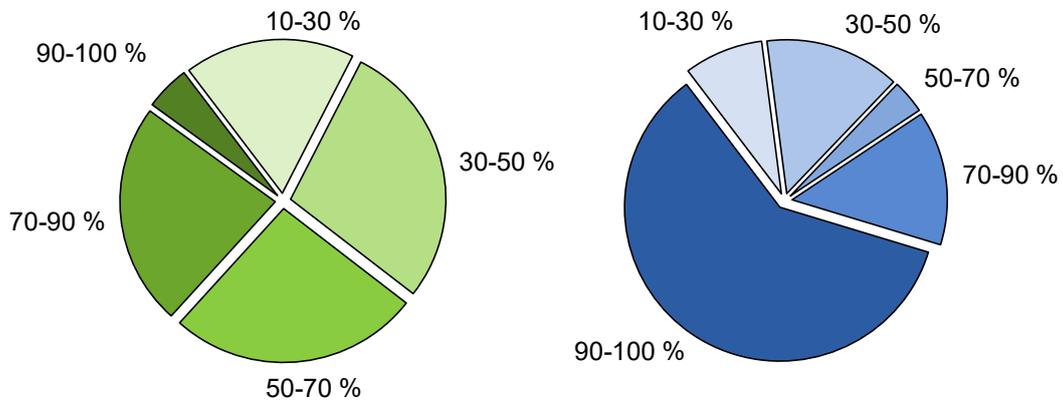


Abb. 17: Leguminosenanteil im Saatgut (Gewicht); grün: ökologisch (n 107), blau: konventionell (n 85)

Bei Saat der untersuchten Bestände wurden häufig verschiedene Leguminosenarten eingesetzt (Abb. 18).

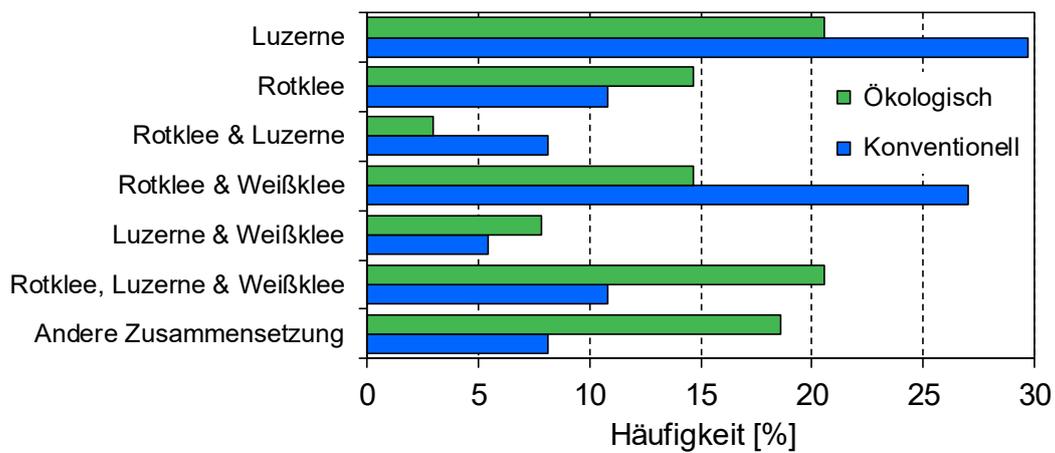


Abb. 18: Wesentliche Leguminosenarten im Saatgut (n ökologisch: 107, konventionell 85)

Während die Anzahl der eingesetzten Leguminosenarten auf den Öko-Betrieben im Mittel höher war als bei konventioneller Bewirtschaftung, ergab sich bei den Grasarten ein ähnliches Bild für beide Wirtschaftsformen (Abb. 19).

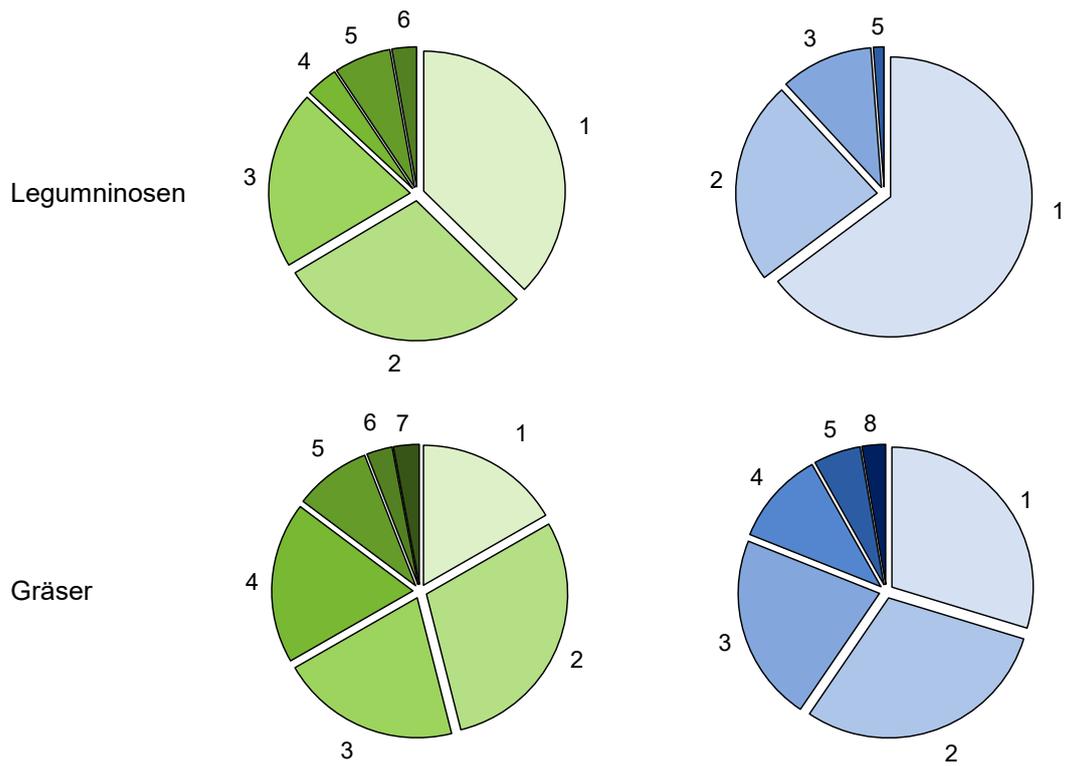


Abb. 19: Anzahl Leguminosen- und Gräserarten im Saatgut der Untersuchungsschläge (n ökologisch: 107, konventionell 85)

Die Vielzahl der verwendeten Rotklee-, Luzerne- und Weißkleearten sowie weitere verwendete Leguminosenarten sind in Tabelle 6 aufgeführt. In Tabelle 7 sind die in den Saatgutmischungen enthaltenen Gräser- und Kräuterarten zusammengestellt.

Tab. 6: Verwendete Sorten von Rotklee, Luzerne und Weißklee und andere verwendete Leguminosenarten (in % der Schläge auf denen die Art bzw. andere Arten angebaut wurden)

Rotklee	Anteil	Luzerne	Anteil	Weißklee	Anteil	and. Leg.-Arten	Anteil
auf 54 % der Schläge		auf 71 % der Schläge		auf 43 % d. Schläge		auf 12 % der Schläge	
	%		%		%		%
Harmonie	19	Plato	30	Liflex	26	Schwedenklee	39
Titus	19	Daphne	23	Jura	20	Hornschotenklee	26
Taifun	15	Verko	12	Vysocan	20	Esparsette	26
Milvus	14	Planet	10	Bianca	10	Gelbklee	22
Larus	13	LaBella	9	Bombus	7	Bokharaklee	17
Lucrum	10	Eugenia	8	Merlyn	7	Inkarnatklee	9
Blizard	7	Fraver	7	Nemuniai	5	Alexandrinerklee	9
Global	5	Catera	5	Apis	4	Winterwicke	4
Kontiki	5	Emily	5	Klondike	4		
Rozeta	4	Gea	4	Alice	2		
Violetta	4	Framkenneu	3	Fiona	2		
Atlantis	3	Giulia	3	Haifa	2		
Diplomat	2	BlueMoon	2	Hebe	2		
Fregata	2	Fleetwood	2	Apolo	1		
Lestris	2	Paola	2	Huia	1		
Nemaro	2	Alexis	1	Merwi	1		
Tempus	2	Beda	1	Rabbani	1		
Ares	1	Dakota	1	RD84	1		
Betty	1	Nardian	1	Rivendel	1		
Bonus	1	Scaligera	1	Sylvester	1		
Dajana	1	Silbemor	1				
Dakota	1	Triade	1				
Divaja	1	Artemis	1				
Krynia	1	Felsy	1				
Lemmon	1	Gavotte	1				
Merula	1	Maga	1				
Monus	1	Milkiblue	1				
Odenwälder	1	Orca	1				
Salino	1	Sanditi	1				
Vytis	1	Volga	1				

Tab. 7: Verwendete Gräser- und Kräuterarten (in % der Schläge auf denen Gräser bzw. Kräuter angebaut wurden)

Gräser	Anteil	Kräuter	Anteil
auf 72 % der Schläge		auf 12 % der Schläge	
	%		%
Bastardweidelgras	19	Spitzwegerich	92
Deutsches Weidelgras	62	Zichorie	67
Glatthafer	3	Wiesenkümmel	50
Knaulgras	22	Wiesenknopf	42
Rohrschwengel	8	Pastinake	25
Rotschwengel	1	Bibernelle	17
Welsches Weidelgras	25	Kleiner Wiesenknopf	8
Lieschgras	58	Schafgarbe	8
Wiesenschweidel	27	Wilde Petersilie	8
Wiesenschwengel	55		
Sonstige	3		

Von den eingesetzten Leguminosenarten wurden in den einzelnen Saatgutmischungen unterschiedlich viele verschiedene Sorten eingesetzt (Abb. 20). Bei Rotklee und Luzerne waren im Durchschnitt in den Saatgutpartien für Öko-Schläge mehr Sorten vertreten als für konventionelle.

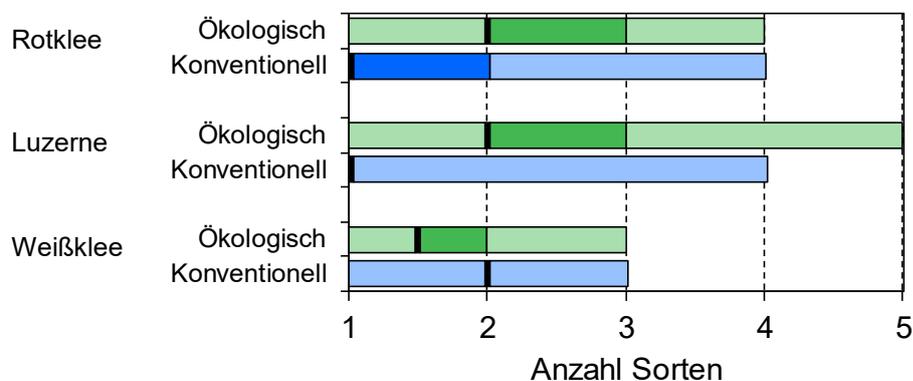


Abb. 20: Anzahl Sorten von Rotklee, Luzerne und Weißklee im Saatgut
(n: Rotklee Ö 58, K 23; Luzerne Ö 59, K 55; Weißklee Ö 50, K 15)

Von den Landeseinrichtungen für Landwirtschaft (z.B. Kammern und Landesanstalten) werden auf Basis von Prüfungen durch das Bundessortenamt und Landessortenversuchen unter anderem Rotklee- und Luzernesorten für bestimmte Anbauregionen empfohlen. In Abbildung 21 ist der Anteil an empfohlenen Sorten bei den untersuchten Schlägen aufgeführt. Im Mittel wurden auf den Öko-Flächen bei Rotklee 63 % und bei Luzerne 60 % empfohlene Sorten verwendet. Bei konventioneller Bewirtschaftung lagen diese Zahlen bei Rotklee mit 77 % und Luzerne mit 83 % auf einem höheren Niveau.

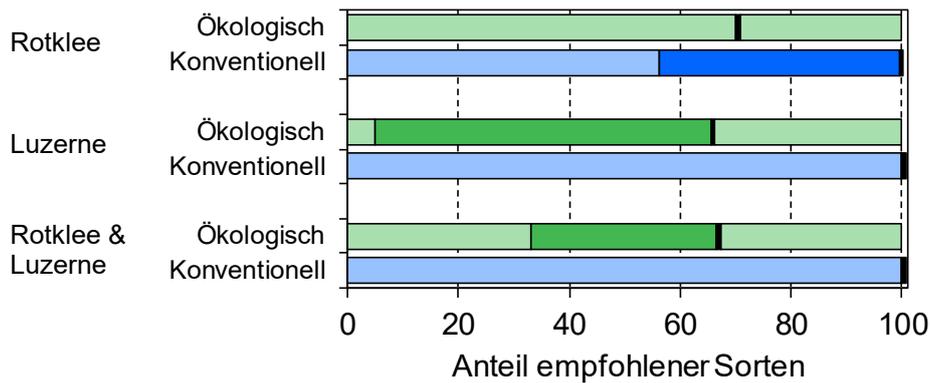


Abb. 21: Anzahl empfohlener Sorten von Rotklee und Luzerne in eingesetzten Saatgutmischungen (siehe Text; n: Rotklee Ö 56, K 22; Luzerne Ö 55, K 59; Beide Ö 70, K 94)

Eine Impfung des Leguminosensaatgutes erfolgte, vor allem wenn Luzerne enthalten war. Bei ökologischer Bewirtschaftung lag die Impfquote bei 36 %, sonst bei 44 %.

Vor der Saat wurden bei Frühjahrssaat auf 8 % und bei Sommersaat auf 4 % der Schläge gewalzt. Nach der Saat waren es im Frühjahr 40 % und im Sommer 55 % - dabei 25 % mit Glattwalzen und 75 % mit Cambridge- oder Prismenwalzen.

Im Saatjahr wurden nach Frühjahrssaat kein bis vier Ernteschnitte durchgeführt (0 10 %, 1 33 %, 2 22 %, 3 27 %, 4 8 %). Bei Sommersaat waren es maximal zwei Schnitte (0 73 %, 1 25 %, 2 2 %)

Pflegemaßnahmen wie Abschleppen oder Striegeln wurden im Saatjahr nur bei 3 % der Frühjahrs- und 1 % der Sommersaaten durchgeführt.

Gedüngt wurden im Saatjahr vor allem Kalk, Gülle und Mist (Abb. 22). Deutliche Unterschiede im Anteil Schläge mit Düngungsmaßnahmen zwischen den Bewirtschaftungssystemen gab es bei Kalk und Schwefel (ökologisch höher) sowie mineralischem Stickstoff und Kali (nur konventionell).

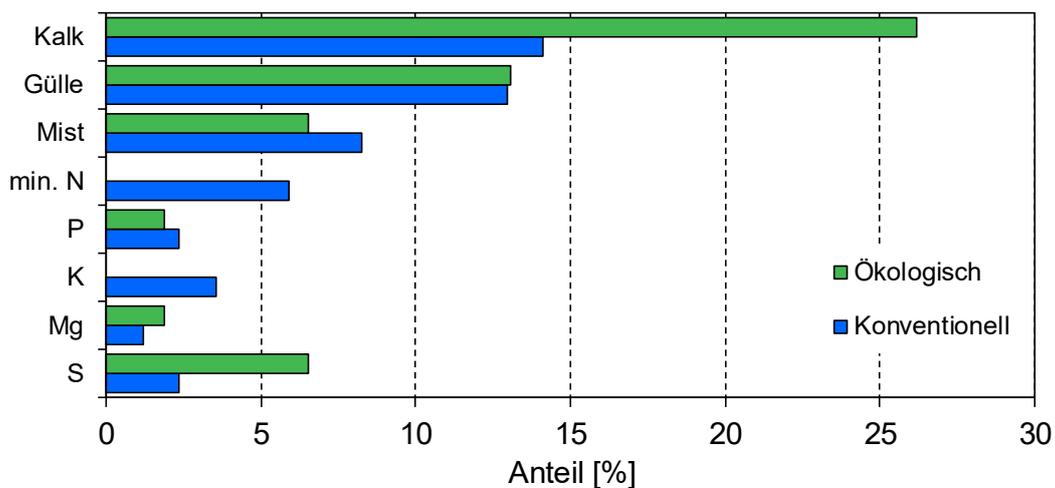


Abb. 22: Anteil der untersuchten Schläge mit Düngungsmaßnahmen im Saatjahr (n ökologisch: 107, konventionell 85)

4.1.4 Bewirtschaftung in den untersuchten Hauptnutzungsjahren

Im Projektzeitraum wurden vor allem Bestände im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr untersucht (Tab. 8). Die Zahlen weisen auf eine höhere Nutzungsdauer bei konventioneller Bewirtschaftung und bei Luzerne dominierten Beständen hin.

Tab. 8: Anteil in % der untersuchten Hauptnutzungsjahre nach Bewirtschaftungssystem und Artenzusammensetzung

	n	Hauptnutzungsjahr				
		1	2	3	4	5
Ökologisch	165	52	42	5	1	0
Konventionell	167	35	37	20	7	1
Gras ¹	71	52	31	12	4	1
Klee ¹	82	47	43	10	0	0
Luzerne ¹	179	39	41	14	5	1

¹ Gras) Bestände mit mehr als 50 % Gräser in der Frischmasse (gewichtetes Mittel übers Jahr), Klee) 50 % Leguminosen und mehr, in der Aussaatmischung Kleeanteil höher als Luzerne; Luzerne) 50 % Leguminosen und mehr, in der Aussaatmischung Luzerneanteil höher als Klee

Pflegemaßnahmen wie z.B. Abschleppen oder Striegeln wurden auf 19 % der Bestände vor dem ersten Schnitt durchgeführt. Im weiteren Vegetationsverlauf kamen solche Arbeiten nur sehr selten vor.

Bei einer ganzen Reihe von Beständen wurde im Laufe des Untersuchungsjahrs gedüngt (Abb. 23). Vor dem ersten Schnitt waren es 22 % der Bestände, vor dem zweiten und dritten jeweils 12 %, vor dem vierten 15 % und vor dem fünften Schnitt 26 % der Bestände

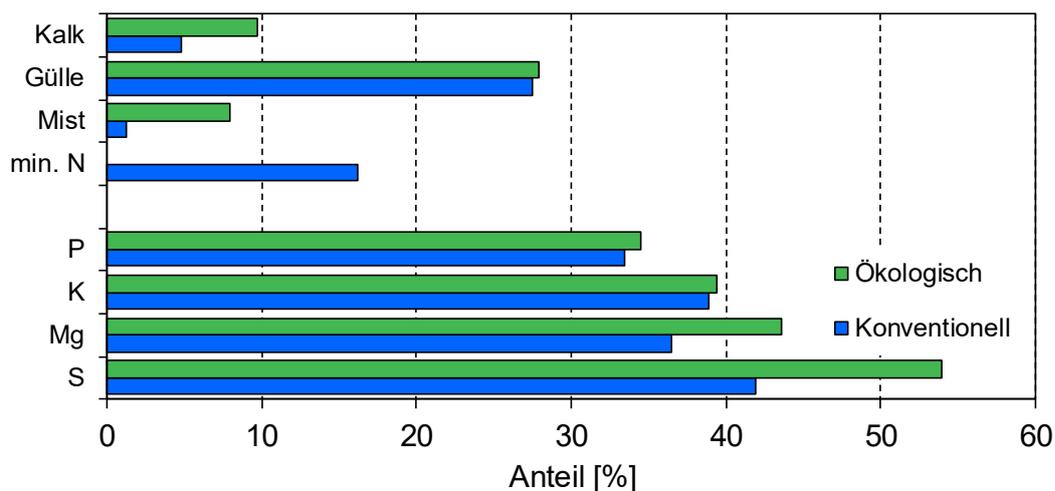


Abb. 23: Anteil Bestände die im Untersuchungsjahr gedüngt wurden; bei den Nährstoffen P, K, Mg und S wurde auch die organische Düngung mit gewertet (n ökologisch: 107, konventionell 85)

Bei der Berechnung der Nährstofffrachten mit der Düngung wurden die Mengenangaben der Betriebsleitung und Standardgehalte der verschiedenen Düngemittel verwendet (Abb. 24).

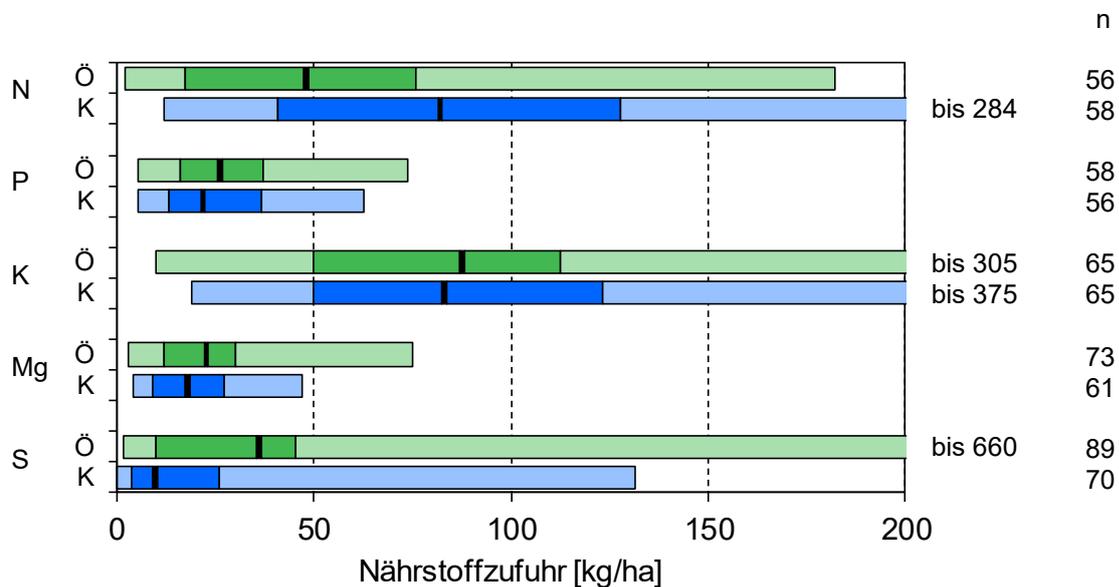


Abb. 24: Nährstoffzufuhr über die aktuelle Düngung; es wurden jeweils nur die Bestände berücksichtigt bei denen der entsprechende Nährstoff zugeführt wurde (N: verfügbar)

Die meisten Bestände wurden im Untersuchungsjahr drei bis fünfmal geschnitten (Tab. 9). Die Nutzungshäufigkeit war bei den Öko-Beständen im Mittel etwas höher als bei den konventionellen.

Tab. 9: Anteil in % der Anzahl durchgeführter Ernteschnitte bei den untersuchten Beständen nach Bewirtschaftungssystem und Artenzusammensetzung

	n	Anzahl Schnitte					
		1	2	3	4	5	6
Ökologisch	165	0	6	19	54	20	1
Konventionell	167	2	5	31	53	8	1
Gras ¹	71	0	7	28	54	11	0
Klee ¹	82	1	1	21	58	17	2
Luzerne ¹	179	1	7	26	52	13	1

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM (gewichtetes Jahresmittel), Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut
Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Der Nutzungszeitraum der Bestände die mindestens zweimal geschnitten wurden variierte in einem weiten Bereich und stieg im Mittel mit der Anzahl Schnitte (Abb. 25)

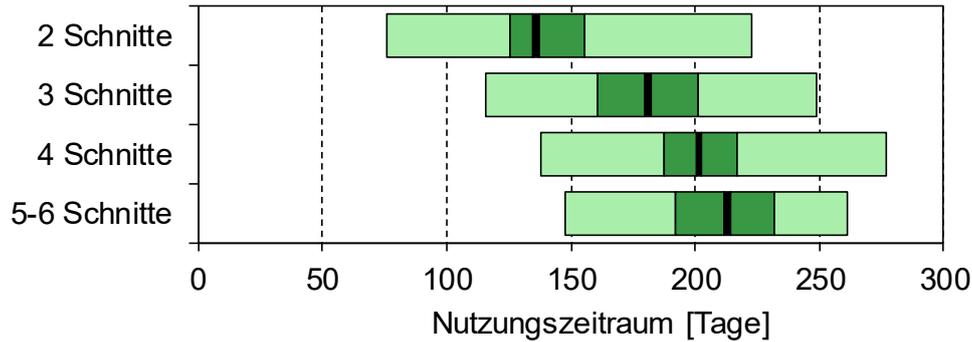


Abb. 25: Boxplots des Nutzungszeitraums von Vegetationsbeginn bis zum letzten Schnitttermin (n 2 S. 18, 3 S. 84, 4 S. 178, 5-6 S. 49)

Als Mähtechnik wurden bei 90 % der Bestände Scheibenmäherwerke eingesetzt. Bei den restlichen 10 % wurden Kreisel-, Trommel- oder Balkenmäherwerke z.T. in Kombination mit Scheibenmäherwerk, Ladewagen mit Schneidwerk oder Mulcher verwendet.

Die Praxis-Schnitthöhe wurde nicht gemessen, sondern auf den Betrieben abgefragt. Sie variierte zwischen 3 und 20 cm und lag meist zwischen 7 und 9 cm (Abb. 26). Zwischen den drei Gruppen nach Artenzusammensetzung unterschied sie sich kaum.

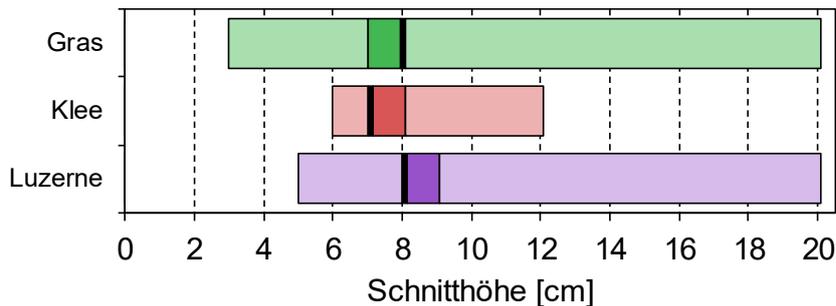


Abb. 26: Betriebsangabe zur Schnitthöhe nach Artenzusammensetzung; Gras) > 50 % Gräser in FM (gewichtetes Jahresmittel), Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee (n Gras 252, Klee 313, Luzerne 653 Schnitte)

Die Intensität beim Wenden und Schwaden wies eine große Streubreite auf (Abb. 27). Bei den luzernedominanten Beständen war sie im Mittel am geringsten.

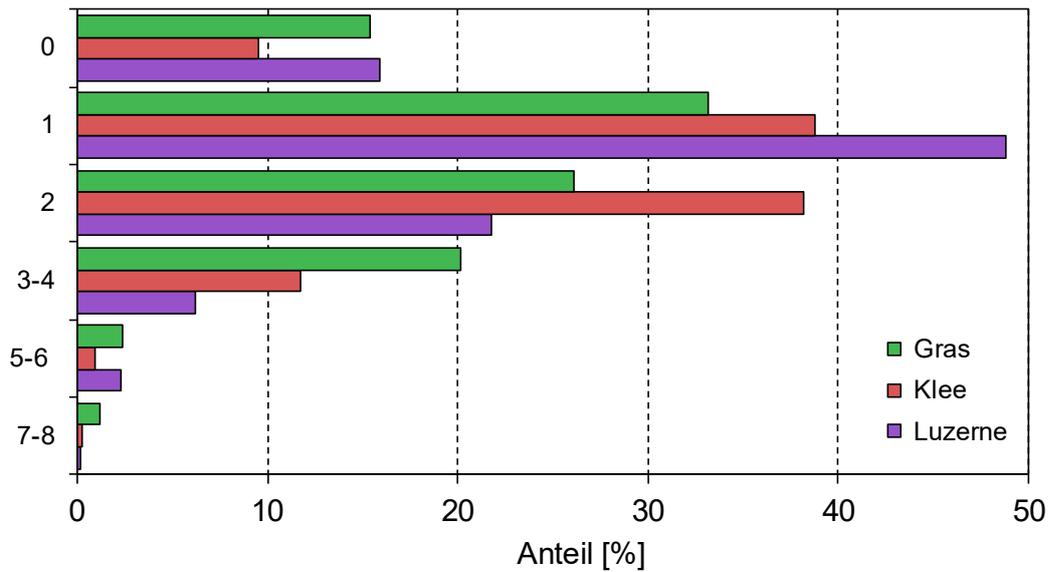


Abb. 27: Anteil Schnitte mit unterschiedlicher Intensität beim Wenden & Schwaden: addierte Anzahl der Arbeitsgänge; Gras) > 50 % Gräser in FM (gewichtetes Jahresmittel), Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee (n Gras 249, Klee 315, Luz. 624)

Die Ernte des Schnittgutes erfolgte bei 39 % aller Schnitte mit Häcksler und Wagen, bei 30 % mit Ballenpresse und Abfuhr sowie bei 30 % mit dem Ladewagen. 1 % der Schnitte wurde gemulcht.

Die eingesetzte Schlepperleistung beim Mähen wies einen leichten Zusammenhang zur Ackerfläche der Betriebe auf (Abb. 28). Die Verbindung von Schlepperleistung und Arbeitsbreite beim Mähen war deutlich enger.

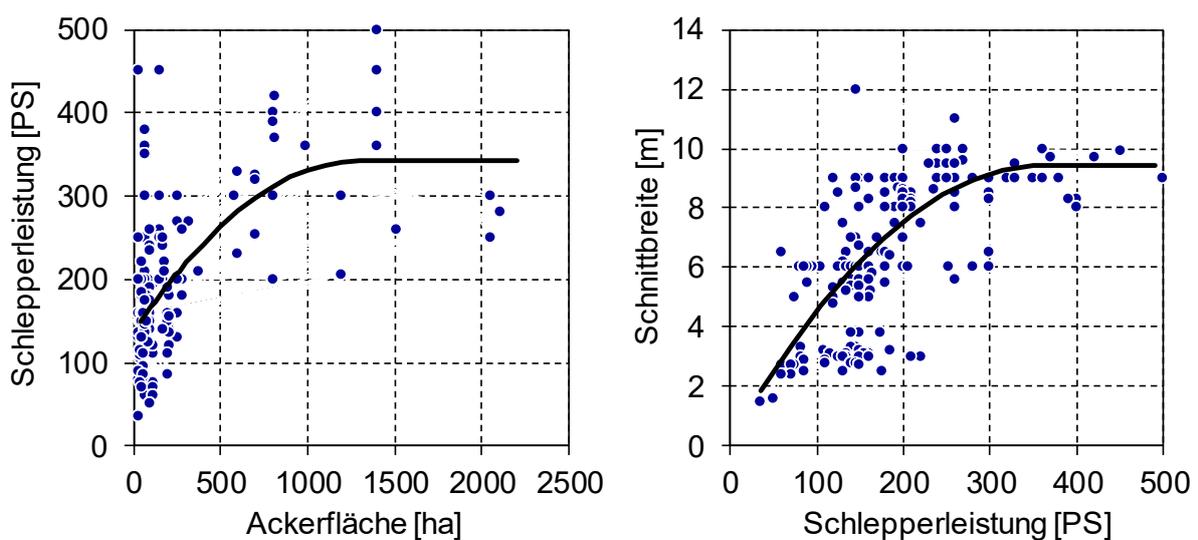


Abb. 28: Zusammenhang von Ackerfläche der Betriebe und der Schlepperleistung beim Mähen sowie von Schlepperleistung und Arbeitsbreite beim Mähen (n 1234)

Bei der Konservierung bzw. Nutzung der untersuchten Schnitte dominierte deutlich das Silieren (Abb. 29). Heuwerbung und Grünfütterung wurde fast nur auf Ökobetrieben durchgeführt.

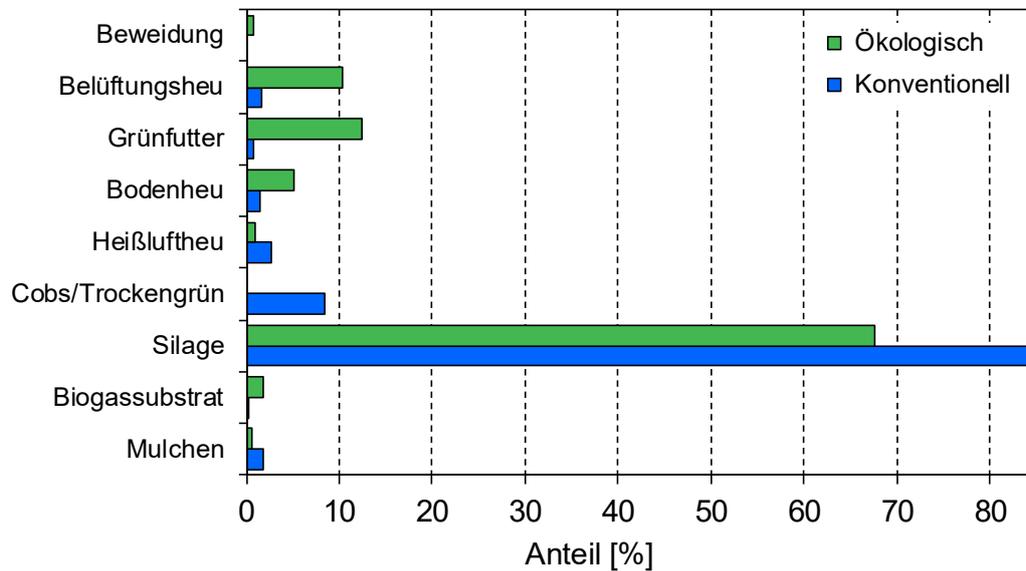


Abb. 29: Anteil Konservierung/Nutzung der einzelnen Schnitte (n Öko 635, Konv. 590)

4.2 Einflussgrößen auf den Ertrag

Wesentliche Ziele des Projekts waren die Ermittlung der Spannweite von Erträgen klein-körniger Leguminosenbestände in der Praxis und die Identifizierung wesentlicher Einflussfaktoren auf den Ertrag. Im Folgenden werden sowohl Ergebnisse zur Jahressumme des Ertrags als auch zu den einzelnen Schnitterträgen dargestellt.

4.2.1 Jahresertrag

Die untersuchten Bestände unterschieden sich u. a. stark in den Standortbedingungen, der Artenzusammensetzung, der Nutzungsfrequenz und der Nutzungsdauer (Kap. 4.1). Im Verlauf der Auswertung wurde versucht die meisten der stark variierenden Bedingungen als Faktoren in die statistischen Prozeduren zu integrieren und so die Anzahl Fälle die gemeinsam ausgewertet werden hoch zu halten. Es zeigte sich jedoch, dass es bei unterschiedlicher Artenzusammensetzung zum Teil deutliche Unterschiede in den Faktorwirkungen auf den Ertrag gab, so dass hier verschiedenen Untergruppen getestet wurden. Als relevant und praktikabel erwies sich bei der Artenzusammensetzung die Aufteilung in die drei Gruppen:

- Gras: Bestände mit mehr als 50 % Gräser in der Frischmasse (gewichtetes Jahresmittel);
- Klee: über 50 % Leguminosen in der FM, Kleeanteil im Saatgut höher als Luzerne;
- Luzerne: über 50 % Leguminosen in der FM, Luzerneanteil im Saatgut höher als Klee.

Eine weitere Unterteilung war aufgrund der dann zu geringen Fallzahl je Gruppe für die statistische Auswertung nicht sinnvoll. In Abbildung 30 sind die Jahressummen der Erträge für die drei Artengruppen dargestellt.

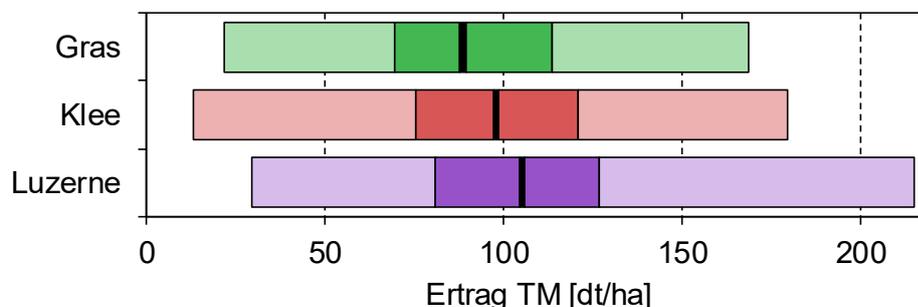


Abb. 30: Boxplots der Jahressumme der Trockenmasseerträge der drei Artengruppen; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee (n Gras 71, Klee 82, Luzerne 179)

Für die statistische Auswertung wurden nur Bestände gewählt bei denen mindestens zwei Schnitte erfolgten und für alle Schnitte entweder Handerntmessungen oder plausible Ertragsschätzungen vorliegen (89 % der untersuchten Bestände). Die multiple Regression ergab mit sieben Faktoren ein r^2 von 0,50 (Tab. 10).

Tab. 10: Faktoren des jährlichen Trockenmasseertrags, Ergebnisse einer multiplen Regression (r^2 0,50, n 296)

Faktor	Beta ¹	p (Signifikanz)
∅ Anteil Boden ohne Pflanzendeckung bei Ernte [%] (bis max. 15 % ²)	-0,43	0,00
Vegetationszeit (Tage über 5° C von Vegetationsbeginn bis zum letzten Schnitt; bis max. 200 Tage ²) kombiniert mit Anzahl Schnitte ³	+0,28	0,00
Ackerzahl	+0,23	0,00
Ökologisch (2) / Konventionell (1)	-0,22	0,00
Mittlere Summe der Evapotranspiration (bis max. 2,5 mm)	+0,17	0,00
Artenzusammensetzung ³ (1: Gras, 2 Klee, 3 Luzerne)	+0,10	0,02

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² linearer Zusammenhang bis zum max.-Wert, darüber kein Zusammenhang

³ Mit PCA die beiden eng positiv korrelierenden Faktoren (r 0,42) kombiniert

⁴ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Als stärkster Faktor des Ertrags wurde der mittlere Anteil ohne Pflanzendeckung bei der Ernte ermittelt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass dieser Parameter nicht nur Fehlstellen bzw. einen dünnen Bestand abbildet, sondern auch durch die Wasserversorgung beeinflusst wird. Der mittlere Anteil ohne Pflanzendeckung korreliert deutlich mit der mittleren aktuellen Evapotranspiration (r -0,28). Es wäre somit möglich, dass die Wasserversorgung als Faktor in diesem Regressionsmodell unterbewertet wird.

Eine hohe Anzahl Schnitte ist nicht unbedingt Ursache eines hohen Ertrags, sondern kann auch eine Reaktion auf hohes Pflanzenwachstum sein. Allerdings ist die mit der Schnitzzahl korrelierende Länge des Nutzungszeitraums eindeutig ein Faktor des Jahresertrags.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Erträge bei ökologischer Bewirtschaftung im Mittel um 10-15 % niedriger waren als unter konventionellen Bedingungen (Details nicht dargestellt). Im Durchschnitt waren die Erträge der grasdominanten Bestände etwas geringer als die mit über 50 % Leguminosen. Luzernereiche Bestände waren im Mittel am ertragreichsten (siehe auch Abb. 30).

Obwohl die Wasserhaltefähigkeit der Böden schon bei der aktuellen Evapotranspiration berücksichtigt wurde, ergibt sich trotzdem ein positiver Zusammenhang zur Ackerzahl. Das verdeutlicht die große Rolle der Bodenqualität für die Ertragsbildung.

Mit den Residuen des Regressionsmodells wurden Korrelationsanalyse durchgeführt, diese ergaben signifikante Korrelationen mit folgenden Parametern:

- negativ: Deckungsgrad Auflaufgetreide bei der Herbstbonitur nach Saat (n 82)
- negativ: Anteil Weißklee (Sommerbonitur, n 229)
- negativ: Anteil deutsches Weidelgras (im Saatgut im Vergleich zu anderen Gräsern, n 296)
- positiv: Anzahl Tage >5 °C vom Vegetationsbeginn bis zum 1. Schnitt (n 296)

4.2.2 Schnittertrag

Die Ermittlung von Faktoren des Schnittertrags erfolgte in zwei Schritten. Zuerst wurde mit Hilfe der multiplen Regression wesentliche Faktoren wie Wasserversorgung, Schnittzeitpunkt, Schnittnummer, Hauptnutzungsjahr, Saatzeitraum – Frühjahr oder Sommer – und Bodenqualität in Modellen zusammengefasst. Durch die Verwendung der Residuen dieser Modelle (realer Ertrag in % vom Regressionsmodell) wurde beim Test auf weitere Ertragsfaktoren die Möglichkeit einer Überdeckung von Zusammenhängen durch die hier Basisfaktoren genannten Faktoren verringert. Die Prüfung weiterer Parameter erfolgte mit Korrelationsanalysen und gegebenenfalls einer grafischen Überprüfung anhand von Streudiagrammen. Das Integrieren weiterer Faktoren in Regressionsmodelle über die Basisfaktoren hinaus erwies sich aufgrund der Vielzahl an Faktoren, die zudem häufig interkorrelieren, als nicht zielführend.

Wie schon beim Jahresertrag zeigte sich auch beim Schnittertrag, dass es bei unterschiedlicher Artenzusammensetzung aber auch bei den verschiedenen Schnitten (1., 2., usw.) zum Teil deutliche Unterschiede in den Faktorwirkungen auf den Ertrag gab, so dass die Analysen sowohl mit dem gesamten Datensatz, als auch mit verschiedenen Untergruppen durchgeführt wurden. Es wurde die Gruppierung nach Artenzusammensetzung (siehe S. 33) und nach den einzelnen Schnitten vorgenommen.

4.2.2.1 Basisfaktoren (Wasserversorgung, Schnittzeitpunkt, Boden, etc.)

Die Wasserversorgung der untersuchten Bestände war offensichtlich in den vier Projektjahren ein wesentlicher Faktor der Ertragsbildung. Die Niederschlagsmengen im Aufwuchszeitraum ergaben jedoch kaum signifikante Zusammenhänge mit dem Schnittertrag. Deshalb wurde die Summe der aktuellen Evapotranspiration im Aufwuchszeitraum (von Vegetationsbeginn bzw. vom Vorschnitt bis zum aktuellen Schnitt) als möglicher Faktor verwendet. Dieser Parameter fasst die Größen nutzbares Bodenwasser und nutzbare Feldkapazität (inkl. Bodenart, Humusgehalt und mittlere Eindringtiefe der Bodensonde, siehe S. 13), Niederschlag, Temperatur, Einstrahlung und Schnittzeitpunkt zusammen. Zwei Beispiele sind in Abbildung 31 aufgeführt.

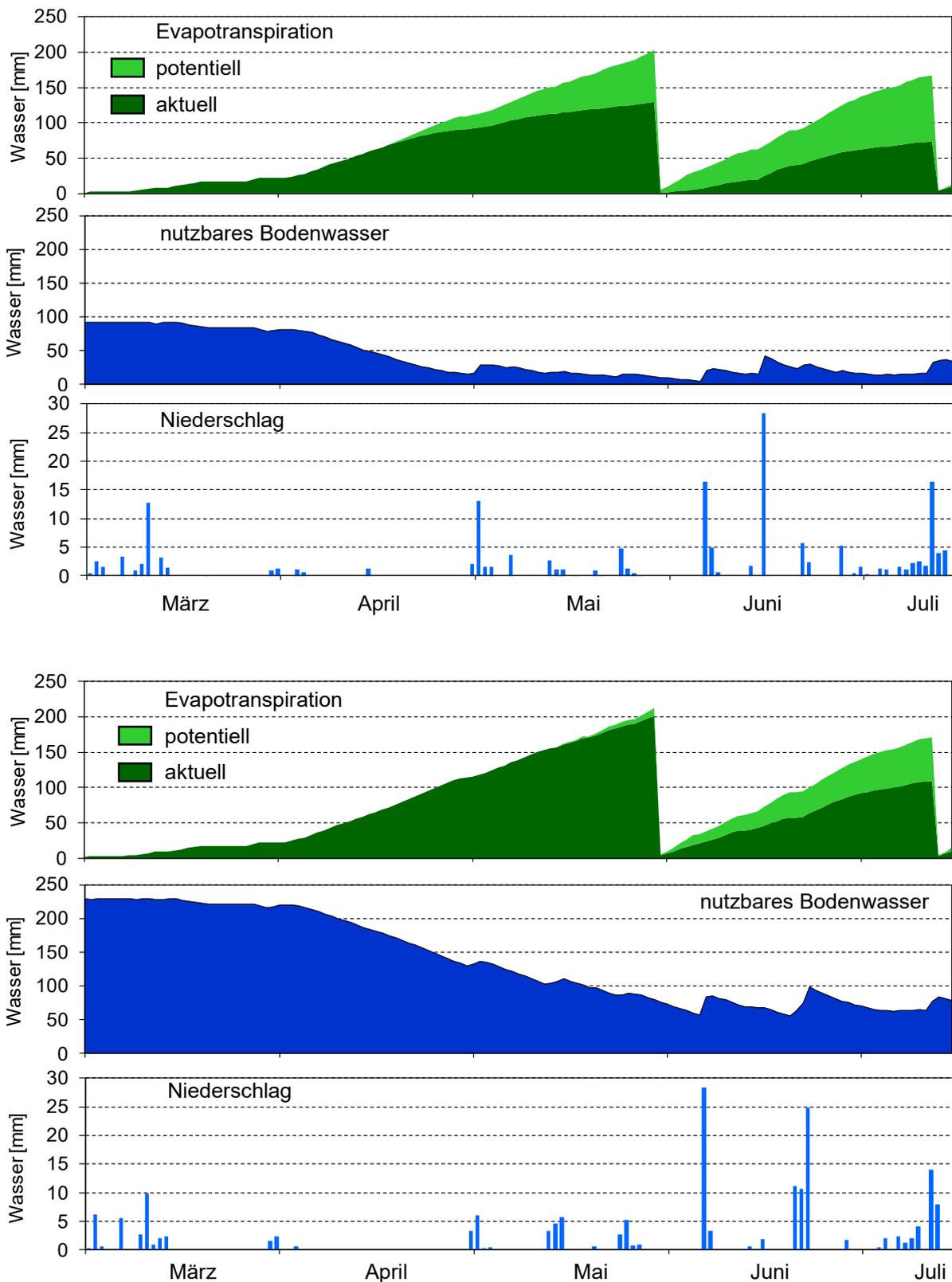


Abb. 31: Zwei Beispiele aus dem Jahr 2020 zur Ableitung der Summe aktueller Evapotranspiration zum Erntezeitpunkt, berechnet aus potentieller Evapotranspiration, nutzbarer Feldkapazität (Ausgangswert bei nutzbarem Bodenwasser) und Niederschlag.

In Abbildung 32 zeigt sich die große Streubreite der Summe der aktuellen Evapotranspiration. Während zwischen den Beständen der drei Artengruppen im Mittel kaum Unterschiede auftraten, zeigte sich bei den Schnitten eine deutliche Abnahme ab dem ersten Schnitt. Das spiegelt vor allem die in vielen Regionen trockenem Sommer der Jahre 2020 und 2022 wieder.

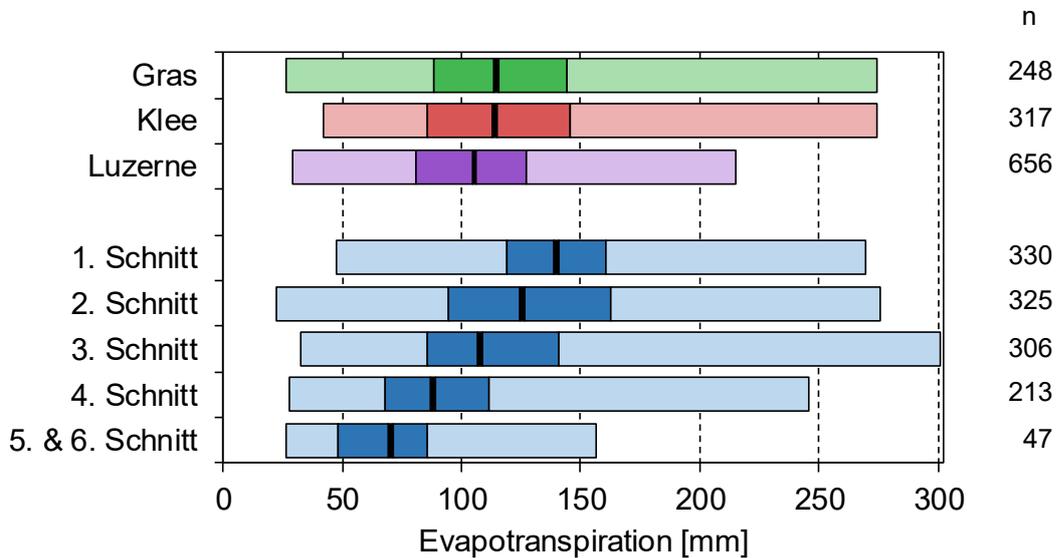


Abb. 32: Boxplots der Summe der aktuellen Evapotranspiration zum Erntezeitpunkt nach den Schnittnummern und den drei Artengruppen; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Auf die Schnittnummern bezogen zeigt Abbildung 33 den Einfluss von Aufwuchsdauer und der Wasserversorgung auf die Ertragsbildung. Kombiniert sind diese beiden Parameter in der Summe der aktuellen Evapotranspiration. Die niedrigen Werte für r^2 sind wohl vor allem auf die Vielzahl an ertragswirksamen Faktoren zurückzuführen. Bei den ersten beiden Schnitten ist der Einfluss des Schnittzeitpunkts auf den Ertrag größer als der der Wasserversorgung. Ab dem dritten Schnitt überwiegt die Wasserversorgung.

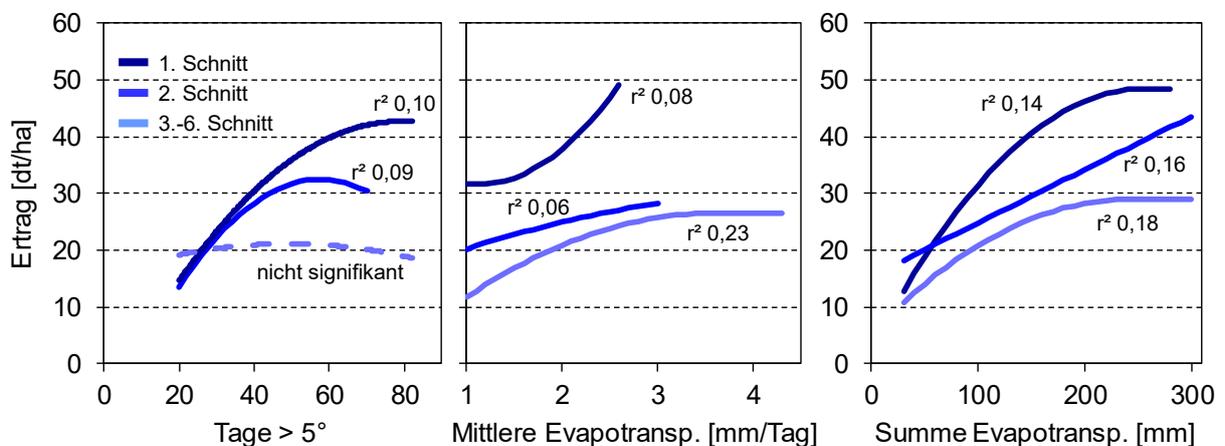


Abb. 33: Zusammenhang von Aufwuchszeitraum (Vegetationsbeginn bzw. vorheriger bis aktueller Schnittermin) sowie mittlerer aktueller Evapotranspiration und deren Summe im Aufwuchszeitraum (n 1. S. 330, 2. S. 325, 3.-6. S. 566)

Unterschiede im Zusammenhang von Ertragsbildung und Wasserversorgung zwischen den drei Artengruppen zeigen sich ab dem zweiten Schnitt, besonders wenn die mittlere aktuelle Evapotranspiration in drei Gruppen aufgeteilt wird. Im ersten Hauptnutzungsjahr war nur ein höherer Ertrag pro Summe aktueller Evapotranspiration von den luzernedominanten Beständen bei deutlicher Trockenheit zu erkennen (Abb. 34). Ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr war bei allen Gruppen der mittleren Evapotranspiration eine deutliche Abstufung zwischen den drei Artengruppen zu erkennen. Grasdominante Bestände lagen am niedrigsten, gefolgt von rotkleedominanten und luzernedominanten Beständen.

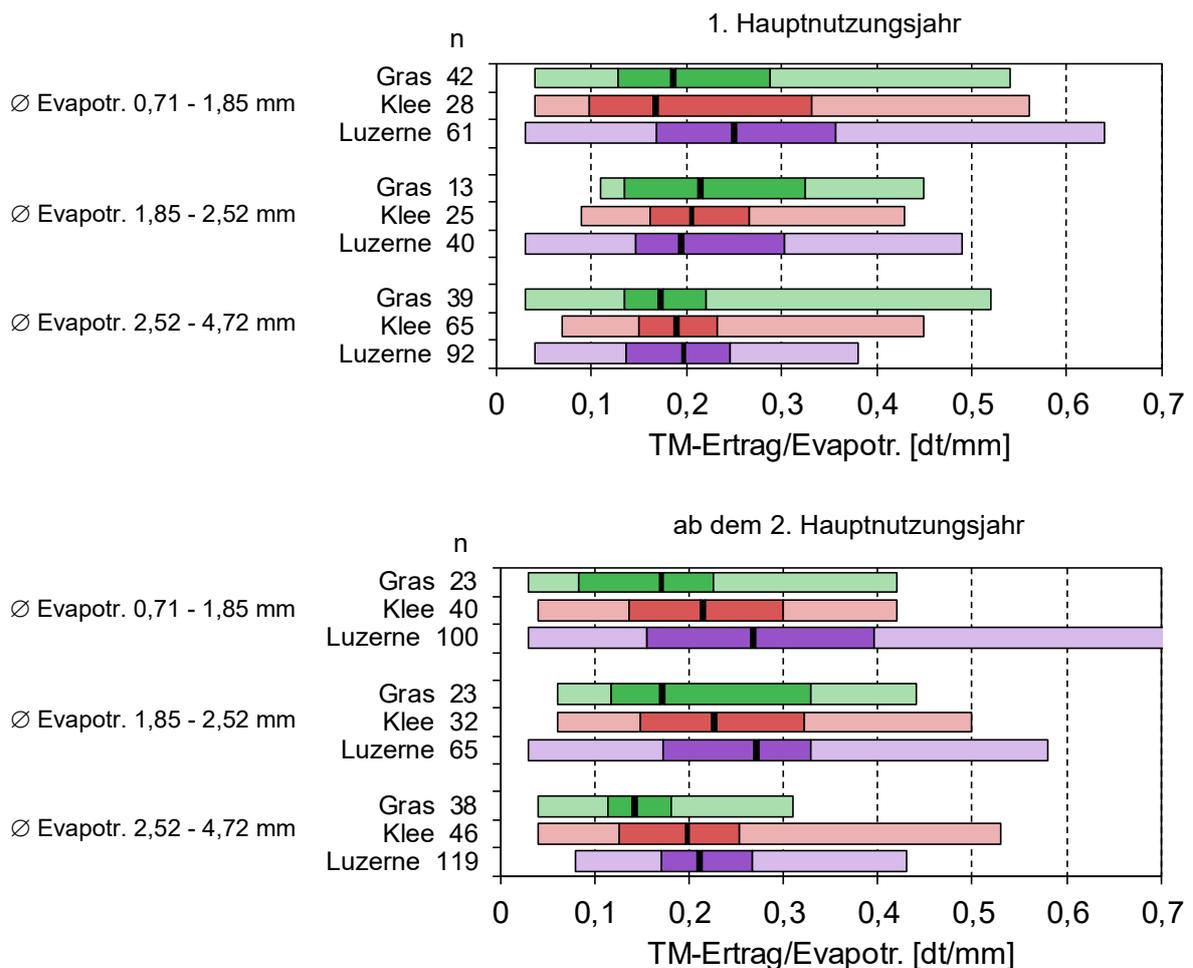


Abb. 34: Boxplots von Trockenmasseertrag pro Summe aktueller Evapotranspiration von drei Artengruppen* und unterschiedlicher mittlerer aktueller Evapotranspiration; * Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Ausgehend von Parametern der Evapotranspirationsberechnungen wurden verschiedene Faktoren aus dem Bereich Boden und Bewirtschaftung zu Regressionsmodellen kombiniert (Tab. 11). Dabei wurden nur die Fälle ausgewählt bei denen plausible Handerntergebnisse vorliegen.

Tab. 11: Signifikante Faktoren des Trockenmasse-Schnittertrags, Beta-Werte¹ multipler Regressionsmodelle unterschiedlicher Datengruppen

Faktor	Alle	Zusammensetzung ²			Schnitt				
		Gras	Klee	Luz.	1	2	3	4	5
n	1050	204	288	558	298	281	254	180	36
r ²	0,44	0,52	0,49	0,50	0,26	0,29	0,26	0,26	0,43
Sandanteil > 70 %	-0,12		-0,13		-0,21				
nutzbare Feldkapazität			+0,12						
Ackerzahl (ab min. 40 ³)						+0,25	+0,19		
Ackerzahl				+0,19				+0,21	
Saat im Frühjahr (im Vergleich zu Sommer)	+0,05		-0,18	+0,11	+0,13	+0,18		+0,17	
Hauptnutzungsjahr (Nr.) (bis max. 3. ³)	+0,10				+0,14	+0,15	+0,11		
Hauptnutzungsjahr (Nr.) (bis max. 2. ³)				+0,17					
01.11.-28.02. vorher: Σ Temperatur Tage < 0°		-0,14							
01.11.-28.02. vorher: Tage > 5° (bis max. 40 ³)				+0,11					
vorheriger Winter: Tage < 0	-0,05								
01.11.-28.02. vorher: mm Niederschlag	+0,08		+0,10	+0,10	+0,12				
Schnitt (Nr.)	-0,30	-0,23	-0,40	-0,48					
1. Schnitt (im Vergleich zu allen weiteren Schnitten)	+0,13	+0,30							
Σ Evapotranspiration ⁴						+0,16		+0,38	+0,37
(bis max. 200 mm ³)	+0,27			+0,29	+0,34				
(bis max. 150 mm ³)		+0,19	+0,21				+0,23		
\varnothing Evapotranspiration ² (bis max. 1,5 mm)						+0,15			
(bis max. 2 mm ³)							+0,13		
Niederschlag ⁴			+0,25						
(bis max. 50 mm ³)	+0,05	+0,28							
(bis max. 150 mm ³)					+0,16	+0,26			
Tage ⁴ aktuelle ET1 < pot. ET (ab min. 40 ³)	-0,10	-0,14			-0,08				
Tage ⁴ akt. ET1 < 1% pot. ET (ab min. 15 ³)						-0,16			
(ab 10)							-0,20		
Veg.-Beginn bis 1. Schnitt: Tage < 0°							-0,17		
Tage ⁴ > 5° (ab min. 5 ³)									+0,47

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

³ linearer Zusammenhang bis zum max.-Wert bzw. ab dem min.-Wert, darüber/darunter kein Zusammenhang

⁴ von Vegetationsbeginn bzw. vorherigem Schnitt bis aktuellem Schnitttermin

Insgesamt können die identifizierten Faktoren wie folgt zusammengefasst werden (die Vorzeichen geben einen positiven bzw. negativen Zusammenhang an):

- Boden (+Ackerzahl, +nutzbare Feldkapazität, -Sandanteil)
- Saat im Frühjahr (meist + im Vergleich zu Sommer)
- Hauptnutzungsjahr (+)
- Vorheriger Winter (warm +, nass +)
- Schnittnummer
- Aktuelle Evapotranspiration im Aufwuchszeitraum (+)
- Niederschlag im Aufwuchszeitraum (+, zusätzlich zum Niederschlag bei der Berechnung der aktuellen Evapotranspiration)
- Zeiträume ausgeprägter Trockenheit (-, zusätzlich zur Summe aktueller Evapotranspiration)
- Frost in der Vegetationszeit vor dem ersten Schnitt (-)
- Aufwuchszeitraum (+, zusätzlich zum Aufwuchszeitraum bei der Berechnung der Summe der aktuellen Evapotranspiration)

Das unterschiedliche Auftreten bzw. die unterschiedliche Gewichtung je untersuchter Gruppe gibt einen Hinweis darauf bei welcher Artenzusammensetzung bzw. Schnittnummer Faktoren besonders stark oder wenig wirksam wurden (Tab. 11). Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich die Anzahl Fälle je Gruppe zum Teil deutlich unterscheiden. Eine Signifikanz auch bei eher geringem Einfluss eines Faktors ist bei hoher Fallzahl eher gegeben als bei geringer.

Beim Faktor Hauptnutzungsjahr muss beachtet werden, dass die Anzahl Fälle mit zunehmendem Jahr deutlich abnahmen (Hauptnutzungsjahr 1 & 2 n 872, >2 n 174). Bei Einbeziehung der Schnittnummer als Faktor konnten mit den ausgewählten Faktoren r^2 -Werte von 0,44 bis 0,52 erreicht werden. Mit den Modellen wurden somit ungefähr die Hälfte der Ertragsstreuung erklärt. Bei der Auswertung der einzelnen Schnitte lagen die r^2 -Werte nur zwischen 0,26 und 0,43.

Für das Regressionsmodell mit allen Fällen wird beispielhaft in Tabelle 12 die quantitative Wirkung der einzelnen Faktoren dargestellt.

Für die weitere Auswertung wurden die mit den verschiedenen Regressionsmodellen errechneten prognostizierten Erträge gemittelt und dem gemessenen Ertrag gegenübergestellt (Abb. 35). Mit den Werten die für die Ermittlung der Regressionsmodelle verwendet wurden – nur plausible Handernteerträge – ergab sich ein r^2 von 0,53. Bei Einbeziehung aller Fälle für die die Berechnung der Regressionsmodelle möglich war – inklusive fraglicher Handernteergebnisse und Ertragsschätzungen – lag das r^2 immer noch bei 0,49.

Mit den Abweichungen zwischen gemessenem und errechnetem Ertrag (gemessener Ertrag in % des berechneten Ertrags: %*BErtrag*) wurden Korrelationsanalysen mit weiteren möglichen Faktoren durchgeführt (siehe folgende Kapitel). Dabei wurden nur Datensätze mit plausiblen Handernteergebnissen verwendet. Mit Hilfe von Streudiagrammen und dem Kurvenanpassungs-Tool von SPSS erfolgte eine Überprüfung auf Scheinkorrelationen und Linearität.

Tab. 12: Konstante und quantitative Ertragseffekte der einzelnen Faktoren aus dem Regressionsmodell mit allen Fällen (Tab. 11), sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor		Spannweite
Konstante	44,0 dt/ha	
Sandanteil > 70 %	- 3,0 dt/ha pro 10 % Sand	70 – 93 %
Saat im Frühjahr (im Vergleich zu Sommer)	+1,4 dt/ha	
Hauptnutzungsjahr (Nr.; bis max. 3. ¹)	+1,8 dt/ha pro Jahr	1. – 5. Jahr
vorheriger Winter: Tage < 0	-0,4 dt/ha pro 10 Tage	0 – 62 Tage
01.11.-28.02. vorher: mm Niederschlag	+0,2 dt/ha pro 10 mm	98 – 401 mm
Schnitt (Nr.)	-3,4 dt/ha pro Schnitt	1 - 6
1. Schnitt (im Vergleich zu allen weiteren Schnitten)	+4,0 dt/ beim 1. Schnitt	
Σ Evapotranspiration ² (bis max. 200 mm ¹)	+0,9 dt/ha pro 10 mm	25 – 200 mm
Niederschlag ² (bis max. 50 mm ¹)	+1,4 dt/ha pro 10 mm	3 – 50 mm
Tage ² aktuelle ET1 < pot. ET	-1,0 pro 10 Tage	0 – 65 Tage

¹ linearer Zusammenhang bis zum max.-Wert bzw. ab dem min.-Wert, darüber/darunter kein Zusammenhang

² von Vegetationsbeginn bzw. vorherigem Schnitt bis aktuellem Schnitttermin

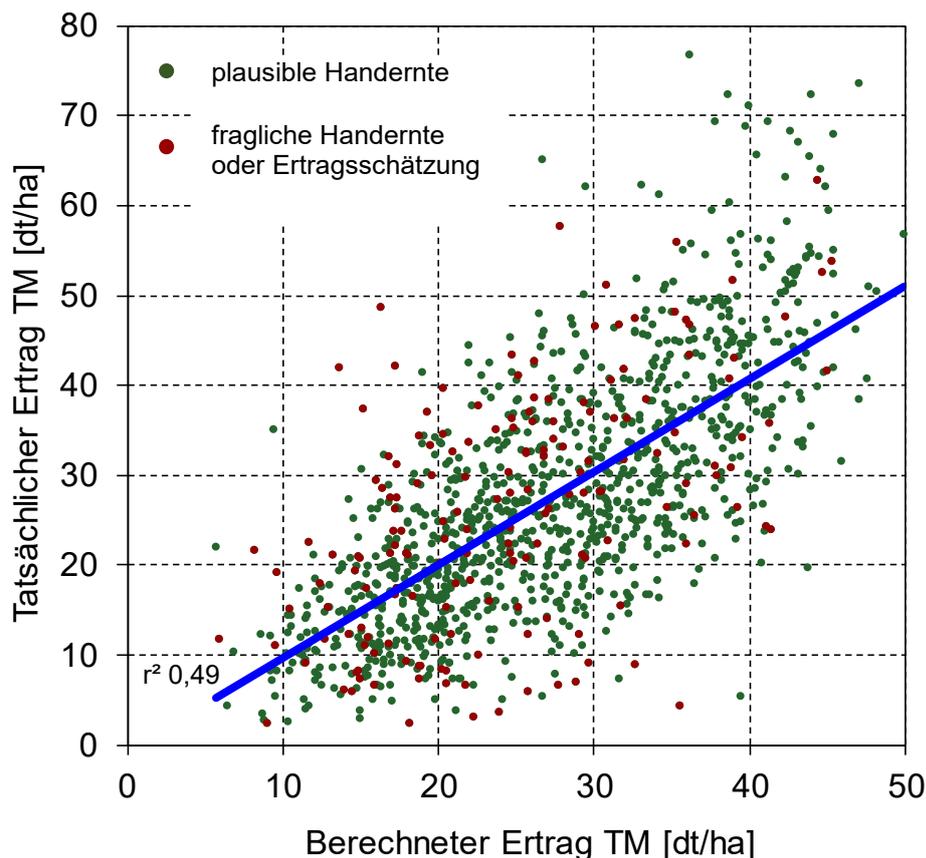


Abb. 35: Zusammenhang von berechnetem TM-Ertrag (%BErtrag, Mittel verschiedener Regressionsmodelle, siehe Text) und gemessenem TM-Ertrag mit Regressionsgerade aller Fälle (nur plausible Handernernte: n 1047 r^2 0,53, nur fragliche Handernernte oder Ertragsschätzung: n 172, r^2 0,29)

4.2.2.2 Einfluss langfristiger Bewirtschaftung

Der gemessene Ertrag in % vom berechneten Ertrag (*%BErtrag*, siehe S. 40) ergab mit einer Reihe von Parameter der Anbaugeschichte signifikante Korrelationen (Tab. 13).

Tab. 13: Signifikante Korrelationen von *%BErtrag* (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Parametern der Anbaugeschichte, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
n	1046	202	286	558	298	279	469	324	722	466	580
Öko-Fläche	-0,16	-0,20		-0,11	-0,11	-0,26	-0,14	-0,17	-0,17	-0,16	-0,16
Jahre auf öko. umgestellt											
Abstand ³ Leg.	+0,11			+0,09		+0,22	+0,08	+0,12	+0,12	+0,14	+0,08
kleink. Leg.	+0,16		+0,15	+0,14	+0,16	+0,25	+0,12	+0,17	+0,17	+0,20	+0,12
Luzerne											
Rotklee	+0,15		+0,11	+0,16	+0,17	+0,26	+0,10	+0,24	+0,15	+0,17	+0,14
Jahre ⁴ Leg.	-0,17	-0,16	-0,10	-0,16	-0,21	-0,30	-0,10	-0,19	-0,19	-0,20	-0,15
kleink. Leg.	-0,16	-0,14	-0,13	-0,15	-0,19	-0,28	-0,10	-0,18	-0,18	-0,21	-0,13
Luzerne	-0,08			-0,13		-0,12			-0,11	-0,08	-0,07
Rotklee	-0,15	-0,12	-0,11	-0,14	-0,20	-0,26	-0,08	-0,28	-0,14	-0,20	-0,12
Leg.-ZF	-0,07			-0,11		-0,21			-0,09		-0,10
Anbau > 10 J. ⁵ Luzerne		-0,16									
Rotklee	-0,14	-0,14	-0,11	-0,11	-0,14	-0,18	-0,13	-0,21	-0,12	-0,09	-0,20

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ VDLUFA-Versorgungsstufe

Deutlich wird dabei der negative Zusammenhang mit der ökologischen Wirtschaftsweise bzw. dem vorherigen Leguminosenanbau. Besonders stark scheint dabei der Anbau kleinkörniger Leguminosen bzw. von Rotklee in der Schlaggeschichte auf den Luzerneertrag zu wirken. Der Zusammenhang der Leguminosenanbaugeschichte zu *%BErtrag* ist bei getrennter Auswertung der ökologischen und der konventionellen Bestände nahezu identisch (Ergebnisse nicht dargestellt).

Der Anbau von Körnerleguminosen in der Anbaugeschichte ergab im Gegensatz zu Leguminosen im Zwischenfruchtanbau keine signifikanten Korrelationen mit *%BErtrag*. Auch weitere Parameter der Anbaugeschichte weisen keine Korrelationen mit *%BErtrag* auf, z.B. Getreide- und Hackfruchtanteil sowie Brache oder Bewuchs über Winter.

Abbildung 36 zeigt die Streubreite sowohl vom Anbauabstand als auch von der Anzahl Anbaujahre in 10 Vorjahren von ausgewählten Leguminosen.

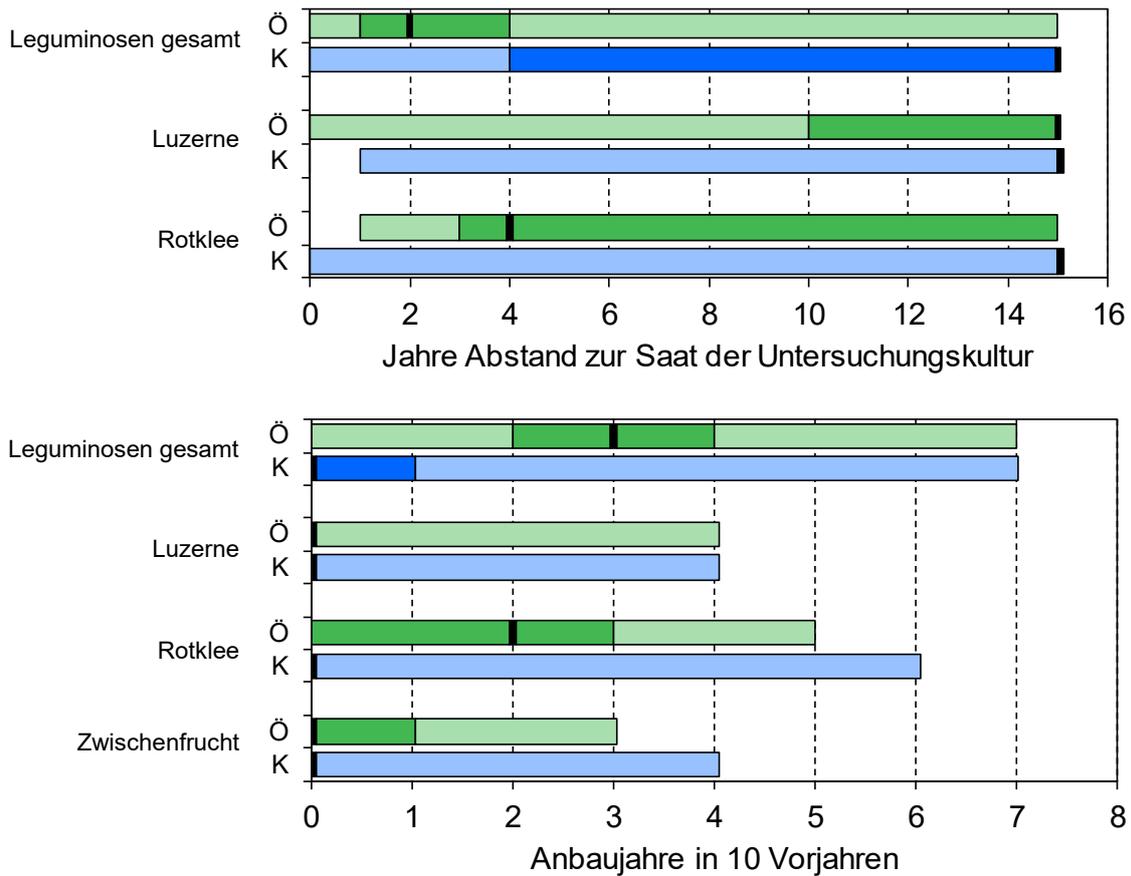


Abb. 36: Boxplot vom Anbauabstand (oben) und den Anbaujahren in 10 Vorjahren von Leguminosen gesamt, Luzerne, Rotklee und Leguminosen-Zwischenfrüchten (nur Anbaujahre) (n ökologisch 85, konventionell 107)

Die Korrelationskoeffizienten können als ein Maß für die Gewichtung der einzelnen Parameter in ihrem Einfluss auf den Ertrag gelten. Eine plausible Quantifizierung der Zusammenhänge einzelner Parameter ist aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren auf den Ertrag und häufiger Interkorrelationen problematisch. Mögliche Größenordnungen geben die Beispiele der Ergebnisse von Regressionsanalysen:

- Alle Fälle, je Anbaujahr kleinkörniger Leguminosen: -3,8 % %BErtrag bzw. 1 dt/ha TM-Ertrag pro Schnitt
- Luzerne, je Anbaujahr Rotklee: -3,5 % %BErtrag bzw. -1 dt/ha TMErtrag pro Schnitt
- 2. Schnitt, je Jahr Leguminosenanbau: -5 % %BErtrag bzw. -1,4 dt/ha TM-Ertrag

4.2.2.3 Bodenfaktoren

Der gemessene Ertrag in % vom berechneten Ertrag (*%BErtrag*, siehe S. 40) ergab mit einer Reihe von Bodenparametern signifikante Korrelationen (Tab. 14). Mit pH-Wert und Bodennährstoffen waren diese alle positiv.

Tab. 14: Signifikante Korrelationen von *%BErtrag* (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Bodenparametern, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
n	1046	202	286	558	298	279	469	324	722	466	580
Sandanteil		+0,15									
Schluffanteil		-0,17									
Tonanteil											
pH											
pH-Stufe ³		+0,16					+0,10				
P	+0,08	+0,17	+0,12				+0,15	+0,17			+0,13
P-Stufe	+0,09	+0,13					+0,16	+0,14		+0,09	+0,11
K	+0,08		+0,14	+0,10			+0,12		+0,09		+0,13
K-Stufe	+0,09			+0,14			+0,11		+0,11		+0,13
Mg	+0,07		+0,15	+0,08				+0,14			
Mg-Stufe	+0,12		+0,18	+0,15	+0,14	+0,18	+0,09	+0,19	+0,10	+0,12	+0,13
B											
B-Stufe	+0,07								+0,09		+0,15
Mn					+0,14						
Mn-Stufe											
Zn	+0,11	+0,23					+0,16	+0,19	+0,09	+0,16	+0,08
Zn-Stufe	+0,07			+0,15			+0,09	+0,14			
S	+0,08		+0,16				+0,09		+0,10	+0,08	+0,08
C/N					-0,16		+0,10				

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ VDLUFA-Versorgungsstufe

Die Überprüfung mit Streudiagrammen und dem Kurvenanpassungs-Tool von SPSS zeigten, dass eine Reihe dieser möglichen Zusammenhänge nicht linear sind (Tab. 15). Beim Schwefelgehalt im Boden (CAT-Extrakt) ergab die Kurvenanpassung beispielsweise eine inverse Regressionsfunktion (Abb. 37). Im Bereich von 2 bis 5 mg/kg Schwefel war der Zusammenhang nahezu linear, über 5 mg/kg war der Effekt gering.

Bei dem Vergleich zwischen dem gemessenen TM-Ertrag und *%BErtrag* ergaben sich zum Teil deutliche Unterschiede. Als eine Ursache dafür kommt die Verwendung von Bodendaten in den Regressionsmodellen mit den „Basisfaktoren“ in Frage, da die Bodendaten insgesamt stark interkorrelieren (Tab. 16).

Tab. 15: Überprüfen der Zusammenhänge von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) bzw. dem Ertrag mit dem SPSS-Kurvenanpassungs-Tool (bis: linear bis Wert, danach kein Einfluss)

	Alle		Gras ¹	Klee ¹	Luzerne ¹
	%BErtrag	Ertrag	%BErtrag	%BErtrag	%BErtrag
pH	+ bis 6	+ bis 6,5	o	o	o
pH-Stufe ²	+ bis C	o	+ linear	o	Optim. bei C
P2O5	+ bis 10	o	+ linear	+ linear	+ bis 8
P-Stufe	+ bis C	o	o	+ linear	+ bis C
K2O	+ bis 30	+ bis 10	o	+ linear	+ bis 15
K-Stufe	+ linear	+ bis C	o	+ linear	+ linear
Mg	o	+ bis 20	o	+ bis 15	o
Mg-Stufe	+ linear	+ bis D	o	+ bis D	+ linear
B	o	+ bis 0,8	o	+ bis 0,2	o
B-Stufe	+ linear	+ linear	o	+ linear	o
Mn	o	+ linear	o	o	o
Mn-Stufe	o	+ bis D	o	o	o
Zn	+ bis 12	o	+ bis 12	o	o
Zn-Stufe	+ linear	o	o	o	+ linear
S	+ bis 5	+ bis 5	+ bis 10	+ bis 8	o
C/N	o	- linear	- ab 13	o	o

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² VDLUFA-Versorgungsstufe

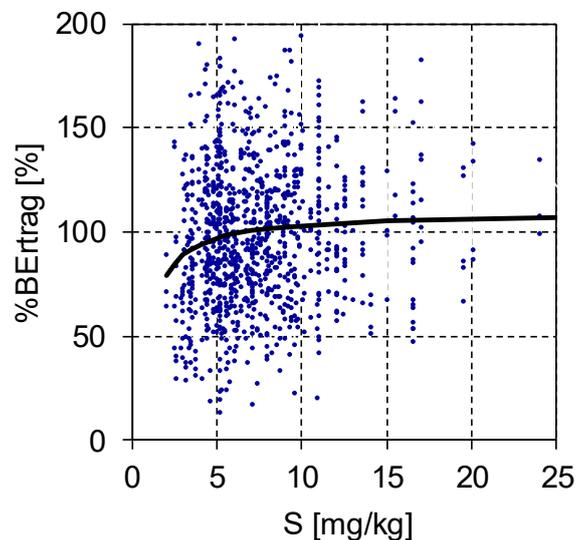


Abb. 37: Zusammenhang vom S-Gehalt im Boden (CAT-Extrakt) und %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40): n 1044, r^2 0,02

Tab. 16: Korrelationsmatrix einer Reihe von Bodenparametern (n 191),
Korrelationskoeffizient r

	Ackerz.	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	nFk	VDLUFA Versorgungsstufen						S	OS	C/N	
							pH	P	K	Mg	B	Mn				Zn
		%	%	%	cm	mm						mg/kg	%			
Ackerz.		0,22	0,65	-0,56	0,57	0,56	-0,16			0,27		0,18		0,18	-0,21	-0,46
Ton	0,22		0,56	-0,80	-0,16	-0,23	0,33	0,17	0,45	0,35	0,15	0,15		0,32	0,63	-0,50
Schluff	0,65	0,56		-0,95	0,31	0,38			0,24	0,28		0,23		0,25	0,16	-0,57
Sand	-0,56	-0,80	-0,95		-0,16	-0,18			-0,35	-0,34	-0,15	-0,22		-0,31	-0,37	0,61
Tiefe	0,57	-0,16	0,31	-0,16		0,85	-0,26	-0,16								-0,48
nFk	0,56	-0,23	0,38	-0,18	0,85		-0,25	-0,16							-0,44	-0,16
pH-Stufe	-0,16	0,33			-0,26	-0,25		0,28			0,21	-0,23		0,20	0,38	
P-Stufe		0,17			-0,16	-0,16	0,28		0,47			-0,16	0,43	0,17	0,28	
K-Stufe		0,45	0,24	-0,35				0,47		0,17			0,25	0,33	0,38	-0,16
Mg-Stufe	0,27	0,35	0,28	-0,34					0,17			0,34	0,17	0,27	0,27	-0,23
B-Stufe		0,15		-0,15			0,21					0,20	0,34		0,28	
Mn-Stufe	0,18	0,15	0,23	-0,22			-0,23	-0,16		0,34	0,20		0,26	0,18		-0,24
Zn-Stufe								0,43	0,25	0,17	0,34	0,26		0,16	0,15	
S	0,18	0,32	0,25	-0,31			0,20	0,17	0,33	0,27		0,18	0,16		0,30	-0,23
Org. Sub.	-0,21	0,63	0,16	-0,37	-0,48	-0,44	0,38	0,28	0,38	0,27	0,28		0,15	0,30		
C/N	-0,46	-0,50	-0,57	0,61		-0,16			-0,16	-0,23		-0,24		-0,23		

Aufgrund der vielfältigen Interkorrelationen der Bodenparameter ist eine Quantifizierung des Zusammenhangs mit einzelnen Nährstoffen problematisch. An dieser Stelle sollen nur drei Beispiele auf Basis von Regressionsberechnungen von %BErtrag (alle Fälle) mit den Versorgungsstufen von Phosphor und Kalium sowie dem Schwefelgehalt (CAT-Extrakt) dargestellt werden:

- Je P-Versorgungsstufe: +5,5 % %BErtrag bzw. 1,5 dt/ha TM-Ertrag (bis Stufe C)
- Je K-Versorgungsstufe: + 3,5 % %BErtrag bzw. 1,0 dt/ha TM-Ertrag
- Je mg/kg S: + 11 % %BErtrag bzw. 3,0 dt/ha TM-Ertrag (bis 5 mg/kg)

4.2.2.4 Bewirtschaftungsfaktoren im Saatjahr

Von den getesteten Bewirtschaftungsparametern aus dem Saatjahr der untersuchten Bestände wiesen vor allem Größen aus den Bereichen Düngung und Saatgut signifikante Korrelationen zum gemessenen Ertrag in % vom berechneten Ertrag auf (%*BErtrag*, siehe S. 40). Weiterhin waren auch Zusammenhänge mit der Bodenbearbeitung, der Unkrautregulierung und der Reihenweite signifikant (Tab. 17). Der Faktor Frühjahrs- oder Sommersaat wurde schon bei den „Basisfaktoren“ berücksichtigt (Kap. 4.2.2.1).

Bis auf die Düngung mit Mist waren die anderen Düngeparameter nur bei den konventionellen Beständen signifikant (Ergebnisse nicht dargestellt). Insgesamt sind Ergebnisse zur Düngung aufgrund der relativ wenigen Fälle mit Düngung in ihrer Aussagekraft begrenzt.

Tab. 17: Signifikante Korrelationen von %*BErtrag* (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Parametern aus dem Bereich Bewirtschaftung im Saatjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
n	1046	202	286	558	298	279	469	324	722	466	580
Mistdüngung	+0,09	+0,18			+0,19				+0,11	+0,11	
Gülldüngung	+0,10	+0,25		+0,12		+0,19	+0,08		+0,14	+0,15	
N-Düngung ³	+0,12	+0,31		+0,09	+0,16	+0,18	+0,08		+0,11	+0,21	
P-Düngung	+0,10		+0,11	+0,11	+0,16	+0,17		+0,19			+0,11
K-Düngung	+0,10			+0,15	+0,17	+0,13		+0,21			+0,15
Pflug vor Saat		+0,15									
Reihenweite				-0,10	-0,14						
Öko-Saatgut ⁴	-0,14	-0,17		-0,12	-0,11	-0,21	-0,12	-0,18	-0,14	-0,16	-0,12
Saatgut Luz./Rotklee	+0,10		+0,17	-0,09			+0,13	+0,17	+0,08		+0,19
mit Weißklee	-0,06						-0,08	-0,22			-0,16
Saatgut Grasanteil	-0,09						-0,13		-0,09		-0,20
Artenzahl		+0,15	+0,16		+0,14	-0,13		-0,10		+0,11	-0,11
Gras-Artenzahl		+0,18			+0,12	+0,14				+0,10	+0,11
Leg.-Artenzahl			+0,24		+0,15			-0,12	+0,08	+0,11	

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ in org. (verfügbar) und min Düngung

⁴ komplett oder die meisten Bestandteile

Die negative Korrelation von der Reihenweite mit %*BErtrag* ist vor allem auf den Unterschied zwischen Breitsaat (0 cm Reihenweite) und Drillsaat (5 – 25 cm) zurückzuführen. Ein geringerer Einfluss ist jedoch auch im Bereich zwischen 10 und 16 cm Reihenweite zu erkennen (Ergebnisse nicht dargestellt).

Die negative Korrelation zur Verwendung von Öko-Saatgut könnte auch auf andere Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungssystemen zurückzuführen sein.

Tabelle 17 zeigt eine Reihe von signifikanten Korrelationen mit der Saatgutzusammensetzung. Beim genaueren Analysieren der Wirkung des Verhältnisses von Rotklee zu Luzerne ergibt unterschiedliche Optima für die beiden Gruppen kleedominant und luzernedominant (Abb. 38). In der Gruppe mit Beständen über 50 % Gras wurde kein Zusammenhang von Ertrag und Luzerne-Rotklee-Verhältnis festgestellt.

Eine höhere Anzahl Arten im Saatgut war meist mit einem höheren Ertrag verbunden in einzelnen Gruppen jedoch auch mit geringeren Erträgen.

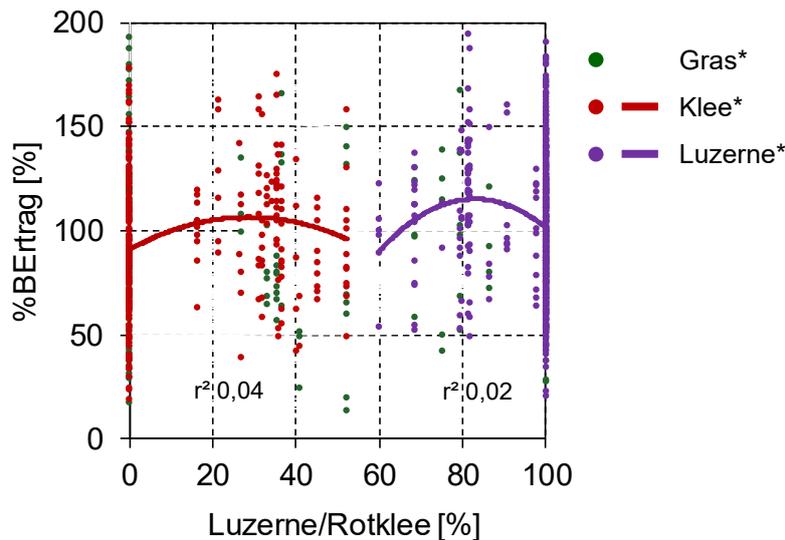


Abb. 38: Zusammenhang vom Verhältnis Luzerne zu Rotklee im Saatgut und %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40; n Gras 202, Klee 286, Luzerne 558) *Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Eine Reihe geprüfter Parameter ergab keine signifikanten Korrelationen mit %BErtrag, z.B: Vorfrucht, Bearbeitungstiefe, Saatstärke (15 – 40 kg/ha), Anzahl Leguminosensorten und Anteil empfohlener Sorten (siehe Kap. 4.1.4) in der Saatmischung. Auch ein Einfluss der Schwefeldüngung im Saatjahr war bei keinem Bestand zu erkennen, allerdings war auch kein gedüngter Schlag dabei bei dem der Boden-Schwefelgehalt unter 10 mg/kg gelegen hat (siehe Kap. 4.1.2). Ein positiver Effekt einer Kalkung war nur bei Luzerne und auf Schlägen mit einem pH-Wert kleiner sechs zu erkennen (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Zusammensetzung der Grasarten in der Saatgutmischung konnte mit dem Untersuchungsansatz nicht beurteilt werden, da oft vielfältige und viele verschiedene Gemenge angebaut wurden. Die Saat blank oder mit Deckfrucht hatte bei den Frühjahrssaaten keinen deutlichen Effekt. Nur die Untersaaten in Wintergersteide waren tendenziell etwas schlechter. Für eine Beurteilung der Sommersaaten gab es zu wenige Fälle mit Deckfrucht.

Auch der Saatzeitpunkt (jeweils für Frühjahrs- und Sommersaat) ergab keine signifikante Korrelation zu %BErtrag. In einer Reihe von Einzelfällen wurde jedoch beobachtet, dass bei später Sommersaat (Mitte September bis Oktober) die Entwicklung im ersten Hauptnutzungsjahr häufig stark verzögert war.

4.2.2.5 Bewirtschaftungsfaktoren aus dem Vorjahr

Bei Beständen ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr wurde auch der Einfluss der Vorjahresbewirtschaftung untersucht. Eine vorhergehende P- und K-Düngung ergab positive Korrelationen (Tab. 18). Ein längerer Aufwuchszeitraum zum dritten Schnitt des Vorjahrs war mit höheren Erträgen verbunden. Bei luzernedominanten Beständen war das nur bei den Frühjahrssaaten der Fall (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Schnitthöhe im Vorjahr variierte von 5 bis 14 cm. Eine größere Schnitthöhe hatte negative Effekte auf den Ertrag grasreicher Bestände und positive bei den luzernedominanten Beständen. Die Anzahl Überfahrten (Erntemaßnahmen & Düngung) hatten besonders bei den luzernedominanten Beständen einen negativen Effekt auf den Ertrag.

Keinen statistisch nachweisbaren Einfluss hatten z. B. die Anzahl Schnitte, der Termin des letzten Schnitts und die N-Düngung im Vorjahr.

Tab. 18: Signifikante Korrelationen von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Parametern aus dem Bereich Bewirtschaftung im vorhergehenden Hauptnutzungsjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S
n	570	94	147	329	169	154	247	171	399
P-Düngung ³	+0,09		+0,17						+0,10
K-Düngung ³								+0,23	
Abstand 2. bis 3. Schnitt	+0,13	+0,17	+0,16				+0,13	+0,25	+0,09
Schnitthöhe	+0,11	-0,19		+0,11			+0,17	+0,13	+0,12
Anzahl Überfahrten	-0,08			-0,10		-0,16			-0,09

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ in org. (verfügbar) und min Düngung

4.2.2.6 Bewirtschaftungsfaktoren im Untersuchungsjahr

Der Aufwuchszeitraum, ein wesentlicher Bewirtschaftungseinfluss auf den Ertrag, wurde schon bei den „Basisfaktoren“ im Faktor Evapotranspirationssumme berücksichtigt (Kap. 4.2.2.1). Unter den geprüften Parametern aus dem Bereich Bewirtschaftung im Untersuchungsjahr wiesen daneben nur einzelne Düngungsmaßnahmen und die Schnitthöhe in einzelnen Gruppierungen signifikante Korrelationen mit dem Trockenmasse-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag (%BErtrag, siehe S. 40) auf (Tab. 19).

Pflegemaßnahmen (Schleppen, Striegeln, etc.) zeigten selten offensichtliche Auswirkungen auf den Ertrag. Statistisch war ein Ertragseinfluss aufgrund der relativ geringen Fallzahl mit Pflegemaßnahmen nicht nachweisbar.

Tab. 19: Signifikante Korrelationen von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Parametern aus dem Bereich Bewirtschaftung im Untersuchungsjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
n	1046	202	286	558	298	279	469	324	722	466	580
Gülledüngung			+0,11								
N-Düngung ³		+0,15	+0,17		+0,10					+0,11	
P-Düngung			+0,14								
Schnitthöhe		-0,18		+0,08				+0,10			+0,12

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ in org. (verfügbar) und min Düngung

Die relativ selten auftretenden Korrelationen beim Nährstoffimport durch Düngung können mit der Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden zusammenhängen. So zeigte sich z. B. bei Phosphor, Kalium und Schwefel das häufiger bei schon guter Nährstoffversorgung der Böden gedüngt wurde als bei geringen Nährstoffgehalten (Abb. 39).

Eine gewisse Abhängigkeit der zugeführten Nährstoffmenge von der Bestandeszusammensetzung zeigte sich hingegen beim Stickstoff. Leguminosenreiche Bestände wurden im Durchschnitt weniger mit Stickstoff gedüngt als leguminosenarme (Abb. 39).

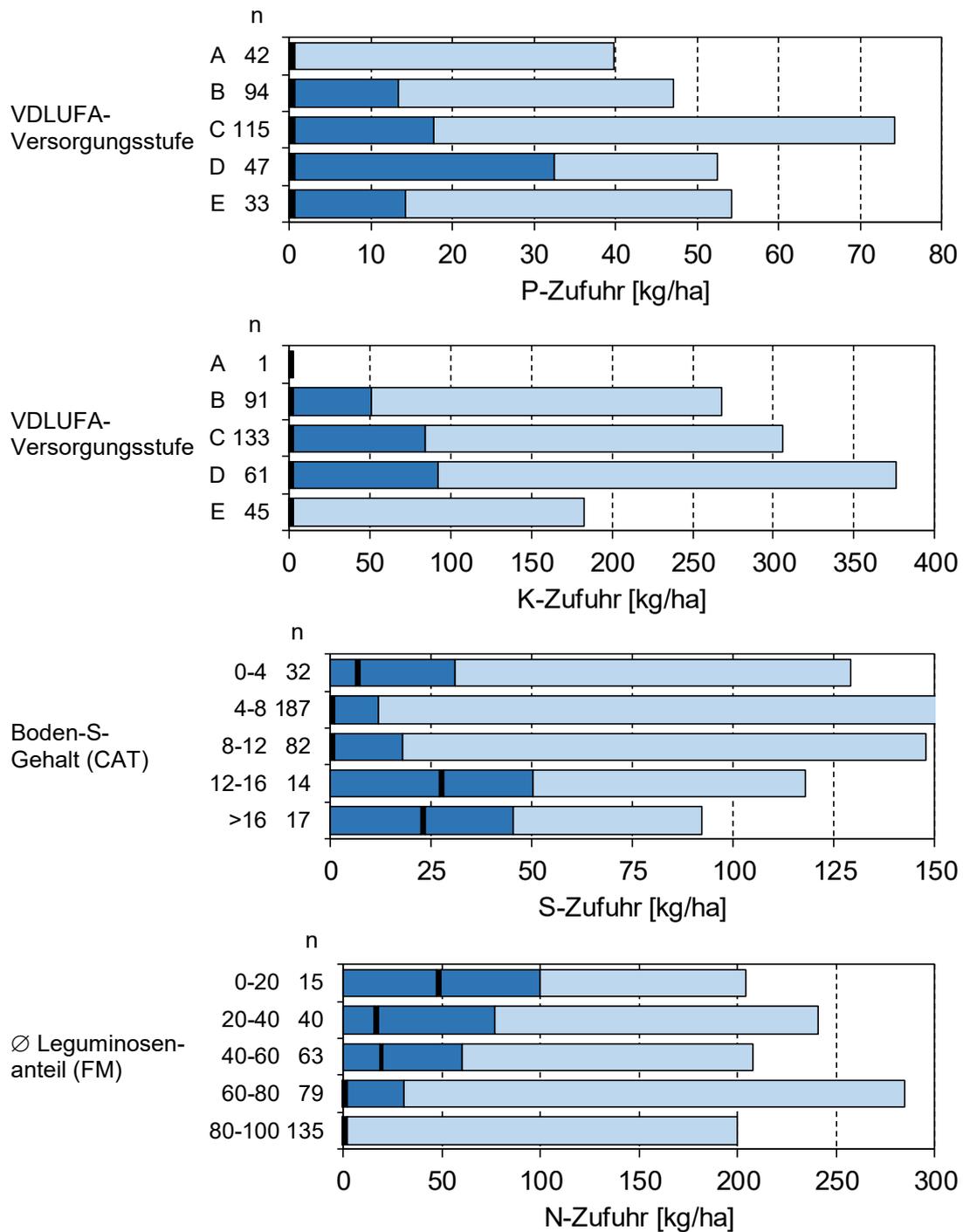


Abb. 39: Boxplots der Nährstoffzufuhr mit der Düngung (inkl. organischer Düngung, N: geschätzte Menge verfügbaren Ns) nach der Bodennährstoffverfügbarkeit bzw. dem mittleren Leguminosenanteil (Frischmasse) der Bestände

4.2.2.7 Bestandesdaten im Untersuchungsjahr

Im Untersuchungsjahr wurden die Bestände an zwei Terminen bonitiert, im zeitigen Frühjahr und in der Vegetationsperiode. Weiterhin erfolgte bei jedem Schnitttermin die Bestimmung von Bestandesparametern. Zusätzlich wurde jeder untersuchte Schlag im späten Herbst des Saatjahrs bonitiert, allerdings nur bei Beständen die im Zeitraum 2020 bis 2022 gesät wurden.

Der gemessene Ertrag im ersten Hauptnutzungsjahr in % vom berechneten Ertrag (%BErtrag, siehe S. 40) ergab mit einer Reihe von Parametern der Herbstbonitur signifikante Korrelationen (Tab. 20). Vor allem die negative Wirkung von starkem Besatz mit Auflaufgetreide wird deutlich. Positiv zeichnen sich nach den Ergebnissen Bestände mit einer gleichmäßigen Verteilung der Leguminosenpflanzen und einem guten Kulturzustand aus. Sehr jung in den Winter gehende, dünne oder ungleichmäßige Bestände mit hohem Anteil offenem Boden und ein Mäusebesatz schon im Saatjahr waren mit geringeren Erträgen verbunden.

Tab. 20: Signifikante Korrelationen von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Parametern der Bonitur im Herbst nach der Saat, nur Bestände im ersten Hauptnutzungsjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S
n	275	50	89	136	75	72	128	87	188
Anteil ³ Luzerne		-0,45							-0,13
...Rotklee									
Weißklee						-0,33			
Leg.-Homgen. ⁴	-0,13	-0,38	-0,18	-0,20			-0,17		-0,15
Deckungsgrad Auflaufgetr.	-0,21	-0,29		-0,25	-0,37	-0,33			-0,24
Ohne Pflanz.	-0,16	-0,39					-0,18		-0,19
Mausschaden ⁵			-0,25						
Mäuselöcher			-0,26						
Kulturzustand ⁶	-0,13	-0,34			-0,27				-0,15
Dünnere Best.		-0,37			-0,26			-0,18	
Mäuse			-0,25				-0,17		
Ungleichm.			-0,28				-0,15		
Auflaufgetr.	-0,18	-0,21		-0,30	-0,24	-0,32			-0,22
...sehr jung vor Winter	-0,16	-0,31		-0,17	-0,22		-0,20		-0,18

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ geschätzter Anteil von Leguminosenfrischmasse

⁴ Homogenität der Pflanzenverteilung & -entwicklung nach Winter, 1 sehr gut – 5 sehr schlecht

⁵ Fläche durch Mäuse geschädigt

⁶ Boniturnote 1 (sehr gut) bis 9 (schlecht); nachfolgend signifikante Gründe für die Bewertung

Die Parameter der Nachwinterbonitur weisen ähnliche Korrelationen auf wie bei der Herbstbonitur (Tab. 21). Hinzu kommen noch negative Effekte durch undefinierte Pflanzenschäden, Tritt- und Frostschäden sowie Unkrautbesatz. Der Deckungsgrad mit angesäten Kräutern

zeigte positive Korrelationen mit %BErtrag. Allerdings wurden nur in relativ wenig Fällen Kräuter gesät, so dass dieses Ergebnis in seiner Aussagekraft begrenzt ist.

Der negative Effekt des Auflaufgetreidedeckungsgrads auf den Ertrag ist nach dem Winter deutlich geringer als im Herbst, aber noch erkennbar (Abb. 40). Allerdings wiesen nur 25 % der Bestände im Herbst und 21 % nach Winter einen Getreidedeckungsgrad über 5 % auf.

Tab. 21: Signifikante Korrelationen von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Parametern der Nachwinterbonitur im Untersuchungsjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
n	959	179	273	507	273	254	432	288	671	420	539
Anteil ³ Luzerne		-0,17						+0,10			+0,16
...Rotklee				+0,10							
Weißklee											-0,12
Leg.-Homgen. ⁴	-0,08	-0,14		-0,09		-0,14			-0,10	-0,10	
Deckungsgrad Kräuter	+0,14	+0,37			+0,13		+0,16		+0,17	+0,21	
Auflaufgetr.	-0,06			-0,12	-0,18	-0,12			-0,08	-0,09	
Unkraut				-0,08	-0,11	-0,12		+0,13	-0,10	-0,11	
Ohne Pflanz.	-0,08	-0,20	-0,17		-0,19				-0,07	-0,20	
Undefinierte Schäden	-0,09	-0,16				-0,11	-0,08		-0,10		-0,15
Mausschaden ⁵ aktuell		-0,14		-0,10				-0,12			
Mäuselöcher		-0,13						-0,13		-0,09	
Kulturzustand ⁶	-0,08	-0,17		-0,11	-0,11	-0,13			-0,08	-0,20	
Dünner Best.			-0,12						-0,08	-0,15	
Mäuse		-0,20									
Ungleichm.	-0,07			-0,11		-0,13			-0,07		
Auflaufgetr.					-0,18					-0,08	
Trittspuren	-0,09			-0,11			-0,11	-0,10	-0,08	-0,13	
...Frostschäd.			-0,13								

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ geschätzter Anteil von Leguminosenfrischmasse

⁴ Homogenität der Pflanzenverteilung & -entwicklung nach Winter, 1 sehr gut – 5 sehr schlecht

⁵ Fläche durch Mäuse geschädigt

⁶ Boniturnote 1 (sehr gut) bis 9 (schlecht); nachfolgend signifikante Gründe für die Bewertung

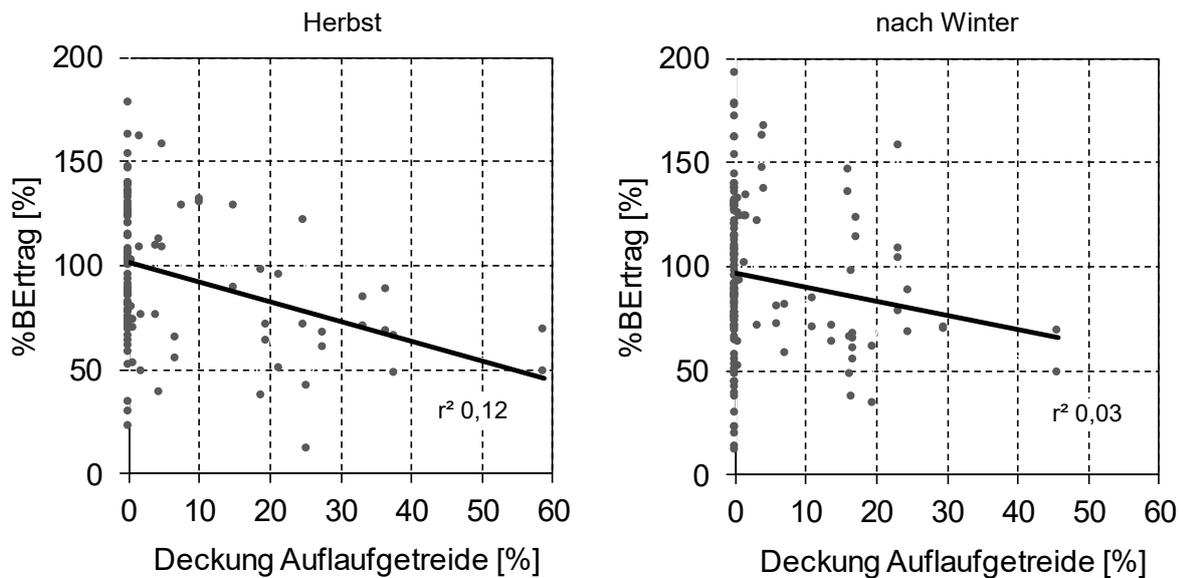


Abb. 40: Zusammenhang vom Deckungsgrad des Auflaufgetreides mit %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40; n Herbst 106, nach Winter 152)

Auch bei Parametern der Bonitur in der Vegetationszeit ergeben sich ähnliche Korrelationen mit %BErtrag wie bei der Nachwinterbonitur, z.B. mit der Leguminosen-Homogenität und mit Mäuseschäden (Tab. 22). Neu hinzu gekommen sind unter anderem negative, signifikante Korrelationen mit Fraßschäden (Insektenfraß) und Nekrosen am Spross. Nennenswerte Fraßschäden wurden bei ca. 30 %, Nekrosen bei 20 % der Bestände festgestellt. Der Ertragseffekt war jedoch bei beiden Schädigungen gering.

Die Boniturnoten zum Kulturzustand weisen an allen drei Boniturterminen signifikante Korrelationen zu %BErtrag auf. Abbildung 41 gibt einen Überblick über die vergebenen Noten und die Häufigkeit des Auftretens einzelner Probleme die zu einer schlechteren Bewertung führten.

Obwohl mit den „Basisfaktoren“ (Kap. 4.2.2.1) schon wesentliche Faktoren des Ertrags und damit auch der Bestandeshöhe zum Schnittzeitpunkt abgedeckt sein sollten, besteht weiterhin auch zu %BErtrag eine deutliche Korrelation mit der Bestandeshöhe (Tab. 22 & Abb. 42). Und auch die Stadien von Leguminosen und Gräsern zum Schnittzeitpunkt (Abb. 43) weisen deutliche Korrelationen auf obwohl der Aufwuchszeitraum schon im Regressionsmodell in den „Basisfaktoren“ enthalten ist. Dies kann damit begründet sein, dass ein enger Zusammenhang zwischen Aufwuchszeitraum und Leguminosenstadium zum Schnitttermin nur bei den ersten beiden Schnitten stark ausgeprägt ist (Ergebnisse nicht dargestellt).

Auch die Parameter der Bestandeszusammensetzung und der Grad sichtbarer Sprossschäden (Nekrosen, Verfärbungen, etc.) korrelieren mit dem %BErtrag (Tab. 22 & Abb. 44).

Tab. 22: Signifikante Korrelationen von %*BErtrag* (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Parametern der Bonitur in der Vegetationszeit und den Handerten im Untersuchungsjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
Sommerbonitur											
n	997	193	271	533	279	263	455	306	691	442	555
Anteil ³ Luzerne	+0,10	-0,15	+0,13	+0,08		+0,13	+0,11	+0,17	+0,09		+0,22
...Rotklee	-0,09						-0,14		-0,10		-0,18
Weißklee	-0,15		-0,31	-0,08	-0,20	-0,12	-0,15	-0,22	-0,13		-0,24
Leg.-Homgen. ⁴	-0,14	-0,18		-0,14		-0,18	-0,19	-0,18	-0,14	-0,11	-0,18
Deckungsgrad Unkraut		-0,16									
Ohne Pflanz.	-0,10		-0,16	-0,10			-0,17	-0,10	-0,10		-0,17
Anteil Rahmen mit Schäden	-0,09					-0,13			-0,10		-0,08
Blattfraß	-0,09	-0,16		-0,08		-0,10	-0,10		-0,09		-0,13
Nekrosen	-0,06			-0,09					-0,07		-0,07
Mechanische Schäden ⁵	-0,08		-0,10	-0,07			-0,10	-0,13	-0,07	-0,08	
Mausschaden ⁶ aktuell	-0,08		-0,18				-0,08		-0,09	-0,10	
alt	-0,08		-0,17				-0,14	-0,14			-0,09
Mäuselöcher	-0,07		-0,19			-0,10	-0,09	-0,13		-0,09	
Kulturzustand ⁷	-0,14	-0,31		-0,11		-0,22	-0,14	-0,11	-0,15	-0,20	-0,08
Dünnere Best.	-0,08			-0,10	-0,13				-0,10	-0,10	
Mäuse			-0,17		-0,11		-0,10				
Handernte											
n	1046	202	286	558	298	279	469	324	722	466	580
Bestandeshöhe	+0,47	+0,55	+0,53	+0,40	+0,57	+0,44	+0,55	+0,55	+0,44	+0,45	+0,49
Stadium Leg.	+0,16		+0,24	+0,18		+0,13	+0,22		+0,19	+0,22	+0,10
Stadium Gras	+0,06			+0,09	+0,11		+0,10	+0,17			+0,10
Leg.- Anteil	+0,15		+0,16	+0,18		+0,16	+0,31	+0,12	+0,18	+0,11	+0,20
Grasanteil	-0,13		-0,14	-0,13		-0,14	-0,31	-0,11	-0,15		-0,19
Krautanteil ³	-0,11		-0,12	-0,17	-0,22	-0,18			-0,13	-0,14	-0,07
Sprossschäden	-0,10	-0,15		-0,16			-0,11	-0,15	-0,08	-0,16	
Boden ohne Bedeckung	-0,35	-0,30	-0,41	-0,36	-0,42	-0,30	-0,40	-0,45	-0,32	-0,35	-0,36

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ geschätzter Anteil von Leguminosenfrischmasse

⁴ Homogenität der Pflanzenverteilung & -entwicklung nach Winter, 1 sehr gut – 5 sehr schlecht

⁵ Mechanische Schäden (z.B. durch Hagel oder Pflegemaßnahmen)

⁶ Fläche durch Mäuse geschädigt

⁷ Boniturnote 1 (sehr gut) bis 9 (schlecht); nachfolgend signifikante Gründe für die Bewertung

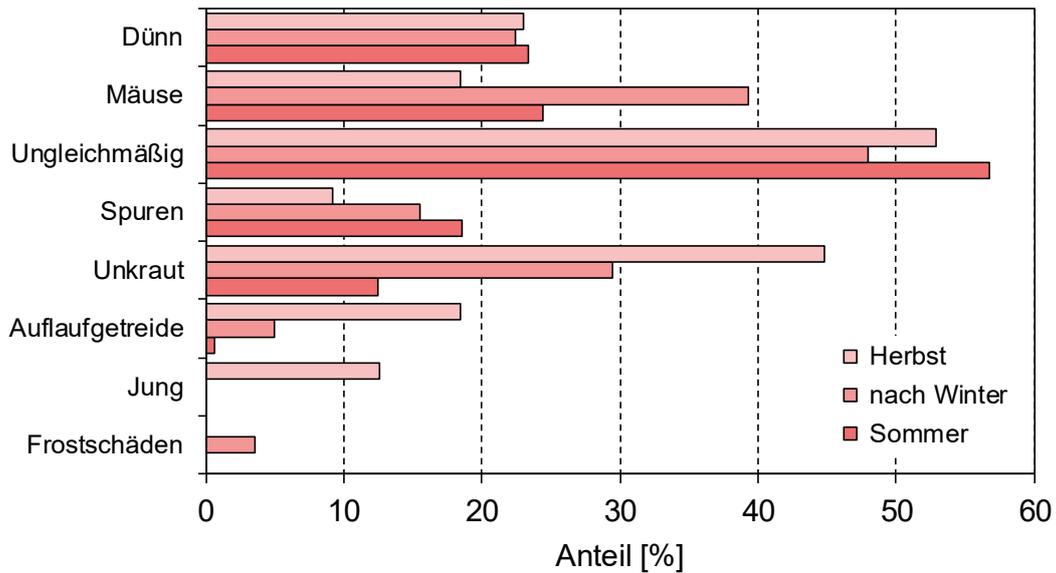
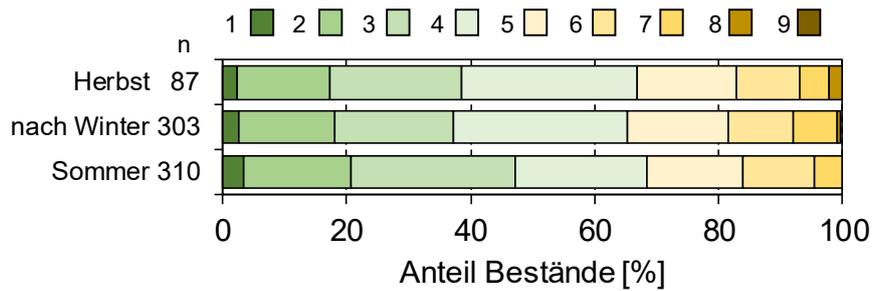


Abb. 41: Oben: Bewertung des Kulturzustands der untersuchten Bestände (1 sehr gut, 9 schlecht); Unten: Auftreten einzelner Probleme die zu einer schlechteren Bewertung führten

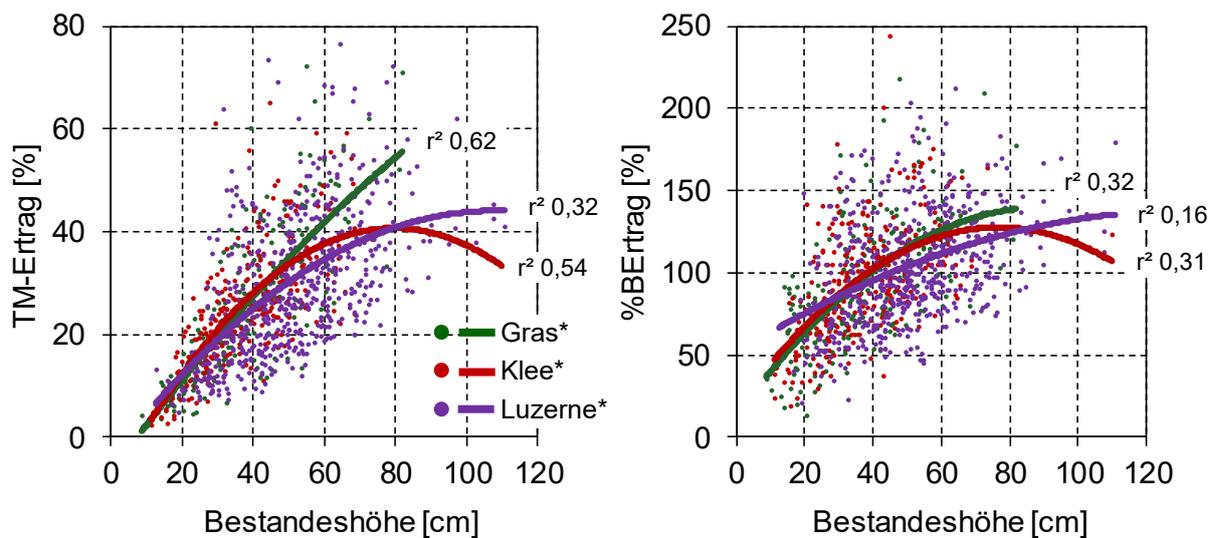


Abb. 42: Zusammenhang von Bestandeshöhe zum Schnittzeitpunkt und dem Trockenmasse-Schnittertrag sowie %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40); Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

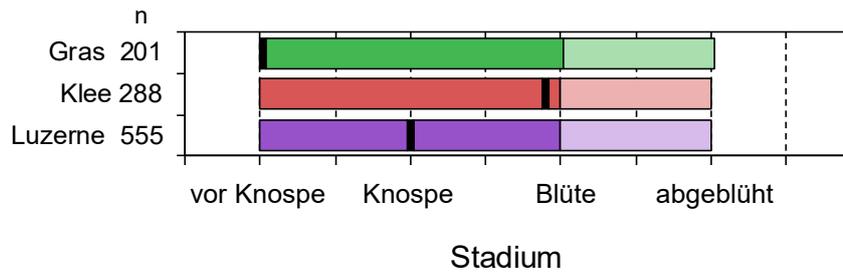


Abb. 43: Boxplots des Leguminosenstadiums zur Ernte; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

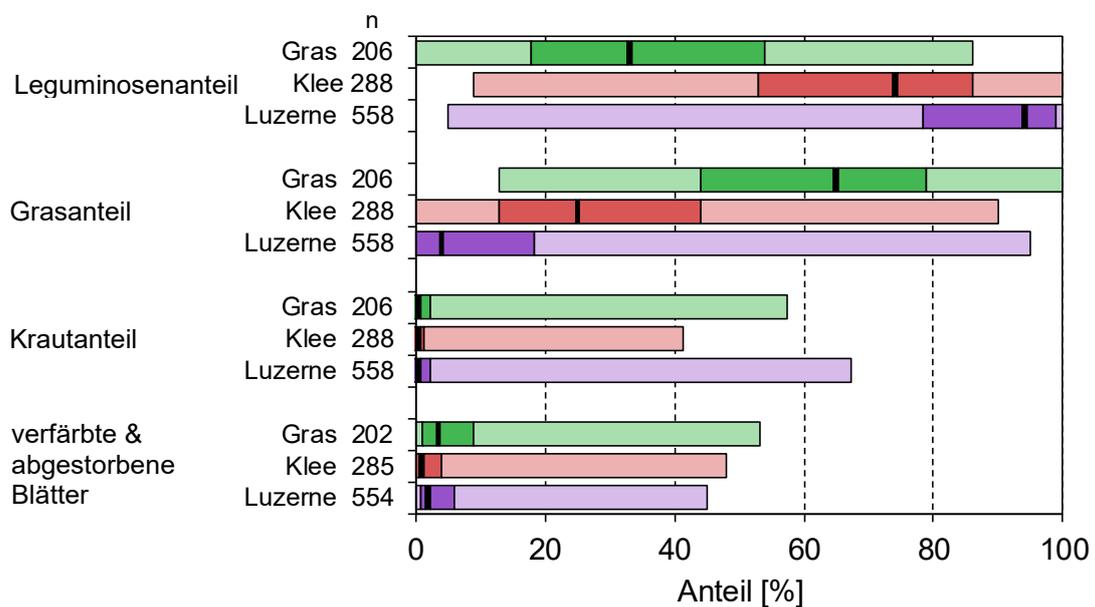


Abb. 44: Boxplots der Bestandeszusammensetzung zum Schnittzeitpunkt; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Besonders großen Einfluss auf den Ertrag scheint der Anteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt zu haben. Hier ergeben sich besonders enge Korrelationen mit %*BErtrag* (Tab. 22). Unter anderem werden mit diesem Parameter Lücken und Fehlstellen im Bestand abgebildet. Zwischen den drei Zusammensetzungsgruppen gab es kaum Unterschiede im Zusammenhang (Abb. 45). In Kapitel 4.4.1 wird untersucht welche Faktoren diesen Parameter beeinflusst haben und ob einzelne Bewirtschaftungsmaßnahmen identifiziert werden können, die zu lückenloseren Beständen geführt haben.

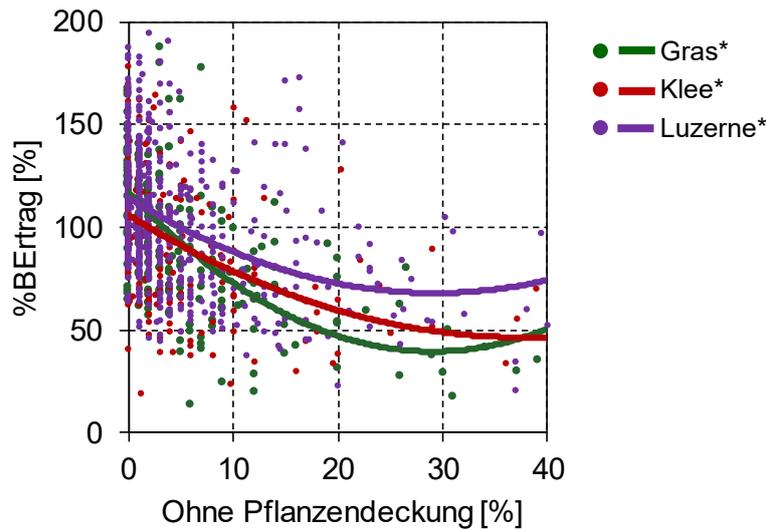


Abb. 45: Zusammenhang vom Flächenanteil ohne Pflanzendeckung zum Erntezeitpunkt und %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40); Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

4.2.2.8 Witterungsdaten

Von den Witterungsparametern im Saatjahr, z. B. Niederschlags- und Temperaturdaten vor und nach der Saat und im folgenden Winter weisen nur wenige signifikante Korrelationen zum Trockenmasse-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag im ersten Hauptnutzungsjahr auf (Tab. 23, %BErtrag, siehe S. 40). Die Korrelationen der Anzahl Tage mit mehr als 5° C von der Saat bis Jahresende zeigen den Einfluss des Saatzeitpunkts bei Sommersaaten, der sowohl bei den gras- als auch den luzernedominanten Beständen signifikant war. Unerwartet ergaben die Niederschlagsparameter aus dem Saatjahr keine signifikanten Korrelationen mit %BErtrag im Folgejahr.

Die Wintertemperaturen nach der Saat hatten gegensätzlichen Einfluss auf die klee- und die luzernedominanten Bestände. Am stärksten ist die negative Korrelation der luzernedominanten Bestände mit der Anzahl Frosttage.

Tab. 23: Signifikante Korrelationen von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Witterungsdaten, nur Sommersaaten und 1. Hauptnutzungsjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt		
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3
n	316	78	118	120	83	81	152
Tage >5° Saat bis Jahresende		+0,21		+0,16			
Tage < 0° Winter n. Saat			+0,24	-0,32			
Tage > 5° Winter n. Saat			-0,26	+0,20			

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Die Betrachtung aller untersuchten Hauptnutzungsjahre ergibt für die grasreichen Bestände einen positiven Zusammenhang zu kalten Wintertemperaturen (Tab. 24). Bei den klee- und luzernedominanten Beständen wirkte die Anzahl Frosttage wie im Winter nach der Saat gegensätzlich.

Wesentliche bekannte Witterungseinflüsse sind für die Vegetationszeit der Untersuchungsjahre schon in den „Basisfaktoren“ enthalten (Kap. 4.2.2.1). So wurden bei der Berechnung der aktuellen Evapotranspiration die Tage größer 5° C, tägliche Summen bzw. Mittelwerte vom Niederschlag, Temperatur und Strahlung verwendet. Trotzdem ergaben die Korrelationsanalysen weitere signifikante Zusammenhänge von %BErtrag zu Witterungsparametern (Tab. 24). Dabei fallen vor allem die Korrelationen mit den Tagen größer 5° C und der mittleren Strahlung im Aufwuchszeitraum auf. Der direkte Niederschlagseinfluss ist bei einem Vergleich unterschiedlicher Zeiträume am höchsten wenn die Zeit von Vegetationsbeginn bzw. 20 Tage vor dem vorherigen Schnitttermin bis 5 Tage vor dem aktuellen Schnitttermin berücksichtigt wird (nicht alle Ergebnisse dargestellt).

Tab. 24: Signifikante Korrelationen von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit Witterungsdaten im Untersuchungsjahr, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnut- zungsjahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
n	1046	202	286	558	298	279	469	324	722	466	580
Ø Temp. Tage <0° Vorwinter	-0,07	-0,28			-0,12	-0,11			-0,08	-0,08	
Tage < 0° Vorwinter			+0,13	-0,11							
Tage < -10° Vorwinter	+0,07	+0,16			+0,10	+0,10			+0,09		+0,08
Schnitt ³ Tage < 0°				-0,07							
Ø Temp. Tage >5°	+0,07	-0,14	+0,14	+0,12			+0,19		+0,11	+0,10	
Tage >30°		-0,20						-0,12			
Ø Niedersch.			+0,11					+0,10			
Ø Nieders. ⁴			+0,15								
Ø Strahlung	+0,06		+0,11	+0,08			+0,17	+0,12			

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ Vegetationsbeginn bzw. Termin vorheriger Schnitt bis aktuellem Schnitttermin

⁴ Vegetationsbeginn bzw. 20 Tage vor Termin vorheriger Schnitt bis 5 Tage vor aktuellem Schnitttermin

4.2.2.9 Vergleich des Ertrags ökologisch und konventionell

Die ermittelten Trockenmasse-Schnitterträge unterschieden sich signifikant zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung (Abb. 46; \bar{x} öko. 25,5 dt/ha, konv. 29,7 dt/ha, Differenz 15,2 %). Auch beim Trockenmasse-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag ($\%BErtrag$, S. 40) war der Unterschied signifikant. Mit ökologisch 94,3 % und konventionell 104,8 % lag die Differenz jedoch nur noch bei 10,5 %. Dieser Bewirtschaftungseffekt wurde in allen drei Zusammensetzungsgruppen festgestellt (Ergebnisse nicht dargestellt).

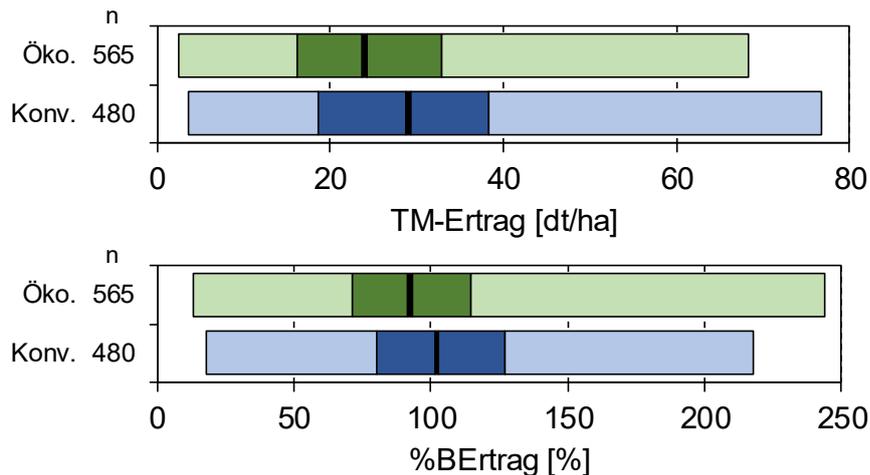


Abb. 46: Boxplots des TM-Schnittertrags und von $\%BErtrag$ (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) zum Bewirtschaftungssystem

Mit den „Basisfaktoren“ (Kap. 4.2.2.1) konnte schon ein Teil des Unterschieds der Schnitterträge zwischen ökologisch und konventionell bewirtschafteten Beständen erklärt werden. Mit $\%BErtrag$ als Zielgröße wurden in einem zweiten Schritt Parameter für die multiple Regression Faktoren gewählt, bei denen ein deutlicher Unterschied zwischen ökologischen und konventionellen Schlägen bzw. Beständen vorhanden ist (Tab. 25). Dabei konnten fünf signifikante Faktoren identifiziert werden. Allerdings erbringt das Modell nur ein korrigiertes r^2 von 0,043, erklärt somit nur einen Bruchteil der Streuung von $\%BErtrag$. Es wird aber deutlich, dass ein Teil des Ertragsunterschieds zwischen den Bewirtschaftungssystemen an der unterschiedlichen Verteilung der Artenzusammensetzung liegt – konventionell mehr Luzerne, ökologisch mehr Klee gras und ein weiterer Teil an der Nährstoffversorgung.

Mit den Residuen des Regressionsmodells wurden Korrelationsanalysen mit weiteren möglichen Faktoren des Bewirtschaftungsunterschieds gerechnet (Tab. 26). Nach wie vor ist ein Unterschied im Bewirtschaftungssystem signifikant. Mögliche Faktoren wurden vor allem im Bereich vorherigen Leguminosenanbaus identifiziert, aber auch die Saatgutherkunft könnte eine Rolle spielen.

Tab. 25: Signifikante Faktoren von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40), Beta-Werte Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	1046		
r ²	0,04		
Konstante		50,6 %	
Zusammensetzung ²	+0,12	+5,3 % pro Gruppe	Gras – Klee – Luzerne
Boden-Versorgungsstufe Mg	+0,09	+3,3 % pro Versorgungsstufe	B – D
K & P bis C ³	+0,08	+2,7 % pro Versorgungsstufe	A – D
Boden-CAT-S bis 5 mg/kg	+0,08	+4,8 % pro mg/kg	2,0 – 5,0 mg/kg
N-Düngung ⁴	+0,07	+0,7 % pro 10 kg N	0 – 241 kg/ha

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

³ mit Hauptkomponentenanalyse in einem Faktor zusammengefasst, P nur bis Versorgungsstufe C

⁴ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung im Untersuchungsjahr

Tab. 26: Signifikante Korrelationen von %BErtrag (TM-Schnittertrag in % vom berechneten Ertrag, S. 40) mit weiteren möglichen Faktoren des Ertragsunterschieds zwischen den Bewirtschaftungssystemen, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Saat ²		Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	F	S	1	ab 2
n	1046	202	286	558	298	279	469	324	722	466	580
Ökologisch	-0,09	-0,12		-0,11		-0,18			-0,10	-0,09	-0,09
Abstand ³ Leg.	+0,05			+0,09		+0,17		+0,10		+0,08	
kleink. Leg.	+0,11		+0,10	+0,16	+0,10	+0,21		+0,14	+0,12	+0,15	+0,08
Rotklee	+0,11			+0,18	+0,11	+0,22		+0,20	+0,11	+0,12	+0,10
Jahre ⁴ Leg.	-0,12			-0,19	-0,14	-0,26		-0,17	-0,13	-0,14	-0,11
kleink. Leg.	-0,13			-0,18	-0,15	-0,25		-0,17	-0,13	-0,16	-0,10
Luzerne	-0,07			-0,12		-0,12	-0,08		-0,10		-0,07
Rotklee	-0,11			-0,17	-0,15	-0,22		-0,24	-0,10	-0,15	-0,08
Leg.-ZF ⁵	-0,06			-0,09		-0,20					-0,09
Anbaudauer ⁵	-0,16		-0,12	-0,22	-0,17	-0,31	-0,09	-0,20	-0,16	-0,20	-0,13
Rotklee > 10 Jahre ⁶	-0,09			-0,11		-0,13		-0,20	-0,06		-0,14
Öko-Saatgut ⁷	-0,07			-0,12		-0,14			-0,09	-0,11	

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² Frühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

³ Abstand letzter Leguminosenanbau zum Saatjahr in Jahren

⁴ Anzahl Jahre mit Leguminosenanbau in den letzten 10 Jahren vor Saat

⁵ Anbaudauer von Hauptfrüchten mit kleinkörnigen Leguminosen

⁶ Anbau vor über 10 Jahren: ja oder nein

⁷ komplett oder die meisten Bestandteile

4.2.3 Beobachtungen zu weiteren Ertragsfaktoren

Die statistischen Auswertungen können nur Hinweise zu Faktoren des Ertrags geben, die mit einer gewissen Häufigkeit aufgetreten sind und nicht von anderen Einflüssen überdeckt wurden. Außerdem müssen diese Faktoren im Messbereich des Bestandes wirksam geworden sein. Während des Untersuchungszeitraums wurden jedoch eine Reihe von Beobachtungen zu weiteren Einflüssen auf den Ertrag gemacht, von denen eine Auswahl im Folgenden vorgestellt werden.

4.2.3.1 Probleme bei der Saat

Bei einer Reihe von Beständen wurden deutliche Drillfehler beobachtet, die wie der Flächenanteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt (Kap. 4.2.2.7) wahrscheinlich einen negativen Einfluss auf den Ertrag hatten. Beispiele sind in den Abbildungen 47 bis 49 dargestellt.



Abb. 47: Links: Kleegrassaat nach Kartoffeln auf 25 cm Reihenweite, 60 cm Streifen ungesät, im dichten Unkraut im Herbst kaum zu erkennen, im Frühjahr kahle Streifen; rechts: pfluglose Bestellung nach strohreinem Roggen: sehr ungleichmäßiger Aufgang und lückiger Bestand



Abb. 48: Links: Frühjahrssaat von Klee gras, anscheinend einzelne Schare verstopft: langfristige Kahlstreifen im Bestand; rechts: spät in lockeren Sand gesätes Luzernegras, Saattiefe 1 bis 6 cm, Einsatz einer Prismenwalze im Keimblattstadium: sehr lückiger, dünner Bestand



Abb. 49: Sommersaat reiner Luzerne, in Fahrspuren schlecht aufgelaufen, sehr ungleichmäßiger Bestand mit Ackerfuchsschwanzstreifen

4.2.3.2 Frühes Entwicklungsstadium vor Winter

Sowohl der Saattermin als auch die Vegetationstage vor Winter wurden bei der statistischen Auswertung der Sommersaaten berücksichtigt. Der negative Einfluss einer späten Sommersaat zeigte sich dabei aber nicht immer eindeutig. Das kann auch daran liegen, dass es nicht in allen Fällen möglich war den korrekten Saattermin der untersuchten Bestände zu ermitteln. Die Beobachtungen von Einzelfällen zeigten jedoch deutlich die negativen Effekte eines sehr frühen Entwicklungsstadiums bei Wintereintritt (Abb. 50 und 51).

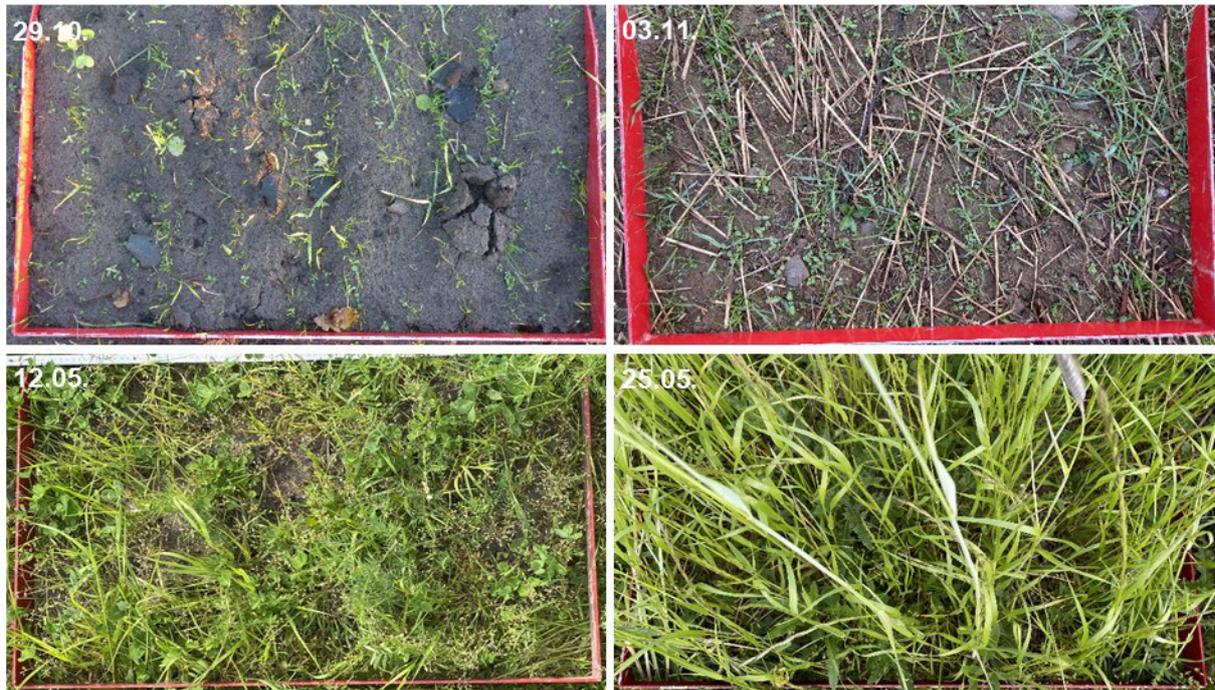


Abb. 50: Links und rechts: Kleegrassaat Ende September: sehr jung in den Winter gehende Pflanzen, schwache und langsame Entwicklung der Leguminosen im ersten Hauptnutzungsjahr



Abb. 51: Links und rechts: Luzernegras bzw. Luzernesaat im September: sehr jung in den Winter gehende Pflanzen; links: lückiger, ungleichmäßiger Bestand; rechts: schwache und langsame Entwicklung der Leguminosen im ersten Hauptnutzungsjahr

4.2.3.3 Mäuse

In den Boniturrahmen wurden Mäuselöcher und –schäden bonitiert und bei der statistischen Auswertung berücksichtigt. Dabei wurden auch signifikante Effekte auf Ertrag und Leguminosenanteil festgestellt. Da Mäuseschäden jedoch oft nesterweise auftreten spiegelt eine Erfassung mit achtmal einem halben Quadratmeter Untersuchungsfläche nicht immer den Zustand des Bestands angemessen wieder. Die Beobachtungen an den Bonitur- und Ernteterminen weisen auf einen starken Einfluss von Schädigungen durch Mäuse hin (Beispiele in Abb. 52). Zudem wurde beobachtet, dass in den Fällen in denen Sitzstangen für Raubvögel eingesetzt wurden, diese oft zu spät eingesetzt wurden sowie zu niedrig und zu instabil waren.



Abb. 52: Vier Beispiele von starken Schädigungen durch Mäuse in Klee- und Luzernegrasbeständen im ersten Hauptnutzungsjahr; links oben und unten: Frühjahrsblanksaaten Klee gras; rechts oben: Frühjahrsblanksaat Luzernegras; rechts unten: Frühjahrssaat Klee gras mit Deckfrucht

4.2.3.4 extreme Trockenheit und Nässe

Mit Witterungsdaten ergab die statistische Auswertung eine Vielzahl von Zusammenhängen mit Ertrag, Leguminosenanteil und Bestandesparametern. Schwer zu fassen waren damit aber langfristige Effekte von Extremereignissen, z.B. von extremer Trockenheit oder Nässe. Nach Beobachtungen im Projekt hatten solche Ereignisse langfristig negative Auswirkungen auf die Leguminosen im Bestand. Beispiele sind in den Abbildungen 53 und 54 dargestellt.

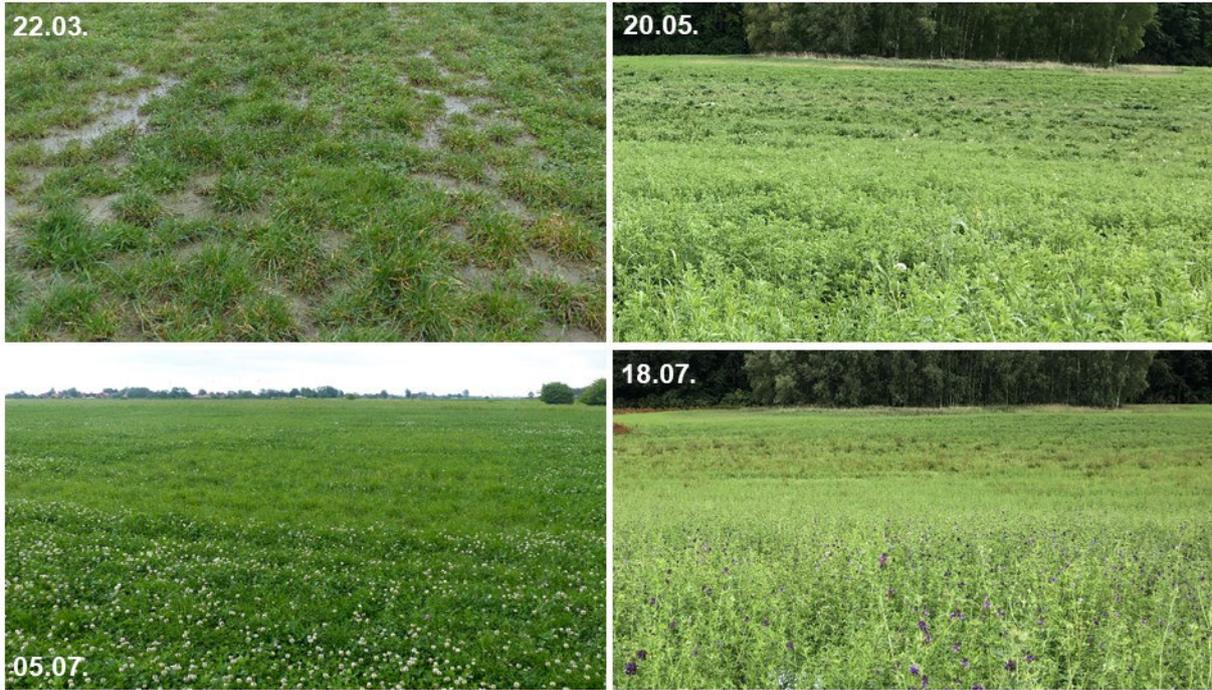


Abb. 53: Links: Senken in denen teilweise Wasser steht, Klee in den Senken verschwunden;
rechts: feuchte Senke mit lückiger und dünner werdender Luzerne

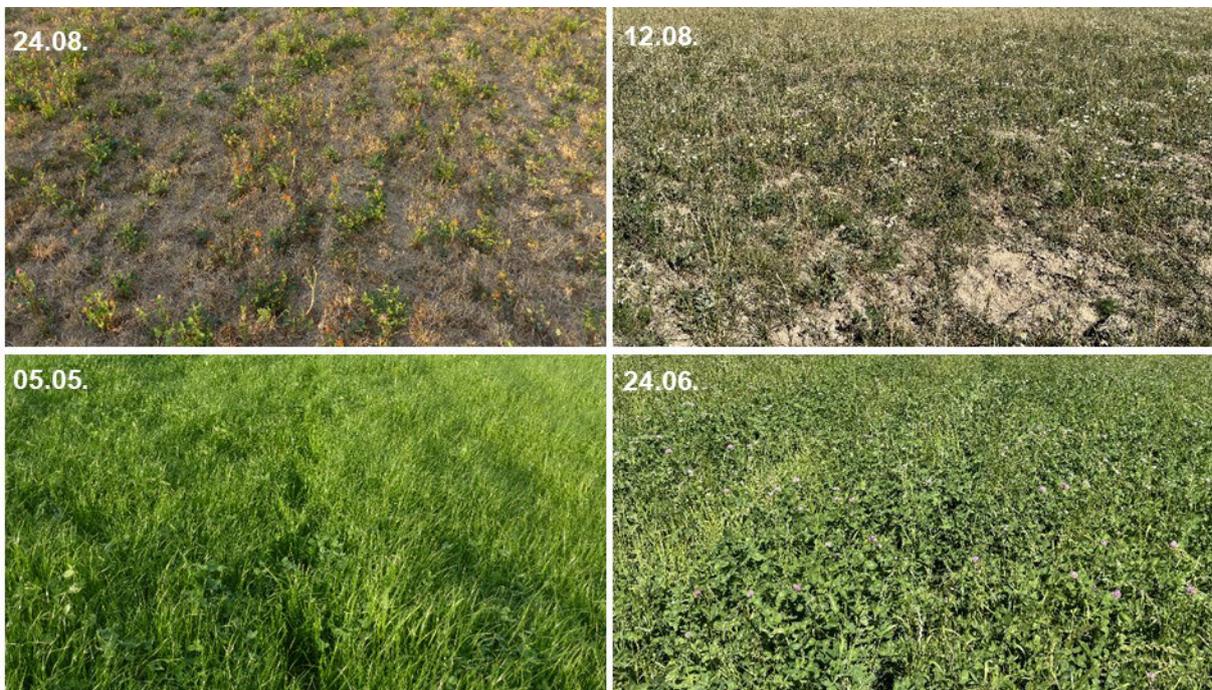


Abb. 54: Extreme Sommertrockenheit; links: langfristig geringerer Kleeanteil im Klee gras;
rechts: gut regenerierter Klee grasbestand mit kleinen Lücken

4.2.3.5 Spuren

Bei den Untersuchungen auf den Praxisschlägen wurden von Spuren geschädigte Bereiche bewusst ausgeklammert und gingen somit nicht als Faktor des Ertrags in die statistische Auswertung ein. Offensichtlich haben jedoch Spuren ein großes negatives Potential hinsichtlich Ertrag und Leguminosenanteil (Abb. 55). Erhebliche Schäden durch Spuren wurden vor allem auf mehrjährig genutzten Schlägen mit früher Gülleausbringung im Frühjahr und/oder dem Einsatz schwerer Erntemaschinen (Häcksler, Schlepper) beobachtet.



Abb. 55: Vier Beispiele von negativen Auswirkungen von Spuren in Klee gras, Luzerne und Luzernegrasbeständen

4.2.3.6 Krankheiten & Schädlinge

Deutliche Schädigungen am Spross durch Krankheiten und Schädlinge wurden relativ selten beobachtet und hatten deshalb bei der statistischen Auswertung keinen großen Einfluss als Ertragsfaktor. In Abbildung 56 werden Beispiele deutlicher Schädigungen vorgestellt.



Abb. 56: Links oben: Luzerne mit Fusariumwelke im ersten Hauptnutzungsjahr, ca. 10% abgestorbene Pflanzen, dadurch lückiger Bestand; links unten: Verdacht auf Kleekrebs in Kleegrasbestand aber vom Labor nur Fusarien gefunden; rechts oben: Insektenfraß an Luzerne, wahrscheinlich Luzerne-Kokonrüssler; rechts unten: Blattflecken an Luzerne, evtl. *Leptosphaerulina trifolii*

4.2.3.7 Wild

Auch relevante Schädigungen durch Wild war nur in Einzelfällen zu beobachten (Abb. 57).



Abb. 57: Links oben: Wild-Trittschäden in Klee gras; links unten: Wildschweinschäden in Klee gras; rechts oben: Rehe im Luzernebestand; rechts unten: Wildscheinschäden in Luzerne gras

4.2.3.8 Lager und/oder sehr späte Ernte

Das Lager von Beständen hatte nicht unbedingt einen negativen Effekt auf den Ertrag, da bei der Handernte nicht die Probleme wie beim Mähen liegender Bestände in der Praxis auftreten. Für den Praxisertrag und die Futterqualität kann es jedoch einen negativen Einfluss haben. Sehr spät geschnittene Bestände wurden als extreme Einzelfälle bei der Auswertung nicht berücksichtigt (Abb. 58). Neben dem negativen Effekt auf die Futterqualität können auch Probleme beim Schneiden (liegende, holzige Stängel) und damit auch beim folgenden Aufwuchs auftreten. Sehr lange Aufwuchszeiten können aber auch zu einer langfristigen Stärkung der Leguminosen durch vermehrtes Einlagern von Reservestoffen führen.



Abb. 58: Links oben: zum Teil liegende Luzerne in feuchtem Frühjahr beim ersten Schnitt, unten drin schon faulig schimmelnd; links unten: fast vollständig abgereifter Rotklee-grasbestand ein Monat vor der Ernte (2. Schnitt); rechts oben: Luzernebestand vor spätem dritten Schnitt; links unten: Klee-gras vor spätem vierten Schnitt

4.2.4 Handernteertrag und Praxisschätzung

Auf 30 der 66 untersuchten Betriebe wurden Ertragsschätzungen durchgeführt, so dass für 304 der insgesamt 1136 Schnitte mit gelungener Handernte sowohl Schätzwerte für den Futterertrag als auch Messwerte für den Biomasseertrag in einem Messbereich vorlagen. In der Praxis wurden verschiedene Verfahren zur Schätzung des Futterertrags verwendet (Abb. 59).

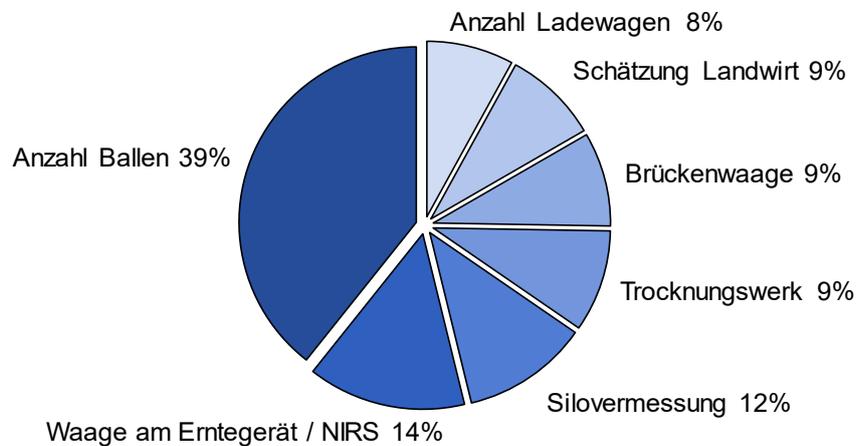


Abb. 59: Anteile in der Praxis angewendeter Verfahren zur Ertragsschätzung (n: 290)

Von den 304 Praxisschätzwerten wurden 66 nicht ausgewertet, da die angegebenen Erträge als nicht plausibel erschienen, z. B. weil für mehrere Schnitte exakt gleiche Werte angegeben wurden, weil die angegebenen Erträge weit über realistischen Ertragserwartungen lagen oder weil die Praxisschätzungen nicht zu den Beobachtungen bei der Handernte passten.

Bei den verbliebenen 238 Fällen wurden die gemessenen und die geschätzten Erträge einander gegenübergestellt (Ab. 60). Mit einer Potenzfunktion wurde ein r^2 von 0,45 erreicht. Mit linearen Funktionen war das r^2 zwar schwächer, ein Vergleich der beiden Ertragsermittlungen ist dabei jedoch anschaulicher. Mit 0 als Schnittpunkt ergab die Regression einen im Mittel ca. 13 % höheren Ertrag bei der Handernte als bei der Praxisschätzung.

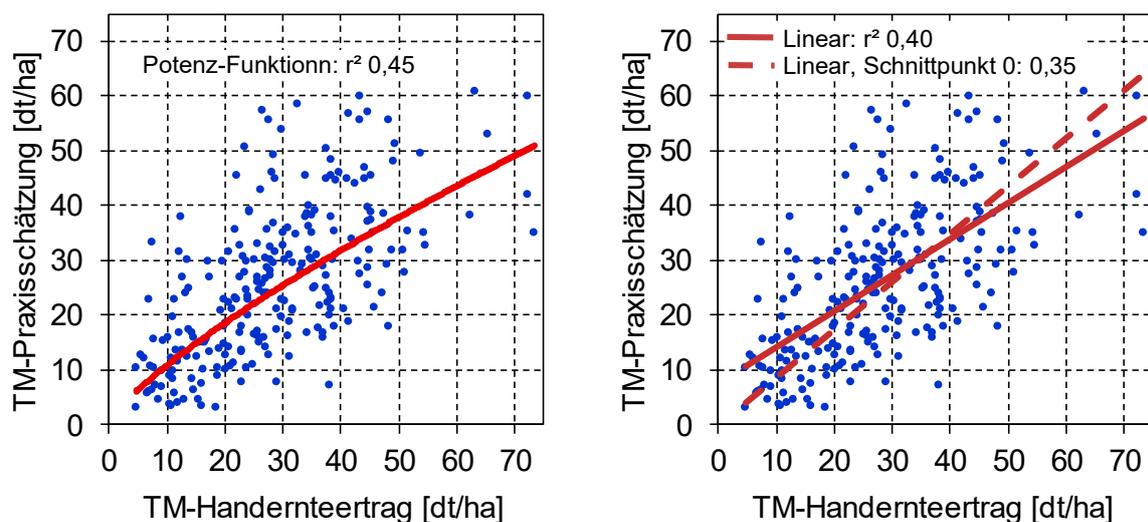


Abb. 60: Zusammenhang vom Ertrag nach Handernte und nach Praxisschätzung (n: 238)

Insgesamt sind die Abweichungen zwischen Handernte und Praxisschätzung selbst nach Aussortieren unplausibler Werte immer noch sehr groß. Bei Analyse einzelner Betriebe (nicht dargestellt, Beispiele in Abb. 61) zeigten sich unterschiedliche Ursachen für deutliche Unterschiede. Relativ gute Übereinstimmungen wurden bei Verwendung einer Brückenwaage und analytischer Bestimmung des Trockenmassegehaltes ermittelt. Die größten Differenzen traten bei Silovermessung und Schätzung der Trockenmassegehalte auf. Als wichtige Ursachen großer Differenzen zeichnen sich bei der Praxisschätzung ab:

- angenommene Werte für den Trockenmassegehalte;
- angenommene Werte für Ballengewichte;
- angenommene Werte für Dichte der Silage;
- Einstellungen und Datenzuordnung bei Häcklerwaagen und NIRS-Trockenmassebestimmung;
- keine Differenzierung einzelner Schläge;
- Ernteverfahren vom Trocknungswerk (z. T. Ernte von Schlagteilbereichen an unterschiedlichen Terminen und/oder Schläge vermischt).

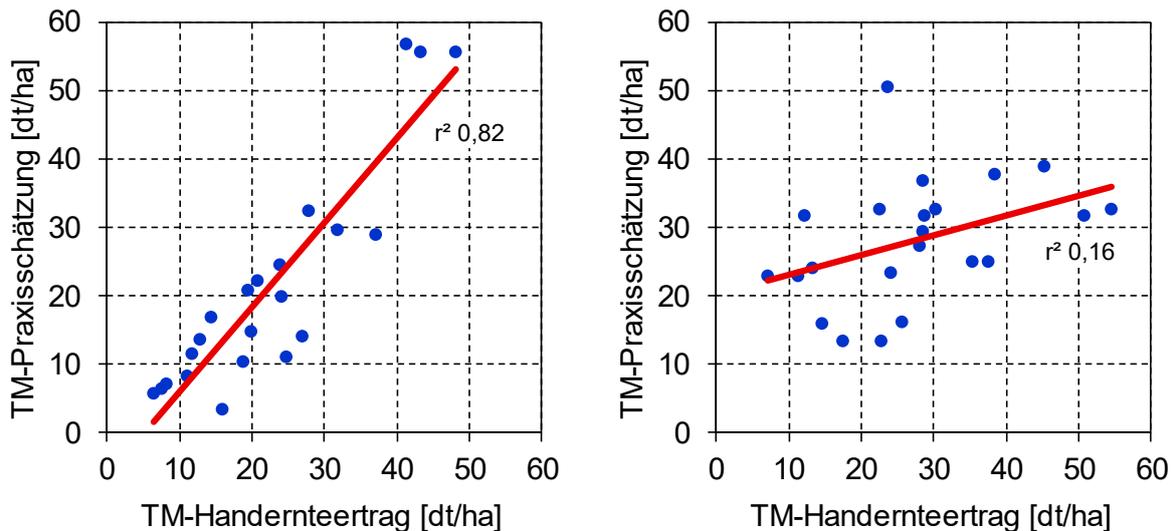


Abb. 61: Zusammenhang vom Ertrag nach Handernte und nach Praxisschätzung bei zwei Betriebsbeispielen; links: Brückenwaage, z. T. Analyse des Trockenmassegehalts (Stichproben); rechts: Silovermessung

Weiterhin ist von Unterschieden aufgrund der Methodik der Handernte auszugehen:

- Ernte der Frischmasse am Feld, d.h. keine Ernte-, Transport- und Lagerungsverluste;
- Problematische Schlagbereiche (Vorgewende, Kuppen, Senken, Spuren; etc.) wurden nicht beprobt;
- Wahl des Messbereichs nur nach Augenschein möglichst schlagcharakteristisch;
- z. T. andere Schnitthöhe als Praxis;
- z. T. Abweichung im Schnitttermin.

Die Ergebnisse von einzelnen Betrieben zeigen, dass Handernten den Praxisertrag widerspiegeln können. Bei der Schätzung von Futtererträgen in der Praxis scheinen möglichst aktuelle Messungen des TM-Gehaltes die Aussagekraft deutlich zu erhöhen. In Verbindung mit aktuellen Wiegedaten (Ballen, Wagen) besteht die Möglichkeit relativ genaue Ertragsdaten zu schätzen. Bei Häckslern mit Wiegeinrichtung und NIRS-TM-Bestimmung sollte vor der Ernte überprüft werden ob sie für Bestände mit feinkörnigen Leguminosen geeignet bzw. eingerichtet sind.

4.3 Einflussgrößen auf den Leguminosenanteil

Der Leguminosenanteil in der Frischmasse des Ernteguts variierte stark zwischen den Beständen und zwischen den Schnittterminen der einzelnen Bestände. Im Folgenden wird zuerst der Einfluss der Etablierungsphase auf den Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr untersucht. In einem zweiten Schritt werden Faktoren der Veränderung des Leguminosenanteils zwischen den Schnitten vorgestellt. Am Ende wird noch auf die langfristige Entwicklung des Leguminosenanteils über mehrere Hauptnutzungsjahre eingegangen.

4.3.1 Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr

Die untersuchten Bestände variierten stark in ihrer Artenzusammensetzung und im Saatzeitraum. Da die Frühjahrssaaten einen deutlich längeren Zeitraum zur Bestandesetablierung haben als Sommersaaten wurden diese beiden Gruppen getrennt ausgewertet. Aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften der beiden hauptsächlich eingesetzten Leguminosen Rotklee und Luzerne wurden zwei Gruppen gebildet: Bestände bei deren Saat bei den Leguminosen der Rotkleeanteil überwog (Klee) und die bei denen der Luzerneanteil größer war (Luzerne). Diese Unterteilung wurde nur bei den Sommersaaten vorgenommen, da bei den Frühjahrssaaten die Fallzahl für eine getrennte Auswertung nicht ausreichte. Bei den Frühjahrssaaten bestand der Leguminosenanteil überwiegend aus Luzerne (73 % der Schläge).

Aus dem eher schwachen Zusammenhang von Leguminosenanteil im Saatgut und im Erntegut des ersten Hauptnutzungsjahrs wird ersichtlich, dass weitere Faktoren den Leguminosenanteil im Bestand beeinflussen (Abb. 62). Weiterhin wird deutlich, dass sich die drei Gruppen in diesem Zusammenhang zum Teil unterscheiden.

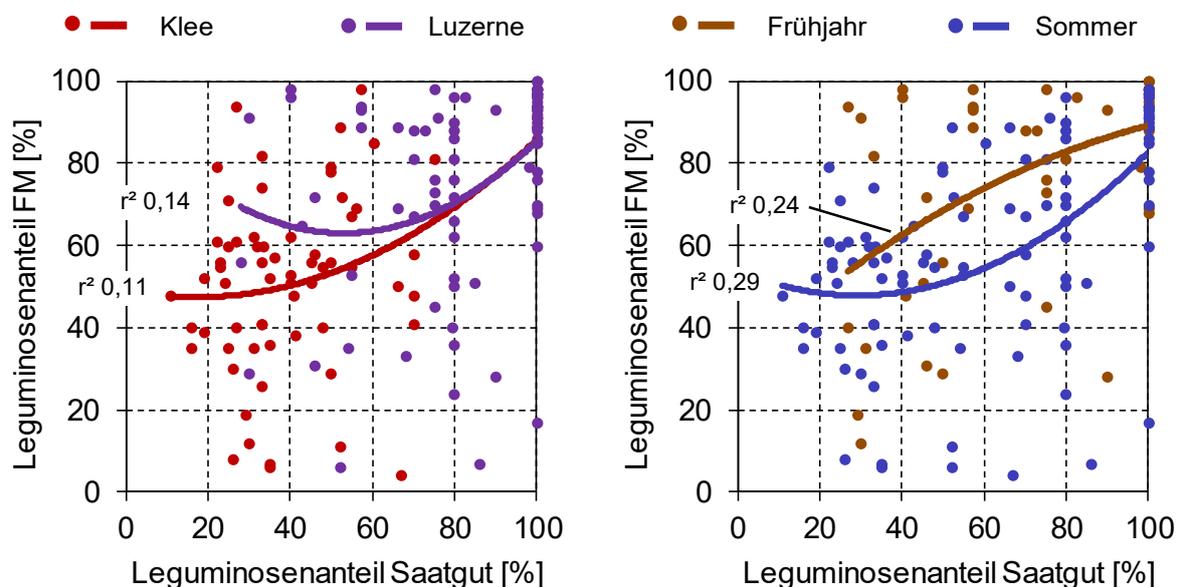


Abb. 62: Zusammenhang vom Leguminosenanteil im Saatgut (Gewicht) und dem durchschnittlichen Leguminosenanteil in der Frischmasse im ersten Hauptnutzungsjahr (gewichtetes Mittel) in den beiden Gruppen Klee und Luzerne (Klee: Saatgutanteil Klee > Luzerne, Luzerne: Saatgutanteil Luzerne > Klee) und den beiden Gruppen Frühjahrssaat und Sommersaat

Sowohl im mittleren Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr als auch in dessen Verhältnis zum Saatgutanteil unterscheiden sich die drei gebildeten Gruppen zum Teil deutlich (Abb. 63).

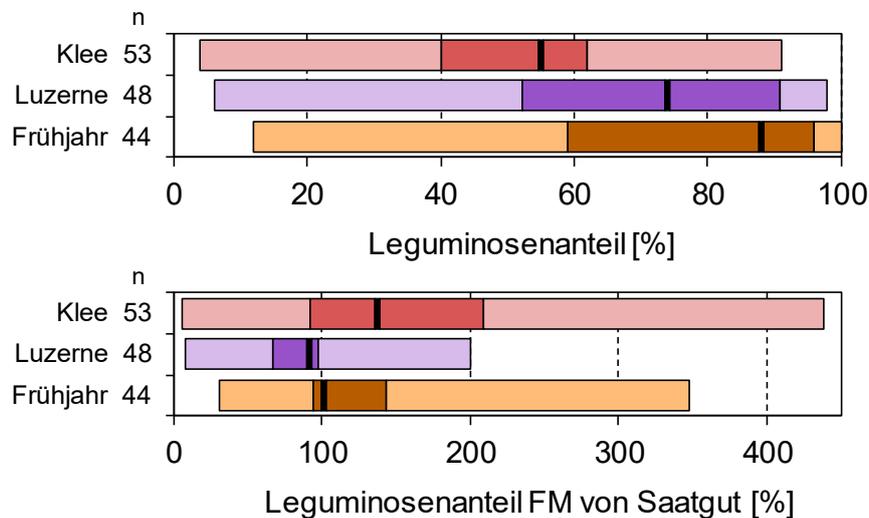


Abb. 63: Oben: Boxplots des durchschnittlichen Leguminosenanteils (FM) im ersten Hauptnutzungsjahr, Unten: FM-Leguminosenanteil in % vom Anteil im Saatgut (Gewicht) der drei Gruppen Klee (Saatgutanteil Klee > Luzerne, Sommersaat), Luzerne (Saatgutanteil Luzerne > Klee, Sommersaat) und Frühjahr (alle Bestände mit Saat im Frühjahr)

Für die Auswertung des Leguminosenanteils der drei Gruppen wurden einzelne Fälle ausgeschlossen, da diese aufgrund extremer Bedingungen die Ergebnisse übermäßig beeinflussten. Es wurden nur Bestände ausgewählt bei denen keine grobkörnigen Leguminosen mit ausgesät wurden. Weiterhin musste im ersten Hauptnutzungsjahr der Zeitraum von Vegetationsbeginn bis zum letzten Schnitt über 140 Tage betragen und es mussten mindestens zwei Schnitte erfolgt sein. Als Leguminosenreinsaaten angelegt Bestände wurden mit einbezogen, da die Aufwüchse häufig nicht zu hundert Prozent aus Leguminosen bestanden.

4.3.1.1 Leguminosenanteil kleereicher Bestände mit Sommersaat

Von den Beständen deren Saatgut mehr Klee als Luzerne enthielten wurden 49 Fälle ausgewertet. Mit Hilfe der multiplen Regression wurden acht signifikante Faktoren ermittelt mit denen ca. 65 % der Streuung des Leguminosenanteils erklärt werden konnten (Tab. 27). Aufgrund der relativ geringen Anzahl an Fällen sind diese Ergebnisse jedoch in ihrer Aussagekraft begrenzt.

Den größten Einfluss hatte demnach die Saatgutzusammensetzung. Anscheinend wird dieser Zusammenhang bei alleiniger Betrachtung von anderen Faktoren überlagert und war deshalb dann schwach (Abb. 62). Ähnlich große Bedeutung hat die Summe der aktuellen Evapotranspiration von Vegetationsbeginn bis zum letzten Schnitt. In ihr enthalten ist die genutzte Vegetationszeit und die Wasserversorgung. Zusammen haben sie einen positiven Effekt auf den Leguminosenanteil im Erntegut. Von den weiteren Faktoren sind der Aufwuchszeitraum und die Stickstoffdüngung bis zum ersten Schnitt direkt durch das Management im

Hauptnutzungsjahr beeinflussbar. Ein später erster Schnitt und eine geringe bis keine Stickstoffdüngung fördern den durchschnittlichen Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr. Bei den weiteren Faktoren ist eine Überprüfung der Plausibilität notwendig. Weitere Faktoren konnten mit statistischen Mittel nicht abgeleitet werden. Einzelfallbeobachtungen zeigten jedoch, dass Bestände bei denen die Leguminosen sehr jung in den ersten Winter gingen (Keim- oder erste Laubblätter) im ersten Hauptnutzungsjahr und dort besonders beim ersten Schnitt die Leguminosenanteile oft gering ausfielen.

Tab. 27: Signifikante Faktoren des mittleren Leguminosenanteils im ersten Hauptnutzungsjahr der Bestände die mehr Klee als Luzerne im Saatgut enthielten; Beta-Werte Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	49		
r ²	0,65		
Konstante		-143,6 %	
Leguminosensaatgutanteil ²	+0,46	+0,5 % pro 1 % Saatgutanteil	11 – 100 %
Evapotranspiration ³ (bis 400 mm)	+0,43	+2,2 % pro 10 mm	267 – 400 mm
pH-Versorgungsstufe (ab C)	-0,32	-11,2 % pro Stufe	C – D
Aufwuchszeitraum 1. Schnitt ⁴ (bis 60 Tage)	+0,31	+2,4 % pro Tag	49 – 60 Tage
Niederschlag im Winter nach Saat (1.11.-28.02.)	-0,27	-0,8 % pro 10 mm	125 – 373 mm
Winterfrucht vorher	+0,23	+9,4 % bei Winterfrucht vorher	53 % Winterfrucht
Anteil Deutsches Weidelgras im Saatgut ²	+0,17	+1,8 % pro 10 % Saatgut	0 – 62 %
N-Düngung vor 1. Schnitt ⁵	-0,16	-1,4 % pro 10 kg/ha N	0 – 96 kg/ha N

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Gewichtsanteil

³ aktuelle, Summe von Vegetationsbeginn bis zum letztem Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr

⁴ Vegetationsbeginn bis 1. Schnitttermin

⁵ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

Neben den oben beschriebenen Faktoren im Regressionsmodell wies die Korrelationsanalyse auf einen starken Zusammenhang mit dem Flächenanteil ohne Pflanzenbedeckung zum Schnittzeitpunkt hin. Dieser Einfluss zeigte sich bei allen drei Gruppen und wird deshalb in Abbildung 64 gesamthaft dargestellt. Da dieser Parameter stark mit einigen Faktoren des Regressionsmodells interkorreliert konnte er dort nicht einbezogen werden. Siehe hierzu auch Kapitel 4.4.1.

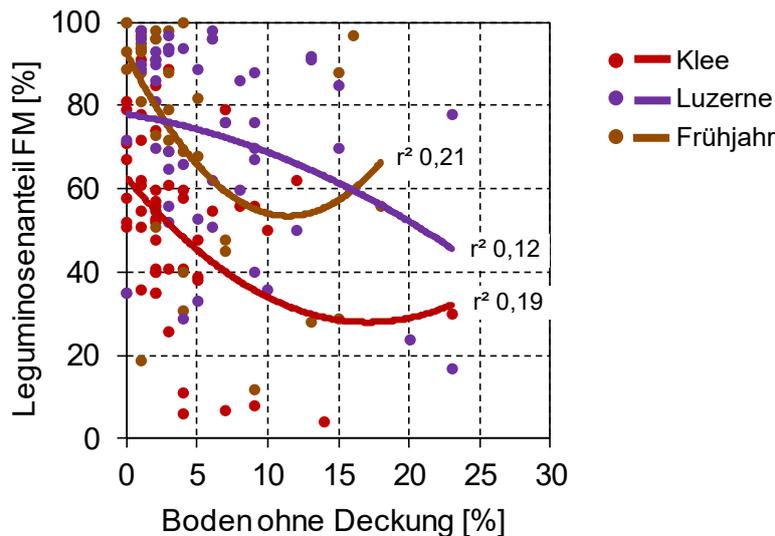


Abb. 64: Zusammenhang vom mittleren Anteil Boden ohne Pflanzenbedeckung zum Schnittzeitpunkt und dem durchschnittlichen Leguminosenanteil in der Frischmasse im ersten Hauptnutzungsjahr (gewichtetes Mittel) in den drei Gruppen Klee, Luzerne und Frühjahr (Klee: Saatgutanteil Klee > Luzerne, Luzerne: Saatgutanteil Luzerne > Klee, Frühjahr: alle Bestände mit Frühjahrssaat)

4.3.1.2 Leguminosenanteil luzernereicher Bestände mit Sommersaat

Von den Beständen deren Saatgut mehr Luzerne als Klee enthielten wurden 45 Fälle ausgewertet. Mit Hilfe der multiplen Regression wurden sechs signifikante Faktoren ermittelt mit denen ca. 54 % der Streuung des Leguminosenanteils erklärt werden konnten (Tab. 28). Da die beiden Bodenfaktoren pH-Wert und Schwefelgehalt korrelierten wurden sie mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse zu einem Faktor zusammengefasst. Aufgrund der relativ geringen Anzahl an Fällen sind die Ergebnisse der Regressionsanalyse in ihrer Aussagekraft begrenzt.

Wie bei den klee dominanten Beständen hatte die Saatgutzusammensetzung den größten Einfluss auf den Leguminosenanteil im Erntegut. Ein Zusammenhang mit der Wasserversorgung im Hauptnutzungsjahr war hier jedoch nicht ersichtlich. Vergleichbar ist jedoch wieder der negative Einfluss der Stickstoffdüngung. Hohe Schwefelgehalte im Boden (CAT-Extrakt) und pH-Werte hatten jeweils positive Auswirkungen auf den Leguminosenanteil. Anders als bei den klee dominanten Beständen war hier ein positiver Einfluss einer frühen Saat, bzw. einer hohen Temperatursumme vom Saattermin bis Ende Dezember, statistisch nachweisbar. Der negative Zusammenhang mit dem Rotkleeanbau in der Anbaugeschichte spiegelt einen ähnlichen Zusammenhang mit dem Ertrag luzernedominanter Bestände wider.

Durch Korrelationsanalysen mit den Residuen des Regressionsmodells konnten weitere drei Parameter identifiziert werden die möglicherweise den Leguminosenanteil beeinflussten:

- positiv: Anzahl Bodenbearbeitungsgänge von Vorfruchternte bis Saat (1 – 5 Arbeitsgänge))
- positiv: Kalkung im Saatjahr (0 – 4 t/ha)
- positiv: Niederschlagsmenge von Vorfruchternte bis Saatzeitpunkt (7 – 350 mm)

Tab. 28: Signifikante Faktoren des mittleren Leguminosenanteils im ersten Hauptnutzungsjahr der luzernedominanten Bestände; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	45		
r ²	0,54		
Konstante		+18,7 %	
Leguminosensaatgutanteil ²	+0,45	+0,6 % pro 1 % Saatgutanteil	28 – 100 %
N-Düngung bis 2. Schnitt ³	-0,32	-3,1 % pro 10 kg N	0 – 106 kg/ha N
Anbaujahre Rotklee in 10 Jahren Vorgeschichte	-0,31	-5,1 % pro Jahr	0 – 4 Jahre
Boden pH-Wert & CAT-S-Gehalt ⁴	+0,18	+4,0 % pro pH-Stufe +1,6 % pro 1 mg/kg S	5,4 – 7,5 pH 3,2 – 20,0 mg/kg S
Temperatursumme, Tage > 5° C Saat – Ende Dezember	+0,18	+1,4 % pro 100°	535 – 4102°

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Gewichtsanteil

³ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

⁴ mit Hauptkomponentenanalyse in einem Faktor zusammengefasst

Wie bei den kleedominanten Beständen wies die Korrelationsanalyse auf einen starken Zusammenhang mit dem Flächenanteil ohne Pflanzenbedeckung zum Schnittzeitpunkt hin. Dieser Einfluss zeigte sich bei allen drei Gruppen und wird deshalb in Abbildung 64 gesamthaft dargestellt. Da dieser Parameter stark mit einigen Faktoren des Regressionsmodells interkorreliert konnte er dort nicht einbezogen werden. Siehe hierzu auch Kapitel 4.4.1.

4.3.1.3 Leguminosenanteil der Bestände mit Frühjahrssaat

Von den im Frühjahr gesäten Beständen wurden 43 Fälle ausgewertet. Davon war im Saatgut bei ca. einem Viertel Rotklee und bei drei Viertel Luzerne die dominante Leguminose. Mit Hilfe der multiplen Regression wurden fünf signifikante Faktoren ermittelt mit denen ca. 57 % der Streuung des Leguminosenanteils erklärt werden konnten (Tab. 29). Aufgrund der relativ geringen Anzahl an Fällen sind diese Ergebnisse jedoch in ihrer Aussagekraft begrenzt.

Anders als bei den beiden anderen Gruppen hatte hier die Saatgutzusammensetzung nicht den größten Einfluss. Fast gleichwertig waren die drei Faktoren Homogenität der Leguminosen bei der Nachwinterbonitur, aktuelle Evapotranspiration von Vegetationsbeginn bis zum letzten Schnitt und pH-Wert. Zudem war noch die Anzahl Bodenbearbeitungsgänge bis zur Saat ein signifikanter Faktor.

Korrelationsanalysen zum Zielparameter Leguminosenhomogenität nach Winter ergaben positive Effekte einer hohen Bodenqualität (Ackerzahl) und einer hohen Durchschnittstemperatur im Saatjahr (Tage > 5° C; siehe auch Kap. 4.4.2). Häufig wiesen dünne, inhomogene Bestände mit hohem Deckungsgrad an Gräsern und Unkräutern bei der Herbstbonitur auch nach dem Winter eine heterogene Leguminosenverteilung auf (Details nicht dargestellt).

Tab. 29: Signifikante Faktoren des mittleren Leguminosenanteils im ersten Hauptnutzungsjahr der Bestände die im Frühjahr angesät wurden; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	43		
r ²	0,57		
Konstante		-48,4 %	
Homogenität Leguminosen nach Winter ² (ab 3)	-0,34	-16,1 % pro Boniturstufe	1 – 3 (Boniturnoten 1 gut bis 5 schlecht)
Evapotranspiration ³	+0,32	+1,0 % pro 10 mm	303 – 606 mm
pH-Wert	+0,32	+13,6 % pro pH-Stufe	5,2 – 7,5
Leguminosensaatgutanteil ⁴	+0,27	+0,3 % pro 1 % Saatgutanteil	27 – 100 %
Arbeitsgänge von der Vorfrucht bis zur Saat	+0,26	+4,0 % pro Arbeitsgang	1 – 8 Arbeitsgänge

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Homogenität der Pflanzenverteilung & -entwicklung nach Winter, 1 sehr gut – 5 sehr schlecht

³ aktuelle, Summe von Vegetationsbeginn bis zum letztem Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr

⁴ Gewichtsanteil

Neben den oben beschriebenen Faktoren im Regressionsmodell wies die Korrelationsanalyse auch bei dieser Gruppierung auf einen starken Zusammenhang mit dem Flächenanteil ohne Pflanzenbedeckung zum Schnittzeitpunkt hin (Abb. 64). Da dieser Parameter stark mit einigen Faktoren des Regressionsmodells interkorreliert konnte er dort nicht einbezogen werden. Siehe hierzu auch Kapitel 4.4.1.

4.3.2 Faktoren der Änderung des Leguminosenanteils von Schnitt zu Schnitt

Der Leguminosenanteil in der Frischmasse des Ernteguts variierte stark zwischen den Beständen und zwischen den Schnittterminen der einzelnen Bestände (Abb. 65). Im Folgenden werden Faktoren der Veränderung des Leguminosenanteils zwischen den Schnitten vorgestellt.

Bei der Auswertung wurden zwei Gruppen mit unterschiedlicher Saatgutzusammensetzung getrennt geprüft: Bestände bei denen der Kleeanteil im Saatgut höher als der Luzerneanteil war und umgekehrt. Es wurden dabei auch die Leguminosenreinsaaten mit einbezogen, da deren Bestände häufig nicht zu hundert Prozent Leguminosen aufwiesen.

Mögliche wesentliche Faktoren wurden mit Korrelationsanalysen identifiziert, mit Streudiagrammen und dem SPSS-Kurvenanpassungstool überprüft und in multiplen Regressionsmodellen zusammengefasst. Wenn im Regressionsmodell Faktoren vom vorherigen Schnitt enthalten waren, wurden nur die Fälle verwendet bei denen sowohl zum vorherigen als auch zum aktuellen Schnitt Daten vorlagen.

Aus Abbildung 65 ist zu erkennen, dass die Leguminosenanteile im Mittel beim ersten Schnitt am niedrigsten waren und danach anstiegen, bei den kleedominanten Beständen bis zum dritten und bei den luzernedominanten beständen bis zum zweiten Schnitt.

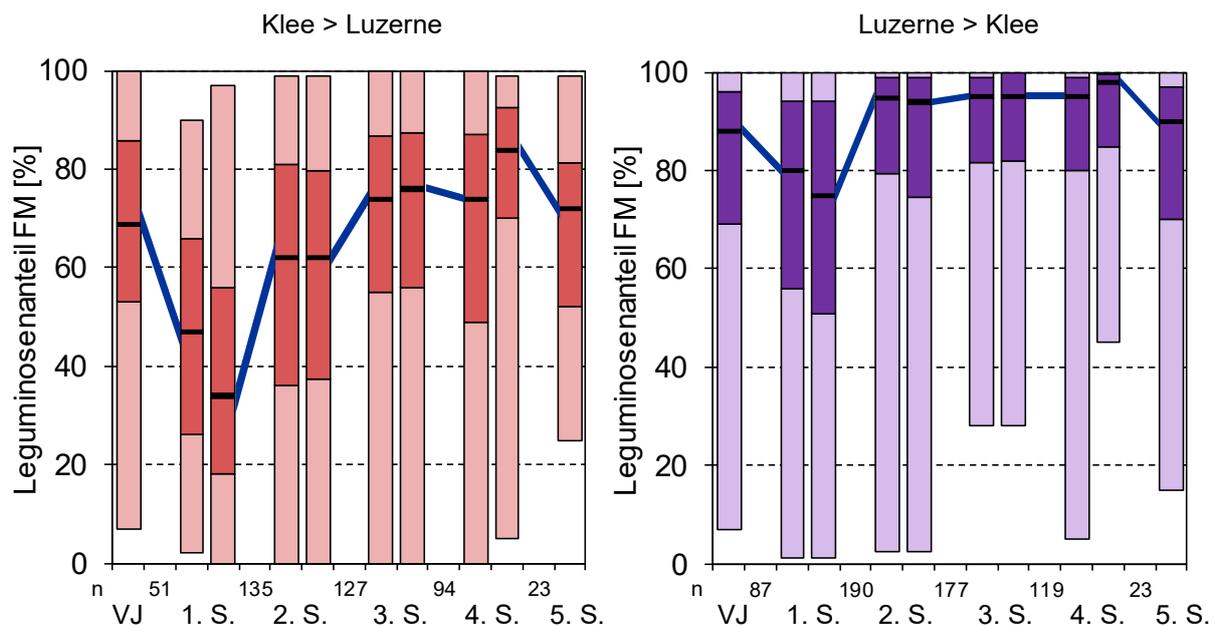


Abb. 65: Boxplots des Leguminosenanteils vom Vorjahr (VJ) bis zum fünften Schnitt, jeweils nur die Bestände bei denen Daten zum vorhergehenden und aktuellen Schnitt vorliegen

4.3.2.1 Leguminosenanteil vom ersten Schnitt

Der erste Schnitt wurde nicht nur nach den beiden Gruppen der Saatgutzusammensetzung sondern auch nach dem jeweiligen Hauptnutzungsjahr getrennt ausgewertet.

Kleedominant im ersten Hauptnutzungsjahr

Für den Leguminosenanteil vom ersten Schnitt im ersten Hauptnutzungsjahr waren bei den kleedominanten Beständen drei Parameter der Etablierungsphase wesentliche Faktoren (Tab. 30). Der Leguminosenanteil im Saatgut, eine Winterfrucht als Vorfrucht und die Frühjahrssaat weisen positive Zusammenhänge zum Leguminosenanteil auf. Wesentlich für einen hohen Leguminosenanteil im Erntegut war aber auch ein langer Aufwuchszeitraum. Nasse Bedingungen über Winter, verdichteter Boden und ein hoher pH-Wert sind im Regressionsmodell negative Faktoren.

Nicht im Regressionsmodell enthalten sind Beobachtungen bei der Nachwinter-Bonitur. Die statistische Auswertung der Residuen ergab jedoch negative Korrelationen mit ungleichmäßigen Beständen, hohem Unkrautbesatz sowie Verfärbungen bzw. undefinierten Schäden an den Leguminosenpflanzen.

Tab. 30: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom ersten Schnitt im ersten Hauptnutzungsjahr der Bestände die mehr Klee als Luzerne im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	61		
r ²	0,39		
Konstante		-78,3 %	
Aufwuchszeitraum 1. Schnitt ³ (bis 60 Tage)	+0,36	+3,1 % pro Tag	49 – 60 Tage
Leguminosensaatgutanteil ²	+0,33	+0,5 % pro 1 % Saatgutanteil	11 – 100 %
Saat im Frühjahr	+0,33	+ 19,7 bei Frühjahrssaat	19 % Frühjahrssaat
Winterfrucht vorher	+0,33	+15,4 % bei Winterfrucht vorher	53 % Winterfrucht
Eindringwiderstand ⁴ 20-29 cm	-0,25	-10,0 % pro 1 MPa	0,6 – 3,4 MPa
Niederschlag im Winter nach Saat (1.11.-28.02.)	-0,21	-0,7 % pro 10 mm	125 – 373 mm
pH-Versorgungsstufe (ab C)	-0,20	-8,5 % pro Stufe	C – D Stufe

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Gewichtsanteil

³ Vegetationsbeginn bis 1. Schnitttermin

⁴ Penetrologermessung des Bodens im ausgehenden Winter (einmalig pro Schlag)

Kleedominant ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr

Ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr waren bei den kleedominanten Beständen für den Leguminosenanteil vom ersten Schnitt die N-Düngung im Vorjahr, der Leguminosenanteil vom vorjährigen letzten Schnitt und das Hauptnutzungsjahr drei wesentliche Faktoren (Tab. 31). Weiterhin hatte auch ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr die Saat im Frühjahr noch einen positiven Einfluss. Eine hohe Wasserversorgung vor dem ersten Schnitt war hingegen mit niedrigeren Leguminosenanteilen verbunden.

Tab. 31: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom ersten Schnitt ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr der Bestände die mehr Klee als Luzerne im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	49		
r ²	0,54		
Konstante		+85,6 %	
Hauptnutzungsjahr	-0,39	-16,5 pro Jahr	2. 77 %, 3. 19 %, 4. 4 %
Leguminosenanteil letzter Schnitt Vorjahr	+0,37	+0,4 % pro 1 % im Vorjahr	7 – 100 %
N-Düngung im Vorjahr ²	-0,36	-2,8 % pro 10 kg/ha N	0 – 284 kg/ha N
Saat im Frühjahr	+0,24	+ 15,3 bei Frühjahrssaat	21 % Frühjahrssaat
Niederschlag Aufwuchszeitraum ³ 1. Schnitt	-0,22	-0,9 % pro 10 mm	36 – 252 mm
∅ Evapotranspiration Aufwuchszeitraum ³ 1. Schnitt	-0,19	-19,3 % pro 1 mm	1,0 – 2,6 mm

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

³ Vegetationsbeginn bis 1. Schnitttermin

Luzernedominant im ersten Hauptnutzungsjahr

Dominanter Faktor für den Leguminosenanteil vom ersten Schnitt im ersten Hauptnutzungsjahr war bei den luzernedominanten Beständen der Saatzeitraum (Tab. 32). Frühjahrssaaten wiesen im Mittel deutlich höhere Leguminosenanteile auf als im Sommer gesäte. Positiv wirkende Faktoren waren weiterhin der Leguminosenanteil im Saatgut, feuchte Witterung zwischen Vorfrucht und Saattermin sowie hohe Kali-Gehalte im Boden. Ein starker negativer Zusammenhang zeigt sich mit dem Rotkleeanbau in der Anbaugeschichte.

Nicht im Regressionsmodell enthalten sind Beobachtungen bei der Herbst-Bonitur. Die statistische Auswertung ergab jedoch negative Korrelationen mit dünnen und sehr jung in den Winter gehenden Beständen (Keimblatt bis erste Laubblätter). Eine homogene Verteilung und Entwicklung der Leguminosen war positiv mit dem Leguminosenanteil verbunden.

Tab. 32: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom ersten Schnitt im ersten Hauptnutzungsjahr der Bestände die mehr Luzerne als Klee im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	77		
r ²	0,60		
Konstante		+0,6 %	
Saat im Frühjahr & Ø Temp. von Saat bis Ende Dezember ²	+0,54	+ 27,4 % bei Frühjahrssaat + 9,7 % pro 1°C/Tag	41 % Frühjahrssaat 9,2 – 17,0 °C/Tag
Anbaujahre Rotklee in 10 Jahren Anbaugeschichte	-0,34	-8,3 % pro Anbaujahr	0 – 4 Anbaujahre
Leguminosensaatgutanteil ³	+0,32	+0,5 % pro 1 % Saatgutanteil	28 – 100 %
Boden-K ₂ O-Gehalt (bis 20 mg/100g)	+0,21	+1,3 % pro 1 mg/100 g K ₂ O	5 – 20 mg/100 g
Ø Niederschlag von Vorfruchternte bis Saat	+0,20	+5,9 % pro 1 mm/Tag	0 – 5,4 mm/Tag

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² mit Hauptkomponentenanalyse in einem Faktor zusammengefasst

³ Gewichtsanteil

Luzernedominant ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr

Anders als bei den kleedominanten Beständen hing ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr der Leguminosenanteil des ersten Schnitts luzernedominanter Bestände vor allem vom mittleren Leguminosenanteil des Vorjahres ab (Tab. 33). Ähnlich waren die negativen Zusammenhänge bei der Stickstoffdüngung im Vorjahr, beim Hauptnutzungsjahr und der Wasserversorgung des ersten Schnitts. Die Rhizobienimpfung des Saatgutes hatte ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr einen nachweisbar positiven Einfluss.

Nicht im Regressionsmodell enthalten sind Beobachtungen bei der Nachwinter-Bonitur. Die statistische Auswertung der Residuen ergab jedoch positive Korrelationen mit dem Kulturzustand und einer homogenen Verteilung und Entwicklung der Leguminosen mit dem Leguminosenanteil.

Tab. 33: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom ersten Schnitt ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr der Bestände die mehr Luzerne als Klee im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	77		
r ²	0,69		
Konstante		+39,6 %	
Ø Leguminosenanteil Vorjahr	+0,62	+0,7 % pro 1 % im Vorjahr	7 – 100 %
Ø Niederschlag Aufwuchszeitraum ² 1. Schnitt	-0,26	-9,3 % pro 1 mm/Tag	0,5 – 3,9 mm/Tag
N-Düngung im Vorjahr ³ & vor dem 1. Schnitt ⁴	-0,19	-1,1 % pro 10 kg/ha N Vorjahr -2,1 % pro 10 kg/ha N 1. S.	0 – 160 kg/ha N 0 – 83 kg/ha N
Impfung des Saatguts	+0,18	+ 9,5 bei Impfung	40 % geimpft
Hauptnutzungsjahr	-0,18	-6,3 pro Jahr	2. 67 %, 3. 25 %, 4. 7 % 5. 2 %

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Vegetationsbeginn bis 1. Schnitttermin

³ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

⁴ mit Hauptkomponentenanalyse in einem Faktor zusammengefasst

4.3.2.2 Leguminosenanteil vom zweiten Schnitt

Bei beiden Gruppen, kleedominanten und luzernedominanten Beständen, hing der Leguminosenanteil im zweiten Schnitt eng mit dem vom ersten Schnitt zusammen und war im Mittel meist höher als dieser (Abb. 66).

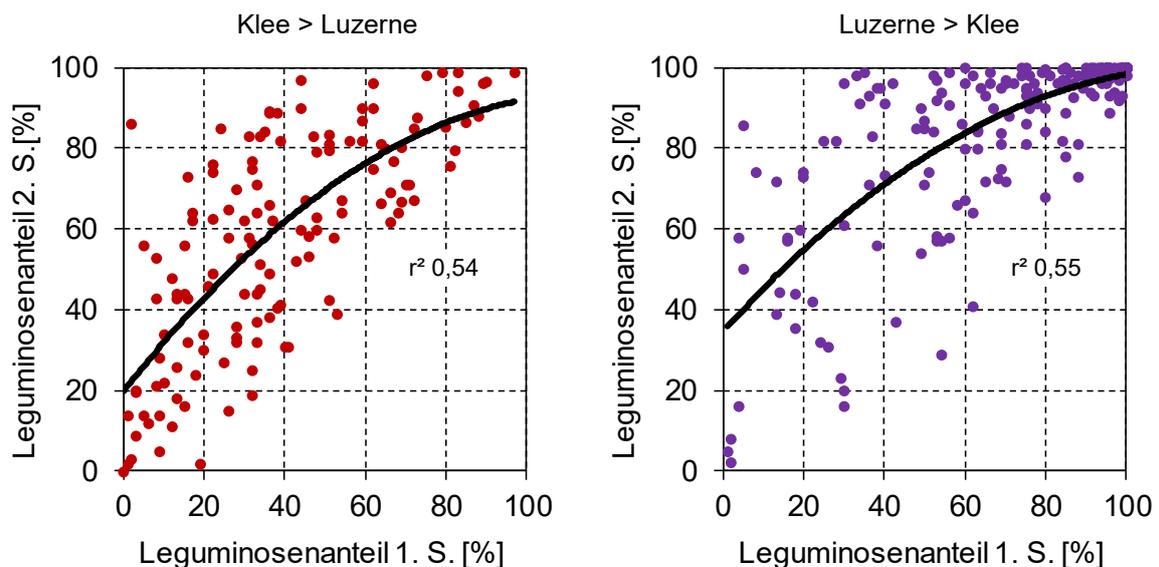


Abb. 66: Zusammenhang von Leguminosenanteil vom ersten und zweiten Schnitt bei den zwei Gruppen Klee (Saatgut Klee > Luzerne) und Luzerne (Saatgut Luzerne > Klee)

Kleedominante Bestände

Neben dem Leguminosenanteil vom ersten Schnitt wurden noch weitere Faktoren des Leguminosenanteils vom zweiten Schnitt identifiziert (Tab. 34). Positive Zusammenhänge wies der Aufwuchszeitraum vom ersten Schnitt und die Anzahl gesäter Rotkleearten auf. Negative Effekte zeigten unter anderem die Stickstoffdüngung bis zum zweiten Schnitt, heiße Tage vor dem zweiten Schnitt und Frosttage im Aufwuchszeitraum des ersten Schnitts.

Negative Korrelationen mit den Residuen wurden zum Auftreten von Nekrosen am Sproß (1. Schnitt), zum Anteil welschen Weidelgras im Saatgut und dem Auftreten von Mäusen gefunden.

Tab. 34: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom zweiten Schnitt der Bestände die mehr Klee als Luzerne im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	133		
r ²	0,67		
Konstante		-30,9 %	
Leguminosenanteil 1. Schnitt	+0,71	+0,8 % pro 1 % im 1. Schnitt	0 – 97 %
Aufwuchszeitraum ² 1. Schnitt (bis 75 Tage)	+0,26	+0,8 % pro Tag	39 – 75 Tage
nutzbare Feldkapazität	+0,25	+0,8 % pro 10 mm	44 – 321 mm
Rotkleeanbau vor mehr als 10 J.	-0,20	-10,4 wenn Rotkleeanbau	46 % mit Rotkleeanbau
N-Düngung zum 1. & 2. Schnitt ³	-0,17	-1,1 % pro 10 kg/ha N	0 – 214 kg/ha N
Temp.-summe, Tage über 30° C im Aufwuchszeitraum ² 2.Schnitt	-0,15	-4,2 % pro 100° C	0 – 542° C
Tage < 0°C im Aufwuchszeitraum ² 1. Schnitt	-0,14	-1,8 % pro Tag	0 – 12 Tage
Anzahl gesäter Rotkleearten	+0,13	+3,1 % pro Sorte	0 – 4 Sorten

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Vegetationsbeginn bzw. vorheriger Schnitttermin bis zum aktuellen Schnitttermin

³ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

Luzernedominante Bestände

Neben dem Leguminosenanteil vom ersten Schnitt wurden nur wenige und kaum wirksame Faktoren des Leguminosenanteils vom zweiten Schnitt identifiziert (Tab. 35). Wie bei den kleedominanten Beständen wies der Aufwuchszeitraum vom ersten Schnitt einen positiven Zusammenhang auf. Positiv wirkten auch hohe Strahlungsintensitäten und Evapotranspirationssummen. Negative Auswirkungen zeigten sehr leichte Böden.

Negative Korrelationen zu den Residuen wurden zur Anzahl verwendeter Rotkleearten und zu Fraßschäden am Spross gefunden. Positiv war die Korrelation zur Homogenität der Leguminosen.

Tab. 35: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom zweiten Schnitt der Bestände die mehr Luzerne als Klee im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	189		
r ²	0,58		
Konstante		+41,8 %	
Leguminosenanteil 1. Schnitt	+0,72	+0,6 % pro 1 % im 1. Schnitt	1 – 100 %
Ø tägl. Strahlungssumme im Aufwuchszeitraum ² 2. Schnitt	+0,14	+1,4 % pro 100 (J/m ²)/Tag	1644 – 2646 (J/m ²)/Tag
Sandgehalt (ab 70 %)	-0,13	-0,6 % pro 1 % Sand	0,2 – 92,8 %
Σ Evapotranspiration im Aufwuchszeitraum ² 2.Schnitt	+0,12	+0,5 % pro 10 mm	22,5 – 276,0 mm
Aufwuchszeitraum ² 1. Schnitt	+0,11	+0,2 % pro Tag	39 – 135 Tage

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Vegetationsbeginn bzw. vorheriger Schnitttermin bis zum aktuellen Schnitttermin

³ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

4.3.2.3 Leguminosenanteil vom dritten Schnitt

Bei beiden Gruppen hing der Leguminosenanteil auch im dritten Schnitt eng mit dem vom vorherigen Schnitt zusammen (Abb. 67). Während in Beständen mit geringem Leguminosenanteil dieser im Mittel zunahm blieb er in leguminosenreichen Beständen meist konstant.

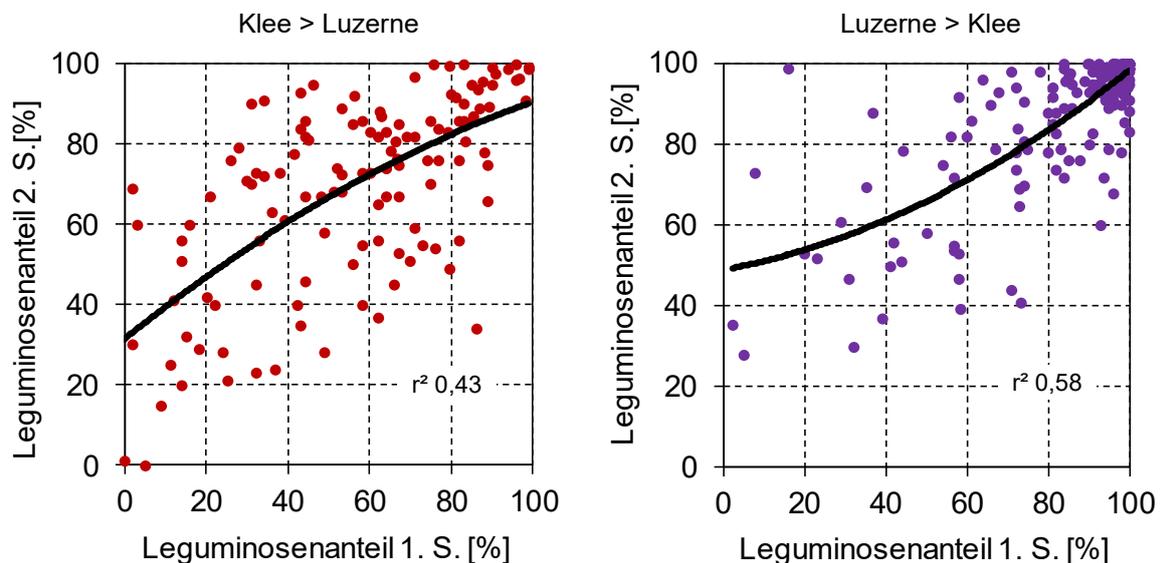


Abb. 67: Zusammenhang von Leguminosenanteil vom zweiten und dritten Schnitt bei den zwei Gruppen Klee (Saatgut Klee > Luzerne) und Luzerne (Saatgut Luzerne > Klee)

Kleedominante Bestände

Neben dem Leguminosenanteil vom zweiten Schnitt wurden noch weitere Faktoren des Leguminosenanteils vom dritten Schnitt identifiziert (Tab. 36). Besonders großes Gewicht hat der Faktor Leguminosenstadium beim dritten Schnitt. Je älter ein Bestand wurde umso höher war im Mittel der Leguminosenanteil. Negativ wirkte eine hohe Wasserversorgung und eine Stickstoffdüngung seit dem Vegetationsbeginn. Hohe Bodengehalt an Schwefel zeigten einen leicht positiven Zusammenhang mit dem Leguminosenanteil.

Tab. 36: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom dritten Schnitt der Bestände die mehr Klee als Luzerne im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	115		
r ²	0,61		
Konstante		+45,5 %	
Leguminosenanteil 2. Schnitt	+0,46	+0,4 % pro 1 % im 2. Schnitt	0 – 99 %
Leguminosenstadium ² 3. Schnitt	+0,32	+9,6 % pro Stadium	vor Knospe - abgeblüht
Σ Niederschlag Aufwuchszeitraum ³ 3. Schnitt	-0,25	-1,0 % pro 10 mm	26 – 306 mm
Anzahl gesäter Rotkleesorten	-0,22	-4,3 % pro Sorte	0 – 4 Sorten
Σ Niederschlag Aufwuchszeitraum ³ 2. Schnitt	-0,20	-0,8 % pro 10 mm	3 – 393 mm
Tage nicht optimaler Wasserver- sorgung ⁴ Aufwuchs ³ 1. Schnitt	-0,16	-0,3 % pro Tag	0 – 47 Tage
N-Düngung zum 1. - 3. Schnitt ⁵ (bis 150 kg/ha)	-0,16	-0,8 % pro 10 kg/ha N	0 – 150 kg/ha N
Boden-Schwefelgehalt (CAT)	+0,13	+0,5 % pro 1 mg/kg S	1,8 – 32,0 mg/kg S

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² 4 Stadien: 1 vor Knospe, 2 Knospe, 3 Blüte, 4 abgeblüht

³ Vegetationsbeginn bzw. vorheriger Schnitttermin bis zum aktuellen Schnitttermin

⁴ aktuelle ETA < potentielle ETA

⁵ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

Luzernedominante Bestände

Neben dem Leguminosenanteil vom zweiten Schnitt war bei den luzernedominanten Beständen auch der vom ersten Schnitt ein signifikanter Faktor des Leguminosenanteils vom dritten Schnitt (Tab. 37). Positiv auf den Leguminosenanteil wirkten weiterhin ein später dritter Schnitttermin (fortgeschrittenes Pflanzenstadium) und eine gute Wasserversorgung im Aufwuchszeitraum des zweiten Schnitts. Hohe Niederschlagsmengen zum dritten Schnitt wirkten hingegen negativ, wie auch eine Stickstoffdüngung zum ersten Schnitt, ein hoher Anteil Weißklee in der Saatmischung und Luzerneanbau vor über zehn Jahren.

Tab. 37: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom dritten Schnitt der Bestände die mehr Luzerne als Klee im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	162		
r ²	0,73		
Konstante		+42,8 %	
Leguminosenanteil 2. Schnitt	+0,52	+0,4 % pro 1 % im 2. Schnitt	2 – 100 %
Leguminosenstadium ² 3. Schnitt	+0,21	+3,7 % pro Stadium	vor Knospe – abgeblüht
N-Düngung zum 1. Schnitt ³ (bis 150 kg/ha)	-0,18	-1,7 % pro 10 kg/ha N	0 – 106 kg/ha N
Σ Niederschlag 10 Tage vor 2. Schnitt bis 5 Tage vor 3. Schnitt	-0,17	-0,4 % pro 10 mm	29 – 428 mm
Anteil Weißklee im Saatgut	-0,17	-1,3 % pro 1% Weißklee	0 – 10 %
Leguminosenanteil 1. Schnitt	+0,14	+0,1 % pro 1 % im 1. Schnitt	1 – 100 %
Anbau Jahre Luzerne in 10 Jahren Anbaugeschichte	-0,12	-2,8 % pro Anbaujahr	0 – 3 Anbaujahre
Anteil Unkräuter & Kräuter 3. Schnitt	-0,12	-0,4 % pro 1 %	0 – 43 %
Ø Evapotranspiration Aufwuchszeitraum ⁴ 2. Schnitt	+0,10	-2,0 % pro 1 mm/Tag	0,7 – 4,7 mm/Tag

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² 4 Stadien: 1 vor Knospe, 2 Knospe, 3 Blüte, 4 abgeblüht

³ in organischer (verfügbar) und mineralischer Düngung

⁴ Vegetationsbeginn bzw. vorheriger Schnitttermin bis zum aktuellen Schnitttermin

4.3.2.4 Leguminosenanteil vom vierten Schnitt

Beim vierten Schnitt hatten sich viele Bestände beider Gruppen in ihrem Leguminosenanteil stabilisiert (Abb. 68). Der Leguminosenanteil blieb im Mittel auf ähnlichem Niveau wie beim dritten Schnitt.

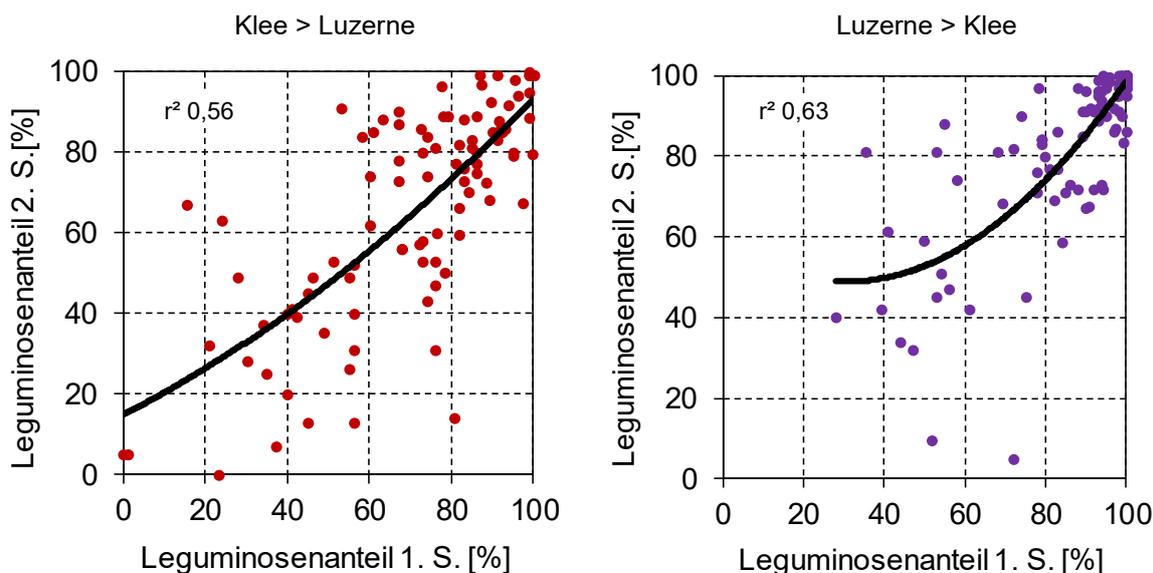


Abb. 68: Zusammenhang von Leguminosenanteil vom dritten und vierten Schnitt bei den zwei Gruppen Klee (Saatgut Klee > Luzerne) und Luzerne (Saatgut Luzerne > Klee)

Kleedominante Bestände

Als wichtige Faktoren des Leguminosenanteils im Erntegut des vierten Schnitts wurden der Schnitttermin und das jeweilige Hauptnutzungsjahr ermittelt (Tab. 38). Bei relativ spätem Schnittdatum im Jahr und schon mehrjähriger Nutzung waren die Leguminosenanteile im Mittel geringer. Eine hohe Magnesiumverfügbarkeit im Bodens war mit höheren Leguminosenanteilen verbunden. Eine Gülledüngung zum ersten Schnitt zeigte hingegen noch beim vierten Schnitt negative Auswirkungen auf den Leguminosenanteil.

Tab. 38: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom vierter Schnitt der Bestände die mehr Klee als Luzerne im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	92		
r ²	0,71		
Konstante		+104,4 %	
Leguminosenanteil 3. Schnitt	+0,64	+0,7 % pro 1 % im 3. Schnitt	0 – 100 %
Datum 4. Schnitt	-0,31	-3,3 % pro 10 Tage	15.08. – 25.11.
Boden-Magnesiumgehalt	+0,21	+0,6 % pro 1 mg/100 g	2,6 – 39,1 mg/100 g
Gülledüngung zum 1. Schnitt	-0,13	-0,4 % pro 1 m ³ /ha Gülle	0 – 25 m ³ /ha
Hauptnutzungsjahr	-0,12	-4,4 % pro Jahr	1. 52 %, 2. 40 %, 3. 6 %, 4. 2 %

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

Luzernedominante Bestände

In den luzernedominanten Beständen wurde der Leguminosenanteil vom vierten Schnitt durch hohe pH-Werte und eine hohe P-Verfügbarkeit im Boden gefördert (Tab. 39). Der Knaulgrasanteil im Saatgut ergab einen negativen Zusammenhang zum Leguminosenanteil.

Korrelationsanalysen der Residuen und Einzelfallbeobachtungen weisen auch auf den Faktor Mäusebesatz als einen wichtigen negativen Einfluss auf den Leguminosenanteil hin.

Tab. 39: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom vierten Schnitt der Bestände die mehr Luzerne als Klee im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	118		
r ²	0,70		
Konstante		+18,4 %	
Leguminosenanteil 3. Schnitt	+0,69	+0,8 % pro 1 % im 3. Schnitt	28 – 100 %
Knaulgras im Saatgut	-0,29	-2,4 % pro 1 %	0 – 11,4 %
pH-Versorgungsstufe & P-Versorgungsstufe ²	+0,15	+2,5 % pro pH-Versorgungsst. +2,3 % pro P-Versorgungsst.	B – D A – D

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² VDLUFA-Versorgungsstufe, mit Hauptkomponentenanalyse zusammengefasst

4.3.2.5 Leguminosenanteil ab dem fünften Schnitt

Für den fünften und sechsten Schnitt lagen zu wenig Fälle vor um aussagekräftige mehrfaktorielle Regressionsmodelle zu ermitteln. Sowohl bei den klee- als auch den luzernedominanten Beständen (n jeweils 22) lagen die Leguminosenanteile im fünften Schnitt auf ähnlichem Niveau oder etwas niedriger als beim vierten Schnitt. Das r² des Zusammenhangs vierter zu fünfter Schnitt betrug bei klee- und luzernedominanten Beständen 0,40 und bei luzernedominanten Beständen 0,65. Deutlich wirksame Faktoren des Leguminosenanteils konnten aufgrund der geringen Fallzahl nicht ermittelt werden.

4.3.3 Faktoren des Leguminosenanteils der Hauptnutzungsjahre

Im Projektzeitraum wurden von den 192 untersuchten Schlägen 98 über mindestens zwei Jahre untersucht. Bei den mehrjährig untersuchten Schlägen wurde die Veränderung des mittleren Leguminosenanteils von Jahr zu Jahr analysiert. Dabei wurden jeweils nur die Fälle verwendet bei denen zu beiden Jahren Daten vorlagen. Während die Leguminosenanteile bei den luzernedominanten Beständen im Mittel nahezu konstant blieben war bei den kleedominanten Beständen nach einer Zunahme zum zweiten Hauptnutzungsjahr im weiteren Verlauf eine deutliche Abnahme zu verzeichnen (Abb. 69)

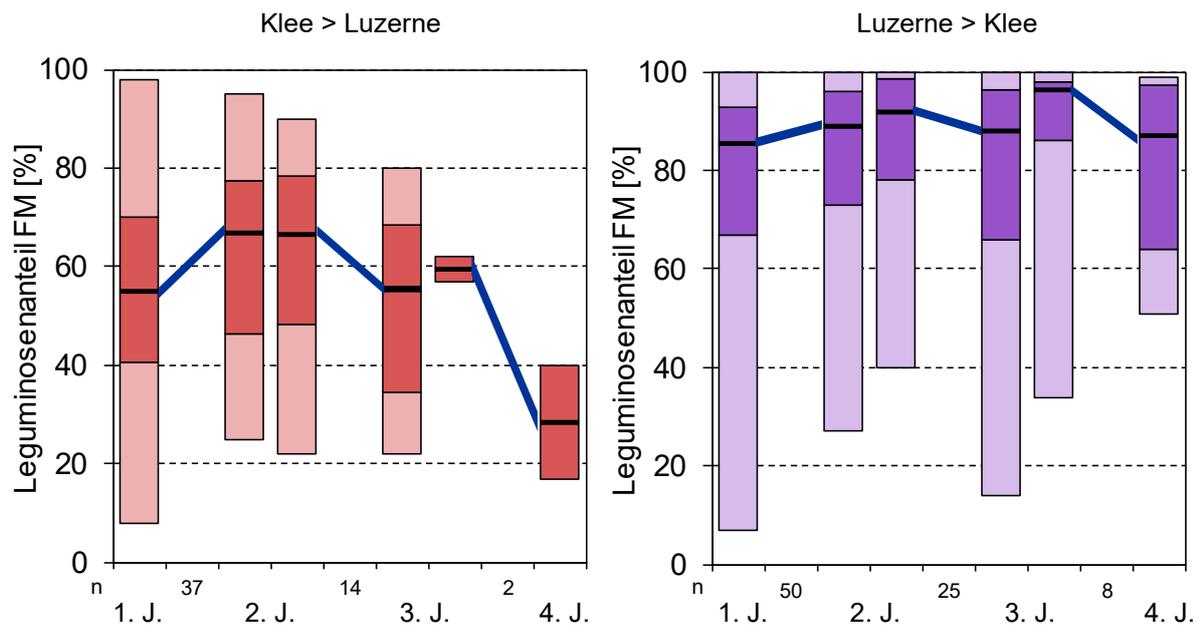


Abb. 69: Boxplots des Leguminosenanteils vom ersten bis zum vierten Hauptnutzungsjahr, jeweils nur die Bestände bei denen Daten zum vorhergehenden und aktuellen Jahr vorliegen

Kleedominante Bestände im zweiten Hauptnutzungsjahr

Als wichtige Faktoren des mittleren Leguminosenanteils im Erntegut des zweiten Hauptnutzungsjahrs wurden neben dem Leguminosenanteil im Vorjahr noch weitere Faktoren ermittelt (Tab. 40). Entgegen den Ergebnissen bei den Schnitterträgen wies die Frühjahrssaat hier einen negativen Zusammenhang mit dem Leguminosenanteil auf. Auch ein hoher Weißkleeanteil im Saatgut, viele heiße Tage im zweiten Hauptnutzungsjahr und pH-Werte unter 5,8 wirkten negativ. Aufgrund der relativ geringen Anzahl an Fällen sind diese Ergebnisse jedoch in ihrer Aussagekraft begrenzt.

Korrelationsanalysen weisen auf weitere Faktoren des Leguminosenanteils im dritten Hauptnutzungsjahr hin. Der Anteil empfohlener Rotkleearten (von Landeseinrichtungen) ergab einen positiven Zusammenhang. Ungleichmäßige Bestände und Mäusebesatz nach Winter sowie ein sehr langer Aufwuchszeitraum zum zweiten Schnitt (> 70 Tage) zeigten einen negativen Zusammenhang.

Tab. 40: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom zweiten Hauptnutzungsjahr der Bestände die mehr Klee als Luzerne im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	36		
r ²	0,73		
Konstante		-357,8 %	
Anteil Weißklee im Saatgut	-0,49	-1,8 % pro 1 % Saatgutanteil	0 – 15 %
Leguminosenanteil 1. H.-Jahr ²	+0,45	+0,4 % pro 1 % im 1. H.-Jahr	8 – 98 %
Frühjahrssaat	-0,35	-17 % bei Frühjahrssaat	21 % Frühjahrssaat
Tage über 30°C Höchsttemp. 2. H.-Jahr	-0,25	-1,5 % pro Tag	0 – 17 Tage
pH-Wert (bis 5,8)	+0,23	+6,6 % pro 0,1 pH-Wert	5,5 – 5,8 pH

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Hauptnutzungsjahr

Luzernedominante Bestände im zweiten Hauptnutzungsjahr

Wie bei den kleedominanten Beständen wiesen die Anteile Weißklee im Saatgut auch bei den luzernedominanten Beständen einen negativen Zusammenhang mit dem mittleren Leguminosenanteil des Ernteguts im zweiten Hauptnutzungsjahr auf (Tab. 41). Eine gute Wasserversorgung wirkte negativ und ein hoher Anteil empfohlener Luzernesorten im Saatgut positiv auf den Leguminosenanteil. Aufgrund der relativ geringen Anzahl an Fällen sind diese Ergebnisse jedoch in ihrer Aussagekraft begrenzt.

Der Kulturzustand nach Winter, vor allem die Dichte und Homogenität des Bestandes, ergab eine Korrelation zum Leguminosenanteil. Ein guter Kulturzustand sowie dichte und homogene Bestände waren positiv mit dem Leguminosenanteil verbunden.

Tab. 41: Signifikante Faktoren des Leguminosenanteils vom zweiten Hauptnutzungsjahr der Bestände die mehr Luzerne als Klee im Saatgut enthielten; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	46		
r ²	0,80		
Konstante		+49,4 %	
Leguminosenanteil 1. H.-Jahr ²	+0,71	+0,5 % pro 1 % im 1. H.-Jahr	7 – 100 %
Anteil Weißklee im Saatgut	-0,25	-1,9 % pro 1 % Saatgutanteil	0 – 10 %
Ø Niederschlag, Vegetationsbeginn bis letzter Schnitt 2. H.-Jahr	-0,17	-4,7 % pro 1 mm/Tag	0,5 – 3,4 mm/Tag
Anteil empfohlener Luzernesorten ³ am Luzernesaatgut	+0,14	+0,7 % pro 10 % empfohlene Sorten	0 – 100 %

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² Hauptnutzungsjahr

³ Von den Landeseinrichtungen jeweils empfohlene Sorten

Bestände ab dem dritten Hauptnutzungsjahr

Die nur geringe Anzahl an Schlägen die sowohl im zweiten als auch im dritten Hauptnutzungsjahr untersucht wurden erlaubte keine detaillierte Identifizierung von Faktoren. Klee- und luzernedominante Bestände wiesen neben dem Leguminosenanteil im Vorjahr vor allem einen negativen Zusammenhang mit der mittleren Niederschlagsmenge im dritten Hauptnutzungsjahr auf. Für klee- und luzernedominante Bestände gibt es Hinweise auf eine positive Wirkung eines hohen Anteils empfohlener Rotkleearten im Saatgut und einen negativen Zusammenhang mit dem Anteil nekrotischer Leguminosenblätter bei der Sommerbonitur.

Für das vierte Hauptnutzungsjahr liegen zu wenig Fälle für eine Analyse vor.

4.4 Einflussgrößen auf Bestandesparameter

4.4.1 Anteil unbedeckter Boden zum Schnittzeitpunkt

Der Anteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt weist deutliche Zusammenhänge zum Ertrag und zum Leguminosenanteil auf (Kap. 4.2 & 4.3). Bei dem Großteil der Bestände blieb dieser Anteil unter 10 %, meist sogar unter 5 % (Abb. 70). Aber auch unterhalb von z.B. 5 % ergibt sich noch eine signifikante Korrelation mit dem Ertrag.

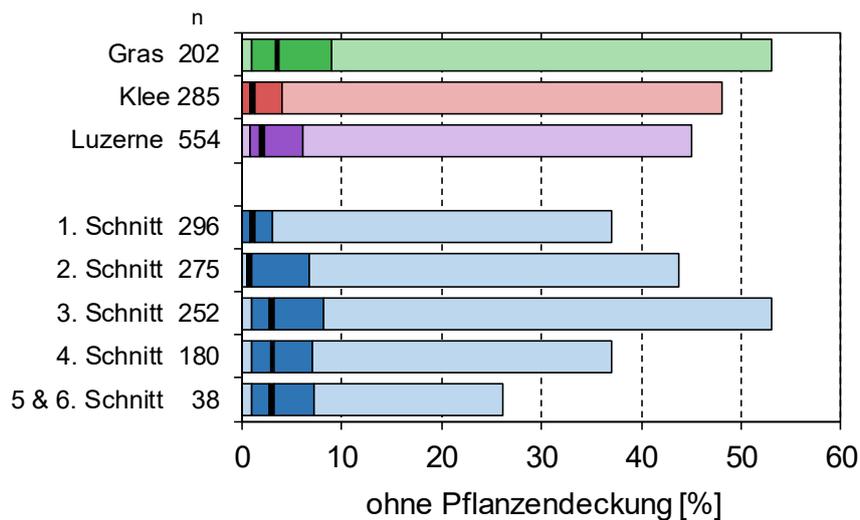


Abb. 70: Boxplots der Fläche ohne Pflanzendeckung zum Schnittzeitpunkt; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Im Regressionsmodell wurden die Faktoren Bestandeshöhe zum Schnittzeitpunkt, Wasserversorgung, Leguminosenzusammensetzung und Temperatur im vorherigen Winter zusammengefasst (Tab. 42). Damit konnte ein gutes Viertel der Streuung erklärt werden.

Tab. 42: Signifikante Faktoren des Anteils unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt, Beta-Werte Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	1036		
r ²	0,27		
Konstante		+19,5 %	
Bestandeshöhe zum Schnitt	-0,35	-1,6 % pro 10 cm	8,9 – 110,6 cm
Tage mit aktueller < als potentieller Evapotranspiration	+0,33	+2,1 % pro 10 Tage	0 – 65 Tage
Luzerne > Klee im Saatgut	+0,12	+1,9 % wenn luzernedominant	57 % Luzerne > Klee
Tage > 5°C im Winter vorher	-0,11	-0,6 % pro 10 Tage	12 – 80 Tage

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse mit den Residuen des Regressionsmodells ergaben weniger unbedeckte Fläche unter anderem bei besserer Nährstoffversorgung, wenig Leguminosen in der Anbaugeschichte, einer Winterfrucht vor der Saat, Gülleddüngung und einem hohen Leguminosenanteil im Bestand (Tab. 43). Höhere Anteile unbedeckten Bodens wurden häufig bei einer Saat mit Deckfrucht, bei relativ alten grasreichen Beständen und beim Auftreten von Sprossschäden (z. B. Nekrosen) beobachtet.

Tab. 43: Signifikante Korrelationen der Residuen des Regressionsmodells vom Anteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt (siehe Text) mit weiteren möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizient r

Boden		Anbaugeschichte		Saatjahr / Vorjahr		aktuelles Hauptnutzungsjahr	
n	1037		1037		1037		1037
Mg	-0,09	kleinkörnige. Leg. Jahre Abstand ³	-0,08	Saat mit Deckfrucht	+0,07	Gülleddüngung	-0,07
B	-0,08	Jahre Anbau ³	+0,07	Winterfrucht v. Saat	-0,07	Leguminosenanteil	-0,15
S ¹	-0,09	Luzern. Jahre Anb. ³	+0,09	Saatgut ökologisch	+0,07	Grasanteil	+0,13
Zn	-0,10	Rotkleeanbau vor mehr als 10 Jahren	+0,09	Gülleddüng. Vorjahr	-0,09	Stadium Gräser zum Schnitttermin	+0,11
OS ²	-0,10					Nekrosen an Leg.	+0,12

¹ Nicht linear, S <10 mg/kg: -0,14

² Organische Substanz, nicht linear, r bei OS < 6 %: -0,15

³ In 11 Vorjahren

In Tabelle 44 ist aufgeführt mit welchen Boniturparametern zu den Residuen des Regressionsmodells (Tab. 42) Zusammenhänge ermittelt wurden. Signifikante Korrelationen mit Boniturparametern wie dünner oder ungleichmäßiger Bestand, Trittspuren oder Mäuseschäden geben Hinweis auf mögliche Ursachen von unbedecktem Boden zum Schnittzeitpunkt.

Tab. 44: Signifikante Korrelationen der Residuen des Regressionsmodells vom Anteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt (siehe Text) mit Parametern der Bestandesbonituren, Korrelationskoeffizient r

Herbstbonitur		Nachwinterbonitur		Sommerbonitur	
n	272	n	950	n	988
Kulturzustand ¹	+0,22	Kulturzustand	+0,17	Kulturzustand	+0,24
		Dünner Bestand	+0,13		
		ungleichmäßiger Best.	+0,08	ungleichmäßiger Best.	+0,07
Unkraut	+0,14				
Auflaufgetreide	+0,11				
Leg. sehr jung	+0,19				
Trittspuren (Wild)	+0,22	Trittspuren	+0,07		
Leg. Homogenität ²	-0,23	Leg. Homogenität	-0,17	Leg Homogenität	-0,20
Auflaufgetr. Deckung	+0,18	Auflaufgetr. Deckung	+0,15		
		Unkraut Deckung	+0,07		
Ohne Pflanzendeckung	+0,21	Ohne Pflanzendeckung	+0,08	Ohne Pflanzendeckung	+0,21
				Mäuseschäden	+0,07
				Anzahl Mauselöcher	+0,08

¹ Boniturnoten 1 (sehr gut) bis 9 (sehr schlecht);

darunter: häufig aufgetretene Bewertungskriterien des Kulturzustands

² Boniturnoten rühjahrs- (F) oder Sommersaat (S)

4.4.2 Boniturparameter

4.4.2.1 Kulturzustand

Der Kulturzustand der untersuchten Bestände wurde bei jedem Boniturbesuch bewertet (1 gut bis 9 schlecht). Die Streubreite und verschiedene zugrundeliegende Kriterien sind in Abbildung 41 (S. 46) dargestellt. Signifikante Korrelationen mit Standort- und Bewirtschaftungsparametern geben Hinweise auf mögliche Ursachen der großen Streuung des Kulturzustands (Tab. 45). Wesentliche Faktoren wurden in den Bereichen Anbaugeschichte, Saatgutzusammensetzung, der vorjährigen und aktuellen Bewirtschaftung und der Witterung gefunden.

Tab. 45: Signifikante Faktoren der Kulturzustandsboniturnote (1 sehr gut, 9 sehr schlecht) mit möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizient r

Parameter	HB ¹	NWB ¹	SB ¹	Spannweite
n (max.)	87	303	310	
Anbaujahre Winterfrüchte ²		+0,22	+0,22	1 – 10 Anbaujahre
Hackfrüchte	-0,21	-0,18	-0,19	0 – 9 Anbaujahre
Getreide		+0,19	+0,15	0 – 9 Anbaujahre
Saatgutmenge		-0,18	-0,21	12 – 50 kg/ha
Anteil Luzerne am Saatgut		+0,26	+0,17	0 – 100 %
Anteil Gras im Saatgut		-0,25	-0,15	0 – 84 %
davon Anteil dt. Weidelgras		-0,18	-0,18	0 – 75 %
Anteil empfohlene Rotkleearten		-0,25	-0,21	0 – 100 %
Anzahl Schnitte im Vorjahr		-0,15	-0,27	0 – 5 Schnitte
Aufwuchszeitraum im Vorjahr				
2. Schnitt		+0,15	+0,18	21 – 59 Tage (relevante Fälle)
3. Schnitt		+0,23		20 – 59 Tage (relevante Fälle)
Winter nach Saat				
Tage > 5° C		-0,27	-0,12	27 – 99 Tage
Tage < 0° C		+0,21		0 – 62 Tage
Aktuelles Untersuchungsjahr				
Pfleßmaßnahme vor 1. Schnitt		+0,18	+0,13	29 % Bestände mit Pflegemas.
Leguminosenanteil im Erntegut		-0,11	-0,12	4 – 100 % (Jahresmittel)
Anteil Kräuter & Unkräuter		+0,23	+0,23	0 – 44 % (Jahresmittel)
Tage > 30° C (max.) vor 2. Schn.			+0,16	0 – 17 Tage
Tage > 30° C (max.) vor 3. Schn.			+0,19	0 – 31 Tage

¹ HB: Herbstbonitur, NWB: Nachwinterbonitur, SB: Sommerbonitur

² Anteil Winterfrüchte in 10 Jahren vor Saat des Untersuchungsbestands

4.4.2.2 Homogenität, Deckung und Schädigungen

Von der Vielzahl erfasster Boniturparametern wurden hier acht ausgewählt, bei denen ein Zusammenhang mit dem Ertrag und/oder dem Leguminosenanteil auftrat. Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen weisen auf mögliche Einflüsse auf den Bestandeszustand hin (Tab. 46-48). Untereinander korrelieren gleiche Bewertungsparameter verschiedener Boniturtermine häufig stark (Ergebnisse nicht dargestellt). Das weist darauf hin, dass sich viele Bestandeseigenschaften die z.B. im Herbst nach der Saat beobachtet wurden auch in den Folgejahren noch sichtbar waren.

Tab. 46: Signifikante Korrelationen von Parametern der Herbstbonitur mit möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizient r (n 85)

	Boniturparameter ¹							
	Homog.	DAGe.	DUnk.	Dohne.	Fraßs.	Nekro.	MausA	MausB
Anbaujahre ²								
Winterfrüchte	+0,25							
Grasgemenge	+0,23		+0,28					
Luzerne					+0,22			
Hackfrüchte	-0,27							
Tiefe 1. Stoppelbearbeitung		-0,27						
Pflug vor Saat		-0,30	-0,20					
Frühjahrssaat			-0,29				+0,48	+0,40
Saattermin	+0,22		+0,30			-0,22	-0,50	-0,37
Σ Temperatur Saat – Ende Dez.	-0,25		-0,25			+0,24	+0,48	+0,37
Blanksaat							-0,30	-0,21
Saatgut								
Luzerneanteil				+0,25		+0,30	+0,22	
Anteil empfohl. Rotkleesorten	-0,48							
Walze n. Saat							-0,33	-0,26
nur Sommersaat	n 59							
Tage > 5° C Saat bis Ende Dez.	-0,33			-0,48		+0,26		

¹ Homog.: Pflanzenverteilung & Entwicklung der Leguminosen 1 gleichmäßig bis 5 ungleichmäßig; DAGe.: Deckungsgrad Auflaufgetreide; DUnk.: Deckungsgrad Unkraut; Dohne.: Deckungsgrad ohne Bewuchs; Fraßs.: Anteil Boniturrahmen in denen Fraßschäden am Spross auftraten (Insekten); Nekro.: Anteil Boniturrahmen in denen Nekrosen am Spross auftraten; MausA: Anteil Boniturrahmen in denen Mäuseschäden auftraten; MausB: Anzahl Mauselöcher pro m²

² in 11 Jahren vor Saat des Bestandes

Tab. 47: Signifikante Korrelationen von Parametern der Nachwinterbonitur mit möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizient r (n 303)

	Boniturparameter ¹							
	Homog.	DAGe.	DUnk.	Dohne.	Fraßs.	Nekro.	MausA	MausB
Ackerzahl							+0,20	+0,15
Anbaujahre ² kleinkörnige Leg.	+0,15							
Hackfrüchte	-0,22				+0,14			
Vorfrucht Winterfrucht	-0,12	+0,17						
Saatjahr Gülleüngung	-0,13		-0,12					
Pflug vor Saat		-0,17						
Tiefe Grundbodenb.	-0,13				+0,12			
Saattermin	+0,19	+0,14	+0,11	-0,12			-0,19	-0,23
Frühjahrssaat	-0,20	-0,15	-0,10	+0,15	+0,10		+0,15	+0,19
Saatgut Luzerneanteil	-0,13		+0,28	+0,36				
Artenanzahl			-0,19	-0,23				
Walze nach Saat							-0,12	-0,13
Tage > 5° C Saat bis Ende Dez.	-0,22	-0,15	-0,10		+0,10		+0,17	+0,22
Winter nach Saat Tage < 0° C	+0,16			+0,27	-0,10			
Tage < -10° C (min.)							-0,15	-0,15
Tage > 5° C	-0,15			-0,29	+0,14			
Vorjahr Schnitthöhe			+0,24		-0,20			
Gülleüngung	+0,20			-0,27				
Hauptnutzungsjahr		-0,23						
Winter vor Untersuch. Tage < 0° C	+0,21			+0,14	-0,14			
Tage < -5° C (min.)					-0,14	+0,18		
Tage > 5° C	-0,13			-0,43				
Σ Temp. Tage > 5° C			+0,12	-0,42				
Σ Niederschlag				-0,15				
nur Sommersaat n 216								
Saat bis Ende Dez. Ø Temp. Tage >5° C							+0,18	+0,16
Tage > 5° C	-0,13			-0,22				
Winter nach Saat Tage < 0° C	+0,18	+0,12	-0,11	+0,19				
Tage < -10° C (min.)							-0,18	-0,17
Ø Temp. Tage >5° C			+0,13					-0,14
Tage > 5° C	-0,14			-0,24	+0,11			
Winter vor Untersuch. Tage > 5° C	-0,15			-0,39				
Σ Niederschlag	-0,12				+0,16			

¹ Homog.: Pflanzenverteilung & Entwicklung der Leguminosen 1 gleichmäßig bis 5 ungleichmäßig; DAGe.: Deckungsgrad Auflaufgetreide; DUnk.: Deckungsgrad Unkraut; Dohne.: Deckungsgrad ohne Bewuchs; Fraßs.: Anteil Boniturrahmen in denen Fraßschäden am Spross auftraten (Insekten); Nekro.: Anteil Boniturrahmen in denen Nekrosen am Spross auftraten; MausA: Anteil Boniturrahmen in denen Mäuseschäden auftraten; MausB: Anzahl Mäuselöcher pro m²

² in 11 Jahren vor Saat des Bestandes

Tab. 48: Signifikante Korrelationen von Parametern der Sommerbonitur mit möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizient r (n 310)

	Boniturparameter ¹							
	Homog.	DAGe.	DUnk.	Dohne.	Fraßs.	Nekro.	MausA	MausB
Sandanteil							-,19	-0,17
Ackerzahl	-0,14		-0,16	-0,17			+0,14	+0,10
Anbaujahre ² Luzerne						+0,15	+0,14	+0,15
Frühjahrssaat							+0,22	+0,22
Saatbetttiefe			-0,14	-0,20				
Saatgut Luzerneanteil	-0,20		+0,23		-0,22			
Saatgut Grasanteil	+0,19		-0,22		+0,17			
Leg.-Artenzahl	+0,18		-0,18		+0,20			
Gras-Artenzahl	+0,13		-0,21					
Vorjahr Gülledüngung	+0,30		-0,16		+0,21			
Schnitthöhe 1. Schnitt	-0,11							
N-Düngung seit Vegetationsbeginn	+0,26		-0,12	-0,12	+0,12			
Leg.-Gruppe ³	-0,35		+0,14		-0,16			
Winter nach Saat Tage < 0° C					-0,24			
Tage > 5° C		-0,12	-0,10		+0,27			
Ø Niederschlag			-0,14		+0,14	+0,12		
Winter vor Unters.-J. Tage > 5° C		-0,16			+0,27	+0,11		
Aufwuchszeit 1. S. Σ Niederschlag					-0,14	+0,12	-0,11	-0,11

¹ Homog.: Pflanzenverteilung & Entwicklung der Leguminosen 1 gleichmäßig bis 5 ungleichmäßig; DAGe.: Deckungsgrad Auflaufgetreide; DUnk.: Deckungsgrad Unkraut; Dohne.: Deckungsgrad ohne Bewuchs; Fraßs.: Anteil Boniturrahmen in denen Fraßschäden am Spross auftraten (Insekten); Nekro.: Anteil Boniturrahmen in denen Nekrosen am Spross auftraten; MausA: Anteil Boniturrahmen in denen Mäuseschäden auftraten; MausB: Anzahl Mauselöcher pro m²

² in 11 Jahren vor Saat des Bestandes

³ 1: Gras) > 50 % Gräser in FM; 2: Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, 3: Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren für einzelne Boniturparameter zusammengefasst.

Homogenität der Leguminosen

Die Homogenität der Leguminosenpflanzen wurde vor allem auf Basis der räumlichen Verteilung der Pflanzen und ihrer Entwicklung bewertet. Auf Basis der drei Boniturtermine zeichneten sich wesentliche Faktoren der Homogenität in folgenden Bereichen ab:

- Boden: Kaum Effekte auf die Homogenität, im Mittel etwas besser bei höherer Ackerzahl.
- Anbaugeschichte: Es zeichnet sich ein positiver Effekt von vermehrtem Hackfruchtanbau auf die Homogenität ab, im Gegensatz zu hohem Anteil an Winterfrüchten und kleinkörnigen Leguminosen.
- Bewirtschaftung vor der Saat: Eine tiefere Grundbodenbearbeitung und eine Gülledüngung im Saatjahr hingen in einigen Fällen mit einer besseren Homogenität der Bestände zusammen.
- Saattermin: Frühjahrssaaten waren oft homogener als Sommersaaten. Frühere Saattermine bei Sommersaat und damit mehr Vegetationstage und höhere Temperatursummen bis zum Winter führten häufig zu homogeneren Beständen.
- Saatgut: Bestände die mit einem hohen Luzerneanteil und geringem Grasanteil im Saatgut angelegt wurden, wurden häufig als homogener empfunden. Bei Gemengen mit Rotklee waren hohe Anteile an empfohlenen Sorten (von den Landeseinrichtungen) vor allem nach dem Winter oft homogener.
- Winter nach der Saat bzw. vor dem Untersuchungsjahr: Vor allem nach der Saat aber auch in späteren Jahren waren nach warmen Wintern mit wenig Frosttagen die Bestände oft homogener als nach kalten Wintern. Auch höhere Niederschläge über Winter waren mit homogeneren Beständen verbunden.
- Vorheriges Hauptnutzungsjahr: Gülledüngung im vorherigen Hauptnutzungsjahr war mit weniger homogenen Beständen im Folgejahr verbunden.
- Untersuchungsjahr: Die Ausbringung stickstoffhaltiger Düngemittel führte zu weniger Homogenität bei den Leguminosen. Größere Schnitthöhen hatten hingegen einen positiven Effekt.

Deckungsgrad Auflaufgetreide

Auflaufgetreide spielte vor allem bei Sommersaaten im Herbst- und im folgenden Frühjahr nach der Saat eine größere Rolle. Sowohl im Sommer des ersten Hauptnutzungsjahrs als auch in folgenden Jahren spielte der Getreidebesatz keine Rolle mehr. Auf Basis der drei Boniturtermine zeichneten sich wesentliche Faktoren des Getreide-Deckungsgrads in folgenden Bereichen ab:

- Anbaugeschichte: Nach der Vorrucht Wintergetreide trat häufiger ein höherer Besatz mit Getreide als nach Sommerkulturen auf.
- Bewirtschaftung vor der Saat: Eine tiefere Stoppelbearbeitung und Pflügen vor der Saat führten beide im Mittel zu weniger Auflaufgetreide im Bestand.
- Winter nach der Saat: Nach kalten Wintern war oft mehr Auflaufgetreide in den Beständen zu finden als nach warmen.

Deckungsgrad Unkräuter

Unkrautdeckungsgrade über 10 % wurden vor allem bei der Herbstbonitur nach der Saat und der Nachwinterbonitur gefunden. Im zweiten Hauptnutzungsjahr war der Unkrautbesatz nach Winter geringer als vorher und nachher. Auf Basis der drei Boniturtermine zeichneten sich wesentliche Faktoren des Unkraut-Deckungsgrads in folgenden Bereichen ab:

- Boden: Kaum Effekte auf den Unkrautdeckungsgrad, im Mittel etwas weniger bei höherer Ackerzahl.
- Anbaugeschichte: Ein hoher Anteil von Leguminosen-Gras-Gemengen war häufig mit einem höheren Unkrautdruck verbunden.
- Bewirtschaftung vor der Saat: Eine tiefere Stoppelbearbeitung, Pflügen vor der Saat und Düngung mit Gülle führten im Mittel zu weniger Unkraut im Bestand.
- Saattermin: Frühjahrssaaten hatten häufig einen geringeren Unkrautbesatz als Sommersaaten. Unterschiede im Saattermin bei Sommersaat zeigten keine klaren Effekte auf den Unkrautdeckungsgrad.
- Saatgut: Bestände die mit einem hohen Luzerneanteil und geringem Grasanteil im Saatgut angelegt wurden, wiesen häufig einen höheren Unkrautbesatz auf. Bei artenreichen Gemengen lag der Unkrautdeckungsgrad oft auf niedrigem Niveau.
- Winter nach der Saat bzw. vor dem Untersuchungsjahr: Wärmere und trockenere Winter waren in einigen Fällen mit höherem Unkrautdruck verbunden.
- Vorheriges Hauptnutzungsjahr: Gülledüngung und geringe Schnitthöhe im vorherigen Hauptnutzungsjahr war mit geringerem Unkrautbesatz verbunden.
- Untersuchungsjahr: Die Ausbringung stikstoffhaltiger Düngemittel führte zu geringerem Unkrautbesatz. Grasreiche Bestände wiesen im Mittel den geringsten, luzernereiche Bestände den höchsten Unkrautdeckungsgrad auf.

Flächenanteil ohne Bewuchs

Der Flächenanteil ohne Bewuchs ist vor allem bei der Herbstbonitur nach der Saat und der Nachwinterbonitur relevant. Bei der Sommerbonitur hing er vor allem vom Stadium des Bestandes zum Boniturzeitpunkt ab. Auf Basis der zwei Boniturtermine zeichneten sich wesentliche Faktoren des Anteils ohne Bewuchs in folgenden Bereichen ab:

- Saattermin: Frühjahrssaaten hatten häufig einen höheren Flächenanteil ohne Bewuchs als Sommersaaten. Ein früher Saattermin bei Sommersaaten bzw. die Anzahl Tage mit mehr als 5° C (Mittel) von der Saat bis zum Winter waren oft mit geringerem Flächenanteil ohne Bewuchs verbunden.
- Saatgut: Bestände die mit einem hohen Luzerneanteil und mit geringer Artenzahl im Saatgut angelegt wurden, wiesen häufig einen höheren Anteil unbewachsenen Bodens auf.
- Winter nach der Saat bzw. vor dem Untersuchungsjahr: Wärmere und feuchtere Winter hingen oft mit einem geringen Anteil Boden ohne Bewuchs zusammen.
- Vorheriges Hauptnutzungsjahr: Gülledüngung im vorherigen Hauptnutzungsjahr war mit geringerem Flächenanteil ohne Bewuchs verbunden.

Fraßschäden am Spross

Mit dem Anteil an Boniturrahmen in denen Fraßschäden am Leguminosenspross durch Insekten gefunden wurden wird nur die Häufigkeit und nicht das Ausmaß der Schädigungen beschrieben. Die Schädigung durch Insektenfraß war vor allem bei der Sommerbonitur relevant. Eine Quantifizierung der Schädigungen war aufgrund der unterschiedlichen Wachstumsstadien bei der Bonitur nicht sinnvoll. Auf Basis der Bonituren zeichneten sich wesentliche Faktoren der Häufigkeit von Fraßschäden in folgenden Bereichen ab:

- Anbaugeschichte: Bei höherem Anteil Luzerne- und Hackfruchtanbau traten etwas mehr Fraßschäden an Leguminosen auf.
- Bewirtschaftung vor der Saat: Eine tiefere Grundbodenbearbeitung hing mit mehr Fraßschäden zusammen.
- Saattermin: Frühjahrssaaten und früh angesäte Sommersaaten waren häufiger von Insektenfraß betroffen.
- Saatgut: Bestände die mit einem hohen Luzerne- und geringem Grasanteil sowie nur einer oder wenigen Leguminosenarten im Saatgut angelegt wurden, wiesen oft geringeren Insektenfraß auf.
- Winter nach der Saat bzw. vor dem Untersuchungsjahr: Warme Winter förderten die Häufigkeit von Insektenfraß an den Leguminosen.
- Vorheriges Hauptnutzungsjahr: Gülledüngung und geringe Schnitthöhen im vorherigen Hauptnutzungsjahr waren mit erhöhten Fraßschäden verbunden.
- Untersuchungsjahr: Die Ausbringung stickstoffhaltiger Düngemittel und wenig Niederschläge im ersten Aufwuchszeitraum führte zu mehr Insektenfraß.

Nekrosen am Spross

Mit dem Anteil an Boniturrahmen in denen ein deutlicher Besatz an Nekrosen am Leguminosenspross auftrat wird nur die Häufigkeit und nicht das Ausmaß der Schädigungen beschrieben. Eine Quantifizierung der Schädigungen war aufgrund der unterschiedlichen Wachstumsstadien bei der Bonitur nicht sinnvoll. Auf Basis der Bonituren zeichneten sich wesentliche Faktoren der Häufigkeit von Nekrosen in folgenden Bereichen ab:

- Anbaugeschichte: Bei Luzerneanbau in der Vergangenheit traten etwas mehr Nekrosen an den Leguminosen auf.
- Saattermin: Frühjahrssaaten und früh angesäte Sommersaaten wiesen häufiger Nekrosen auf.
- Saatgut: Bestände die mit einem hohen Luzerneanteil im Saatgut angelegt wurden, wiesen oft mehr nekrotische Sprossschäden auf.
- Winter nach der Saat bzw. vor dem Untersuchungsjahr: Sowohl nach warmen und feuchten Wintern als auch nach vielen kalten Tagen ($< -5^{\circ}\text{C}$) traten vermehrt Nekrosen auf.
- Untersuchungsjahr: bei der Sommerbonitur traten Nekrosen häufiger nach feuchtem Frühjahr auf.

Mäuseschäden

Der Einfluss von Mäusen auf den Bestand wurde sowohl mit dem Anteil Boniturrahmen mit relevanten Mäuseschäden als auch durch die mittlere Anzahl Mäuselöcher pro m² überprüft. Auf Basis der drei Boniturtermine zeichnen sich wesentliche Faktoren der Mäuse-Parameter in folgenden Bereichen ab:

- Boden: Bei höherem Sandanteil und geringeren Ackerzahlen wurden weniger Mäuseschäden beobachtet.
- Anbaugeschichte: Bei Luzerneanbau in der Vergangenheit traten etwas mehr Mäuseschäden auf.
- Saattermin: Besonders Frühjahrssaaten aber auch früh angesäte Sommersaaten wiesen mehr Mäuseschäden auf als spätere Sommersaaten.
- Saat: Blanksaaten wiesen im Mittel weniger Mäuseschäden auf als Saaten mit Deckfrucht. Auch bei Walzen nach der Saat war der Besatz mit Mäusen geringer.
- Winter nach der Saat bzw. vor dem Untersuchungsjahr: Sowohl Winter mit sehr kalten Tagen (< -10 Minimum) als auch Winter mit vielen warmen Tagen (> 5° C) waren mit einem geringeren Mäusebesatz verbunden.
- Untersuchungsjahr: Die Ausbringung stickstoffhaltiger Düngemittel führte zu geringerem Unkrautbesatz. Grasreiche Bestände wiesen im Mittel den geringsten, luzernereiche Bestände den höchsten Unkrautdeckungsgrad auf.
- Untersuchungsjahr: bei der Sommerbonitur waren nach feuchtem Frühjahr weniger Mäuse zu beobachten als nach trockenem Frühjahr.

4.5 Einflussgrößen auf die Futtermittelqualität

Bei jeder Handernte wurden zwei Mischproben des frischen Schnittguts auf diverse Parameter der Futtermittelqualität untersucht und die Ergebnisse jeweils gemittelt. Im Folgenden wird in erster Linie auf den Rohprotein- und den Energiegehalt der Trockenmasse eingegangen. In den Abbildungen 71 bis 73 ist die Streubreite dieser Parameter bei den untersuchten Proben dargestellt. Für die Bewertung des Energiegehalts wurde die Netto-Energie-Laktation (NEL) gewählt. Zusätzlich ist auch der Gehalt an ADF_{om} (Acid Detergent Fibre/Säure Detergentien Faser) dargestellt. ADF_{om} ist der maßgebliche Faktor bei der Berechnung von NEL (r^2 0,98). Zusätzlich gehen in die NEL-Berechnung die Parameter Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Gasbildung ein.

Bei allen Parametern zeigen sich neben der großen Streubreite deutliche Einflüsse der Schnitttermine auf die mittleren Gehalte. Beim Rohproteingehalt sind auch klare Unterschiede zwischen den drei Zusammensetzungsgruppen (Abb. 71) zu erkennen. NEL und ADF_{om} lagen bei den beiden Untersuchungslaboren auf unterschiedlichen Niveaus (Abb. 72 & 73).

Für Rohprotein- und NEL-Gehalt wurden mögliche, wesentliche Faktoren mit Korrelationsanalysen identifiziert, mit Streudiagrammen und dem SPPS-Kurvenanpassungstool überprüft und in multiplen Regressionsmodellen zusammengefasst. In einem weiteren Schritt wurden die Residuen des Regressionsmodells mit Korrelationsanalysen auf weitere mögliche Faktoren geprüft (Kap. 4.5.1 & 4.5.2). In Kapitel 4.5.3 wird auf den Anteil an geernteter Biomasse mit hohem Protein- und Energiegehalt je Bestand eingegangen.

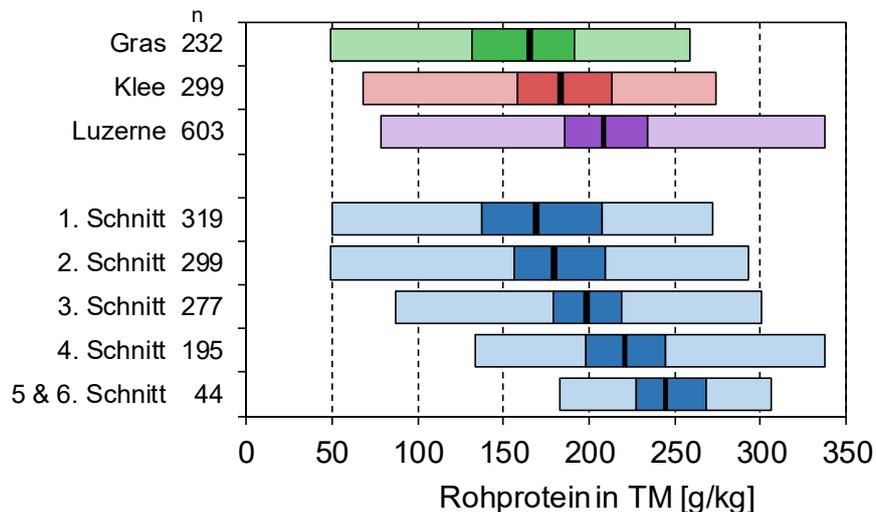


Abb. 71: Boxplots des Rohproteingehalts (in TM) des frischen Ernteguts; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

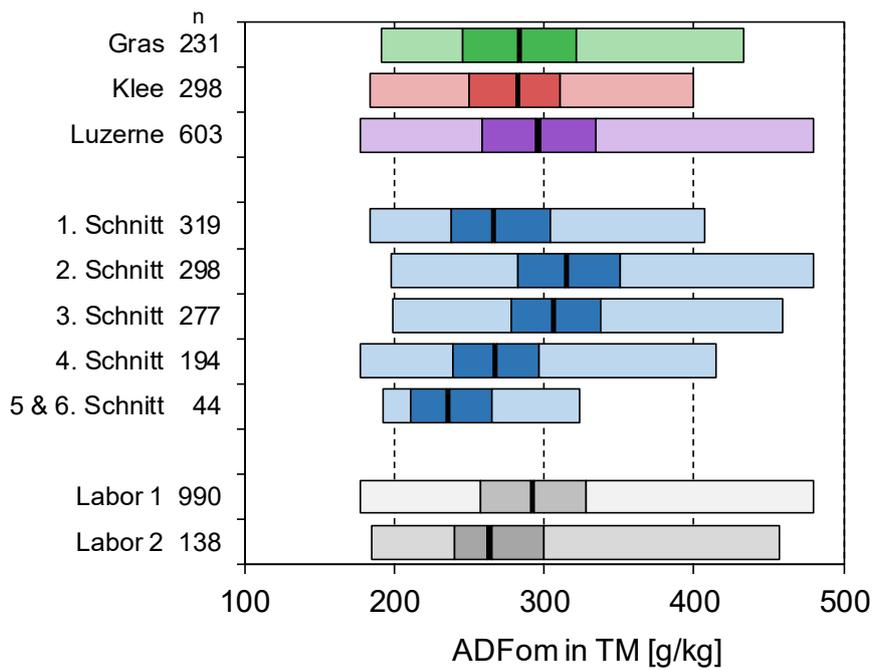


Abb. 72: Boxplots des Gehalts an ADF_{om} (in TM) des frischen Ernteguts; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

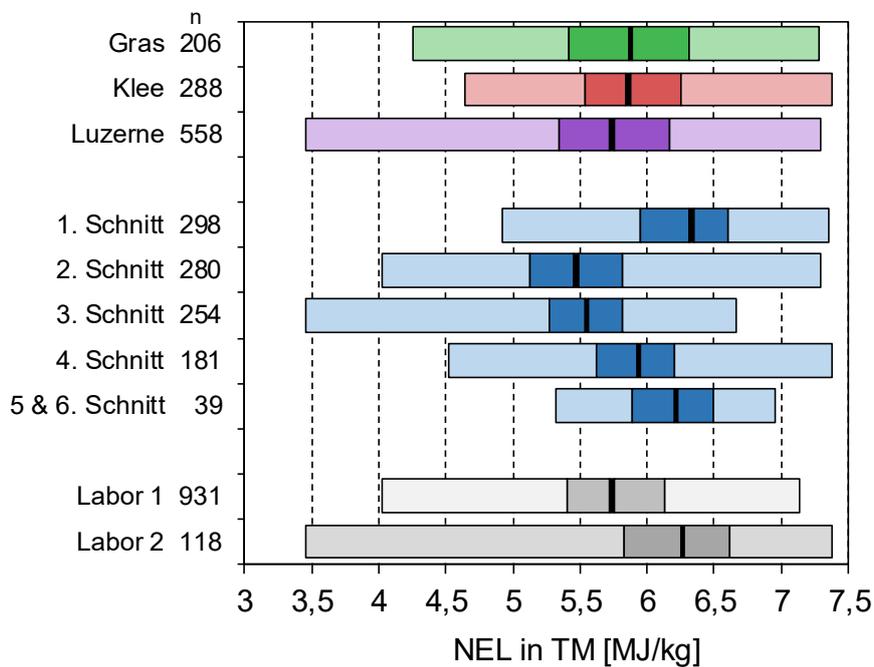


Abb. 73: Boxplots des NEL-Gehalts (in TM) des frischen Ernteguts; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

4.5.1 Rohproteingehalt

Im Regressionsmodell wurden die Faktoren Leguminosenanteil, Schnittnummer und Pflanzenstadium bzw. Aufwuchszeitraum als die wichtigsten Faktoren des Rohproteingehalts ermittelt (Tab. 49). Zusätzlich wurden Parameter aus den Bereichen Bestandesqualität, Wasserversorgung, Anbaugeschichte und Boden in das Regressionsmodell integriert. Damit konnten fast zwei Drittel der Streuung erklärt werden.

Die Korrelationsanalyse der Residuen ergab nur wenige weitere signifikante und plausible Faktoren. Obwohl Aufwuchszeitraum und Stadium der Leguminosen zum Schnittzeitpunkt schon im Regressionsmodell enthalten sind, ergaben die Residuen noch signifikante negative Korrelationen mit dem Trockenmasseertrag und der Bestandeshöhe. Weiterhin wiesen Gemenge mit deutschem Weidelgras häufig höhere Proteingehalte auf als Gemenge mit welschem Weidelgras.

Tab. 49: Signifikante Faktoren des Rohproteingehalts; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	1111		
r ²	0,64		
Konstante		+145,4 g/kg	
Leguminosenanteil	+0,52	+8,1 g/kg pro 10 %	0 – 100 %
Schnitt-Nr. ab 2. Schnitt	+0,33	+16,1 g/kg pro Schnitt	
Stadium der Leguminosen ²	-0,20	-9,2 g/kg pro Stadiums-Stufe	1 – 4
Aufwuchszeitraum Tage >5° C bis 70 Tage	-0,20	-7,0 g/kg pro 10 Tage	17 – 70 Tage
Boden ohne Bewuchs	-0,17	-9,4 g/kg pro 10 %	0 – 53 %
∅ Evapotranspiration bis 3mm/Tag	-0,11	-7,8 g/kg pro 1 mm	0,7 – 3,0 mm/Tag
Zusammensetzung ³	+0,09	+7,9 g/kg bei Luzerne	57 % Luzerne domin.
Rotkleeanbau vor über 10 J.	-0,09	-8,2 g/kg bei Rotkleeanbau	34 % Mit Rotkleeanb.
Schwefel im Boden bis 10 mg/kg	+0,07	+1,4 g/kg pro 1 mg/kg S	1,8 – 10,0 mg/kg

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² 1: vor Knospe, 2: Knospe, 3: Blüte, 4: abgeblüht

³ Klee oder Luzerne dominante Leguminose

4.5.2 Energiegehalt (NEL)

Neben der Schnittnummer wurden im Regressionsmodell für NEL als wesentlicher Faktor der Komplex Aufwuchszeitraum/Pflanzenstadium ermittelt (Tab. 50). Daneben wurden nur noch die Faktoren Wasserversorgung und Untersuchungslabor integriert. Damit konnte circa die Hälfte der Streuung erklärt werden.

Tab. 50: Signifikante Faktoren des Energiegehalts (NEL); Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	975		
r ²	0,52		
Konstante		+7,3 MJ/kg	
1. Schnitt	+0,55	+0,56 MJ/kg beim 1. Schnitt	
∅ Evapotranspiration	-0,24	-0,16 MJ/kg pro mm/Tag	0,7 – 4,7 mm/Tag
Aufwuchszeitraum Tage >5° C bis 50 Tage	-0,24	-0,19 MJ/kg pro 10 Tage	17 – 50 Tage
Labor (Labor 1 & Labor 2)	+0,22	+0,38 MJ/kg bei Labor 2	
Stadium der Leguminosen ²	-0,18	-0,11 MJ/kg pro Stadiums-Stufe	1 – 4
Schnitt-Nr. ab 3. Schnitt	+0,16	+0,18 MJ/kg pro Schnitt	
Stadium der Gräser ³	-0,11	-0,08 MJ/kg pro Stadiums-Stufe	1 – 3

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² 1: vor Knospe, 2: Knospe, 3: Blüte, 4: abgeblüht

³ 1: keine Ähren, 2: wenig Ähren, 3: viele Ähren

Die Korrelationsanalyse der Residuen ergab eine Vielzahl weiterer möglicher Faktoren von NEL aus den Bereichen Boden, Saatgutzusammensetzung, Bewirtschaftung, Witterung und Bestandeseigenschaften (Tab. 51), Die erwartete positive Korrelation von Grasanteil im Erntegut und NEL war bei der Analyse mit den Residuen nicht mehr signifikant, mit dem Grasanteil im Saatgut wurden jedoch signifikante Korrelationen gefunden.

Obwohl auch hier Aufwuchszeitraum und Pflanzenstadium zum Schnittzeitpunkt schon im Regressionsmodell enthalten sind, ergaben die Residuen signifikante negative Korrelationen mit dem Trockenmasseertrag, der Bestandeshöhe und bei einzelnen Gruppierungen auch mit dem Aufwuchszeitraum und dem Stadium. Weiterhin wiesen Gemenge mit deutschem Weidelgras häufig höhere Energiegehalte auf als Gemenge mit welschem Weidelgras.

Tab. 51: Signifikante Korrelationen der Residuen des Regressionsmodells von NEL (siehe Text) mit weiteren möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizient r

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt		
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3
n	976	223	294	459	298	256	422
Tonanteil	+0,07	+0,11	+0,10	+0,11			+0,13
pH-Versorgungsstufe				+0,13			
C/N-Verhältnis	-0,06		-0,12	-0,09			-0,12
Saatgut Leguminosenanteil	-0,13	-0,21	-0,20	-0,10	-0,21		
Luzerne / Rotklee	-0,22	-0,33	-0,19	-0,16		-0,32	-0,11
Grasanteil	+0,20	+0,20	+0,22		+0,22	+0,19	+0,18
Anteil dt. Weidelgras ²	+0,21	+0,24	+0,19		+0,30	+0,22	+0,14
Vorjahr ³ Aufwuchszeit- raum 4. Schnitt	+0,16	+0,20	+0,16		+0,29		
N-Düngung	+0,10			-0,14	+0,20		
Vorwinter Ø Temp. Tage >5° C	-0,09		-0,24	-0,12			-0,19
Tage < -10° C (min.)	-0,14		-0,12	-0,23	-0,26	-0,14	
Σ Niederschlag		-0,13	-0,11		+0,11	-0,14	-0,12
Aktuelle N-Düngung	+0,09	+0,18			+0,15		+0,10
Aufwuchszeitraum Tage > 5° C	-0,07			-0,08	-0,43	-0,24	+0,17
Ø Temp. Tage >5° C	-0,09	-0,18	-0,11		-0,25	-0,27	-0,15
Tage > 30° C (max.)						-0,19	
Σ Niederschlag	-0,08			-0,15		-0,12	
Schnittzeitpunkt Bestandeshöhe	-0,35	-0,16	-0,18	-0,44	-0,65	-0,20	-0,26
TM-Ertrag	-0,26	-0,44	-0,22	-0,25	-0,11	-0,15	-0,37
Stadium Leg. ⁴					-0,21		
Stadium Gräser ⁵		-0,17			-0,18		
Leguminosenanteil		+0,16			-0,10		
Kraut & Unkraut		-0,20				-0,14	
Nekrotische Blätter					-0,21	-0,24	

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² ab 40% Anteil dt. Weidelgras

³ Nur Bestände ab 2. Hauptnutzungsjahr

⁴ 1: vor Knospe, 2: Knospe, 3: Blüte, 4: abgeblüht

⁵ 1: keine Ähren, 2: wenig Ähren, 3: viele Ähren

4.5.3 „Qualitätsfutter“

Für die Prüfung des Anteils an Erntegut mit sowohl hohem Rohprotein- als auch hohem Energiegehalt wurden die einzelnen Schnitte in zwei Gruppen unterteilt. Als „Qualitätsfutter“ wurden alle Schnitte mit mehr als 170 g/kg TM Rohprotein und mehr als 6 MJ/kg TM NEL eingestuft. Dabei muss beachtet werden, dass es sich um die frischen Aufwüchse zum Schnittzeitpunkt handelt und im Rahmen der Konservierung mit Qualitätsverlusten zu rechnen ist. In den Abbildungen 74 und 75 sind sowohl die absoluten Summen an „Qualitätsfutter“ eines Jahres als auch der Anteil am Jahresertrag dargestellt.

Im Mittel über alle untersuchten Bestände mit mehr als einem Schnitt (n 313) wurden pro Jahr 20 dt/ha TM „Qualitätsfutter“ geerntet. Der Anteil am Jahresertrag betrug damit im Durchschnitt 20 %. Bei 43 % der Bestände wurden übers Jahr zu keinem Schnittzeitpunkt die Kriterien für „Qualitätsfutter“ erreicht.

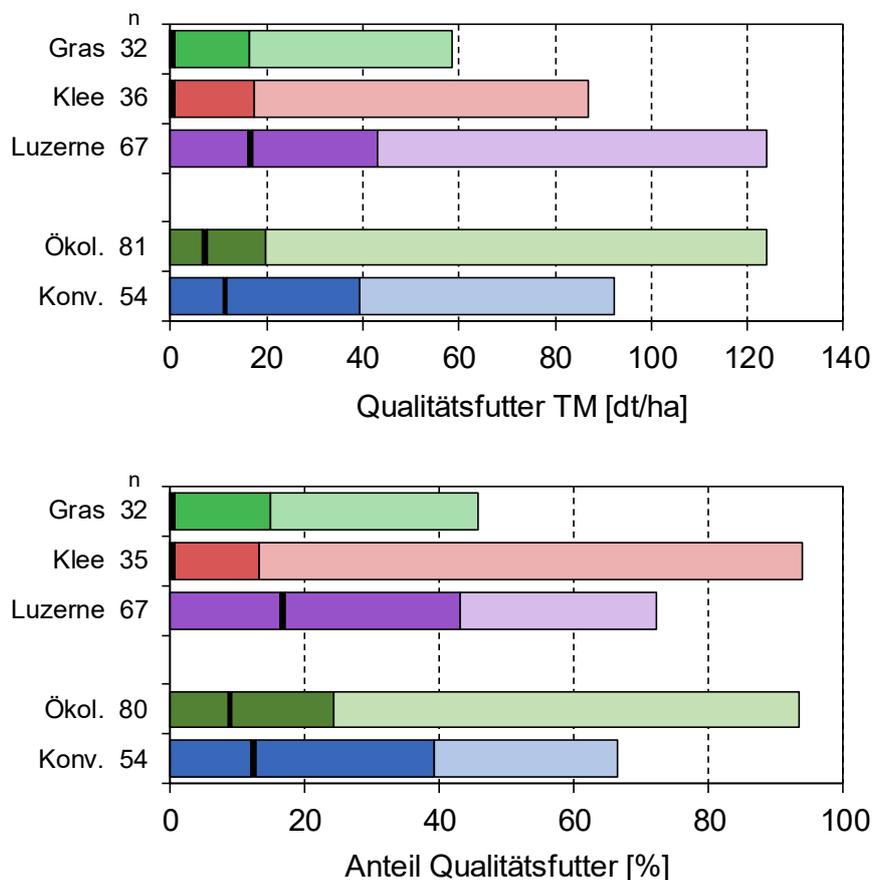


Abb. 74: Boxplots von Qualitätsfutter (> 170 g/kg Rohprotein & > 6 MJ/kg NEL) im ersten Hauptnutzungsjahr; oben Summe und unten Anteil vom Jahresertrag; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

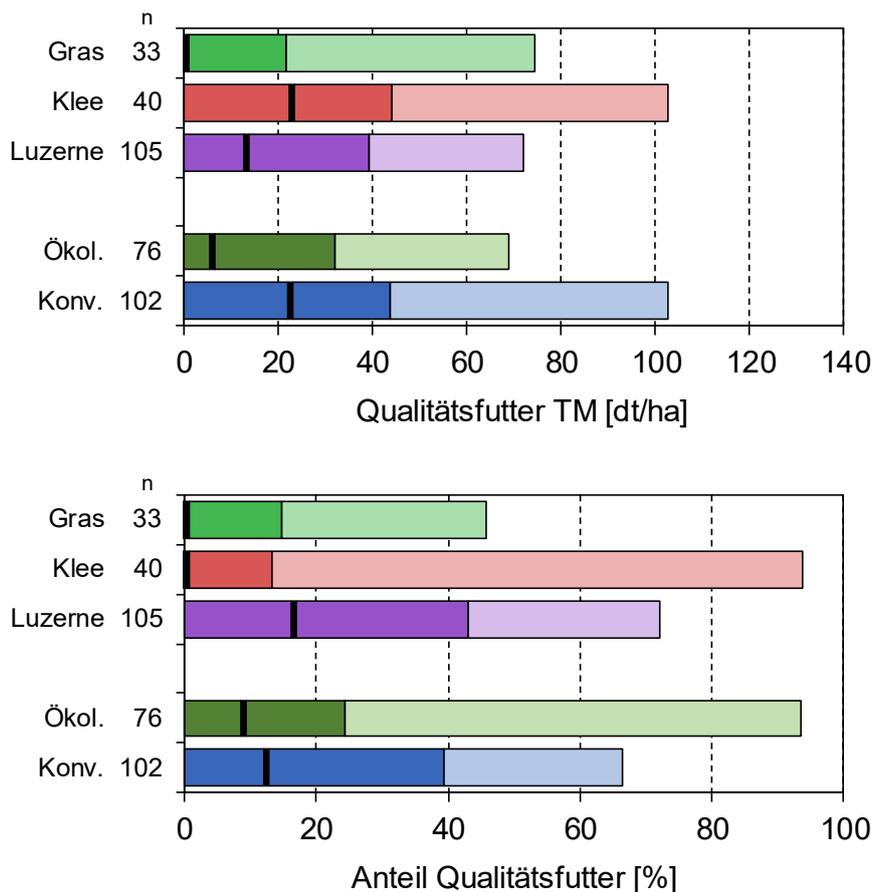


Abb. 75: Boxplots von Qualitätsfutter (> 170 g/kg Rohprotein & > 6 MJ/kg NEL) ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr; oben Summe und unten Anteil vom Jahresertrag; Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Da davon ausgegangen wurde, dass im ersten Hauptnutzungsjahr die Saatbedingungen einen stärkeren Einfluss auf die Qualität des Ernteguts haben erfolgte eine getrennte Auswertung des ersten und der späteren Hauptnutzungsjahre.

Die Ergebnisse der multiplen Regression zeigen, dass Bestände die im Frühjahr gesät wurden, Luzerne als dominante Leguminose enthielten und häufiger geschnitten wurden, im ersten Hauptnutzungsjahr einen höheren Anteil an „Qualitätsfutter“ erzielten (Tab. 52).

Ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr waren die Schnitthäufigkeit, der Leguminosenanteil im Erntegut und Bestände mit Rotklee als dominanter Leguminose positiv mit dem Anteil „Qualitätsfutter“ verbunden (Tab. 53).

Allerdings lag das r^2 bei beiden Regressionsmodellen auf niedrigem Niveau. Weitere mögliche Zusammenhänge mit dem Anteil „Qualitätsfutter“ ergaben die Korrelationsanalysen mit den Residuen der Regressionsmodelle (Tab. 54). Einen deutlichen Effekt unterschiedlicher Betriebstypen auf den Anteil „Qualitätsfutter“ war statistisch nicht zu erkennen. In Einzelfällen zeigte sich ein Einfluss der Nutzung. So waren auf Betrieben mit Heuwerbung und mit der Produktion von Pferdefutter die Nährstoffkonzentrationen geringer als bei Betrieben mit Futterproduktion für Milchvieh.

Tab. 52: Signifikante Faktoren des Anteils „Qualitätsfutter“ (siehe Text) im ersten Hauptnutzungsjahr; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	133		
r ²	0,17		
Konstante		-0,9 %	
Saat im Frühjahr	+0,26	+12,1 % bei Frühjahrssaat	32 % Frühjahrssaat
Luzerne dominante Leguminose ²	+0,25	+10,6 % bei Luzerne	49 % Luzerne domin.
Anzahl Schnitte pro Jahr bis 4. Schnitt	+0,22	+9,0 % pro Schnitt	2 – 4 Schnitte

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Tab. 53: Signifikante Faktoren des Anteils „Qualitätsfutter“ (siehe Text) ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr; Beta-Werte, Konstante und quantitative Ertragseffekte eines multiplen Regressionsmodells, sowie relevante Spannweite der Faktoren

Faktor	Beta ¹	Quantitative Effekte	Spannweite
n	177		
r ²	0,12		
Konstante		-23,9 %	
∅ Leguminosenanteil	+0,45	+4,5 % pro 10 % Leg.-Anteil	14 – 100 %
Luzerne dominante Leguminose ²	-0,29	-14,3 % bei Luzerne	64 % Luzerne domin.
Anzahl Schnitte pro Jahr bis 4. Schnitt	+0,16	+6,0 % pro Schnitt	2 – 4 Schnitte

¹ standardisierte Gewichtung der Faktoren (je näher an 0 umso geringer die Gewichtung)

² > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

Tab. 54: Signifikante Korrelationen der Residuen des Regressionsmodells vom Anteil „Qualitätsfutter“ (siehe Text) mit weiteren möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizient r

Faktor	1. Hauptnutzungsjahr	ab 2. Hauptnutzungsjahr
n	134	175
Ökologische Bewirtschaftung		-0,15
Vorheriger Winter: Temperatursumme, Tage > 5° C		-0,23
Vorheriger Winter: Tage < -5° C (min.)	-0,25	-0,16
Nach Winter: Ungleichmäßiger Bestand	-0,27	
Nach Winter: Leguminosendeckungsgrad	+0,29	
Nach Winter: Homogenität der Leguminosen		+0,15
1. Schnitt: Aufwuchszeitraum	-0,17	-0,20
1. Schnitt: ∅ Niederschlag	-0,32	-0,29
Sommer: Ungleichmäßiger Bestand		-0,19
Vegetationsbeginn bis letzter Schnitt: Tage Evapotranspiration aktuelle < potentielle	+0,25	
Vegetationsbeginn bis letzter Schnitt: ∅ aktuelle Evapotranspiration		-0,16

Die Abbildung 71 und 73 und weitere statistische Auswertungen (nicht dargestellt) zeigen, dass das nicht Erreichen der „Qualitätsfutter“-Gehalte vor allem mit zu geringen Rohproteingehalten und, zu einem geringeren Maße, auch mit geringen NEL-Gehalten im ersten Schnitt zusammenhängt. Aufgrund der im Mittel geringeren Erträge spielt die Qualität der weiteren Schnitte eine weniger wichtige Rolle. Bei diesen Schnitten ist meist ausreichend Rohprotein vorhanden, limitierend sind dann die NEL-Gehalte.

4.6 Umbruch und Nachfrucht

Bei der Abfrage von Daten zur Nachfrucht von untersuchten Beständen mit feinkörnigen Leguminosen beteiligten sich nur 19 Betriebe. Insgesamt konnten 37 Fälle ausgewertet werden, allerdings zum Teil mit unvollständigen Angaben. Eine statistische Auswertung hinsichtlich möglicher Vorfruchteffekte war auf Basis dieser Datengrundlage nicht möglich. Im Folgenden werden einzelne Punkte der Bewirtschaftung von Umbruch bis Nachfruchernte als in der Praxis vorkommende Beispiele vorgestellt.

Der Umbruch erfolgte fast je zur Hälfte der Fälle nach dem ersten Hauptnutzungsjahr bzw. dem zweiten Hauptnutzungsjahr, nur in zwei Fällen lag die Nutzungsdauer über zwei Jahren. Der Umbruch erfolgte zum Großteil als heiler Umbruch mit dem Pflug und zu einem geringeren Anteil mit flacher Bodenbearbeitung (Scheibenegge oder Grubber) vor der Grundbodenbearbeitung (Abb. 76). Die maximale Bearbeitungstiefe vom Umbruch bis zur Saat der Nachfrucht reichte von 7 cm bis 30 cm (Abb. 77).

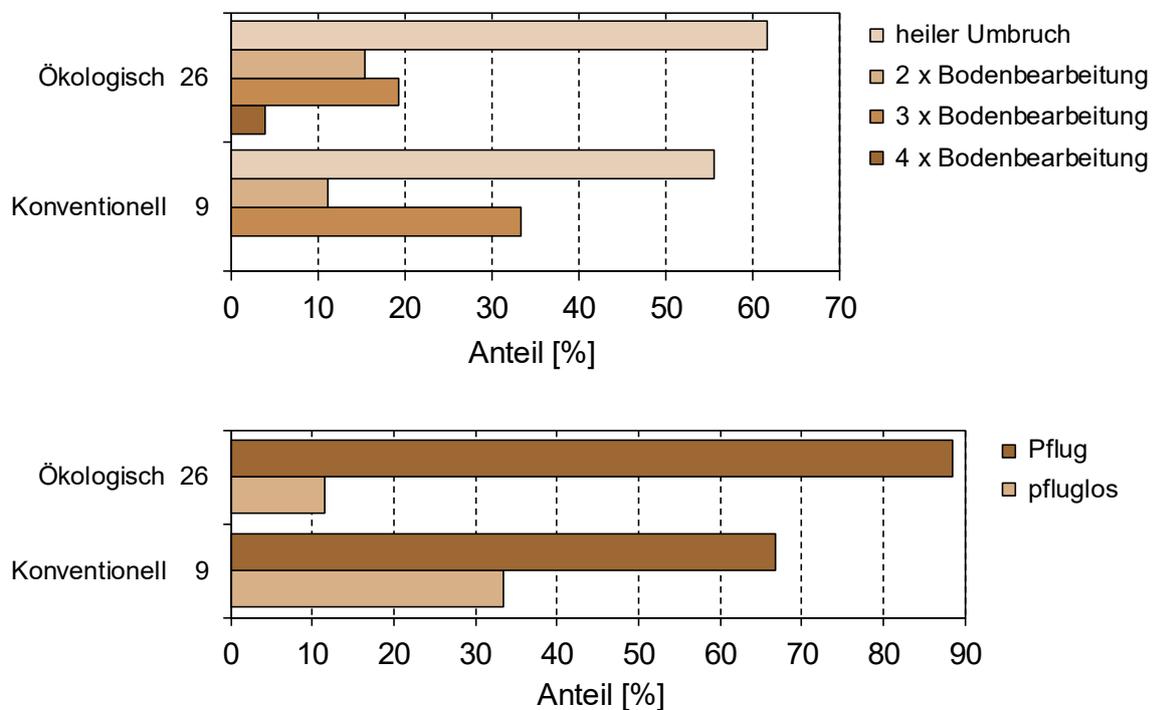


Abb. 76: Oben: Arbeitsgänge beim Umbruch (bis zur Grundbodenbearbeitung), heiler Umbruch erfolgte ohne Vorbearbeitung mit dem Pflug; unten: Art der Grundbodenbearbeitung

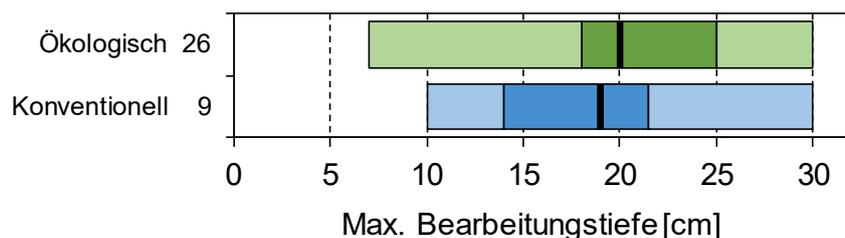


Abb. 77: Boxplots der maximalen Bodenbearbeitungstiefe vom Umbruch bis zur Saat der Nachfrucht

Die Mehrzahl der Bestände wurden im Herbst umgebrochen und danach Wintergetreide gesät (Abb. 78). Nur in einem Fall mit Umbruch im Herbst wurde danach eine Zwischenfrucht gesät und im folgenden Jahr Mais abgebaut.

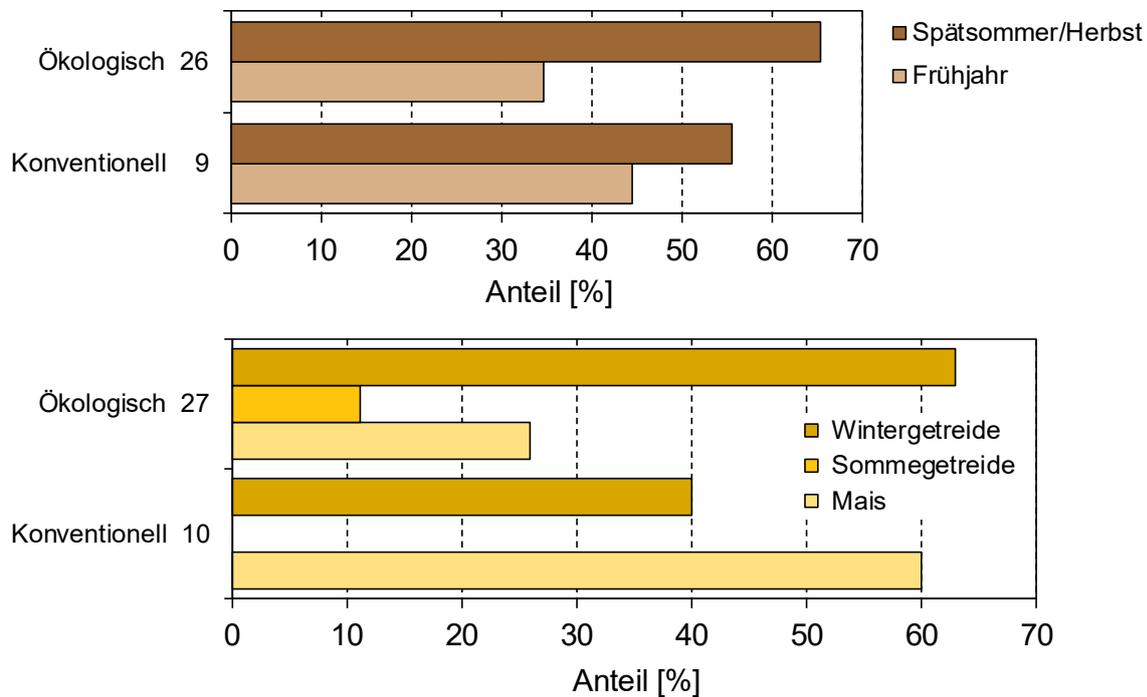


Abb. 78: Oben: Umbruchzeitpunkt; unten: nach Umbruch angebaute Kulturen

Trotz der geringen Anzahl an Fällen wurde versucht mit statistischen Mitteln wesentliche Faktoren des Ertrags der Nachfrüchte (in Getreideeinheiten) zu ermitteln. Dabei konnten zwei signifikante Faktoren von ungefähr ähnlicher Bedeutung identifiziert und in einem multiplen Regressionsmodell zusammengefasst werden (nicht dargestellt). Sommerfrüchte, vor allem Mais, hatten im Mittel einen höheren Ertrag als Wintergetreide. Daneben hatte nur die Menge gedüngten Stickstoffs einen signifikant positiven Einfluss auf den Ertrag (Abb. 79). Weder Eigenschaften des vorhergehenden Bestandes mit kleinkörnigen Leguminosen, z. B. Nutzungsjahre, Leguminosenanteil oder Ertrag, oder des Umbruchs, z.B. Bodenbearbeitungstiefe oder zeitlicher Abstand von Umbruch und Saat (Abb. 80) hatten signifikante Auswirkungen auf den Ertrag. Um trotz der unterschiedlichen Nachfrüchte, Umbruchformen und Standortbedingungen solche Einflüsse belegen zu können wären deutlich mehr Fälle notwendig und zudem die Ermittlung des Stickstoffmineralisationsverlaufs wünschenswert.

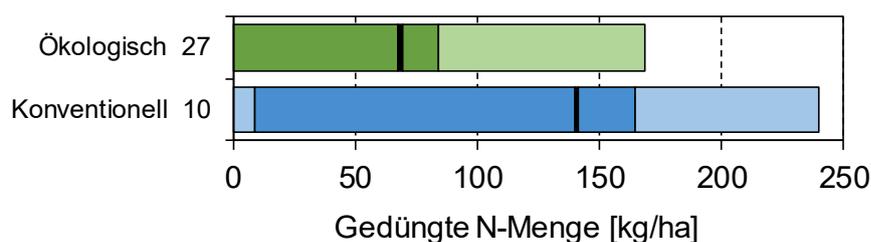


Abb. 79: Boxplots der gedüngten Stickstoffmenge zwischen Umbruchzeitpunkt und Ernte der Nachfrucht

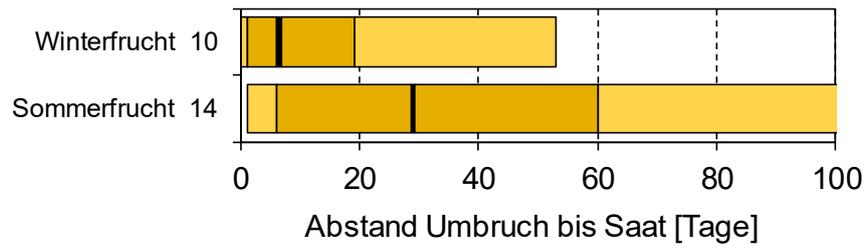


Abb. 80: Boxplots des Zeitraums zwischen Umbruch der Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen und Saat der Nachfrucht (bei Sommerfrucht ein Fall mit 248 Tagen: Umbruch im Herbst, Zwischenfruchtanbau, Mais im Folgejahr)

5 Zusammenfassende Diskussion

Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse des Projekts zu Einflussfaktoren einzelner Zielgrößen zusammengefasst und diskutiert. Dabei werden jeweils die Resultate aus verschiedenen Ergebniskapiteln für einzelne Einflussbereiche kombiniert.

Bei allen Ergebnissen zu den statistisch ermittelten Faktoren einzelner Zielgrößen muss beachtet werden, dass signifikante Korrelationen und Regressionen zwar die Signifikanz und damit die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhangs aufzeigen aber keinen Nachweis für die Kausalität eines Zusammenhangs darstellen. Die im Folgenden diskutierten Faktoren müssen somit als Hinweise auf mögliche kausale Einflüsse gesehen werden.

Im Vergleich zu den exakteren Ergebnissen faktorieller Feldversuche bieten die Ergebnisse jedoch den Vorteil, dass sie unter Praxisbedingungen erhoben wurden und somit den Anbau kleinkörniger Leguminosen in der Praxis widerspiegeln. Zudem konnten mit dem Praxisforschungsansatz auch eine Vielzahl unterschiedlicher Standort- und Umweltbedingungen berücksichtigt werden.

5.1 Einflussgrößen auf den Ertrag

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zu Faktoren des Ertrags von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen zusammengefasst und diskutiert. Die Erträge wurden durch Handernt in einem Messbereich des Bestandes vor dem Praxisschnitt ermittelt. Sie können somit als Ertragspotentiale der unterschiedlichen Bestände gesehen werden. Dieser Weg wurde gewählt, da in der Praxis selten verlässliche Daten zu Futtererträgen vorliegen.

Neben der gemeinsamen statistischen Auswertung aller untersuchten Fälle wurden zum Teil auch verschiedene, als sinnvoll getestete Untergruppen geprüft. Das waren die einzelnen Schnittnummern und Hauptnutzungsjahre sowie der Saatzeitraum (Frühjahr oder Sommer) und die Artenzusammensetzung. Als relevant und praktikabel erwies sich bei der Artenzusammensetzung die Aufteilung in folgende drei Gruppen:

- Gras: Bestände mit mehr als 50 % Gräser in der Frischmasse (FM, gewichtetes Jahresmittel);
- Klee: über 50 % Leguminosen in der FM, Kleeanteil im Saatgut höher als Luzerneanteil;
- Luzerne: über 50 % Leguminosen in der FM, Luzerneanteil im Saatgut höher als Kleeanteil.

Die ermittelten Faktoren werden im Folgenden nach verschiedenen Bereichen geordnet diskutiert. Eine Übersicht zu den wesentlichen Ertragsfaktoren gibt Tabelle 55 auf Seite 133.

5.1.1 Bewirtschaftungsgeschichte

Bei Betrachtung der Bewirtschaftungsgeschichte erwies sich der Unterschied zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung als gravierender Einfluss. Schon die undifferenzierte Auswertung des Jahresertrags ergab ein geringeres Ertragsniveau der Öko-Bestände im Vergleich zu den konventionell bewirtschafteten Beständen. Dieses Ergebnis wiederholte sich auch bei der Auswertung der Schnittertragsresiduen des Regressionsmodells mit den „Basis-Faktoren“ (Kap. 4.2.2.1), sowohl gesamthaft als auch bei den verschiedenen

Untergruppen (Schnitte, Artenzusammensetzung, etc.). Es wurde ein mittlerer Ertragsunterschied von ca. 10 % festgestellt. Dieser Effekt wurde im Wesentlichen über beide Saatzeiträume (Frühjahr oder Sommer), alle Hauptnutzungsjahre und Schnitte wirksam.

Ein kleiner Teil der Ertragsunterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung konnte auf die Unterschiede in der Artenwahl zurückgeführt werden. Auf den konventionellen Betrieben wurde häufiger die im Mittel im Vergleich zu Rotklee ertragreichere Luzerne angebaut, auch waren die Leguminosenanteile in Gemengen dort häufig höher als bei den Öko-Beständen. Als eine weitere mögliche Ursache der Ertragsunterschiede wurde ein etwas geringerer Versorgungszustand mit den Bodennährstoffen Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel identifiziert sowie eine im Mittel höhere Stickstoffzufuhr mit Düngemitteln bei konventioneller Bewirtschaftung.

Aber auch bei Berücksichtigung der genannten Faktoren blieb ein deutlicher Unterschied zwischen den Ertragsniveaus bestehen. Ergebnisse von Korrelationsanalysen weisen auf den Leguminosenanbau in der Vorgeschichte als wesentlichen Faktor dieses Ertragsunterschieds hin. Dabei ergeben sowohl der zeitliche Abstand zur letzten kleinkörnigen Leguminose, als auch ihr Anbauanteil signifikante Korrelationen. Bei größerem Abstand und geringerem Anteil waren die Erträge im Mittel höher. Der Anbau von Rotklee in der Vorgeschichte zeigte deutlich stärkere Effekte als der von Luzerne.

Die schlechtere Homogenität der Leguminosen im Bestand nach Winter bei hohem Anteil kleinkörniger Leguminosen in der Anbaugeschichte ist ein weiterer Hinweis auf einen Fruchtfolgeeffekt. Anzeichen von bekannten Fruchtfolgekrankheiten, wie z. B. Kleekrebs, wurden jedoch nicht beobachtet.

Neben der Anbaugeschichte ergab auch die Saatgutherkunft, ökologisch oder konventionell, eine signifikante Korrelation mit dem Ertrag. Da jedoch Leguminosenanteil, ökologische Wirtschaftsweise und Saatgutherkunft eng interkorrelieren ist eine klare Zuordnung von Effekten nicht möglich.

Bei den drei Zusammensetzungsgruppen ergaben die Korrelationsanalyse unterschiedliche Ergebnisse. Ein deutlicher Unterschied zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung war nur bei den grasreichen und den luzernedominanten Beständen zu erkennen. Die oben beschriebenen Fruchtfolgeeffekte waren vor allem bei den luzernedominanten Beständen deutlich. Aber auch bei den rotkleedominanten Beständen und selbst bei den grasreichen Beständen weisen die Ergebnisse der Statistik auf ähnliche Effekte.

Weitere Untersuchungen hinsichtlich möglicher kausaler Zusammenhänge von Leguminosenanbaugeschichte und Ertrag sind notwendig um Konsequenzen für die Fruchtfolgegestaltung ableiten zu können. Die vorgestellten Ergebnisse weisen darauf hin, dass in Fruchtfolgen mit hohem Anteil an kleinkörnigen Leguminosen, vor allem von Rotklee, mit leichten Ertragsinbußen gerechnet werden muss, die sich besonders deutlich bei Luzerne bemerkbar machen. Frühwirth (2021) fordert beim Luzerneanbau einen Anbauabstand von sechs Jahren zu vorheriger Luzerne und von vier Jahren zu vorherigen Beständen mit Kleearten. Die vorliegenden Ergebnisse weisen auf längerfristige negative Effekte vor allem von vorherigem Rotkleeanbau hin.

Über die Wirtschaftsform und den Leguminosenanbau hinaus gab es kaum Hinweise auf einen Einfluss der Anbaugeschichte auf den Ertrag von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen. Nur bei der Bonitur des Kulturzustands gab es positive signifikante Korrelationen mit dem Anbauanteil von Winterfrüchten und Getreide. Ob es sich hierbei um direkte, kausale oder

indirekte Zusammenhänge, z. B. zur Betriebsorganisation handelt konnte nicht ermittelt werden.

5.1.2 Etablierung

Im Folgenden werden mögliche Einflüsse von Bewirtschaftung und Umwelt im Saatjahr auf den Ertrag der Folgejahre erörtert. Die Nährstoffsituation im Boden und die Düngung sind dabei ausgenommen, sie werden in Kap. 5.1.6 behandelt. Von den im Saatjahr erfassten Parametern ergab die Auswertung wenig direkte Zusammenhänge zum Ertrag, deshalb wird hier auch besonders auf mögliche indirekte Zusammenhänge eingegangen. So konnten häufig Zusammenhänge von Bewirtschaftungsmaßnahmen im Saatjahr auf Boniturparameter ermittelt werden, bei denen wiederum Zusammenhänge zum Ertrag bestehen. Ein negativer Zusammenhang zum Ertrag bestand z. B. bei heterogener Verteilung und Entwicklung der Leguminosenpflanzen, hohem Besatz mit Auflaufgetreide und Unkräutern sowie hohem Anteil Boden ohne Bewuchs bzw. Pflanzendeckung (sowohl zu den Boniturterminen als auch zu den Schnittzeitpunkten). Auch ein schlecht bewerteter Kulturzustand, z. B. aufgrund zu dünner, ungleichmäßiger oder sehr jung in den Winter gehender Bestände, war negativ mit dem Ertrag verbunden.

5.1.2.1 Vorfrucht

Ein direkter Einfluss auf die Art der Vorfrucht auf den Ertrag zeigte sich nicht. Allerdings war bei einer Wintervorfrucht häufiger weniger Auflaufgetreide im angesäten Bestand, eine homogenere Verteilung der Leguminosenpflanzen und weniger unbedeckter Boden zu den Schnittzeitpunkten im Folgejahr gegeben als bei Sommerfrüchten. Dies war vor allem bei Sommersaaten zu erkennen. Eine mögliche Ursache des positiven Winterfruchteffekts kann ein früherer Erntetermin der Winterfrüchte sein, verbunden mit mehr Zeit für eine effektive Stoppelbearbeitung und Saatbettbereitung und frühere Saattermine der Leguminosenbestände.

5.1.2.2 Frühjahr- oder Sommersaat

Ein knappes Drittel der untersuchten Bestände wurde im Frühjahr gesät, der Rest im Sommer. Frühjahrssaaten wiesen im Mittel in den Hauptnutzungsjahren höhere Erträge auf als Sommersaaten ($\bar{\varnothing}$ 1,4 dt/ha TM je Schnitt). Einen höheren Ertrag im ersten Hauptnutzungsjahr von Luzerne- und Rotkleegrass bei Frühjahrssaat gegenüber Sommersaat wurde unter anderem auch von Urbatzka et al. (2018) und Schmalzer und Barthelmes (2014) beobachtet. Frühjahrssaaten wurden im Projekt überwiegend bei Luzernebeständen durchgeführt, so dass nur dort dieser Effekt deutlich zu erkennen war. Neben diesem direkten Zusammenhang zeigten sich bei Frühjahrssaat auch geringere Deckungsgrade an Unkraut und Auflaufgetreide im Herbst des Saatjahrs und im folgenden Hauptnutzungsjahr. Im Mittel war jedoch der Besatz mit und die Schädigungen durch Mäuse nach Frühjahrssaaten höher.

5.1.2.3 Deckfrucht oder Blanksaat

Nur 16 % der untersuchten Bestände wurden mit einer Deckfrucht angesät, fast ausschließlich Frühjahrssaaten. Blanksaaten wiesen im Mittel weniger Mäuseschäden und höhere Anteile an unbedecktem Boden (Kahlstellen) zum Schnittzeitpunkt auf als Saaten mit Deckfrucht. Ein

deutlicher, direkter Effekt auf den Ertrag zeigte sich nicht, nur die Untersaaten in Wintergetreide waren tendenziell etwas schlechter als Blanksaaten oder Untersaaten in Sommerfrüchten.

5.1.2.4 Bodenbearbeitung

Eine tiefere Stoppelbearbeitung bzw. Pflügen vor der Saat führten im Mittel zu weniger Unkraut und Auflaufgetreide im Bestand. Die maximale Bearbeitungstiefe ergab zwar keine signifikante Korrelation mit dem Ertrag in den Hauptnutzungsjahren, im Mittel waren die Leguminosen im Bestand aber etwas homogener bei tieferer Bearbeitung (Spannweite von 3 bis 35 cm).

5.1.2.5 Saattermin

Nur bei den Sommersaaten ergab die statistische Auswertung signifikante Zusammenhänge vom Saattermin und Bestandesparametern. Anders als erwartet war kein direkter positiver Zusammenhang der Schnitterträge in den Hauptnutzungsjahren mit einem frühen Saatzeitpunkt statistisch nachweisbar. In einer Reihe von Einzelfällen wurde jedoch beobachtet, dass bei später Sommersaat (Mitte September bis Oktober) die Entwicklung im ersten Hauptnutzungsjahr stark verzögert war. Auch signifikante statistische Zusammenhänge mit Boniturparametern lassen einen Einfluss des Saattermins auf den Ertrag erkennen. Frühere Saattermine und damit mehr Vegetationstage und höhere Temperatursummen bis zum Winter führten häufig zu homogeneren und unkrautärmeren Beständen mit weniger Auflaufgetreide und geringerem Flächenanteil ohne Bewuchs. Früh gesäte Sommersaaten wiesen jedoch wie die Frühjahrssaaten mehr Mäuseschäden auf als Bestände mit späteren Saatterminen. Insgesamt wurden positive Effekte einer frühen Sommersaat beobachtet, die in einigen Anbauanleitungen angegebenen Saat-Zeitfenster (Kap. 2, Tab. 2) konnten jedoch nicht bestätigt werden.

5.1.2.6 Saatgut

Die statistische Auswertung ergab einen signifikanten Zusammenhang von Saatgutherkunft und Ertrag. Im Durchschnitt wurde bei Verwendung von Öko-Saatgut etwas weniger geerntet und der Flächenanteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt war größer. Allerdings kann es sich dabei auch um einen Scheinzusammenhang handeln, da auch andere Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungssystemen ökologisch und konventionell für den Ertragsunterschied verantwortlich sein können, z: B. der Leguminosenanteil in der Fruchtfolge (Kap. 5.1.1).

Die eingesetzte Saatgutmenge variierte in einem weiten Bereich von 12 bis 50 kg/ha (50 % 25-30 kg/ha). Ein deutlicher Ertragseffekt der Saatstärke war nicht erkennbar, der Kulturzustand der Bestände wurde jedoch bei höherer Saatgutmenge oft besser bewertet. Kivelitz (2019) fand für Luzerne in Feldversuchen als ausreichende Saatgutmenge 10 kg/ha. In Anbauanleitungen wird für Klee gras eine Spanne von 12 bis 25 kg/ha angegeben. Bei sorgfältiger Saat und unter Berücksichtigung eines Risikoaufschlags besteht bei der Saatgutmenge auf vielen Betrieben ein Einsparpotential.

Mit der Zusammensetzung des eingesetzten Saatguts gab es eine Reihe von Verbindungen mit dem Ertrag oder mit anderen, mit dem Ertrag zusammenhängenden Parametern.

Der Grasanteil (Gewicht) in den Saatgutpartien variierte von 0 bis 84 %. Höhere Grasanteile im Saatgut waren im Mittel mit etwas geringeren Erträgen der Bestände verbunden.

Aussaatsmischungen mit mehr Luzerne als Rotklee erbrachten im Durchschnitt 3 dt/ha TM Ertrag je Schnitt mehr als bei rotkleedominantem Leguminosenanteil im Saatgut. Übers Jahr lag der Unterschied bei ca. 8 dt/ha TM. Zumindest ein Teil dieses Effekts könnte auf Bewirtschaftungseffekte zurückzuführen sein, da auf den konventionellen Betrieben mehr luzerne- und auf den Öko-Betrieben mehr rotkleedominante Gemenge (bzw. Reinsaaten) angebaut wurden (siehe auch Kap. 5.1.1). Auch Starz et al (2015) beschrieben bei Luzerne ein höheres Ertragsniveau als bei Klee gras, vor allem bei mehrjähriger Nutzung. Urbatzka et al. (2017) fanden hingegen unter südbayrischen Bedingungen im ersten Hauptnutzungsjahr bei Klee gras höhere Erträge als bei Luzerne. Bestände die mit einem hohen Luzerneanteil und geringem Grasanteil im Saatgut gesät wurden, wurden häufig als homogener empfunden, wiesen aber häufig einen höheren Unkrautbesatz und einen höheren Anteil unbewachsenen Bodens auf. Insgesamt wurde der Kulturzustand oft als besser bewertet bei geringerem Saatgutanteil Luzerne und höherem Anteil an Gräsern (vor allem bei deutschem Weidelgras). Dies ist wahrscheinlich auch auf die unterschiedlichen Wuchstypen der einzelnen Gemengepartner zurückzuführen.

Beim genaueren Analysieren des Verhältnisses von Rotklee zu Luzerne in Beständen mit mehr als 50 % Leguminosen deuten sich unterschiedliche Ertragsoptima für die beiden Gruppen kleedominant (ca. 30 % Luzerne & 70 % Rotklee) und luzernedominant (ca. 80 % Luzerne & 20 % Rotklee) an. In der Gruppe mit Beständen über 50 % Gras wurde kein Zusammenhang von Ertrag und Luzerne-Rotklee-Verhältnis festgestellt.

Eine höhere Anzahl Arten (Leguminosen & Gräser) war meist mit einem etwas höheren Ertrag verbunden. Nur bei den luzernedominanten Frühjahrssaaten waren die Erträge dann etwas geringer. Bestände die mit einer geringen Artenzahl im Saatgut angelegt wurden, wiesen häufig einen höheren Anteil unbewachsenen Bodens und einen höheren Unkrautdeckungsgrad auf.

Bei Gemengen mit Rotklee waren hohe Anteile an den regional empfohlenen Sorten (von den Landeseinrichtungen, z.B. LfL, 2014) vor allem nach dem Winter oft mit einer homogeneren Verteilung und Entwicklung der Leguminosen verbunden. Weitere Effekte der Berücksichtigung bzw. Nichtberücksichtigung der Sortenempfehlungen der Ländereinrichtungen waren nicht erkennbar.

Eine Beurteilung einzelner Leguminosensorten und die Zusammensetzung der Grasarten bei Gemengen konnte mit dem Untersuchungsansatz nicht erfolgen, da eine Vielzahl unterschiedlicher Leguminosensorten und Grasarten in unterschiedlichsten Mischungen angebaut wurden, für die jeweils nur geringe Fallzahlen vorlagen. Unterschiedliche Grassorten wurden im Rahmen des Projekts nicht erfasst.

5.1.2.7 Saat

Art und Qualität der Saatbettbereitung, der Saat und direkter Nacharbeiten (z.B. Walzen) haben offensichtlich einen großen Einfluss auf den Erfolg der Bestandesetablierung (siehe auch Kap. 2, Tab. 2). Bei den Untersuchungen konnten die Vorarbeiten und die Aussaat selbst nicht direkt beobachtet werden. Es liegen deshalb nur Aussagen der Betriebe vor, z. B. zur eingesetzten Technik und zur Saattiefe. Die Qualität des Saatbetts und die der Saat sind somit mit den vorliegenden Angaben nicht zu beurteilen. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass ein deutlicher Anteil der großen Streuung der Erträge in den Hauptnutzungsjahren auf eine mehr oder weniger gelungene Etablierung der Bestände zurückzuführen ist.

Die Beobachtungen bei den Herbstbonituren nach Saat zeigen, dass es für die erfolgreiche Etablierung von Beständen mit feinkörnigen Leguminosen keine „Patentrezepte“ gibt. Vielmehr hängt der Erfolg stark von der Wahl an Standort- und Umweltbedingungen angepasster und möglichst optimal durchgeführter Verfahren ab. Vor allem das Erreichen eines gut abgesetzten Saatbetts und die Einhaltung des engen Saattiefenbereichs (1-2 cm, siehe Kap. 2, Tab. 2) scheinen wichtige Erfolgsfaktoren zu sein, die in die Praxis oft nicht optimal umgesetzt werden konnten.

Einen statistisch absicherbaren Einfluss auf den Ertrag hatte die Reihenweite. Vor allem mit Breitsaat angelegte Bestände wiesen im Vergleich zur Drillsaat etwas höhere Schnitterträge in den Hauptnutzungsjahren auf. Ein leicht positiver Effekt zeigte sich aber auch noch bei engerem Reihenabstand im Bereich von 10 bis 16 cm. Der Reihenweiteneffekt war vor allem bei luzernedominanten Beständen zu erkennen.

In einigen Anbauanleitungen wird das Walzen nach der Saat als wichtige Maßnahme empfohlen (z. B. Schulz undatiert, Hartmann 2015). Ein generell positiver Effekt des Walzens, vor und/oder nach der Saat auf die Erträge in den Folgejahren war aus den Projektergebnissen nicht zu erkennen. Es ist davon auszugehen, dass je nach Bodenzustand und Saatbettbereitung Walzen sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Bestandesetablierung haben kann. Walzen nach der Saat war jedoch im Mittel mit einem geringeren Besatz mit Mäusen in den Folgejahren verbunden.

5.1.2.8 Witterung im Saatjahr

Sowohl die Niederschlagsmengen als auch die –verteilung sowie der Temperaturverlauf im Saatjahr wurden intensiv auf Zusammenhänge mit dem Ertrag der Folgejahre geprüft. Obwohl keine Witterungseffekte statistisch abgesichert werden konnten ist davon auszugehen, dass die Witterung im Zusammenspiel mit dem Bodenzustand und der Bewirtschaftung wesentlich am Erfolg der Etablierung beteiligt ist. Mit den erfassten Parametern war jedoch eine Abbildung dieser komplexen Zusammenhänge nicht möglich.

5.1.3 Vorjahresbewirtschaftung

Von den 332 untersuchten Beständen waren 56 % im zweiten oder einem späteren Hauptnutzungsjahr. Bei diesen wurden die vorliegenden Informationen über die Bewirtschaftung im Vorjahr auf Zusammenhänge zum aktuellen Schnittertrag geprüft. Dabei wurden einzelne statistisch signifikante Verbindungen gefunden. Effekte der Düngung werden in Kapitel 5.1.6 behandelt. Daneben weisen die Ergebnisse nur auf Zusammenhänge vom Schnittmanagement des Vorjahrs auf die einzelnen Schnitterträge des Untersuchungsjahres hin.

Die von den Betrieben angegebene Schnitthöhe im Vorjahr lag im Bereich von 5 bis 14 cm, meist jedoch zwischen 7 und 10 cm. Bei den luzernedominanten Beständen war eine größere Schnitthöhe mit etwas höheren Erträgen im Folgejahr aber auch mit leicht erhöhtem Unkrautdeckungsgrad im Frühjahr verbunden. Der Ertragseffekt zeigte sich vor allem ab dem dritten Schnitt. Bei grasreichen Beständen zeigte sich ein gegenteiliger Effekt der vorjährigen Schnitthöhe auf den Ertrag.

Längere Aufwuchszeiträume im Vorjahr beim zweiten und dritten Schnitt hatten bei den grasreichen und den rotkleedominanten Beständen einen positiven Effekt auf den Ertrag und den Kulturzustand im Untersuchungsjahr. Die Zeitspanne variierte bei den untersuchten Beständen von 20 bis 60 Tage. Bei den luzernedominanten Beständen war dieser Zusammenhang nicht zu erkennen, obwohl er dort nach Aussagen der Literatur erwartet wurde (Kap. 2, Tab. 2).

Die Gesamtzahl an Überfahrten bei der Futterwerbung (Schneiden, Wenden, Schwaden, Ernte) im Vorjahr wies hingegen vor allem bei den luzernedominanten Beständen einen negativen Zusammenhang mit dem Ertrag im Untersuchungsjahr auf. Einen ähnlichen Effekt beschreibt auch Simon (1987).

Die Anzahl Schnitte im Vorjahr war zudem negativ mit der Bewertung des Kulturzustands im Untersuchungsjahr verbunden. Das weist auf langfristig negative Auswirkungen einer intensiven Nutzung auf die Entwicklung des Bestandes hin.

5.1.4 Winterwitterung

Im Folgenden wird der Einfluss der Witterung im Winter nach der Saat, auch auf späteren Hauptnutzungsjahre, und der Einfluss der Witterung im Winter vor dem Untersuchungsjahr beschrieben.

5.1.4.1 Winter nach Saat

Warme Winter mit vielen Vegetationstagen ($> 5^\circ$) und wenig Frosttagen nach der Saat hatten im Mittel einen positiven Effekt auf den Ertrag von luzernedominanten Beständen und einen negativen Effekt auf rotkleedominante Bestände. Insgesamt wurde nach warmen Wintern im Frühjahr ein besserer Kulturzustand und homogenere Bestände mit weniger Anteilen unbewachsenen Bodens festgestellt. Es wurden jedoch dann mehr Fraßschäden durch Insekten beobachtet. Je mehr Tage mit starken Frösten auftraten ($< -10^\circ$ Minimumtemperatur) umso weniger Mäusebesatz und –schädigungen wurden durchschnittlich nach dem Winter festgestellt.

Relative nasse Winter hatten weniger Unkraut im Frühjahr zur Folge aber mehr Schäden durch Insektenfraß und andere Schädigungen am Spross (Verfärbungen, Nekrosen).

Effekte der Witterung im Winter nach der Saat auf grasreiche Bestände waren nicht ersichtlich.

5.1.4.2 Winter vor Untersuchung

Bei der Auswertung der Winterwitterung vor den Untersuchungsjahren waren warme Winter insgesamt mit etwas höheren Erträgen und homogeneren Beständen mit einem geringeren Anteil an unbewachsenem Boden verbunden. Besonders deutlich war dabei der Effekt bei Sommersaaten. Auch hier wurden mehr Fraßschäden durch Insekten und andere Schädigungen am Spross (Verfärbungen, Nekrosen) nach warmen Wintern festgestellt.

Niederschlagsreiche Winter hatten bei leguminosenreichen Bestände einen positiven Ertragseffekt, besonders beim ersten Schnitt. Die Homogenität war besser und es gab weniger Flächenanteile ohne Bewuchs.

Effekte der Winterwitterung auf grasreiche Bestände waren nicht ersichtlich.

5.1.5 Wasserversorgung im Nutzungsjahr

In den vier Untersuchungsjahren war der große Einfluss der Wasserversorgung auf die Ertragsbildung der untersuchten Bestände offensichtlich. Vor allem in den Jahren 2020 und 2022, die in vielen Regionen Deutschlands sehr niederschlagsarm waren, konnten trockenheitsbedingte Wuchsdepressionen beobachtet werden.

5.1.5.1 Abschätzung des Einflusses der Wasserversorgung

Bei der Wasserversorgung der Bestände spielen die Wasserspeicherkapazität des Bodens sowie die Niederschlagsmengen und deren Verteilung eine Rolle. Bodenwasser und Niederschlagsmenge ergaben einzeln oder auch in Kombination statistisch kaum Zusammenhänge mit dem Ertrag. Erst die Ergebnisse einer einfachen Wasserbilanz ergaben deutliche Zusammenhänge zur Ertragsbildung. Bei der Wasserbilanz wurden die nutzbare Feldkapazität des Bodens sowie die täglichen Werte für Niederschlag, Temperatur und Globalstrahlung verwendet.

Die nutzbare Feldkapazität wurde nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Ad-hoc-AG Boden, 2005) aus den gemessenen Daten für die Korngrößenverteilung und den Anteil organischer Substanz in den oberen 20 cm sowie der mittleren Eindringtiefe einer 80 cm-Bodensonde abgeleitet. Zusammengefasst ergeben sich hohe Werte für die nutzbare Feldkapazität vor allem bei schluffreichen, tiefgründigen Böden. Bei solchen Böden wurden für ein Meter Tiefe Werte von über 250 l/m² errechnet. Für sandige, tonige und/oder flachgründige Böden lagen die niedrigsten Werte unter 50 l/m². Vor allem in niederschlagsarmen Perioden spielt die Fähigkeit der Böden viel Wasser speichern zu können eine große Rolle für eine gute Wasserversorgung und eine hohe Ertragsbildung.

Als Niederschlagsdaten wurden die Radolan-Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 2024) verwendet. Diese Durchschnittswerte je Quadratkilometer geben zwar nicht exakt die Niederschlagsmenge am Untersuchungsschlag wieder, sind aber meist deutlich standortnäher als Daten der nächstgelegenen Wetterstation. Prinzipiell ist eine gleichmäßige Verteilung der Niederschläge und eine mindestens die Verdunstungsrate erreichende Niederschlagsmenge Voraussetzung für eine nicht durch die Wasserversorgung limitierte Ertragsbildung.

Aus Temperatur- und Strahlungsdaten der nächstgelegenen Wetterstationen des DWD wurde die potentielle Evapotranspiration berechnet. Da die Verdunstung von Pflanzen eng mit der Biomassebildung zusammenhängt (Ehler, 1997), sind spiegelnde Einschränkungen der Verdunstung der Pflanzen Effekte auf den Ertrag wieder. Klee und Luzerne haben im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen einen besonders hohen Wasserverbrauch pro Menge gebildeter Biomasse (Geisler 1980) und sollten somit besonders empfindlich auf eine unzureichende Wasserversorgung reagieren. Eine Wasserversorgung die die Verdunstung der Pflanzen limitiert also unterhalb der potentiellen Evapotranspiration liegt reduziert somit die Ertragsbildung.

Insgesamt ist zu erwarten, dass die Verwendung vor Ort gemessener Daten für die nutzbare Feldkapazität und die Niederschlagsmenge sowie die Einbeziehung von Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und kulturartspezifischen Faktoren bei der Berechnung der potentiellen Evapotranspiration den tatsächlichen Zusammenhang von Ertrag und Wasserversorgung noch besser abgebildet hätte. Der Zusammenhang von Wasserversorgung und Ertrag wird in den vorliegenden Ergebnissen somit eher unterschätzt.

5.1.5.2 Wasserversorgung und Jahresertrag

Betrachtet man die mittlere Wasserversorgung über den gesamten Nutzungszeitraum eines Jahres zeigt sich ein deutlicher Einfluss auf den Jahresertrag. Die Ergebnisse deuten dabei auf eine besonders große Rolle der Bodenqualität hin. Eine Wasserversorgung die eine hohe Verdunstung erlaubte war mit hohen Erträgen verbunden. Übers Jahr ausgewertet zeigten sich keine nachweisbaren Unterschiede in der Wirkung der Wasserversorgung auf unterschiedlich zusammengesetzte Bestände (Gras, Klee, Luzerne, siehe S. 116). Dabei wurden die jeweils besonderen Umstände der einzelnen Schnitte nicht berücksichtigt.

5.1.5.3 Wasserversorgung und Ertrag der einzelnen Schnitte

Über alle 1050 auswertbaren Fälle ergab die multiple Regression mehrere Faktoren des Ertrags mit einem Zusammenhang zur Wasserversorgung. Bei leichten Böden nahmen die Erträge im Mittel mit zunehmendem Sandanteil und damit abnehmender Wasserhaltefähigkeit ab. Einen positiven Zusammenhang wiesen die Niederschlagsmengen über Winter und im Aufwuchszeitraum sowie die Summe der berechneten aktuellen Evapotranspiration auf. Die Anzahl Tage im Aufwuchszeitraum bei denen die Evapotranspiration durch die verfügbare Wassermenge im Boden begrenzt war ergaben hingegen einen negativen Zusammenhang mit dem Ertrag. Die Wirkung dieses Faktors war auch in der Zunahme von unbedeckter Bodenfläche zum Schnittzeitpunkt bei längeren Trockenphasen zu erkennen.

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass der Zusammenhang von Wasserversorgung und Ertrag nicht linear verläuft sondern ab einer bestimmten Höhe der Evapotranspiration kein positiver Effekt zusätzlichen Wassers mehr auftritt.

Die getrennte statistische Auswertung nach Schnittnummer erlaubte es den Einfluss der Wasserversorgung zu differenzieren. Bei allen Schnitten wurde ein starker Zusammenhang mit der Summe der Evapotranspiration im Aufwuchszeitraum gefunden. Während beim ersten Schnitt dafür vor allem die Länge des Aufwuchszeitraums verantwortlich war, nahm bei den weiteren Schnitten die Bedeutung der Wasserverfügbarkeit stark zu. Die Ergebnisse zeigen, dass beim ersten Schnitt in den meisten Fällen das über Winter gespeicherte Bodenwasser für eine gute Wasserversorgung ausreichte. Nur in wenigen Fällen – leichte Böden, trockene Winter und Frühjahrstrockenheit – wurden die Erträge durch Wassermangel limitiert. Da übers Jahr jedoch der erste Schnitt im Mittel die höchsten Erträge erbrachte, war in solchen Fällen der negative Ertragseffekt erheblich. Vom zweiten bis zum vierten Schnitt zeigen die deutlichen Zusammenhänge vom Ertrag mit der Evapotranspirationssumme und/oder dem – mittel, den Niederschlagshöhen und/oder der Bodenqualität den starken Einfluss der Wasserversorgung auf die Ertragsbildung.

Die nach Artenzusammensetzung gruppierte Auswertung ergab bei der multiplen Regression unterschiedliche Ertragsfaktoren. Bei den grasreichen Beständen waren Evapotranspirationssumme und Niederschlagsmenge im Aufwuchszeitraum positive und die Dauer von Trockenphasen negative Faktoren. Bei klee- und luzernedominanten Beständen war zusätzlich noch eine gute Bodenqualität (hohe Ackerzahl bzw. nutzbare Feldkapazität) positiv mit dem Ertrag verbunden. Da bei der Berechnung der Evapotranspiration die Bodenwasserhaltefähigkeit schon berücksichtigt wird, ist dieses Ergebnis ein Hinweis auf die besonders große Bedeutung der Bodenqualität bei der Wasserversorgung leguminosenreicher Futterbestände.

Deutliche Unterschiede zwischen den drei Zusammensetzungsgruppen in der Reaktion auf den Ertragsfaktor Wasserversorgung zeigten sich erst bei der Betrachtung des Parameters Trockenmasseertrag pro Summe aktueller Evapotranspiration. Hier war schon im ersten Hauptnutzungsjahr unter Trockenbedingungen eine Überlegenheit von luzernedominanten gegenüber gras- und rotkleereichen Beständen zu erkennen. Ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr lagen die grasreichen Beständen im Mittel auf dem niedrigsten Niveau. Die luzernereichen Bestände übertrafen im Durchschnitt die rotkleedominanten Bestände.

Bei der Berechnung der Evapotranspiration wurden die unterschiedlichen Transpirationseigenschaften der verschiedenen Arten nicht berücksichtigt. Daher sind diese Ergebnisse kein Hinweis auf eine effektivere Wassernutzung der Luzerne, sondern eine Bestätigung dafür, dass sie mit ihrer tiefen Durchwurzelung mehr Wasserressourcen nutzen kann (Frühwirth 2021).

Insgesamt konnte mit der angewendeten Methode der offensichtlich starke Einfluss der Wasserversorgung statistisch belegt und bei der weiteren Auswertung berücksichtigt werden. Das und der damit verbundene relativ große Aufwand war notwendig um bei der Identifizierung weiterer Ertragsfaktoren eine Überlagerung durch den dominanten Faktor Wasser auszuschalten bzw. zu verringern. Eine genaue Quantifizierung des Effekts der Wasserversorgung auf Basis dieser Untersuchung ist aufgrund der komplexen Zusammenhänge nicht möglich. Die Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass die Wasserversorgung ein Hauptfaktor der Ertragsbildung von Praxisbeständen mit feinkörnigen Leguminosen ist. Bachinger und Reining (2008) kommen bei der Auswertung von Versuchsdaten zum dem Schluss, dass die Wasserversorgung der maßgebliche und linear wirksame Ertragsfaktor ist. Die vorliegenden Ergebnisse weisen hingegen auf eine Obergrenze des Zusammenhangs hin und darauf, dass in der Praxis eine Reihe weiterer Faktoren einen starken Einfluss auf den Ertrag haben.

5.1.6 Bodenchemische Parameter und Düngung

5.1.6.1 Boden

Über alle Schnitttermine und Arten-Zusammensetzungen hinweg (1046 auswertbaren Fälle) ergab die Korrelationsanalyse der Residuen der multiplen Regression mit den Basis-Faktoren (siehe Kap. 4.2.2.1) positive Korrelationen mit den Bodennährstoffgehalten Phosphor, Kalium, Magnesium, Bor, Zink und Schwefel. Meist wiesen sowohl die absoluten Gehalte an verfügbaren Nährstoffen (bei S im CAT-Extrakt) als auch die VDLUFA-Versorgungsstufen signifikante Korrelationen auf. Allerdings bestehen vielfältige Interkorrelationen der Bodenparameter – nicht nur unter den Nährstoffen, sondern auch mit der Ackerzahl und der Bodenart. Ob bei allen gefundenen signifikanten Korrelationen mit dem Ertrag kausale Zusammenhänge vorliegen, ist deshalb nicht mit Sicherheit festzustellen. Auch eine Überlagerung von Nährstoffeffekten mit dem Basis-Faktor Evapotranspiration ist möglich, da bei dessen Berechnung die Bodenart mit einbezogen wurde. Allerdings weisen auch viel Ergebnisse aus der Literatur auf einen hohen Nährstoffbedarf von Beständen mit Rotklee und/oder Luzerne hin (z. B. Becker et al. 2015, Böhm 2016, Mahnke et al. 2016).

Ein Einfluss des pH-Wertes auf den Ertrag war aus den Untersuchungsergebnissen nicht ersichtlich.

Die gefundenen Zusammenhänge waren zum Teil linear, viele wiesen aber eine Obergrenze der Wirksamkeit auf. Beim Schwefel war zum Beispiel im Bereich besonders niedriger Gehalte

(bis 5 mg/kg CAT) ein sehr starker Ertragseinfluss festzustellen, der bei höheren Gehalten schnell nachließ. Der Zusammenhang vom Ertrag kleinkörniger Leguminosen mit der Schwefelverfügbarkeit wurde in den letzten beiden Jahrzehnten intensiv untersucht. Kolbe (2024) fand in einer Metastudie Zusammenhänge die zu den Projektergebnissen passen: Eine bei wachsender Schwefelverfügbarkeit (dort S_{\min}) schnell nachlassende positive Ertragswirkung von Schwefeldüngung.

Eine Quantifizierung der Nährstoffeffekte auf den Ertrag auf Basis der Praxisuntersuchungen ist mit großen Unsicherheiten verbunden. Um die Größenordnung der Effekte deutlich zu machen werden hier trotzdem drei Beispiele der auf Basis von Regressionsberechnungen mit den Versorgungsstufen von Phosphor und Kalium sowie dem Schwefelgehalt (CAT-Extrakt) ermittelten Wirkung auf den Ertrag einzelner Schnitte dargestellt:

- Je P-Versorgungsstufe: +5,5 % Ertrag bzw. 1,5 dt/ha TM-Ertrag (Wirkung Stufe A bis C)
- Je K-Versorgungsstufe: + 3,5 % Ertrag bzw. 1,0 dt/ha TM-Ertrag
- Je mg/kg S: + 11 % Ertrag bzw. 3,0 dt/ha TM-Ertrag (Wirkung bis 5 mg/kg)

Die getrennte Auswertung nach Schnittnummer ergab, dass bei den meisten Nährstoffen ein signifikanter Zusammenhang zum Ertrag erst ab dem dritten Schnitt nachweisbar ist. Nur Magnesium und Mangan waren bei allen Schnitten signifikant. Ein verstärkter Zusammenhang zu den Gehalten verfügbarer Bodennährstoffe bei späteren Schnitten könnte verschiedene Ursachen haben, z. B: die häufig zum ersten Schnitt erfolgten Düngemaßnahmen sind im späteren Jahr nicht mehr so wirksam; die großen Nährstoffzüge der ersten Schnitte führen zu temporär geringeren verfügbaren Nährstoffgehalten im Boden; verstärkt auftretende Trockenheit im Sommer vermindert die Verfügbarkeit bzw. Aufnahme von Bodennährstoffen.

Als Ertragsfaktor des ersten Schnitts wurde ein negativer Einfluss eines weiten C/N-Verhältnisses der organischen Bodensubstanz gefunden. Das deutet auf Stickstoff als Ertragsfaktor des meist grasreicheren ersten Aufwuchses hin (siehe auch Kap. 5.2).

Bei Betrachtung der verschiedenen Hauptnutzungsjahre zeigt sich ein Effekt unterschiedlicher Bodengehalte auf den Schnittertrag über alle Jahre bei Magnesium, Zink und Schwefel. Bei Phosphor und Kalium waren Korrelationen erst ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr signifikant.

Bei den drei Artenzusammensetzungsgruppen ergaben die Korrelationsanalyse unterschiedliche Ergebnisse: grasreiche Bestände reagierten positiv auf hohe pH-Stufen sowie hohe Phosphor- und Zinkverfügbarkeit, rotkleedominante Bestände auf hohe Phosphor-, Kalium-, Magnesium- und Schwefelverfügbarkeit und luzernedominante Bestände besonders auf hohe Kalium-, Magnesium- und Zinkgehalte.

5.1.6.2 Düngung

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge von Ertrag (Residuen des Regressionsmodells mit den Basisfaktoren, Kap. 4.2.2.1) und den Düngemaßnahmen wurde zwischen der Düngung im Saatjahr, im Vorjahr (ab dem 2. Hauptnutzungsjahr) und im Untersuchungsjahr unterschieden.

Über alle Schnitttermine und Arten-Zusammensetzungen ausgewertet korrelieren fast nur Düngemaßnahmen im Saatjahr mit dem Ertrag des Untersuchungsjahrs. Sowohl die organische Düngemengen an Mist und Gülle als auch die Nährstofffrachten an Phosphor, Kalium und verfügbarem Stickstoff zeigen positive Zusammenhänge mit dem Ertrag. Eine

Kalkung hatte nur auf Flächen mit einem pH-Wert unter 6 einen positiven Effekt auf den Ertrag luzernedominanter Bestände. Darüber hinaus war nur die Phosphordüngung im Vor-Hauptnutzungsjahr positiv mit dem Ertrag verbunden.

Bei den Zusammenhängen zwischen Düngung im Saatjahr und Ertrag ergaben sich deutliche Unterschiede in den Ergebnissen bei der Auswertung verschiedener Untergruppen, nach Saatzeitraum und nach Hauptnutzungsjahr. Mist- und Gülledüngung sowie Zufuhr an verfügbarem Stickstoff waren nur bei den Sommersaaten und im ersten Hauptnutzungsjahr signifikant, während Phosphor- und Kaliumzufuhr nur bei den Frühjahrssaaten und ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr signifikante Korrelationen aufwies.

Insgesamt ist es bei der zum Teil geringen Anzahl an Fällen mit relevanten Düngemengen bzw. Nährstofffrachten (z.B. Mist und Phosphor) problematisch Zusammenhänge zum Ertrag abzuleiten. Auch die Abwesenheit von Korrelationen zu Kalkungsmaßnahmen und Schwefeldüngung sowie Düngungsmaßnahmen im Untersuchungsjahr müssen mit Vorsicht interpretiert werden. Nicht zuletzt erschwert auch die Tatsache, dass z. B. häufig Phosphor, Kalium und Schwefel bei schon guter Nährstoffversorgung der Böden gedüngt wurde und dann keine Effekte erwartbar waren, die Bewertung von Düngemaßnahmen. Aus der Literatur geht hervor, dass Düngemaßnahmen in Abhängigkeit von den Bodengehalten sehr großen Einfluss auf den Ertrag haben können (z. B. Kolbe 2019).

Die Zufuhr von Stickstoff wies eine gewisse Abhängigkeit von der Bestandeszusammensetzung auf. Leguminosenreiche Bestände wurden im Durchschnitt weniger mit Stickstoff gedüngt als leguminosenarme Bestände.

Besonders bei grasreichen aber auch bei luzernedominanten Beständen zeigte sich eine positive Wirkung der Zufuhr von Stickstoff im Saatjahr. Eine positive Wirkung einer N-Düngung zur Saat auf den Ertrag bei Luzerne beschreiben auch Hannaway und Shuler (1993). Bei den rotkleedominanten Beständen war im Projekt kein positiver Effekt auf den Ertrag durch Stickstoffzufuhr im Saatjahr zu erkennen.

Bei Betrachtung der einzelnen Schnitte zeigt sich, dass Korrelationen von Ertrag und Düngungsmaßnahmen im Saatjahr vor allem beim ersten und zweiten Schnitt auftreten.

Eine Stickstoffdüngung (inkl. organischer Düngung) im Untersuchungsjahr hatte nur positive Effekte auf den Ertrag von grasreichen und kleedominanten Beständen, sie wirkte sich aber negativ auf die Leguminosenhomogenität aus. Der positive Zusammenhang von Stickstoffzufuhr im Untersuchungsjahr und Ertrag war vor allem beim ersten Schnitt sichtbar. Wahrscheinlich hängt das damit zusammen, dass eine Ausbringung stickstoffhaltiger Düngemittel im Untersuchungsjahr meist im zeitigen Frühjahr vor oder bei Wachstumsbeginn erfolgte.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse zu den Nährstoffgehalten im Boden und zur Düngung, dass hinsichtlich des Ertrags in diesem Bereich Optimierungspotential liegt. Die vorliegende Untersuchung kann keine konkreten Rezepte liefern, weist jedoch darauf hin, dass es auf vielen Standorten sinnvoll wäre Bodenuntersuchungsergebnisse einzuholen und mit verschiedenen Düngemitteln, Mengen und Düngezeitpunkten zu experimentieren – z.B. in Form von Düngestreifen. Dabei können schon existierende Ergebnisse gezielter Düngeversuch auf vergleichbaren Standorten hilfreich sein.

5.1.7 Bewirtschaftung und Bestand im Untersuchungsjahr

Im Folgenden werden einzelne Zusammenhänge zur Bewirtschaftung, zum Bestand und der Umwelt im Untersuchungsjahr in Bezug auf den Ertrag behandelt. Wasser- und Nährstoffversorgung sind Thema der Kapitel 5.1.5 und 5.1.6.

5.1.7.1 Hauptnutzungsjahr

Bis auf wenige Ausnahmen wurden die untersuchten kleedominanten Beständen maximal zwei Hauptnutzungsjahre beerntet. Bei den luzernedominanten und grasreichen Beständen waren auch einige dritte Hauptnutzungsjahre dabei. Vierte und fünfte Hauptnutzungsjahre waren seltene Ausnahmen.

Im Mittel aller untersuchten Bestände nahm der Ertrag vom ersten bis zum dritten Hauptnutzungsjahr jeweils um ca. 1,8 dt/ha TM je Schnitt zu. Dieser Effekt scheint vor allem auf die luzernedominanten Bestände zurückzuführen zu sein. Bei diesen waren im Durchschnitt die Schnitterträge des ersten Hauptnutzungsjahrs niedriger als in den Folgejahren.

5.1.7.2 Schnitte

Bei über der Hälfte der untersuchten Bestände wurden vier Schnitte durchgeführt, bei 27 % drei und bei 13 % fünf Schnitte. Nur bei wenigen Fällen wurden zwei oder sechs Schnitte geerntet.

Im Durchschnitt aller untersuchten Bestände nahm der Schnittertrag vom ersten bis zum letzten Schnitt deutlich ab, im Mittel um 3,4 dt/ha TM je Schnitt. Bei grasreichen Beständen war die Abnahme vom erste Schnitt zu den anderen Schnitten noch stärker ausgeprägt. Eine Abnahme der Erträge mit zunehmender Schnittnummer wurde auch von Kämpf et al. (1981) für Luzerne beschrieben.

5.1.7.3 Aufwuchszeitraum

Der prinzipielle zeitliche Verlauf der Trockenmassebildung annueller Pflanzen (Geisler, 1983) und auch der Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen kann in drei Phasen gegliedert werden: a) langsamer Start nach Vegetationsbeginn oder Wiederaustrieb; b) Hauptwachstumsphase; c) nachlassende Trockenmassebildung zur Abreife. Die Ernte von solchen Beständen zur Futternutzung erfolgt in der Regel in der Hauptwachstumsphase. In jedem einzelnen Bestand ist deshalb zu jedem Schnitt mit einer Zunahme des Trockenmasseertrags mit der Aufwuchszeit zu rechnen. Für den ersten und zweiten Schnitt wurde bei der Auswertung aller untersuchten Bestände im Mittel auch ein solcher Ertragsanstieg mit zunehmender Aufwuchszeit ermittelt. Im Durchschnitt lag das Ertragsmaximum bei einer Vegetationsdauer (Tage > 5 °C) von 70 Tagen beim ersten und 55 Tagen beim zweiten Schnitt. Ab dem dritten Schnitt ergab sich jedoch kein signifikanter Zusammenhang von Aufwuchszeitraum und Schnittertrag mehr. Andere Faktoren, wie z. B. Wasser- und Nährstoffversorgung, scheinen bei den späteren Schnitten den Einfluss der Aufwuchszeit überlagert zu haben.

Die Ertragsmaximierung einzelner Schnitte muss immer im Zusammenhang mit der gewünschten Futterqualität (siehe Kap. 5.3) und der gesamten im Jahr zur Verfügung stehenden Vegetationszeit gesehen werden.

5.1.7.4 Schnitthöhe

Die Schnitthöhe wird vor allem bei Luzerne als kritische Größe betrachtet. Zu niedriges Schneiden kann den Wiederaustrieb verzögern und die Leistungsfähigkeit des Bestandes beeinträchtigen (Kap. 2, Tab. 2). Bei den untersuchten Beständen reichte die von den Betrieben berichtete Schnitthöhe von 3 bis 20 cm, 90 % der Schnitte wurden jedoch mit einer Höhe von 7 und 10 cm angegeben.

Die statistische Auswertung ergab für grasreiche Bestände im Mittel einen positiven Effekt geringer Schnitthöhen und bei den luzernedominanten Beständen wie erwartet einen positiven Effekt höheren Schneidens, vor allem ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr. Insgesamt waren größere Schnitthöhen mit einer homogeneren Verteilung und Entwicklung der Leguminosenpflanzen verbunden.

5.1.7.5 Schädigungen

Schon häufiger wurde erwähnt, dass der Anteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt einen stark negativen Zusammenhang zum Ertrag aufweist. Zum Teil wurden Fehlstellen durch Schädigungen nach der Etablierung verursacht.

Bei Mäusebesatz konnte dieser Einfluss besonders gut beobachtet werden und zeigte sich auch bei der statistischen Auswertung, vor allem bei den Erträgen vom zweiten und dritten Schnitt. Aber auch Wildtrittspuren, evtl. in Kombination mit Fraßschäden, hatten nachweislich einen negativen Effekt auf den Ertrag, vor allem im ersten Hauptnutzungsjahr.

Schäden am Spross wurden in verschiedenen Gruppen erfasst, Insektenfraß, Verfärbungen oder Nekrosen (z. B. durch pilzliche Erreger und Frost), mechanische Schäden (z. B. Hagel oder Bewirtschaftung) und undefinierte Schädigungen. Eine detailliertere Untersuchung der Schadensursachen war im Rahmen des Projekts nicht möglich. Bei allen Sprossbeeinträchtigungen wurde ein im Mittel leicht negativer Effekt auf den Ertrag festgestellt, meist verstärkt bei späteren Schnitten im Jahr und späteren Hauptnutzungsjahren.

Bei vermehrtem Auftreten von Spätfrösten waren die Erträge durchschnittlich im Jahresverlauf etwas geringer. Tage mit Maximaltemperaturen über 30° C hatten einen negativen Effekt auf den Kulturzustand. Ein nasses Frühjahr (bis zum ersten Schnitt) war hingegen im Jahresverlauf mit weniger Insektenfraß am Spross und geringeren Schäden durch Mäuse verbunden, allerdings mit mehr Verfärbungen bzw. Nekrosen am Spross.

5.1.7.6 Bestandeszusammensetzung

Der durchschnittliche Schnittertrag der drei Zusammensetzungsgruppen unterschied sich jeweils um ca. 2 dt/ha TM, beim Jahresertrag waren es ca. 8 dt/ha TM. Dabei waren die Erträge der grasreichen Bestände im Mittel am geringsten gefolgt von den rotkleedominanten und den luzernedominanten Beständen. Dieser Effekt zeigte sich vor allem bei den ökologisch bewirtschafteten Beständen. Der im Mittel deutlich höhere Einsatz von stickstoffhaltigen Düngemitteln in konventionellen grasreichen und rotkleedominanten Beständen kann dort die Effekte der Artenzusammensetzung kompensiert haben. Der Unterschied zwischen rotklee- und luzernedominanten Beständen kann zum Teil auch mit den im Mittel deutlich niedrigeren Leguminosenanteilen in der Biomasse bei den rotkleedominanten Beständen zusammenhängen.

Bei Weißklee als Bestandteil des Leguminosenanteils wurden etwas geringere Erträge ermittelt, vor allem bei den späteren Schnitten und in späteren Hauptnutzungsjahren. Ein

geringeres Ertragsniveau von Weißklee gras im Vergleich zu Rotklee gras fanden auch Loges et al. (2015).

Insgesamt waren Bestände mit hohem Leguminosenanteil im Durchschnitt ertragreicher als bei hohem Gras- und/oder Krautanteil (Unkraut und gesäte Kräuter) und wiesen auch weniger unbedeckten Boden zum Schnittzeitpunkt sowie einen besser bewerteten Kulturzustand auf. Bei Loges et al. (1998) wurden keine Unterschiede im Ertrag bei unterschiedlichen Anteilen an Rotklee im Klee grassaatgut ermittelt, Ergebnisse von Tietze (2020) bestätigen hingegen den positiven Ertragseffekt hoher Leguminosenanteile.

Es gibt bei den Untersuchungsergebnissen auch Hinweise auf einen positiven Ertragseffekt durch einen gewissen Anteil gesäter Kräuter im Bestand. Die Anzahl Bestände mit relevanten Anteilen an Kräutern ist aber für eine fundierte Aussage zu gering.

Den deutlichsten negativen Effekt von Bestandesparametern auf den Ertrag hatte der Anteil unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt. Dieser Anteil war natürlich bei frühem Schnitttermin und damit geringerer Bestandeshöhe höher. Aber auch z. B. eine nicht optimale Bestandesetablierung oder Trockenstress waren häufig mit Fehlstellen im Bestand verbunden. Ähnliches gilt für die als zu dünn bonitierten Bestände mit relativ wenigen Pflanzen pro Fläche. Eine gleichmäßige Verteilung und Entwicklung der Leguminosen im Bestand war hingegen häufig mit höheren Erträgen verbunden. Auch die Homogenität wurde sowohl von Umwelt- als auch z. B. vom Erfolg der Etablierung beeinflusst.

Ein deutlicher Besatz von Unkräutern und/oder Auflaufgetreide hatte einen negativen Effekt auf den Ertrag, vor allem bei den luzernedominanten Beständen und bei Sommersaaten zum ersten und zweiten Schnitt im ersten Hauptnutzungsjahr. Bei der Wirkung von Auflaufgetreide wurde zudem ein Einfluss der Pflanzenverteilung festgestellt. Negativ waren vor allem dichte Streifen (z. B. Spreustreifen des Mähdreschers) in denen die gesäten Leguminosen sich nicht durchsetzen konnten.

Auch mit der zusammenfassenden Kulturzustandsbewertung zeigte sich ein Zusammenhang mit dem Ertrag. Vor allem beim ersten und zweiten Schnitt von Sommersaaten im ersten Hauptnutzungsjahr waren positiv bewertete Bestände ertragsreicher.

5.1.8 Jahresertrag

Der Jahresertrag variierte bei den untersuchten Beständen von 22 bis 215 dt TM/ha. Der Median erreichte 89 dt TM/ha bei grasreichen, 98 dt TM/ha bei rotkleedominierten und 105 dt TM/ha bei luzernedominierten Beständen. Insgesamt lagen über die Hälfte der Jahreserträge zwischen 75 und 125 dt TM/ha. Von Simon (1987) wird sowohl für Luzerne als auch für Rotklee ein erreichbarer Ertrag von 100 dt TM/ha angegeben. Die Ergebnisse aus der Praxis zeigen, dass deutlich höhere Erträge erreicht werden können und dass die 100 dt TM/ha eher dem Durchschnitt entsprechen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass bei der Handernte im Gegensatz zur betrieblichen Ernte kaum Verluste auftreten. Nach dem Vergleich von Handernten und Betriebsschätzungen wird mit der Handernte der Praxisertrag im Mittel wohl um 15 bis 20 % überschätzt. Die Streuung dieser Abweichung ist allerdings sehr groß.

Eine klare Abgrenzung der auf den Jahresertrag einwirkenden Faktoren ist nicht möglich, da diese häufig auch untereinander zusammenhängen. Einen wesentlichen positiven Einfluss hatten:

- Wenig Lücken und Fehlstellen im Bestand (++)
- Eine lange Vegetationszeit bzw. viele Schnitte (++)
- Eine gute Wasserversorgung (++)
- Eine hohe Ackerzahl (+)
- Konventionelle Bewirtschaftung (im Vergleich zu ökologisch (+))
- Luzernedominierte Bestände besser als rotkleedominierte und diese besser als grasreiche Bestände (+)

5.1.8.1 Anzahl Schnitte / Vegetationszeit

Bei der Auswertung aller Bestände mit mindestens zwei und höchstens fünf Schnitten (98 % der Bestände) ergab sich ein positiver Zusammenhang von Schnitthäufigkeit und Jahresertrag. Bei den grasreichen Beständen war schon bei vier Schnitten das Maximum erreicht, bei luzernedominanten Beständen war die Ertragszunahme mit der Schnitthäufigkeit am stärksten. Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, dass immer ein kausaler Zusammenhang von Schnitthäufigkeit und Ertrag besteht, da oft Fälle beobachtet wurden bei denen die Schnitthäufigkeit aufgrund geringen Wachstums – z. B. durch Trockenheit – reduziert wurde. Die Anzahl Schnitte kann also auch die Wuchsfreudigkeit widerspiegeln. Bei Betrachtung der Vegetationszeit (Tab > 5° C von Vegetationsbeginn bis letzter Schnitt) wurden die höchsten jährlichen Ertragssummen nicht bei längster Ausnutzung der Wachstumsphase erlangt. Unabhängig von der Bestandeszusammensetzung ergab sich im Durchschnitt ein Ertragsmaximum bei 220 Tagen. Bei einem angenommenen Vegetationsbeginn am 15. März ergäbe das einen letzten Schnitttermin am 21. Oktober. Die genutzte Vegetationszeit lag bei über 75 % der Bestände unter 220 Tagen.

5.1.8.2 Wasserversorgung

Das Luzerne und Rotklee im Nutzpflanzenspektrum relativ hohe Transpirationskoeffizienten aufweisen (Geisler, 1980) macht den starken Einfluss der Wasserversorgung auf den Jahresertrag plausibel. Wahrscheinlich ist der positive Zusammenhang zur Ackerzahl auch zu einem großen Teil mit der besseren Wasserhaltefähigkeit von tiefgründigen, lehmigen Böden begründet.

5.1.8.3 Bewirtschaftungsform

Die Ursache der im Mittel ca. 10 bis 15 % niedrigeren Erträge bei ökologischer Bewirtschaftung konnte nicht eindeutig identifiziert werden. Inwieweit der statistisch erkennbare Zusammenhang zum Leguminosenanbau in der Schlaggeschichte einen kausalen Zusammenhang beschreibt muss weiter untersucht werden. Eindeutige Fruchtfolgekrankheiten die einen solchen kausalen Zusammenhang belegen könnten wurden nur in sehr wenigen Einzelfällen beobachtet.

5.1.8.4 Weniger deutliche Zusammenhänge

Weitere Faktoren hatten einen plausiblen aber geringeren Einfluss auf den Jahresertrag. Der negative Einfluss eines starken Besatzes mit Auflaufgetreide nach der Saat bestätigt die Aussage von Kämpf et al. (1981) die kleinkörnigen Leguminosen nicht auf Flächen mit hohem Unkraut- bzw. Ungrasdruck anzubauen. Hohe Anteile am weniger ertragsstarken Weißklee

und an deutschem Weidelgras führten zu geringeren Jahreserträgen. In Untersuchungen von Loges et al. (2015) zeigten sich für Weißklee ähnliche Ergebnisse, ein negativer Einfluss von deutschem Weidelgras auf den Ertrag war dort jedoch nicht zu erkennen. Nach den Projektergebnissen scheint ein späterer erster Schnitt zu insgesamt höheren Jahreserträgen zu führen – allerdings auf Kosten der Futterqualität (siehe Kap. 5.3).

5.1.9 Zusammenfassung wesentlicher Ertragsfaktoren

Um einen Überblick über die komplexen Ergebnisse zu möglichen Faktoren des Ertrags von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen zu geben wurden wesentlich Faktoren in Tabelle 55 zusammengefasst. Auf eine Gewichtung wurde dabei, bis auf wenige Ausnahmen, verzichtet. Insgesamt muss beachtet werden, dass bei einer hohen Anzahl an Fällen (z. B. bei der Auswertung aller Fälle) allein aufgrund der hohen Fallzahl in der Regel mehr signifikante Faktoren ermittelt werden können. Umgekehrt ist bei der Auswertung von Untergruppen schon aus statistischen Gründen mit einer geringeren Anzahl signifikanter Faktoren zu rechnen.

Tab. 55: Zusammenfassung gefundener Ertragsfaktoren (Auswahl; + positiver, - negativer Zusammenhang, Details siehe Text und Kapitel Ergebnisse und Diskussion)

Faktor	Alle	Zusammensetzung ¹			Schnitt			Hauptnutzungs-jahr	
		Gras	Klee	Luz.	1	2	ab 3	1	ab 2
Ökologisch bewirtschaftet ²	-	-		-	-	-	-	-	-
Kleink. Leg. (v.a Rotklee) ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Winterfrucht v. Sommersaat	+								
Intensivere Bodenbearbeit.	+								
Frühjahrssaat ⁴	+		(-)	+	+	+		+	
Untersaat in Wintergetr. ⁵	-								
Frühe Sommersaat ⁶		+		+				+	
Öko-Saatgut ⁷	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Grasanteil im Saatgut	-						-		-
Luzerne/Rotklee Saatgut	+		+	-			+		+
Reihenabstand	-			-	-				
Gute Etablierung ⁸	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Guter Kulturzustand ⁹	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Schnitthöhe Vorjahr	+	-		+			+		
Aufwuchszeit Vorjahr	+	+	+				+		
Überfahrten Vorjahr	-			-		-			
Düngung Vorjahr (ohne N) ¹²	(+)								
Warme Winter nach Saat			-	+					
Warme Winter vor Nutzung	-	-	-	+	-	-		-	-
Nasse Winter vor Nutzung	+		+	+	+				
Wasserversorgung ¹⁰	++	++	++	+	+	++	++	++	++
Bodennährstoffe ¹¹	+	+	+	+	(+)	(+)	+	(+)	+
N-Düngung	+	+	+		+			+	
Aufwuchszeitraum	++	++	++	++	++	++		++	++
Schnitt-Nr.	--	-	-	-					
Schnitthöhe		-		+					+
Gras → Klee → Luzerne ¹	+								
Mäuseschäden	-	-	-	-		-	-	-	-
Kahl- & Fehlstellen	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Leguminosenanteil	+		+	+		+	+	+	+
Schnittanzahl (Jahresertrag)	+								

¹ Gras) > 50 % Gräser in FM, Klee) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Klee > Luzerne, Luzerne) > 50 % Leguminosen in FM & in Saatgut Luzerne > Klee

² mehrere Ursachen: ∅ konv. mehr Luzerne, mehr Bodennährstoffe und mehr N-Düngung

³ Häufiger Anbau in der Vergangenheit & enger zeitlicher Abstand

⁴ Im Vergleich zur Sommersaat; aber höherer Mäusebesatz als nach Sommersaat

⁵ Untersaat im Frühjahr; im Vergleich zu Untersaaten in Sommergetreide oder Blanksaaten

⁶ Aber höherer Mäusebesatz als nach späterer Sommersaat

⁷ Ob kausaler Zusammenhang fraglich, da andere Faktoren der Öko-Bewirtschaftung wahrscheinlicher

⁸ Gute Etablierung: Erreichen eines guten Kulturzustands im Saatjahr (kein statistisches Ergebnis)

⁹ Guter Kulturzustand: homogene Verteilung & Entwicklung der Leguminosen, wenig Auflaufgetreide, wenig Unkraut, wenig Kahl- & Fehlstellen, ausreichende Pflanzendichte

¹⁰ Nutzbare Feldkapazität des Bodens (Bodenart, Tiefgründigkeit & Humusgehalt), Niederschlagshöhe & -verteilung

¹¹ Nicht zu differenzieren zwischen Phosphor, Kalium, Magnesium, Bor, Zink und Schwefel

¹² Düngung oft bei ausreichender Nährstoffversorgung des Bodens

5.2 Einflussgrößen auf den Leguminosenanteil

Der Leguminosenanteil in der Biomasse von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Inhaltsstoffe und damit z. B. auf die Futterqualität. Während es bei der Futternutzung sehr auf die Verwendung ankommt welcher Leguminosenanteil angestrebt wird, ist bei der Funktion als Stickstofflieferant ein hoher Leguminosenanteil sinnvoll. Obwohl im Ökolandbau die Stickstoffversorgung wesentlich von der Fixierleistung der Leguminosen abhängt lag bei den untersuchten Beständen im Durchschnitt der Leguminosenanteil der ökologisch bewirtschafteten Bestände mit 63 % auf niedrigerem Niveau als bei konventionellem Anbau mit 75 %. Über alle untersuchten Schnitte (1.225) reichte der Leguminosenanteil im Erntegut von 0 bis 100 %.

Insgesamt wurden 30 % der untersuchten Bestände als pure Leguminosenbestände angesät, vor allem mit Luzerne. Nur 4 % der Bestände wiesen aber im Jahresdurchschnitt im Erntegut einen Leguminosenanteil von 100 % auf, 25 % kamen auf über 90 %. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Saatgutzusammensetzung nur einer von vielen Faktoren des Leguminosenanteils im Erntegut ist. Um den Leguminosenanteil etwas steuern zu können ist es wichtig weitere wesentliche Faktoren zu berücksichtigen. Deshalb wurde versucht aus den erhobenen Daten wichtige Einflussgrößen des Leguminosenanteils abzuleiten.

Mit dem Ziel der Steuerung des Leguminosenanteils stehen die Bewirtschaftungsmaßnahmen als mögliche Einflussfaktoren im Vordergrund. Zur Ermittlung der Faktoren und zur Abschätzung von Unwägbarkeiten wurden aber auch andere Faktoren, z.B. Witterung und Bodeneigenschaften berücksichtigt.

5.2.1 Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr

Um die möglichen Faktoren in der Etablierungsphase zu ermitteln wurde der mittlere Leguminosenanteil im Erntegut des ersten Hauptnutzungsjahres als Zielgröße gewählt. Dabei wurde zwischen drei Gruppen unterschieden: Frühjahrssaaten (überwiegend luzernedominant), Sommersaat rotkleedominant und Sommersaat luzernedominant. Die Einteilung erfolgte nach der Saatgutzusammensetzung. Obwohl die Untersuchungen von insgesamt 332 Beständen sehr umfangreich waren ist die Anzahl auswertbarer Fälle im ersten Hauptnutzungsjahr je Gruppe für eine statistische Auswertung relativ gering. Die Ergebnisse sind in ihrer Aussagekraft deshalb begrenzt.

5.2.1.1 Frühjahrssaaten

Von den im Frühjahr gesäten und ausgewerteten 43 Beständen war im Saatgut bei ca. einem Viertel Rotklee und bei drei Vierteln Luzerne die dominante Leguminose. Eine getrennte Auswertung nach der dominanten Leguminosenart war aufgrund der geringen Fallzahlen nicht möglich. Der durchschnittliche Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr reichte von 12 bis 100 % und lag im Mittel bei 75 %. Verglichen mit der Sommersaat hatte die Frühjahrssaat im Mittel einen positiven Effekt auf den Leguminosenanteil des Ernteguts im ersten Hauptnutzungsjahr. Beobachtungen zu Klee gras aus der Praxis weisen darauf hin, dass vor allem der Leguminosenanteil beim ersten Schnitt des ersten Hauptnutzungsjahrs nach Frühjahrssaat deutlich höher ist als bei Sommersaaten und damit auch der Rohproteingehalt im geernteten Futter (Alvermann & Gehs 2021).

Bei den Frühjahrssaaten war der Anteil Leguminosen im Saatgut zwar ein signifikanter Faktor des mittleren Leguminosenanteils im ersten Hauptnutzungsjahr, andere Faktoren hatten jedoch anscheinend einen größeren Einfluss. Als ein wichtiger Faktor wurde der pH-Wert des Bodens ermittelt. Die pH-Werte der untersuchten Schläge lagen zwischen 5,2 und 7,5. Höhere pH-Werte waren oft mit höheren Leguminosenanteilen verbunden. Für Luzerne ist ihr hoher Anspruch an den pH-Wert bekannt, nach BZL (2023) sollte mindestens ein pH-Wert von 6 vorliegen. Weiterhin hatte die Wasserversorgung im ersten Hauptnutzungsjahr einen großen Einfluss. Eine bessere Wasserversorgung führte zu höheren Leguminosenanteilen. Der stärkste Zusammenhang ergab sich jedoch mit der Gleichmäßigkeit der Verteilung und Entwicklung der Leguminosenpflanzen bzw. mit dem Anteil nicht von Pflanzen bedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt. Neben der Witterung im Saat- und Hauptnutzungsjahr ist hierfür wohl vor allem die Qualität der Etablierung ausschlaggebend. So wiesen im Herbst des Saatjahres dünne, inhomogene Bestände mit hohem Deckungsgrad an Gräsern und Unkräutern auch im ersten Hauptnutzungsjahr viele Fehlstellen auf und waren oft inhomogen. Bei der statistischen Auswertung ergab auch die Anzahl Bodenbearbeitungsgänge von Vorfruchternte bis zur Saat (1 bis 8 Arbeitsgänge) einen signifikant positiven Zusammenhang zum Leguminosenanteil. Inwieweit eine intensivere Bodenbearbeitung die Leguminosen kausal begünstigt hat konnte nicht ermittelt werden.

Als plausible und beeinflussbare Faktoren des Leguminosenanteils weisen die Ergebnisse auf den pH-Wert im Boden und damit auf die für Luzerne häufig empfohlene Kalkung vor Saat (Herrmann et al. 2015, Hoyt, P. B., Nyborg, M. 1987, Mahoney, 1981) sowie auf die Saatgut-zusammensetzung und, wie auch beim Ertrag (siehe Kap. 5.1.6), auf die Qualität der Etablierung des Bestandes hin. Unterschiede im Saatverfahren mit oder ohne Deckfrucht, in der Düngung und in der Nutzung im Saatjahr zeigten keinen offensichtlichen Einfluss auf den Leguminosenanteil der Frühjahrssaaten.

5.2.1.2 Sommersaat, Rotklee dominant

Von den im Sommer gesäten rotklee dominanten Beständen konnten 49 Fälle ausgewertet werden. Der durchschnittliche Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr reichte von 6 bis 91 % und lag im Mittel bei 52 %.

Wie bei den Frühjahrssaaten hatte auch hier eine hohe Wasserversorgung im Hauptnutzungsjahr positive Auswirkungen auf den Leguminosenanteil im Erntegut. Positiv wirkte auch ein hoher Leguminosenanteil im Saatgut – hier der stärkste Faktor. In Gemengen mit deutschem Weidelgras konnten sich die Leguminosen besser durchsetzen als bei anderen Gräserarten. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Angaben von Kämpf et al. (1981) über die sehr starke Verdrängungskraft von deutschem Weidelgras. Loges et al. (2015) fanden jedoch bei Gemengen mit deutschem Weidelgras im Vergleich zu einigen anderen Gräserarten auch hohe Leguminosenanteile im Erntegut.

Bei einer Wintervorfrucht, und damit mehr Zeit von Vorfruchternte bis Saat, scheint die Etablierung oft besser gelungen zu sein, so dass der Leguminosenanteil im Hauptnutzungsjahr im Vergleich zur Sommervorfrucht positiv beeinflusst wurde. Auch der negative Zusammenhang mit unbedecktem Boden zum Schnittzeitpunkt weist, wie bei den Frühjahrssaaten, auf die Bedeutung einer gelungenen Etablierung für den Leguminosenanteil hin.

Ein längerer Aufwuchszeitraum bis zum ersten Schnitt hatte einen positiven Effekt. Es scheint, dass der Rotklee nach Sommersaat im Frühjahr mit mehr Zeit bis zum ersten Schnitt

konkurrenzfähiger war als nach frühem ersten Schnitt. Wie in der Literatur beschrieben förderte eine Stickstoffdüngung stärker die Gräser und reduzierte somit den Leguminosenanteil im Bestand (Hartmann & Sticksel, 2010). Ähnliches wurde nach nassen Wintern beobachtet.

Zum pH-Wert des Bodens ergab die Auswertung einen negativen Zusammenhang. In der Literatur konnte jedoch kein vergleichbares Ergebnis zu negativen Effekten hoher pH-Werte auf den Rotkleeanteil von Gemengen gefunden werden. Evtl. deutet sich dadurch ein negativer Effekt sehr leichter Böden mit oft niedrigen pH-Werten auf die Konkurrenzkraft des Rotklees an (Kämpf et al. 1981).

Als plausible und beeinflussbare Faktoren des Leguminosenanteils weisen die Ergebnisse auf die Saatgutzusammensetzung, die Qualität der Etablierung des Bestandes, den Schnittzeitpunkt des ersten Schnitts und die Stickstoffdüngung hin. Effekte unterschiedlicher Leguminosensorten waren mit in dieser Untersuchung von Praxisbeständen nicht zu ermitteln.

5.2.1.3 Sommersaat, Luzerne dominant

Von den im Sommer gesäten rotklee dominanten Beständen konnten 45 Fälle ausgewertet werden. Der durchschnittliche Leguminosenanteil im ersten Hauptnutzungsjahr reichte von 17 bis 98 % und lag im Mittel bei 72 %.

Der Leguminosenanteil im Saatgut hatte unter den gefundenen Faktoren den größten Einfluss auf den Leguminosenanteil luzernedominanter Bestände im ersten Hauptnutzungsjahr. Die Wasserversorgung hatte hingegen hier keinen nachweisbaren Effekt. Wie schon beim Ertrag ergab sich ein enger Zusammenhang mit der Anbaugeschichte der Schläge. Rotkleeanbau in den Vorjahren war negativ mit dem Leguminosenanteil verbunden. Typische Symptome von Fruchtfolgekrankheiten wie Kleekrebs und Fusarium-Welke (LfL undatiert) wurden jedoch nur in Einzelfällen beobachtet. Da Rotkleeanbau in der Vorgeschichte vor allem bei Ökobetrieben vorkam sind auch andere Elemente der ökologischen Bewirtschaftung als Ursache möglich.

Der bekannte Anspruch an pH-Wert und Schwefelversorgung von Luzerne (Frühwirth 2021, Riffel et al. 2015) bestätigte sich in den Untersuchungsergebnissen. Auch der positive Effekt einer möglichst frühen Saat (LWK Niedersachsen) spiegelte sich im positiven Zusammenhang mit der Temperatursumme von Saat bis zum Ende des Saatjahrs.

Der negative Zusammenhang mit unbedecktem Boden zum Schnittzeitpunkt weist wie bei den Frühjahrssaaten und den rotklee dominanten Beständen auf die Bedeutung einer gelungenen Etablierung für den Leguminosenanteil hin.

Wie oben bei klee dominanten Beständen ausgeführt förderte eine Stickstoffdüngung stärker die Gräser und reduzierte somit den Leguminosenanteil im Bestand, dieser Effekt war auch bei den luzernedominanten Beständen nachweisbar.

In Untersuchungen zeigten sich eine Reihe der in Anbauanleitungen beschriebenen Punkte die beim Luzerneanbau berücksichtigt werden sollen (Kap. 2, Tab. 2). Das bedeutet, dass bei diesen Punkten – pH-Wert, Schwefelversorgung, Saattermin und Stickstoffdüngung – für einen hohen Luzerneanteil im Bestand oft noch Optimierungsmöglichkeiten bestehen.

5.2.2 Leguminosenanteil an den einzelnen Schnittterminen

Der Leguminosenanteil im Bestand ändert sich meist stark von Schnitttermin zu Schnitttermin und bei mehrjähriger Nutzung auch über die Jahre. Im Durchschnitt aller Bestände war der Leguminosenanteil beim ersten Schnitt am geringsten. Bei den kleedominanten Beständen stieg er bis zum dritten Schnitt an und blieb dann auf ähnlichem Niveau. Der Anstieg des Leguminosenanteils der luzernedominanten Bestände erfolgte im Mittel nur bis zum zweiten Schnitt. Im folgenden Jahr lag der Leguminosenanteil wieder deutlich niedriger als beim letzten Schnitt des Vorjahrs.

Bei jedem Schnitt gab es einen starken Zusammenhang mit dem Leguminosenanteil vom vorhergehenden Schnitt oder, beim ersten Schnitt des ersten Hauptnutzungsjahrs, mit dem Leguminosenanteil im Saatgut.

Bei der Auswertung der Veränderungen des Leguminosenanteils wurden noch weitere Faktoren ermittelt die den Leguminosenanteil beeinflussten. Die Auswertung erfolgte getrennt in den beiden Gruppen rotkleedominante und luzernedominante Bestände. Die Ergebnisse sind zum Teil ähnlich und werden deshalb gemeinsam nach Faktorbereichen dargestellt.

5.2.2.1 Vorgeschichte

Die Ergebnisse deuten sowohl bei rotklee- als auch bei luzernedominanten Beständen auf einen negativen Einfluss des Rotkleeanbaus in der Anbaugeschichte auf den Leguminosenanteil hin. Bei luzernedominanten Beständen war der Effekt vor allem beim ersten Schnitt des ersten Hauptnutzungsjahrs deutlich, hier war zusätzlich auch ein leicht negativer Effekt vergangenen Luzerneanbaus zu erkennen. Da Leguminosenanbau in der Vorgeschichte vor allem bei Ökobetrieben vorkam sind auch andere Elemente der ökologischen Bewirtschaftung als Ursache dieser Effekte möglich. Typische Symptome von Fruchtfolgekrankheiten wie Kleekrebs und Fusarium-Welke (LfL, undatiert) wurden nur in Einzelfällen beobachtet und können diese Ergebnisse nicht erklären.

5.2.2.2 Boden und Nährstoffe

Der positive Effekt von Böden mit einer hohen Wasserhaltefähigkeit auf den Leguminosenanteil zeigte sich im positiven Zusammenhang zur nutzbare Feldkapazität und im negativen Einfluss hoher Sandanteile. Insgesamt war der Einfluss der Wasserversorgung auf den Leguminosenanteil jedoch zum Teil widersprüchlich (Kap. 5.2.2.4).

Bei den rotkleedominanten Beständen zeigte sich ein negativer Einfluss von Verdichtungen in der unteren Krume. Luzerne reagierte leicht positiv auf höhere pH-Werte.

Ein Einfluss des Gehalts an Bodennährstoffen auf den Leguminosenanteil zeigte sich vor allem ab dem zweiten bis dritten Schnitt. Signifikante Zusammenhänge wurden mit Magnesium, Kalium, Phosphor und Schwefel gefunden. Da die Bodennährstoffgehalt zum Teil untereinander eng korrelieren kann aus den Ergebnissen nicht abgeleitet werden welche Nährstoffe ab welchem Versorgungszustand eine Rolle spielen. Wichtiges Ergebnis ist jedoch, dass wie schon beim Ertrag, auch beim Leguminosenanteil die Versorgung mit Mineralnährstoffen in der Praxis ein wesentlicher Faktor sind (z. B. Becker et al. 2015, Böhm 2016, Mahnke et al. 2016). Hier besteht somit ein wichtiges Optimierungspotential, dass z. B. mit Bodenanalysen und Düngetests auf den einzelnen Betrieben konkretisiert werden kann. Effekte von Düngungsmaßnahmen waren nicht signifikant, dass liegt aber wohl auch daran, dass im Mittel

bei gut versorgten Böden mehr gedüngt wurde als bei niedrigen Nährstoffniveau im Boden (siehe auch S. 51, Abb. 39).

5.2.2.3 Saat

In beiden Artengruppen war der Leguminosenanteil im ersten Schnitt des ersten Hauptnutzungsjahres im Mittel nach Frühjahrssaaten höher als nach Sommersaaten. Bei rotklee-dominanten Beständen zeigte sich der Effekt auch noch im ersten Schnitt des zweiten Hauptnutzungsjahres.

Relevanten Anteilen an welschem Weidelgras, Knaulgras und/oder Weißklee wiesen im Mittel einen etwas negativen Einfluss auf den Leguminosenanteil auf. Das spiegelt zum Teil die Ergebnisse von Loges et al. (2015) wieder.

Nicht zuletzt weisen die Ergebnisse auf einen im Durchschnitt leicht positiven Einfluss der Impfung des Luzernesaatguts mit Rhizobien auf den Leguminosenanteil hin.

5.2.2.4 Wasserversorgung und Witterung

Der Einfluss der Wasserversorgung auf den Leguminosenanteil war nicht einheitlich und zum Teil widersprüchlich.

Nur bei den luzernedominanten Beständen konnte ein positiver Einfluss einer besseren Wasserversorgung vor der Saat (feuchterer Boden) auf den Leguminosenanteil beim ersten Schnitt im Folgejahr nachgewiesen werden. Ein negativer Effekt feuchter Winterwitterung war hingegen nur bei den rotklee-dominanten Beständen signifikant.

Im Untersuchungsjahr hatte bei den rotklee-dominanten Beständen eine höhere Wasserversorgung meist einen negativen Einfluss auf den Leguminosenanteil. Das spiegelt die höhere Niederschlagsabhängigkeit der eher flachwurzelnden Gräser wieder (Wurth undatiert). Bei den luzernedominanten Beständen ergab sich kein einheitliches Bild. Während nach niederschlagsreichen Phasen im ersten und im dritten Schnitt oft geringere Leguminosenanteile auftraten war der Effekt beim zweiten Schnitt entgegengesetzt. Die geringeren Leguminosenanteile nach nassem Frühjahr passen zu den Beobachtungen, dass Luzerne unter kalter, feuchter Frühjahrswitterung leidet (Frühwirth 2021). Zum Teil wurde das Absterben von Luzernepflanzen in Untersuchungsbeständen mit der Frühjahrswitterung in Verbindung gebracht.

Luzernedominante Bestände reagierten positiv auf hohe Durchschnittstemperaturen im Saatjahr – meist verbunden mit Frühjahrs- oder früher Sommersaat. Die Ergebnisse weisen zusätzlich auch auf einen positiven Effekt von hoher täglicher Strahlungssumme im Frühsommer hin.

Bei den rotklee-dominanten Beständen zeigten sich negative Einflüsse auf den Leguminosenanteil durch Frosttage nach Vegetationsbeginn (Spätfröste) und heiße Witterung im Frühsommer (Tage mit über 30° C).

5.2.2.5 Stickstoffdüngung

Soweit ein Einfluss der Ausbringung stickstoffhaltiger Düngemittel auf den Leguminosenanteil statistisch nachweisbar war, war dieser immer negativ. Bei den rotklee-dominanten Beständen zeigte sich dies bei jedem ausgewerteten Schnitt (1-4). Bei den luzernedominanten Beständen war der Einfluss nur beim ersten und dritten Schnitt nachweisbar. Sowohl direkte als auch im Vorjahr oder zu vorherigen Schnitten ausgebrachter Stickstoff hatte diese Wirkung. Die

Ergebnisse bestätigen die Angaben in der Literatur, dass durch Stickstoffdüngung vor allem die Gräser in Gemengen gefördert werden (Hartmann & Sticksel 2010, SLfL 2006).

5.2.2.6 Bestand und Schädigungen

Ein längerer Aufwuchszeitraum bis zum ersten Schnitt hatte bei den rotkleedominanten Beständen sowohl kurz- als auch längerfristig einen positiven Einfluss auf den Leguminosenanteil. Bei den luzernedominanten Beständen war dieser Effekt schwächer ausgeprägt und auf den ersten Schnitt beschränkt. Insgesamt hatten spätere Schnitttermine eher einen positiven Einfluss auf den Leguminosenanteil im Erntegut.

Bei allen Fällen wiesen dichte, gleichmäßige Bestände mit homogen verteilten und entwickelten Leguminosenpflanzen im Mittel höhere Leguminosenanteile auf als bei heterogenem Erscheinungsbild. Dies ist nochmal ein Hinweis auf die große Bedeutung einer gelungenen Bestandesetablierung.

Bei rotkleedominanten Beständen zeigte sich ein negativer Effekt sehr jung in den Winter gegangener und/oder unkrautreicher Bestände auf den Leguminosenanteil beim ersten Schnitt des ersten Hauptnutzungsjahrs.

Später im Jahr (ab dem 2. oder 3. Schnitt) wiesen über alle Bestände Schädigungen am Spross (Insektenfraß und/oder Verfärbungen und Nekrosen) einen negativen Zusammenhang zum Leguminosenanteil auf. Auch Schädigungen durch Mäuse hatten dann einen signifikant negativen Effekt. Dies bestätigt die Beobachtung, dass die Mäuse häufig selektiv vor allem die Leguminosen schädigen.

5.2.2.7 Leguminosenanteil über die Jahre

Aus den Untersuchungsergebnissen ergeben sich auch Tendenzen über die Entwicklung des Leguminosenanteils über mehrere Jahre. Allerdings sind die Anzahl Fälle bei rotkleedominanten Beständen schon ab dem dritten Hauptnutzungsjahr und bei luzernedominanten ab dem vierten Hauptnutzungsjahr sehr gering. Die Ergebnisse sind somit in ihrer Aussagekraft begrenzt.

Durchschnittlich ist bei der Auswertung aller Bestände ein leichter Anstieg des Leguminosenanteils vom ersten zum zweiten Hauptnutzungsjahr zu erkennen. Während bei den rotkleedominanten Beständen der Leguminosenanteil zum dritten Jahr schon etwas und zum vierten stark abfiel, blieb er bei den luzernedominanten Beständen nahezu konstant. In einem Fall wurde im fünften Hauptnutzungsjahr ein großflächiges Absterben beobachtet. Die Ursachen werden noch untersucht. Nach den Untersuchungsergebnissen lässt mit den Jahren vor allem der Leguminosenanteil vom ersten Schnitt nach – bei den rotkleedominanten Beständen stärker als bei den luzernedominanten.

Frühwirth (2021) gibt für Luzerne eine gut mögliche Nutzungsdauer von vier Jahren an und beschreibt eine schnelle Erschöpfung der Luzerne ab dem fünften Jahr. Für Klee gras werden maximal drei Hauptnutzungsjahre genannt, dann aber schon mit verringertem Rotkleeanteil und anderen Mischungspartnern als Risikoausgleich (Lfl 2016). Simon beschreibt 1987 für Rotklee maximal zwei Hauptnutzungsjahre, und das auch nur mit besonders langlebigen Sorten.

5.2.3 Zusammenfassung wesentlicher Faktoren des Leguminosenanteils

Um einen Überblick über die komplexen Ergebnisse zu möglichen Faktoren des Leguminosenanteils von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen zu geben wurden wesentlich Faktoren in Tabelle 56 zusammengefasst. Auf eine Gewichtung wurde dabei, bis auf wenige Ausnahmen, verzichtet. Insgesamt muss beachtet werden, dass bei einer hohen Anzahl an Fällen (z. B. bei der Auswertung aller Fälle) allein aufgrund der hohen Fallzahl in der Regel mehr signifikante Faktoren ermittelt werden können. Umgekehrt ist bei der Auswertung von Untergruppen schon aus statistischen Gründen mit einer geringeren Anzahl signifikanter Faktoren zu rechnen.

Tab. 56: Zusammenfassung gefundener Faktoren des Leguminosenanteils im Erntegut (Auswahl; + positiver, - negativer Zusammenhang, Details siehe Text und Kapitel Ergebnisse und Diskussion)

Hauptnutzungsjahr	Erstes ¹			Alle ²	
	Frühj.-saat	Som.-Klee	Som.-Luz.	Klee	Luzerne
Rotkleeanbau in Geschichte			-	-	-
nutzbare Feldkapazität				+	+
Bodenverdichtungen				-	
pH-Wert	+		+		+
Boden-Nährstoffe ³			+	+	+
intensivere Bodenbearb.	+				
Frühjahrssaat statt Sommers.				+	+
Sommersaat nach Winterfr.		+			
Frühe Saat im Sommer			+		+
Leguminosenanteil Saatgut	+	++	++		
Relevanter Weißkleeanteil				-	-
Dt. Weidelgras ⁴		+			
wel. Weidel- o. Knaulgras ⁴				-	-
Rhizobien-Impfung					+
Gute Etablierung ⁵	+	+	+	+	+
Leguminosen-Homogenität ⁶	+			+	+
Kahl- & Fehlstellen	--	+	-	+	+
Unkraut & Auflaufgetreide	-				
Nasser Vorwinter		+			
N-Düngung		-	-	-	-
Wasserversorgung ⁷	+	+		-	
Nass-kaltes Frühjahr					-
Aufwuchszeit bis 1. Schnitt		+		+	+
Schnitt-Nr.				+	+
Schäden am Spross ⁸				-	-
Mäuseschäden				-	-

¹ Frühj.-saat) Saat im Frühjahr, 75 % der Bestände luzerne, 25 % rotklee dominant; Som.-Klee) Sommersaat Saatgut Klee > Luzerne; Som.-Luz) Sommersaat Saatgut Luzerne > Klee

² Änderungen des Leguminosenanteils zwischen den Schnitten

³ Nicht zu differenzieren zwischen Phosphor, Kalium, Magnesium, Bor, Zink und Schwefel

⁴ Im Vergleich zu anderen Gräsern im Gemenge

⁵ Gute Etablierung: Erreichen eines guten Kulturzustands im Saatjahr (kein statistisches Ergebnis)

⁶ Pflanzenverteilung und Entwicklung

⁷ Im Untersuchungsjahr

⁸ Insektenfraß und/oder Verfärbungen und Nekrosen

5.3 Einflussgrößen auf die Futterqualität

Von der für die Ertragsbestimmung bei der Handernte geschnittenen Biomasse wurden Mischproben frisch zu Futtermittellaboren geschickt und dort analysiert. Die Auswertung der Analyseergebnisse unterlag im Wesentlichen dem Netzwerk KleeLuzPlus. Bei der hier vorgestellten ackerbaulichen Auswertung wurden lediglich die Parameter Rohprotein- und Energiegehalt hinsichtlich ackerbaulicher Faktoren untersucht. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sich die Inhaltsstoffzusammensetzung vom Feld bis zum Einsatz als Futtermittel noch stark verändern kann, z. B. durch Prozesse beim Anwelken, durch Bröckelverluste vor allem vom Blattanteil und/oder durch Prozesse bei der Silierung.

5.3.1 Faktoren des Rohproteingehalts

Im Mittel aller untersuchten Schnitte lag der Rohproteingehalt bei 193 g/kg TM und reichte von 49 bis 337 g/kg TM (50 % der Proben: 166-222 g/kg TM).

Die Sprossmasse von Kleearten und Luzerne haben in der Regel einen höheren Rohproteingehalt als die von Gräsern zum gleichen Schnitttermin (Daccord & Arrigo 2002). Es ist deshalb plausibel, dass der stärkste Faktor des Rohproteingehaltes der Leguminosenanteil des Ernteguts war. Weiterhin nahm der Rohproteingehalt im Durchschnitt ab dem zweiten Schnitt überproportional zum Leguminosenanteil mit jedem weiteren Schnitt zu.

Bekanntermaßen nimmt die Konzentration wertgebender Inhaltsstoffe mit zunehmender Aufwuchsdauer bzw. vorschreitender Pflanzenentwicklung ab. Beide Parameter weisen auch bei der Auswertung einen negativen Zusammenhang zum Rohroteingehalt auf. Auch bei Berücksichtigung dieser Zusammenhänge waren Ertrag und Bestandeshöhe immer noch negativ mit dem Rohproteingehalt verbunden.

Eine hohe Wasserversorgung während der Ertragsbildung hatte einen negativen Effekt auf den Rohproteingehalt. Bestände mit hohen Anteilen unbedeckten Bodens zum Schnittzeitpunkt erreichten im Mittel geringere Rohproteingehalte. Das weist wie schon beim Leguminosenanteil daraufhin, dass Fehlstellen häufig stärker auf Kosten der Leguminosen gingen.

Gemenge mit deutschem Weidelgras ergaben häufig höhere Rohproteingehalte als Gemenge mit welschem Weidelgras. Auch Leisen (2016) fand geringere Rohproteingehalte in Gemengen mit welschem Weidelgras. Ein Effekt kann dabei die im Vergleich zum deutschen Weidelgras höherer Konkurrenzkraft sein (Kämpf et al. 1981). Auch eine gute Schwefelversorgung scheint einen positiven Effekt auf den Rohproteingehalt gehabt zu haben. Dies bestätigt die Forschungsergebnisse von Becker et al. (2015).

Im Vergleich von Rotklee und Luzerne als dominante Leguminosen erbrachte Luzerne etwas höhere Rohproteingehalte.

Leguminosenanteil und Schnittzeitpunkt scheinen mit Abstand die wichtigsten Stellschrauben des Rohproteingehalts im Erntegut zu sein. Die anderen ermittelten Faktoren wiesen einen deutlich geringeren Einfluss auf.

5.3.2 Faktoren des Energiegehalts

Im Mittel aller untersuchten Schnitte lag der Energiegehalt bei 5,8 MJ NEL/kg TM und reichte von 3,5 bis 7,4 MJ NEL/kg TM (50 % der Proben: 5,4-6,2 MJ NEL/kg TM).

Im Allgemeinen gilt der Schnitttermin bzw. das Entwicklungsstadium von Gräsern und kleinkörnigen Leguminosen als wichtigster Faktor des Energiegehalts von Futterbeständen. Die Ergebnisse bestätigen das Nachlassen des Energiegehalts mit der Aufwuchszeit, wie auch die Studie von Daccord & Arrigo (2002), vor allem für den ersten Schnitt. Mit zunehmendem Schnitttermin wurde dieser Effekt schwächer. Der erste Schnitt brachte im Mittel den weitaus höchsten Energiegehalt, auch das stimmt mit den Ergebnissen von Daccord & Arrigo (2002) überein. Ab dem dritten Schnitt weisen die eigenen Ergebnisse im Durchschnitt wieder auf einen Anstieg der Energiegehalte hin. Insgesamt zeigte sich ein deutlich negativer Zusammenhang vom Energiegehalt zur Bestandeshöhe zum Schnitttermin und zum TM-Ertrag.

Sowohl eine hohe Wasserversorgung als auch hohe Durchschnittstemperaturen während der Ertragsbildung hatten einen negativen Effekt auf den Energiegehalt. Bestände mit hohem Leguminosenanteil wiesen im Mittel etwas geringere Energiegehalte beim ersten Schnitt auf. Bei den luzernedominanten Beständen war der Energiegehalt etwas niedriger als bei den rotkleedominanten, was wieder die Ergebnisse von Daccord & Arrigo (2002) bestätigt. Gemenge mit im Vergleich zu anderen Gräsern hohem Anteil an deutschem Weidelgras wiesen etwas höhere Energiegehalte auf.

Verschiedene Autoren beschreiben eine nachlassende Leistungsfähigkeit von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen bei hoher Nutzungsfrequenz (Simon 1987). Die Ergebnisse der Untersuchung weisen darauf hin, dass auch der Energiegehalt im Folgejahr durch die Nutzungsintensität beeinflusst wird. Längere Aufwuchszeiträume zum Ende der Vegetation (4. Schnitt) im Vorjahr waren mit etwas höheren Energiegehalten im Untersuchungsjahr verbunden.

Auch die Witterung im vorherigen Winter scheint einen Einfluss auf die Energiegehalte gehabt zu haben. Sowohl Winter mit hohen Temperaturen als auch Winter mit vielen sehr kalten Tagen ($< -10^{\circ}$) waren nachfolgend mit etwas niedrigeren Energiegehalten verbunden. Die Niederschlagshöhe hatte keinen eindeutigen Effekt.

Auf schwereren Böden mit in der Regel höheren Gehalten an organischer Substanz und bei engem C/N-Verhältnis lagen die Energiegehalte bei den späteren Schnitten etwas höher. Der Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel hatte vor allem beim ersten Schnitt einen positiven Effekt.

Wesentliche Stellschraube eines hohen Energiegehalts im Erntegut ist ein früher Schnittzeitpunkt. Die größte Chance auf hohe NEL-Werte liegen beim ersten Schnitt. Ein klarer Einfluss des Grasanteils des Ernteguts war nicht zu erkennen. Anders als beim Rohproteingehalt scheint der Energiegehalt mehr von einer Vielzahl von weniger stark wirksamen Faktoren beeinflusst zu werden.

Der mittlere Energiegehalt über alle Proben lag bei den beiden im Projekt beteiligten Laboren auf unterschiedlichem Niveau (0,4 MJ NEL/kg TM), der Unterschied war bei den Gruppen mit über 50 % Leguminosenanteil höher als bei grasreichen Beständen. Die Unterschiede blieben auch bei Berücksichtigung anderer Faktoren bestehen (z. B. Aufwuchszeitraum, Standort).

Ursachen dafür könnten z.B. verschiedene NIRS-Kalibrationskurven oder Berechnungsformeln sein. Gegebenenfalls sollte vor der Analyse von Futterproben angefragt werden ob für die vorliegende Biomasse (z.B. Klee gras, Luzernegrass, Luzerne) beim Labor geeignete Eichkurven vorliegen und mit welchen Formeln NEL berechnet wird.

5.3.3 Faktoren vom Anteil „Qualitätsfutter“

Im Projekt wurde auch der Anteil Erntegut im Jahr mit mehr als 170 g/kg TM Rohprotein und mehr als 6 MJ/kg TM NEL untersucht – hier als „Qualitätsfutter“ bezeichnet. Im Mittel über alle Bestände mit mehr als einem Schnitt (n 313) wurden pro Jahr 20 dt/ha TM „Qualitätsfutter“ geerntet. Der Anteil am gesamten Jahresertrag betrug somit im Durchschnitt 20 %. Bei 43 % der Bestände wurden übers Jahr zu keinem Schnittzeitpunkt die Kriterien für „Qualitätsfutter“ erreicht.

Bei der Auswertung konnten keine offensichtlichen Betriebseigenschaften für Bestände mit keiner oder geringer bzw. hoher Ausbeute an Qualitätsfutter ermittelt werden. Die Ergebnisse bestätigen aber Berichte aus der Praxis, dass Frühjahrssaaten im ersten Hauptnutzungsjahr höhere Anteile an Qualitätsfutter erzielen als Sommersaaten. Auch, dass Bestände mit weniger als vier Schnitten pro Jahr geringere Anteile an Qualitätsfutter aufwiesen ist plausibel, da dann die Aufwuchszeiten meist länger waren und somit die Rohprotein- und Energiegehalte im Mittel auf niedrigerem Niveau lagen.

Unklar ist der statistische Zusammenhang zur Leguminosenart und zum Leguminosenanteil. Luzernedominante Bestände wiesen im ersten Hauptnutzungsjahr etwas höhere und ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr etwas niedrigere Energiegehalte auf als die rotkleedominanten Bestände. Der Leguminosenanteil wies ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr einen positiven Zusammenhang zum Energiegehalt auf.

Insgesamt konnte mit der statistischen Auswertung nur ein kleiner Teil der Unterschiede im Anteil an „Qualitätsfutter“ der einzelnen Bestände erklärt werden.

Der zum Teil gegenläufige Verlauf von Rohprotein- und Energiegehalten bei den verschiedenen Schnitten übers Jahr erschwert die Erzeugung von Futterchargen mit hohen Gehalten an beiden Inhaltsstoffen. Evtl. ist eine Mischung verschiedener Schnitte sinnvoll und zielführend – erster Schnitt energiereich, spätere Schnitte mit hohen Rohproteingehalten.

5.3.4 Zusammenfassung wesentlicher Faktoren von Rohprotein- und Energiegehalt

Einen Überblick über die Ergebnisse zu möglichen Faktoren von Rohprotein- und Energiegehalt von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen gibt Tabelle 57.

Tab. 57: Zusammenfassung gefundener Faktoren von Rohprotein- und Energiegehalt (NEL) im frischen Erntegut (Auswahl; + positiver, - negativer Zusammenhang, Details siehe Text und Kapitel Ergebnisse und Diskussion)

Faktor	Rohprotein	Energie
Boden-Schwefelgehalt	+	
Boden C/N-Verhältnis		-
Aufwuchszeitraum 4. Schnitt Vorjahr		+
Sehr kalte & sehr warme Vorwinter		-
Schnitt-Nr. ¹	+	- +
Wasserversorgung	-	-
N-Düngung		+
Aufwuchszeitraum	-	--
Pflanzenstadium	-	--
Bestandeshöhe	-	--
TM-Ertrag	-	--
Leguminosenanteil Erntegut	++	(-) ²
Luzerne/Rotklee	+	-
Dt. Weidelgras ³	+	+
Kahl- & Fehlstellen	-	
Futtermittellabor		Unterschiede!

¹ Energiegehalt nahm im Mittel zum 2. Schnitt stark ab danach wieder etwas zu

² Nur bei leguminosenreichen Beständen zum ersten Schnitt

³ Im Vergleich zu welschem Weidelgras im Gemenge

6 Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde gezielt der Anbau von kleinkörnigen Leguminosen in der Praxis untersucht. Die erarbeiteten Ergebnisse bilden deshalb die Bedingungen des praktischen Ackerbaus ab. Die Ergebnisse zeigen Stellschrauben auf, mit deren Hilfe sich verschiedene Bereiche des Anbaus optimieren bzw. steuern lassen. Der Abschlussbericht bietet darüber hinaus viele Kennzahlen und Daten zum Anbau kleinkörniger Leguminosen, mit denen konkrete Anbausituationen eingeschätzt, verglichen und bewertet werden können. Die Resultate bieten somit in Grenzen die Möglichkeit aktuellen Anbau zu analysieren und Handlungsbedarf abzuleiten sowie zukünftigen Anbau zu planen bzw. Anbauentscheidungen zu treffen. Die große Vielfalt an Bestandeszusammensetzungen und die komplexen Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und Bestandesentwicklung lassen jedoch noch einige Fragen offen.

Der direkte praktische Nutzen besteht aus vielen einzelnen Erkenntnissen, die zu einem besseren Verständnis von Zusammenhängen und Optimierungsmöglichkeiten des Anbaus beitragen. Allerdings ist in vielen Bereichen noch weiterer Forschungsbedarf vorhanden. Hierfür können die Ergebnisse des Projekts wichtige Anhaltspunkte geben. Neben dem Abschlussbericht wurden und werden die Erkenntnisse auch gezielt in praxisnahen Vortragsveranstaltungen und Publikationen weiter verbreitet. Zudem werden wesentliche Ergebnisse auch in Form standardisierter Merkblätter (EPS-Vorlage) zusammengefasst.

7 Erreichte Ziele und weiterführende Fragestellungen

7.1 Vergleich der geplanten und der erreichten Ziele

Folgende konkrete Fragestellungen werden in diesem Projekt bearbeitet:

- Welche Ertrags- und Qualitätspotentiale bieten Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen in der Praxis?
- Welche Standortbedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen sind für den erfolgreichen Anbau der geprüften Leguminosen bzw. Leguminosengemenge von besonderer Bedeutung?
- Welche Kombination von Parametern aus den Bereichen Boden, Pflanze, Bewirtschaftung und Umwelt sind die wesentlichen Faktoren der Varianz von Ertrag, Bestandszusammensetzung, Futterqualität und Pflanzengesundheit von Praxisbeständen mit kleinkörnigen Leguminosen?
- Welche quantitative Bedeutung haben die einzelnen, ermittelten Einflussfaktoren in der Praxis?

Im Rahmen des Projekts wurden einzelne wissenschaftliche Arbeitsziele verfolgt (S. 3). Im Folgenden wird darauf eingegangen inwieweit diese Ziele bzw. Fragestellungen erfolgreich bearbeitet werden konnten.

Mit der gewählten Methode der Handernte ist es gelungen für eine Vielzahl von Praxisbeständen Ertrags- und Qualitätszahlen zu ermitteln. Die Daten entsprechen nicht exakt

den Praxisfüttererträgen, da nur in einem Messbereich Stichproben erhoben wurden. Der Messbereich sollte zwar möglichst charakteristisch für den untersuchten Schlag sein, standortbedingte Unterschiede sind jedoch nicht auszuschließen. Weiterhin bilden die erhobenen Daten das Potential an Ertrag und Qualität ab, da sie ohne nennenswerte Verluste und mit frisch geernteter Biomasse ermittelt wurden. Trotz dieser Einschränkungen bieten die Ergebnisse einen Überblick über die große Spannweite im Ertrags- und Qualitätsniveau von Praxisbeständen mit kleinkörnigen Leguminosen. Weiterhin ermöglichten die Daten die für die Erreichung der weiteren Ziele notwendigen Auswertungen.

Für die untersuchten Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen konnten eine Reihe von Parametern oder Parameterkombinationen aus den Bereichen Boden, Pflanze, Bewirtschaftung und Umwelt als wesentlichen Faktoren der in der Praxis auftretenden Varianz von Ertrag, Leguminosenanteil und Futtermittelqualität identifiziert werden. Dabei wurden die auszuwertenden Fälle zum Teil in Untergruppen aufgeteilt (z.B. nach Bestandeszusammensetzung oder Schnittermin). Auf diese Weise wurde versucht der großen Heterogenität der Daten gerecht zu werden. Bei fast allen geprüften Zielgrößen blieb ein erheblicher Teil der Varianz unerklärt. Dies war zu erwarten, da bei Untersuchungen in der Praxis nie alle möglichen Faktoren ermittelt werden können, die Faktorzusammenhänge oft komplizierter sein können als mit den statistischen Verfahren abzubilden ist und die untersuchten Bestände nicht nur in den Standortbedingungen, sondern auch in ihrer Artenzusammensetzung stark variierten. Je schwächer der Einfluss eines Faktors auf die Zielgröße war, umso geringer war die statistische Absicherung, d. h. bei solchen Faktoren sind die Ergebnisse eher als Hinweise auf möglich Zusammenhänge zu bewerten. Natürlich muss bei der Interpretation der Ergebnisse auch berücksichtigt werden, dass nur die Faktoren ermittelt werden konnten, die im Untersuchungszeitraum erfasst wurden sowie eine ausreichende Streuung aufwiesen. Die verwendeten statistischen Verfahren lassen zwar Zusammenhänge erkennen, Rückschlüsse auf entsprechende Kausalitäten zeigen sie nicht. Hierfür wurden die Ergebnisse mit dem derzeitigen Erkenntnisstand verglichen und mögliche kausale Zusammenhänge aufgezeigt.

Zusätzlich zu den Faktoren der Zielgrößen konnten in vielen Fällen wiederum Einflussfaktoren auf die Faktoren der Hauptzielgrößen ermittelt werden. Auf diese Weise ergab sich in vielen Fällen ein komplexes Wirkungsnetz.

Insgesamt konnten auch unter den schwierigen Bedingungen eine Reihe Faktoren aus den Bereichen Standortbedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen ermittelt werden, die für den erfolgreichen Anbau der geprüften Leguminosen bzw. Leguminosengemenge von besonderer Bedeutung waren.

Eine eindeutige Zuordnung der einzelnen Faktoren und eine klare Quantifizierung war aufgrund der komplexen Zusammenhänge und der oft miteinander verbundenen Faktoren nur bedingt möglich. Zwar konnte bei den wesentlichen Faktoren von Ertrag und Leguminosenanteil die Wirkung quantifiziert werden – z. B. bei dem Einfluss der Wasserversorgung auf den Ertrag, aber selbst in diesen Fällen waren oft mehrere Faktoren beteiligt, deren Einfluss nicht differenziert werden konnte – z.B. bei den Bodeneigenschaften. Für viele der ermittelten Faktoren konnte jedoch eine Gewichtung ihrer Bedeutung erarbeitet werden.

Die ermittelten Einflussfaktoren zu den einzelnen Zielgrößen der untersuchten Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen bieten die Möglichkeit Optimierungsansätze und Steuerungsmöglichkeiten für die Praxis abzuleiten. Ein Vergleich mit dem bisherigen Erkenntnisstand

ergab sowohl Übereinstimmungen als auch Hinweise auf Differenzen bzw. bisher wenig beachtete Faktoren. Auch bei Übereinstimmung bieten die Ergebnisse aus dem Projekt in vielen Fällen durch das Aufzeigen ihrer Bedeutung in der Praxis zusätzliche Informationen.

Insgesamt zeigte sich der Ansatz, vorab keine gezielten Hypothesen aufzustellen und sich nicht vor Untersuchungsbeginn auf bestimmte Faktoren festzulegen, als ein gangbarer und erfolgreicher Forschungsansatz zur Beschreibung und Analyse des praktischen Anbaus kleinkörniger Leguminosen.

Mit der erfolgreichen Durchführung des Forschungsansatzes sowie dem Erreichen der wissenschaftlichen Arbeitsziele konnten auch die folgenden Gesamtziele des Forschungsprojekts erreicht werden:

- Identifizierung und Gewichtung wesentlicher, ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Erfolg des Anbaus kleinkörniger Leguminosen in der Praxis.
- Ergänzung der Projektergebnisse bei der Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien im Anbau kleinkörniger Leguminosen.
- Nutzung von Synergieeffekten aus der Kombination der geplanten Untersuchungen sowie gezielter ergänzender Datenerhebungen auf den Betrieben des Betriebsnetzwerks.

Mit dem Erreichen der Ziele können die Ergebnisse des Projekts ein wesentliches Ziel der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung, die Ausdehnung des Leguminosenanbaus in Deutschland zur Steigerung der heimischen Eiweißversorgung unterstützen. Die Ausweitung des Anbaus kleinkörniger Leguminosen in der Praxis wird neben den agrarpolitischen und marktökonomischen Bedingungen durch stark variierende Erträge und Qualitäten beeinflusst. Eine wichtige Grundlage für das Erreichen stabiler, hoher Erträge und akzeptabler Futterqualitäten sind möglichst detaillierte Kenntnisse über die Einflüsse von Standort, Bewirtschaftung und Umwelt auf die Bestandesentwicklung unter Praxisbedingungen. Zwar liegen eine Reihe von pflanzenbaulichen Einzelergebnissen aus der Forschung vor. Resultate aus Feldversuchen können jedoch nur die geprüften Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen abbilden. Die Versuchsbedingungen sind häufig nicht mit den Bedingungen in der Praxis vergleichbar. Praxiserfahrungen sind hingegen selten publiziert und oft schwer zu verallgemeinern. Die im vorliegenden Projekt erarbeiteten Ergebnisse können dazu beitragen diese bestehenden Lücken zu schließen.

7.2 Weiterführende Fragestellungen

Im Verlauf des Projekts und bei der Analyse der erarbeiteten Ergebnisse ergaben sich einige wichtige Themen bzw. Fragestellungen, deren Bearbeitung für die erfolgreiche Ausdehnung des Anbaus kleinkörniger Leguminosen für wichtig erachtet werden:

- Selbst- und Leguminosenunverträglichkeiten von kleinkörnigen Leguminosen: Aufklären kausaler Zusammenhänge, Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Leguminosenarten in der Anbaugeschichte.
- Klärung der Rolle der Saatgutqualität auf den Erfolg des Anbaus kleinkörniger Leguminosen.

- Relevanz von Bodennährstoffgehalten bei unterschiedlichen Umweltbedingungen und im Jahresverlauf.
- Auswertung der Landessortenversuche unter detaillierter Berücksichtigung der Standort- und Witterungsbedingungen.
- Möglichkeiten einer Optimierung der Saatgutverteilung und Tiefenablage bei der Saat von feinkörnigen Leguminosen.
- Quantifizierung des Nutzens von Beständen mit feinkörniger Leguminosen im Fruchtfolgesystem (z.B. Humus-, Unkraut-, Vorfruchtwirkung, N-Bilanz inkl. unterirdischer N-Mengen) und Differenzierung nach Artenzusammensetzung, Aufwuchsleistung und Bewirtschaftung (z. B. Nutzungsdauer, Düngung).
- Überprüfung der Ergebnisse unterschiedlicher Futtermittellabore hinsichtlich der Analyseergebnisse von Futter aus Beständen mit feinkörnigen Leguminosen unter besonderer Berücksichtigung der NIRS-Kalibrierung und klassischer Futterwertermittlung.
- Methodische Weiterentwicklung des durchgeführten Praxisforschungsansatzes und der statistischen Auswertungsmöglichkeiten.

8 Zusammenfassung

In den Jahren 2019 bis 2023 wurden im Forschungsprojekt *Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie* (FKZ: 2818EPS032) deutschlandweit Bestände mit praktischem Anbau von kleinkörnigen Leguminosen untersucht. Diese Bestände lagen fast alle auf Betrieben die an dem im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geförderten Netzwerkprojekt KleeLuzPlus beteiligt waren. Das Forschungsprojekt wurde in enger Kooperation mit dem Netzwerk durchgeführt.

Wesentliche Ziele des Projekts waren a) die Identifizierung und Gewichtung wesentlicher ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Erfolg des Anbaus kleinkörniger Leguminosen in der Praxis; b) die Ergänzung des bestehenden Erkenntnisstands bei der Ableitung von standort-abhängigen Optimierungsstrategien im Anbau sowie c) die Nutzung von Synergieeffekten aus der Kombination der im Netzwerk durchgeführten Untersuchungen sowie gezielter ergänzender Datenerhebungen auf den Betrieben.

Für das Projekt wurden gezielt Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen mit für den jeweiligen Betrieb typische Standortbedingungen und Anbauverfahren ausgewählt. Insgesamt wurden von 2020 bis 2023 bundesweit auf 66 Betrieben 332 Bestände (Schlag pro Jahr) auf 37 konventionell und 29 ökologisch wirtschaftenden Betrieben untersucht.

In den Untersuchungsbeständen wurde in einem Messbereich eine Vielzahl von Boden- und Pflanzenparametern erfasst. Das reichte beispielsweise vom Einsatz einer Bodensonde zur Verdichtungsmessung über chemische Bodenanalysen bis hin zu verschiedenen Bonituren zu unterschiedlichen Vegetationsstadien. Wesentliches Element der Untersuchung waren die Handernten direkt vor den Praxisschnittterminen zur Ertragsermittlung, zur Schätzung des Leguminosenanteils und zur Bereitstellung von Proben für Futtermittelanalysen. Die für die Auswertung benötigten Bewirtschaftungsdaten wurden den Ergebnissen der Befragungen der Betriebsleitung durch die Netzwerkbetreuer*innen entnommen. Witterungsdaten wurden aus öffentlich zugänglichen Stationsnetzen ermittelt.

Die Auswertung erfolgte vor allem betriebsübergreifend mit statistischen Verfahren und zum Teil auch durch gezielte Einzelfallprüfungen. Dabei war der ständige Vergleich zum derzeitigen Erkenntnisstand ein wesentlicher Bestandteil. Um z. B. Unterschiede in der Artenzusammensetzung, den Schnittterminen oder den Hauptnutzungsjahren berücksichtigen zu können, erfolgten auch gesonderte Auswertungen bestimmter Untergruppen. Auch innerhalb dieser Untergruppen war immer noch eine große Vielfalt an unterschiedlichen Bestandeszusammensetzungen und Nutzungsregimen enthalten. Sie reichten z. B. von grasreichen Klee-grasbeständen mit zwei bis drei Schnitten pro Jahr bis zu Luzernereinsaaten mit fünf bis sechs Schnitten. Es konnten somit nur Zusammenhänge ermittelt werden, die für diese große Spannweite an Beständen zutrafen. Doch schon die Darstellung dieser großen Vielfalt gibt einen Einblick in die Praxis des Anbaus kleinkörniger Leguminosen.

Eine wichtige Zielgröße bei der Ermittlung von Einflussfaktoren war der Ertrag. Die maximal erreichten Handernte-Jahreserträge – ein Hinweis auf das Ertragspotential in der Praxis – sowie Spannweite und Median wurden bei drei verschiedenen Bestandesgruppen ermittelt.

Die Trockenmasseerträge reichten bei Beständen mit mehr als 50 % Gras im Erntegut von 22 bis 169 dt/ha, der Median lag bei 89 dt/ha. Bestände mit mehr als 50 % Leguminosen und Rotklee als dominanter Leguminose erreichten Erträge von 13 bis 180 dt/ha mit einem Median von 98 dt/ha. Die Erträge von luzernedominanten Beständen mit über 50 % Leguminosen (inkl. Luzernereinsaat) reichten von 29 bis 215 dt/ha mit einem Median von 105 dt/ha.

Für den Ertrag jedes einzelnen Schnitts ist natürlich der Aufwuchszeitraum ein wesentlicher Faktor. Mit zunehmender Zeit nimmt der Ertrag zu. Allerdings ist die Vegetationszeit im Jahr begrenzt, so dass lange Aufwuchszeiten weniger Schnitte ermöglichen, außerdem leidet bei langen Zeiträumen die Futterqualität. Die Jahreserträge der untersuchten Bestände waren bei vier bis fünf Schnitten pro Jahr und bei einer genutzten Vegetationszeit von ca. 220 Tagen am höchsten. Wie viele Schnitte möglich sind und wie hoch der Ertrag der einzelnen Schnitte ist wird aber auch durch die Wüchsigkeit der Bestände beeinflusst.

Für den Ertrag der Schnitte wurden eine Reihe von Faktoren ermittelt. Wesentlich waren dabei Standort- und Umweltfaktoren. So spielte eine hohe Wasserversorgung eine entscheidende Rolle für hohe Erträge, vor allem bei den späteren Schnitten. Bei der Wasserversorgung waren sowohl die Niederschlagsmengen und deren Verteilung als auch die Wasserhaltefähigkeit der Böden ausschlaggebend. Auf leichten, flachgründigen und/oder sehr schweren Böden mit einer geringen Wasserhaltefähigkeit hatten Trockenperioden deutlich negativere Auswirkungen als auf tiefgründigen, schluffigen Böden.

Neben diesen und weiteren wenig steuerbaren Standort- und Umweltfaktoren konnten aber auch einige wichtige Ertragsfaktoren ermittelt werden die durch die Bewirtschaftung beeinflusst werden können. Eine wichtige Voraussetzung für die Ausschöpfung des Ertragspotentials eines Standorts waren gleichmäßige und lückenlose Bestände, besonders in Bezug auf die Verteilung der Leguminosenpflanzen. Eine geglückte Etablierung ist also ein wesentlicher Faktor für gute Erträge. Auch hier spielen Umweltbedingungen eine große Rolle, es konnte aber beobachtet werden, dass in vielen Fällen auch die Bewirtschaftung noch Raum für Optimierung ließ. Die Saatvorbereitung und Saat selbst konnte im Projekt nicht untersucht werden. Als wesentliche kritische Punkte zeichneten sich aber die Qualität des Saatbetts und die genaue und gleichmäßige Einhaltung der Ablagetiefe ab – Klee und Luzerne sind Feinsämereien die flach aber mit Wasseranschluss gesät werden sollten. Frühjahrssaaten und früh gesäte Sommersaaten waren meist im Vorteil.

Weiterhin spielten die chemischen Bodeneigenschaften eine wichtige Rolle. Der bekannte Anspruch der Luzerne an pH-Werte über 6 wurde in einigen Fällen nicht erfüllt. Auch die Verfügbarkeit von Bodennährstoffen war ein wichtiger Ertragsfaktor, z. B. bei Kalium, Phosphor, Magnesium und Schwefel, Die Zufuhr von diesen Nährstoffen mit der Düngung hatte aber selten statistisch belegbare positive Effekte. Das war wohl vor allem darauf zurückzuführen, dass Düngungsmaßnahmen häufiger auf schon gut versorgten Flächen erfolgten und selten dort wo es nötig gewesen wäre. Eine an Bodenuntersuchungen angepasste Düngung und das Ausprobieren unterschiedlicher Düngemittel und –mengen am jeweiligen Standort könnte zur Ertragsoptimierung beitragen. Stickstoffdüngung, auch über organische Düngemittel, hatte nur bei den grasreicheren Beständen im Mittel einen positiven Effekt.

Daneben zeigten sich weitere weniger stark wirksame aber zum Teil bekannte Einflussfaktoren. So hatte z. B. tiefes Schneiden bei Luzerne langfristig einen negativen Effekt auf den Ertrag. Auch ein früher erster Schnitt und eine hohe Schnittfrequenz im Vorjahr hatten negative Effekte auf die Schnitterträge übers Jahr. Die vielfach in Ergebnissen von Feldversuchen

beschriebenen Sorteneffekte zeigten sich in der Praxisuntersuchung nicht. Das kann u. a. an der großen Vielfalt in der Praxis eingesetzter Leguminosensorten liegen oder auch an den je nach Standort- und Umweltbedingungen unterschiedlichen Reaktionen der Sorten.

Bei der Auswertung zeichnete sich ab, dass im Durchschnitt die ökologisch bewirtschafteten Bestände ca. 10 % weniger Ertrag lieferten als die konventionellen Bestände. Nur zu einem geringen Teil konnte das durch etwas niedrigere Bodennährstoffgehalte und weniger Luzerneanbau bei den Öko-Beständen erklärt werden. Statistisch deutlich war der negative Zusammenhang von Leguminosenanbau in der Vergangenheit – vor allem von Rotklee – und Ertrag der untersuchten Bestände. Bei den Bonituren der Bestände konnten jedoch nur sehr selten Symptome von fruchtfolgebedingten Krankheiten beobachtet werden. Hier muss weitere Forschung klären ob ein kausaler Zusammenhang besteht und ob die bisher angestrebten Anbauabstände ausreichend sind. Eventuell könnte bei dieser Problematik aber auch die Saatgutqualität eine Rolle spielen.

Der Leguminosenanteil ist eine wichtige Größe hinsichtlich der Futterqualität und der Stickstoffleistung von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen. Dieser spielt sowohl bei den meist mit Gräsern angesäten Gemengen als auch den eigentlich als Reinsaaten angelegten Beständen eine Rolle. Über alle untersuchten Schnitte reichte der Leguminosenanteil im Erntegut von 0 bis 100 %, dabei lagen 90 % der Fälle über einem Leguminosenanteil von 25 %. Die Bestände mit Rotklee als dominanter Leguminose wiesen im Mittel ca. 60 %, die mit Luzerne ca. 80 % Leguminosenanteil auf.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Wahl des Leguminosenanteils im Saatgut nicht ausreicht um einen bestimmten Leguminosenanteil im Erntegut zu erhalten. Neben dem Saatgutanteil wurden in der Untersuchung eine Reihe weiterer Faktoren ermittelt die für den Leguminosenanteil im Bestand verantwortlich waren.

Zum einen war eine Veränderung im Jahresablauf zu erkennen. Im Durchschnitt waren die Leguminosenanteile zum ersten Schnitt am niedrigsten und stiegen dann im Laufe des Jahres an. Auch verschiedene Umweltbedingungen, wie die Wasserversorgung und die Winterwitterung spielten eine Rolle.

Von den beeinflussbaren Faktoren war, wie schon beim Ertrag, die Bestandesetablierung besonders wichtig. Geringer Unkrautdruck und wenig Auflaufgetreide nach der Saat und homogene Bestände ohne Lücken wiesen meist die höheren Leguminosenanteile auf. Auch förderte eine Saat im Frühjahr statt im Sommer oder eine frühe Sommersaat den Leguminosenanteil. Ein weiterer wichtiger Faktor war die Stickstoffdüngung. Der bekannte Effekt, dass diese zu einer Stärkung der Nichtleguminosen, d. h. vor allem der Gräser, und damit zu niedrigeren Leguminosenanteilen im Aufwuchs führt wurde auch bei den untersuchten Beständen gefunden. Deutlich wurde aus den Ergebnissen auch, dass ein später erster Schnitt die Leguminosen im Bestand fördert. Bei der Wahl des Schnitttermins spielt jedoch auch immer die benötigte Futterqualität eine Rolle. Bestände mit Luzerne als dominanter Leguminose wiesen bei Impfung mit Rhizobien im Mittel etwas höhere Leguminosenanteile auf.

Bei den Untersuchungen zeigten sich zudem negative Effekte auf den Leguminosenanteil durch Mäuseschäden, bei Verfärbungen oder Nekrosen am Spross und, vor allem bei Luzerne, durch nasskalte Frühjahrswitterung. Wie schon beim Ertrag ergab Rotkleeanbau in der

Schlaggeschichte auch einen negativen Einfluss auf den Leguminosenanteil, besonders deutlich bei luzernedominanten Beständen. Inwieweit dieses statistische Ergebnis wirklich auf kausalen Zusammenhängen beruht konnte im Projekt nicht geklärt werden.

Von dem bei der Handernte frisch geschnittenen Erntegut wurde der Futterwert bestimmt. Die Auswertung der Analyseergebnisse unterlag im Wesentlichen dem Netzwerk KleeLuzPlus. Bei der ackerbaulichen Auswertung wurden lediglich die Parameter Rohprotein- und Energiegehalt geprüft.

Im Mittel aller untersuchten Schnitte lag der Rohproteingehalt bei 193 g/kg TM und reichte von 49 bis 337 g/kg TM. Die Rohproteinergebnisse zeigen zum einen das große Potential von Beständen mit kleinkörnigen Leguminosen zur Lieferung von eiweißreichem Futter. Auf der anderen Seite belegen sie, dass der Anbau von Leguminosen nicht automatisch zu hohen Proteingehalten im Futter führt.

Den größten Einfluss auf den Rohproteingehalt hatten der Leguminosenanteil im Erntegut und die Wahl des Schnitttermins. Junge leguminosenreiche Bestände wiesen im Mittel die höchsten Rohproteingehalte auf. Daneben war im Jahresverlauf eine Zunahme der Rohproteingehalte von Schnitt zu Schnitt erkennbar.

Der Energiegehalt der untersuchten Schnitte reichte von 3,5 bis 7,4 MJ NEL/kg TM. Somit können auch Bestände mit kleinkörnigen Leguminosen energiereiches Futter liefern, allerdings wurden im Mittel nur 5,8 MJ NEL/kg TM erreicht.

Den weitaus größten Einfluss auf den Energiegehalt im Erntegut hatte die Wahl des Schnitttermins, zumindest bei den ersten beiden Schnitten im Jahr. Junge Bestände wiesen im Mittel die höchsten Energiegehalte auf. Im Jahresverlauf nahm der Energiegehalt durchschnittlich vom ersten zum zweiten Schnitt stark ab und stieg im weiteren Verlauf wieder an. Alle weiteren identifizierten Faktoren hatten einen deutlich geringeren Einfluss.

Die Ergebnisse weisen auf mögliche Laborunterschiede bei der NEL-Ermittlung hin. Es ist ratsam vor der Analyse von Futterproben sicherzustellen, dass für die Art des Ernteguts geeignete Verfahren vorhanden sind, z. B. NIRS-Eichkurven für Klee gras, Luzernegrass und Luzerne.

Die Kombination von hohen Energie- und Rohproteingehalten (> 170 g/kg TM Rohprotein & > 6 MJ/kg TM NEL) wurde nur bei 20 % der insgesamt in allen Untersuchungsbeständen geernteten Futtermenge erreicht. Mit den vorliegenden Daten konnten keine Zusammenhänge von Betriebseigenschaften und der Ausbeute an Futter mit hoher Qualität ermittelt werden. Allerdings wurden nach Frühjahrssaaten im ersten Hauptnutzungsjahr und bei mehr als drei Schnitten pro Jahr höhere Anteile an qualitativ hochwertigem Futter erzielt. Eine hohe Wasserversorgung führte im Mittel zu etwas geringeren Nährstoffgehalten.

Insgesamt konnte mit den Untersuchungsergebnissen die große Vielfalt des Anbaus kleinkörniger Leguminosen in der Praxis abgebildet werden. Es zeigte sich der große Einfluss von Standort- und Umweltbedingungen auf die Ertragsleistung der untersuchten Bestände und auf die Zusammensetzung und Qualität des Ernteguts. Daneben wurden aber auch einige Bereiche im Anbau kleinkörniger Leguminosen mit Optimierungspotential bzw. mit Steuerungsmöglichkeiten identifiziert.

9 Literaturverzeichnis

- Ad-hoc AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., Hannover. Schweitzerbartsche Verlagsbuchhandlung.
- Bachinger, J., Reining, E. (2009): An empirical statistical model for predicting the yield of herbage from legume-grass swards within organic crop rotations based on cumulative water balances. *Grass and Forage Science*, 64, 144–159
- Bakken A.K., Breland T.A., Haraldsen T.K., Aamlid T.S., Sveistrup, T.E. (2005): Soil fertility in three cropping systems after conversion from conventional to organic farming. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*, 56, 81-90.
- Becker, K., Riffel, A., Leithold, G. (2015): Sicherung des Ertragspotentials von Luzerne-Kleegrasbeständen durch Verbesserung des aktuellen Schwefelversorgungszustandes ökologisch bewirtschafteter Flächen - Situation und Bedeutung unter Praxisbedingungen. Abschlussbericht Projekt 10OE104. <https://orgprints.org/id/eprint/29689/>
- Becker, K.; Heilmann, S.; Riffel, A.; Leithold, G., Fischinger, S. (2013): Wirkung einer Schwefel- und Gölledüngung auf den Trockensubstanz- und Stickstofftrag eines Futterleguminosenbestandes. In Neuhoff D., Stumm C., Ziegler S., Rahmann G., Hamm U., Köpke U. (Hrsg.): Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 220-221.
- BLE (Hrsg.) (2014): Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn.
- BLE (Hrsg.) (2023): Anbau und Verwertung kleinkörniger Leguminosen. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn.
- BMEL (Hrsg.) (2017): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Jahrbuch 2017. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/tabellen-kapitel-c-hii-und-hiii-des-statistischen-jahrbuchs/>
- Böhm, H. (2016): Einfluss einer Schwefeldüngung auf die Ertragsleistung und ausgewählte Inhaltsstoffe von Kleegras im Ökologischen Landbau. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 28, 74-75.
- BZL (Hrsg.) (2023): Anbau und Verwertung kleinkörniger Leguminosen. BLE, Bonn.
- Daccord, R., Arrigo, Y. (2002): Nährwert von Wiesenpflanzen. *Agrarforschung*, 9, 22-27.
- DVWK (ed.) (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen (Determination of the evaporation of land and water surfaces). *Gas und Wasser*, Bonn, Germany: DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, 238, Wirtschafts- und Verl.-Ges, pp. 38–39.
- DWD (2024): Analysen radarbasierter stündlicher (RW) und täglicher (SF) Niederschlagshöhen. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radolan.html>
- Ehlers, W. (1997): Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. *Pflanzenbauwissenschaften*, 1.3, 97-108.
- Eyhorn, F., Mahesh, R., Mäder, P. (2007): The viability of cotton-based organic farming systems in India. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 5, 25-38.

- Frühwirth, P. (2021): Die Luzerne – eine Eiweißfutterpflanze mit Zukunft. Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Linz.
- Geisler, G. (1980): Pflanzenbau. Ein Lehrbuch - biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. P. Parey, Hamburg.
- Geisler, G. (1983): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Paul Paray, Berlin und Hamburg
- Hannaway, D.B., Shuler, P.E. (1993): Nitrogen Fertilization in Alfalfa Production. Journal of Production Agriculture, 6, 80-85.
- Hartmann, S. (2015): So funktioniert der Luzerneanbau. top agrar südplus, 02 2015, 32-37.
- Hartmann, S. (2017): Klee und Luzerne wieder auf dem Vormarsch. Innovation, 1/2017, S. 8-9.
- Huss, H. (2009): Die Anthraknose von Rotklee und Luzerne. Der Pflanzenarzt, 5/2009.
- Kämpf, R., Nohe, E., Petzold, K. (1981): Feldfutterbau. DLG-Verlag, Frankfurt a. M..
- Kivelitz, H. (2019): Einfluss der Saatstärke auf den Ertrag von Luzerne und Luzerne-Grasmischungen. In: LfL: Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2019. LfL, Freising, S. 105-108.
- Kolbe, H. (2019): Einfluss mineralischer P- und K-Düngung auf die Ertragsreaktion der Fruchtarten in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung des Bodens unter den Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus in Deutschland. Journal für Kulturpflanzen, 71(6), 161-181.
- Kolbe, H. (2024): Schwefel-Versorgung und Düngebedarf von Leguminosen, Getreide und Grünland. Berichte aus dem Ökolandbau 2024. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-937447>
- Leisen, E. (2003): Ertrag und Futterqualität sowie Fruchtfolgewirkung verschiedener Klee-Grasmischungen auf Öko-Betrieben. In: Freyer, B. (Hrsg.) Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Institut für ökologischen Landbau - Universität für Bodenkultur, Wien, S. 477-478.
- Leisen, E. (2016): Langjährige Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis im Projekt Öko-Leitbetriebe. 60. Jahrestagung der AGGF 2016 in Luxemburg. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2016_leisen.pdf&ved=2ahUKEwjdvZD4yN6KAXUQxwIHHbnMIqgQFnoECDAQAQ&usq=AOvVaw1E_JT8GZXP0CEHUNp-QqcV
- LfL (2024): Sortenempfehlung Gräser, Klee und Luzerne Vegetation 2024. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/empfangraeser_klee_luzerne_2024.pdf
- LfL (Hrsg.) (2016): Luzerne, Anbau - Konservierung – Verfütterung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising.
- LfL (Hrsg.) (undatiert): Fruchtfolgebedingte Krankheiten von Leguminosen im ökologischen Landbau. LfL, Freising.
- Lind, P. (2013): Schnittintervall und Schnitthöhe: Einfluss auf Ertragsbildung und Qualität von Klee-Grasbeständen. Verlag Dr. Köster, Berlin.

- Loges, R. (2013): Leguminosen im Futterbau: Aktuelle und zukünftige Bedeutung sowie Forschungsbedarf. 57. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Triesdorf (Franken) vom 29. – 31. August 2013. S. 9-19.
- Loges, R., Hamacher, M., Kluß, C., Taube, F. (2015): Einfluss der Begleitgrasart auf Ertrag und Qualität von Rot- bzw. Weißklee gras. In: Häring, A M., Hörning, B., Hoffmann-Bahnsen, R., Luley, H., Luthardt, V., Pape, J., Trei, G. (Hrsg.): 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Köster, Berlin, S. 222-225.
- Loges, R., Kornher, A., Taube, F. (1998): Ertrag, Futterqualität und N₂-Fixierungsleistung von Rotklee und Rotklee/Gras. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 11, 139-142.
- Mahnke, B., Machner, M., Müller, J., Wrage-Mönnig, N. (2016): Was will der Klee, was braucht die Öko-Kuh und was ist eigentlich da? In: Asta (Hrsg): Nachhaltige Milchproduktion: Forschung und Praxis im Dialog. Asta, Luxembourg, S.123-125.
- Mikkelsen, R. L. (2000): Nutrient management for organic farming: a case study. Journal of Natural Resources and Life Sciences Education. 29, 88-92.
- Oyarzun, P., Gerlagh, M., Hoogland, A. E. (1993): Relation between cropping frequency of peas and other legumes and foot and root rot in peas. Netherlands Journal of Plant Pathology, 99, 35-44.
- Oyarzun, P. J., Dijst, G., Maas, P. W. T. (1994): Determination and analysis of soil receptivity to *Fusarium solani* f. sp. *pisi* causing dry root rot of peas. Phytopathology, 84, 834-842.
- Oyarzuna, P. J., Gerlaghb, M., Zadoksc, J. C. (1998): Factors associated with soil receptivity to some fungal root rot pathogens of peas. Applied Soil Ecology, 10, 151-169.
- Raghupathi, H. B., Bhargava, B. S. (1998): Diagnosis of nutrient imbalance in pomegranate by diagnosis and recommendation integrated system and compositional nutrient diagnosis. Communications in soil science and plant analysis, 29, 2881-2892.
- Rydberg, N. T., Milberg, P. (2000): A survey of weeds in organic farming in Sweden. Biological agriculture and horticulture, 18, 175-185.
- Schmaler, K., Barthelmes, G. (2014): Ansaatverfahren zur Etablierung von Luzerne- und Rotklee gras. In: TLL: Multifunktionalität des Dauergrünlandes erhalten und nutzen. TLL, Jena, S. 135-138.
- Schmidt, H., Langanky, L., Wolf, L., Schätzl, R. (2019): Soja-Anbau in der Praxis. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Schmidt, H., Langanky, L. (2020): Lupinen-Anbau in der Praxis. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Schmidt, H., Langanky, L. (Hrsg.) (2021a): Körnererbsen-Anbau in der Praxis. <https://www.blemedienservice.de/0522/koernererbsen-anbau-in-der-praxis-ackerbau-oekonomie-oekologisch-konventionell>
- Schmidt, H., Langanky, L. (Hrsg.) (2021b): Ackerbohnen-Anbau in der Praxis. <https://www.blemedienservice.de>

- Schmidt, H. (1997): Viehlose Fruchtfolge im Ökologischen Landbau. Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel.
- Schubiger, F. X. (2024): Krankheiten und Schädlinge der Futterleguminosen. <https://www.pflanzenkrankheiten.ch/krankheiten-an-kulturpflanzen-2/krankheiten-an-futterleguminosen/luzerne/sclerotinia-trifoliorum-ms>
- Schulz (undatiert): Anbau von Klee gras. Infodienst Landwirtschaft - Ernährung - Ländlicher Raum. <https://www.landwirtschaft-bw.de/>
- Simon, U. (1987): Feldfutterbau. In: Voigtländer, G., Jacob, H. (Hrsg.): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer, Stuttgart, S. 337-386.
- Starz, W., Pfister, R., Rohrer, H., Hein, W., & Waschl, H. (2015): Luzerne und Rotklee gras im oberösterreichischen Alpenvorland. In: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): Fachtagung Biologische Landwirtschaft. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, S. 25-28.
- Urbatzka, P., Rehm, A., Eckl, T., Salzeder, G. (2017): Vergleich verschiedener Arten und Saatzeiten bei Futter-leguminosen. In: Wolfrum, S., Heuwinkel, H., Reents, H.J., Wiesinger, K., Hülsbergen, J. (Hrsg.): Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 40-43.
- Urbatzka, P., Salzeder, G., Eckl, T., Castell, A. (2018): Vergleich einer Untersaat und Blanksaat beim Klee gras in Abhängigkeit der Nutzung. In: LfL: Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern, Öko-Landbautag 2018. LfL, Freising, S. 55–59.
- Wachendorf, M. (1995): Untersuchungen zur Ertragsentwicklung und Qualitätsveränderung von Rotklee und Rotklee gras in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz, der Stickstoffdüngung und der Grasart. Dissertation, Universität Kiel.
- Wilbois, K-P. et al. (2013): Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute r Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit Gesamtprojekt - Abschlussbericht. <http://orgprints.org/> (Abrufbar ab 01.01.2015)
- Wurth, W. (2006): Klee grasanbau - Agrarreform schafft Spielraum. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft LVVG, Aulendorf.
- Yin, R.K. (2003): Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

10 Vorträge und Publikationen zum Projekt

Vorträge bei Netzwerktreffen (H. Schmidt & Lucas Langanky):

Grub, 29.10.2019: FuE-Projekt - Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie

Auweiler, 17.02.2020: FuE-Projekt - Ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen

Online, 26.08.2020: FuE-Projekt: Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie

Online, 11.11.2020: Überblick 1. Erhebungsjahr im FuE-Projekt der SÖL

Triesdorf, 20.10.2021: Ackerbauliche Auswertung FuE-Projekt der SÖL

Online, 25.11.2021: Ackerbauliche Auswertung FuE-Projekt der SÖL

Nauen, 04.05.2022: Überblick 2. Erhebungsjahr im FuE-Projekt der SÖL

Nauen, 04.05.2022: N-Bilanz & N-Vorfruchtwirkung von kleinkörnigen Leguminosen – Warum ist das so kompliziert?

Bad Hersfeld, 16.11.2022: Überblick 2. Erhebungsjahr im FuE-Projekt der SÖL

Frankenhausen, 24.02.2023: Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie (Vorstellung bei KleeAss-Projekttreffen)

Online, 16.05.2023: Überblick: KleeLuzPlus-Datenerfassung 4. Erhebungsjahr im FuE-Projekt der SÖL

Erfurt, 16.11.2023: Ackerbauliche Auswertung – Überblick 2023, Handernte/Praxisertrag & Auswertungsbeispiele

Frankenhausen, 16.04.2024: Ackerbauliche Auswertung, Überblick 2023, Ackerbauliche Auswertung, Übersicht und Beispiele

Dietlart, KleeLuzPlus Abschluss Bayern, 03.06.2024: Ackerbauliche Untersuchung von KleeLuzPlus-Beständen

Harsewinkel, KleeLuzPlus Abschluss Nordrhein-Westfalen, 29.08.2024: Ackerbauliche Untersuchung von KleeLuzPlus-Beständen

Aumenau, KleeLuzPlus Abschluss Nordrhein-Westfalen, 03.09.2024: Ackerbauliche Untersuchung von KleeLuzPlus-Beständen

Kiel, KleeLuzPlus Abschluss Schleswig-Holstein, 17.10.2024: Ackerbauliche Untersuchung von KleeLuzPlus-Beständen

Öffentliche Vorträge (H. Schmidt & Lucas Langanky):

Frick, Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 08.03.2023: Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell angebauten kleinkörnigen Leguminosen in der Praxis – Ertrag und Zusammensetzung

Frankenhausen, KleeAss-Feldtag, 26.09.2023: Futterleguminosenanbau in der Praxis – Erste Ergebnisse zu Einflussfaktoren

Alsfeld, Hessischer Ackerbaustammtisch, 05.12.2023, Was können die einzelnen Leguminosen in der Öko-Fruchtfolge

Haus Düsse, NRW Leguminosentag, 06.12.2016: Futterleguminosenanbau in der Praxis – Erste Ergebnisse zu Einflussfaktoren

Online, Demeter BW, 22.02.2024, Leguminosen im Öko-Ackerbau: Faktoren für eine gute Vorfruchtwirkung

Gießen, Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Postervortrag, 06.03.2024: Einfluss von Bodeneigenschaften auf die Erträge kleinkörniger Leguminosen in der Praxis

Online, Höfestammtisch, 12.08.2024: Ackerbauliche Untersuchung von KleeLuzPlus-Beständen – Mehrjähriger Anbau

Ober-Erlenbach, LLH-Feldtag, 17.09.2024: Klee- & Luzerneanbau auf den Netzwerkbetrieben - Erfolgsfaktoren & Knackpunkte aus ackerbaulicher Sicht

Todendorf, KleeLuzPlus Abschluss Mecklenburg-Vorpommern, 24.09.2024: Ackerbauliche Untersuchung von KleeLuzPlus-Beständen

Leipzig, Leguminosenkongress, 08.10.2024: Klee und Luzerne: Faktoren des Leguminosenanteils von Praxisbeständen

Leipzig, Leguminosenkongress, 09.10.2024: Erträge von Praxisbeständen mit Klee und Luzerne

Weikersdorf, KleeLuzPlus Abschluss Sachsen, 14.10.2024: Ackerbauliche Untersuchung von KleeLuzPlus-Beständen

Eiterfeld, Fachberatertagung „Ökologischer Pflanzenbau“, 26.11.2024: Ergebnisse aus der Praxisforschung zum Leguminosenanbau – Kleinkörnige Leguminosen in der Praxis (Futterqualität, Stickstoff-Mengen)

Bad Kreuznach, Bioland, 03.12.2024: Erfolgsfaktoren für den Anbau kleinkörniger Leguminosen in der Praxis

Online, Leguminosentag Ost, 11.12.2024: Leguminosenanteil und Futterqualität von Praxisbeständen mit kleinkörnigen Leguminosen

Publikationen:

Schmidt, H., Langanky, L., 2023: Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell angebauten kleinkörnigen Leguminosen in der Praxis - Ertrag und Zusammensetzung In: V. Bibic, Prof. Dr. K. Schmidtke (Hrsg.): 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. FIBL, Frankfurt, S. 272-275.

Schmidt, H., 2024: Praxisforschung zu kleinkörnigen Leguminosen. Ökologie & Landbau 03 | 2024, 53.

Schmidt, H., Langanky, L., 2024: Einfluss von Bodeneigenschaften auf die Erträge kleinkörniger Leguminosen in der Praxis. In: Bruder, V.; Röder-Dreher, U.; Breuer, L.; Herzig, C. und Gattinger, A. (Hrsg.): 17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. FIBL, Frankfurt, S. 95-96.

Schmidt, H., Langanky, L., 2024: Klee und Luzerne: Faktoren des Leguminosenanteils von Praxisbeständen. In: Tagungsband 2. Nationaler Leguminosen Kongress, Leipzig, S. 33, <https://www.dafa.de/wp-content/uploads/Konferenzband2NatLegKongress2024.pdf>.

Schmidt, H., Langanky, L., 2024: Erträge von Praxisbeständen mit Klee und Luzerne. In: Tagungsband 2. Nationaler Leguminosen Kongress, Leipzig, S. 43, <https://www.dafa.de/wp-content/uploads/Konferenzband2NatLegKongress2024.pdf>.

11 Danksagung

Der Dank der Autoren gilt besonders

- der Geschäftsstelle Eiweißpflanzenstrategie bei der BLE für die Förderung des Projekts „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie“ sowie den Mitarbeitern, die mit ihrer begleitenden Unterstützung des Projekts einen wichtigen Beitrag zum Erfolg geleistet haben,
- allen beteiligten Landwirtinnen und Landwirten, die durch ihre große Kooperationsbereitschaft und ihre geduldige Zusammenarbeit bei den umfangreichen Befragungen das Projekt erst ermöglicht haben,
- den Betriebsbetreuerinnen und Betriebsbetreuern im Netzwerk KleeLuzPlus, deren Einsatz bei der Datenerfassung eine wesentliche Grundlage für die Projektdurchführung war,
- allen Mitwirkenden im Netzwerk KleeLuzPlus für den wertvollen fachlichen Austausch und die vielfältigen Anregungen,
- der Stiftung Ökologie & Landbau für die Möglichkeit dieses Projekt, wie auch andere, selbstständig und mit geringem Verwaltungsaufwand durchführen zu können.