

Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe bei Winterweizen auf Roggen, Hafer, Raps und Körnererbsen. Eine pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Untersuchung unter Berücksichtigung der Vorfruchtwirkungen

Expansion of the cultivation concept Wide Row spacing of winter wheat to winter rye, oats, rape and kernel legumes. An agronomical and economical research including the preceding crop value

FKZ: 03OE100

Projektnehmer:

Justus Liebig Universität Giessen
Professur für Organischen Landbau
Karl-Glöckner Strasse 21C, 35394 Giessen
Tel.: +49 641 9937731
Fax: +49 641 9937739
E-Mail: guenter.leithold@agrار.uni-giessen.de
Internet: <http://www.uni-giessen.de>

Autoren:

Becker, Konstantin; Leithold, Günter

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Forschungsprojekt 03OE100

„Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe bei Winterweizen auf Roggen, Hafer, Raps und Körnerleguminosen. Eine pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Untersuchung unter Berücksichtigung der Vorfruchtwirkungen“

Konstantin Becker, Günter Leithold

Endbericht

Laufzeit 03.02.2004 – 31.05.2007

Ausführende Stelle:

Justus-Liebig-Universität Giessen

Professur für Organischen Landbau

Leiter: Prof. Dr. G. Leithold

Projektbearbeitung: Dr. agr. Konstantin Becker

Zusammenarbeit mit anderen Stellen:

Praxispartner:

Christoph Förster, Domäne Oberhof, 61352 Bad Homburg

Erich Müller, Domäne Otterbacherhof, 35329 Gemünden/Felda

Wissenschaftliche Partner:

FAL Braunschweig-Völkenrode, Frau Dr. Hiltrud Nieberg

Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität Giessen, Prof. Dr. Herrmann Seuffert

Kurzfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Ausweitung des Anbauverfahrens Weite Reihe bei Winterweizen auf Winterroggen, Hafer, Raps und Körnerleguminosen“ wurden zwischen 2003 und 2006 auf zwei Praxisstandorten Exaktfeldversuche durchgeführt.

Es war zu beobachten, dass das Anbausystem Weite Reihe von Winterweizen, welches insbesondere zur Verbesserung der Backqualität entwickelt wurde, auch bei anderen Kulturen erfolgreich angewendet werden kann. Vorteile im Vergleich zu den normalen Anbaumethoden waren festzustellen. Dies gilt insbesondere für Winterraps und Blaue Lupine. Bei diesen Kulturen spielen vor allen Dingen die verbesserten Möglichkeiten der Unkrautregulierung eine Rolle. Geringere Pflanzendichten konnten durch eine höhere Anzahl an Körnern pro Ähre bzw. Schote oder Hülse kompensiert oder sogar überkompensiert werden. Winterroggen und die untersuchten Sommergetreidearten zeigten speziell unter schwierigen Standortbedingungen Vorteile.

Mit Hilfe von betriebswirtschaftlichen Untersuchungen wurden nicht nur positive ökonomische Effekte hinsichtlich der einzelnen getesteten Kulturen herausgefunden, sondern es sind auch wirtschaftliche Vorteile auf gesamtbetrieblicher Ebene möglich. Gesamtbetriebliche Anpassungen eröffnen weitreichende Möglichkeiten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Betrieben, die das Verfahren Weite Reihe anwenden. Unter diesen Umständen spielen Leguminosenuntersaaten, die zwischen die weitgestellten Reihen der Hauptfrüchte eingesät werden, eine besondere Rolle.

Tests mit einem neu entwickelten, bodengetriebenen Mulchgerät zeigten, dass der verfügbare motorgetriebene Reihenmulcher vorerst nicht durch ein einfacheres technisches Gerät ersetzt werden kann.

Es war möglich, neue Wege zur Verbesserung der Ertragssicherheit und Produktivität von Anbausystemen des ökologischen Landbaus aufzuzeigen. Dies lässt sich unter den genannten Bedingungen durch die Nutzung von angepassten Anbausystemen, wie dem Verfahren Weite Reihe, erreichen. Für die Ausweitung des ökologischen Landbaus sowie für die Verbesserung seiner ökologischen und ökonomischen Stabilität ist ein Nutzen abzusehen.

Abstract

In the framework of the research project „Expansion of the cultivation concept Wide Row Spacing of winter wheat to winter rye, oats, rape and kernel legumes“ exact field experiments were conducted between 2003 and 2006 on two farm test areas (On-farm-research).

It was to be seen that the cultivation concept Wide Row Spacing of winter wheat (used in order to improve the baking performance) can also be successfully applied to other cultures. Advantages in comparison to the normal cultivation method were detected. This is especially true for winter rape and lupine, particularly the improved possibilities for wheat control had positive effects on the growth of these agrarian cultures. A lower plant density could be compensated for by a higher count of kernels per ear or pod. Winter rye and the tested summer cereal varieties displayed similar advantages especially under difficult site conditions.

With the help of business examinations economic advantages were to be detected, not only with regard to the single tested cultures but also for the complete farm economy. Especially whole-farm-adaptations open wide spread possibilities to improve the farm economy. Under these circumstances undersown legumes, established between the wide rows of main crops, take on special importance.

Tests with a newly developed passive soil activated row mulching device demonstrated that the available motor engine driven row mulching device cannot be substituted for by a technically simpler machine, for the time being.

It was possible to show new options for organic farming to improve the security of earning potential and productivity of cultivation systems. On the specific conditions of organic farming, this can be achieved through the use of adapted plant cultivation methods. This can be useful for the expansion of organic farming as well as for the improvement of its ecological and economical stability.

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) sowie Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer	11
1.1	Planung und Ablauf des Projekts	13
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand	15
2	Material und Methoden	16
2.1	Standorte.....	16
2.2	Feldexperimentelle Untersuchungen.....	16
2.2.1	Anlage von Versuchen zur Erfassung der Hauptwirkung Weite Reihe	16
2.2.2	Anlage von Versuchen zur Erfassung des Vorfruchteffektes Weite Reihe	19
2.3	Prüfmerkmalserfassung Pflanze	20
2.3.1	Vegetationsbegleitende Bonituren	20
2.3.2	Phytopathologische Bonituren	20
2.3.3	Untersaaten, Grünbrache	20
2.3.4	Verunkrautung.....	21
2.3.5	Ertragsaufbau	21
2.3.6	Kornertrag	21
2.3.7	Produktqualität	21
2.4	Prüfmerkmale Boden.....	21
2.4.1	Gehalt an löslichem Stickstoff im Boden und Bodenwassergehalt:	21
2.4.2	Erosionsdisposition / Bodenbedeckung:	21
2.5	Statistische Auswertung	22
3	Ergebnisse	22
3.1	Kornerträge verschiedener Kulturen bei unterschiedlichen Reihenweiten mit und ohne Untersaaten	22
3.1.1	Winterweizen	22
3.1.2	Winterroggen.....	23
3.1.3	Winterraps	25
3.1.4	Sommergerste.....	26
3.1.5	Hafer.....	26
3.1.6	Körnererbse	26
3.1.7	Lupine.....	27
3.2	Ertragsstruktur.....	28
3.2.1	Winterweizen	28
3.2.2	Winterroggen.....	30

3.2.3	Winterraps	31
3.2.4	Sommergerste	31
3.2.5	Hafer	33
3.2.6	Körnererbse	33
3.2.7	Lupine	34
3.3	Produktqualität	35
3.3.1	Winterweizen	35
3.3.2	Winterroggen	36
3.3.3	Winterraps	37
3.3.4	Sommergerste	37
3.3.5	Hafer	38
3.3.6	Körnererbse	38
3.3.7	Lupine	39
3.4	Untersaaten, Grünbrache, Anteil Unkraut	39
3.4.1	Winterweizen	40
3.4.2	Winterroggen	42
3.4.3	Winterraps	44
3.4.4	Sommergerste	44
3.4.5	Hafer	45
3.4.6	Körnererbse	46
3.4.7	Lupine	47
3.5	Mineralischer Stickstoff	47
3.6	Erosionsdisposition / Bodenbedeckung	51
3.7	Vorfruchtwirkungen verschiedener Kulturen bei unterschiedlichen Reihenweiten mit und ohne Untersaaten	52
3.7.1	Nachfrucherträge – Kartoffeln nach Winterweizenvorfrucht	52
3.7.2	Nachfrucherträge – Weizen nach Körnererbsenvorfrucht	53
3.8	Betriebswirtschaftliche Ergebnisse (Kurzfassung)	54
3.8.1	Winterweizen	54
3.8.2	Winterroggen	55
3.8.3	Sommergetreide	56
3.8.4	Winterraps	56
3.8.5	Körnerleguminosen (Erbse und Lupine)	57
3.8.6	Bewertung der Vorfruchteffekte	58
3.8.7	Einzelbetriebliche Analyse	60
3.8.7.1	Betrieb Wetterau	60

3.8.7.2	Betrieb Vogelsberg.....	61
3.9	Landtechnische Ergebnisse	62
3.10	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse und Möglichkeiten der Umsetzung für eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus.....	64
3.11	Bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse.....	66
4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	67
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen. Weiterführende Fragestellungen	70
6	Literaturverzeichnis.....	71

Tabellenübersicht

Tabelle 1:	Versuchsanlage zur Hauptwirkung des Anbausystems Weite Reihe in den Erntejahren 2004 und 2005.....	16
Tabelle 2:	Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Wetterau 2003/2004	17
Tabelle 3:	Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Vogelsberg 2003/2004.....	17
Tabelle 4:	Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Wetterau 2004/2005	17
Tabelle 5:	Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Vogelsberg 2004/2005.....	18
Tabelle 6:	Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Wetterau 2003/2004	18
Tabelle 7:	Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Vogelsberg 2004.....	18
Tabelle 8:	Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Wetterau 2004/2005	19
Tabelle 9:	Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Vogelsberg 2004/2005.....	19
Tabelle 10:	Versuchsanlage zur Kontrolle des direkten Vorfruchtwertes des Anbausystems Weite Reihe nach Teilung der Versuchsparzellen (Standort Wetterau, Erntejahre 2005 und 2006).....	20
Tabelle 11:	Kornerträge (dt/ha TS) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US); Standort Wetterau (Wechselwirkungen Jahr*Behandlung sign.)	23
Tabelle 12:	Kornerträge (dt/ha TS) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg (Hauptwirkung Reihenweite/Untersaat sign.).....	23
Tabelle 13:	Kornerträge (dt/ha TS) von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Wetterau (Hauptwirkung Reihenweite/Untersaat n.s.).....	24
Tabelle 14:	Kornerträge (dt/ha TS) von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg (Wechselwirkung Jahr*Behandlung sign.)	25
Tabelle 15:	Kornerträge (dt/ha TS) von Winterraps in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Wetterau	25
Tabelle 16:	Kornerträge (dt/ha TS) von Winterraps in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg	25
Tabelle 17:	Kornerträge (dt/ha TS) von Sommergerste in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Wetterau (Wechselwirkung Jahr*Behandlung sign.)	26

Tabelle 18:	Kornerträge (dt/ha TS) von Hafer in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg (Hauptwirkung Reihenweite/Untersaat n.s.).....	27
Tabelle 19:	Kornerträge (dt/ha TS) von Erbsen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US) im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005, Standort Wetterau (Hauptwirkung Reihenweite/Untersaat n.s.).....	27
Tabelle 20:	Kornerträge (dt/ha TS) von Lupinen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg	28
Tabelle 21:	Ertragsstruktur von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten).....	29
Tabelle 22:	Ertragsstruktur von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten) .	29
Tabelle 23:	Ertragsstruktur von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten).....	30
Tabelle 24:	Ertragsstruktur von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten) .	31
Tabelle 25:	Ertragsstruktur von Winterraps in Abhängigkeit der Reihenweite (Hauptwirkungen Reihenweite).....	32
Tabelle 26:	Ertragsstruktur von Sommergerste in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	32
Tabelle 27:	Ertragsstruktur von Hafer in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)	33
Tabelle 28:	Ertragsstruktur von Körnererbse in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	34
Tabelle 29:	Ertragsstruktur von Lupine in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)	34
Tabelle 30:	Qualitätsparameter von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	35
Tabelle 31:	Qualitätsparameter von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	36
Tabelle 32:	Hektolitergewicht von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	36
Tabelle 33:	Hektolitergewicht von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	37
Tabelle 34:	Rohfettgehalt von Winterraps in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	37
Tabelle 35:	Qualitätsparameter von Sommergerste in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)..	38
Tabelle 36:	Qualitätsparameter von Hafer in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	38
Tabelle 37:	Proteingehalt von Körnererbse in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	39

Tabelle 38:	Proteingehalt von Körnererbse in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat).....	39
Tabelle 39:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	40
Tabelle 40:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	41
Tabelle 41:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	41
Tabelle 42:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	42
Tabelle 43:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterroggen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	43
Tabelle 44:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterroggen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	43
Tabelle 45:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterroggen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort Vogelsberg 2005(Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	44
Tabelle 46:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Sommergerste (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	45
Tabelle 47:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Sommergerste (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	46
Tabelle 48:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Hafer (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort Vogelsberg, im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	46
Tabelle 49:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Körnererbse (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort, Wetterau im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)	47

Tabelle 50:	Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Lupine (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort, Vogelsberg 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat).....	48
Tabelle 51:	Gehalt an löslichem mineralischen Stickstoff unter Winterweizen in unterschiedlichen Varianten und Tiefenstufen, Probennahme Mitte Mai 2004 und 2005, Standort Wetterau	48
Tabelle 52:	Gehalte an löslichem mineralischen Stickstoff unter Winterweizen in unterschiedlichen Varianten und Tiefenstufen, Probennahmen im November 2004 und 2005, Standort Wetterau	49
Tabelle 53:	Gehalte an löslichem mineralischen Stickstoff nach Erbsen in unterschiedlichen Varianten und Tiefenstufen, Probennahmen im November 2004 und 2005, Standort Wetterau	50
Tabelle 54:	Bodenbedeckungsgrade verschiedener Kulturen bzw. Grünbrache Anfang März und Mitte Mai in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat im Mittel der Jahre 2004 und 2005, Standort Wetterau.....	52
Tabelle 55:	Nachfruchterträge von Kartoffeln (einheitlicher Anbau) nach Grünbrache und differenziertem Winterweizenanbau im Vorjahr, Standort Wetterau (Hauptwirkung Grünbrache/Reihenweite/Untersaaten)	53
Tabelle 56:	Nachfruchterträge von Winterweizen (Anbau in Normalsaat/Weite Reihe) nach Grünbrache und differenziertem Erbsenanbau im Vorjahr, Standort Wetterau, Ernte 2005 (Hauptwirkung Grünbrache/Reihenweite/Untersaaten).	54
Tabelle 57:	Nachfruchterträge von Winterweizen (Anbau in Normalsaat/Weite Reihe) nach Grünbrache und differenziertem Erbsenanbau im Vorjahr, Standort Wetterau, Ernte 2006 (Hauptwirkung Grünbrache/Reihenweite/Untersaaten).	54
Tabelle 58:	Tatsächliche Veränderung erfolgsbestimmender Kennzahlen in dem Untersuchungsbetrieb „Wetterau“ durch die Einführung der Weiten Reihe.....	61
Tabelle 59:	Tatsächliche Veränderung erfolgsbestimmender Kennzahlen in dem Untersuchungsbetrieb „Vogelsberg“ durch die Einführung der Weiten Reihe.	62

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) sowie Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer

Ziele und Aufgabenstellung

Beim Anbaukonzept Weite Reihe wird die Standraumverteilung der Pflanzen durch eine Erhöhung der Reihenweite gegenüber üblichen Verfahren (Engsaat) verändert. In den Reihenzwischenräumen kann mit einer speziell entwickelten Technik eine verbesserte Unkrautregulierung durchgeführt werden (Hacken, Mulchen). Die Zwischenräume dienen darüber hinaus als Ansaatfläche für Untersaaten (Mischkultur).

In früheren Arbeiten wurde das Anbaukonzept Weite Reihe vorrangig an Winterweizen untersucht (BECKER & LEITHOLD 2003, HOF et al. 2005, DEBRUCK 2004, POMMER 2003). Hintergrund war die Erzeugung von Backweizen mit hohen Qualitätsmerkmalen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus eine Erhöhung des Reihenabstandes vergleichsweise geringe Auswirkungen auf den Weizenertrag hat. Die weiten Reihenabstände bieten die Möglichkeit einer effektiven mechanischen Unkrautbekämpfung und können mit einer zusätzlichen Ansaat von legumen Feldfutterpflanzen genutzt und mit einer speziellen Reihenmulchtechnik gepflegt werden (BECKER 2007). Die dadurch hervorgerufene zusätzliche N-Zufuhr bewirkt eine Erhöhung des Gesamtfruchtfolgeertrages und bietet die Möglichkeit der Optimierung der Fruchtfolge (NIEBERG 2003).

In der vorliegenden Untersuchung sollte geprüft werden, ob sich durch das Anbausystem Weite Reihe auch bei anderen Druschkulturen Vorteile gegenüber dem Normsaatverfahren erschließen lassen.

Dazu wurden pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Untersuchungen bei den Kulturen Weizen, Roggen, Raps, Hafer sowie den Körnerleguminosen Erbsen und Lupinen durchgeführt. Aus den Ergebnissen der Untersuchung sollten neben einer umfassenden und detaillierten Anwendungsempfehlung zu den einzelnen Kulturen auch die pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen des Anbauverfahrens Weite Reihe auf gesamtbetrieblicher Ebene abgeleitet werden (Teilprojekt FAL Braunschweig).

Darüber hinaus sollte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Landtechnik an der Justus-Liebig-Universität Giessen geprüft werden, ob die Pflege der Reihenzwischenräume mit einer einfachen, kostengünstigen Technik durchgeführt werden kann, um Investitionskosten für das Anbauverfahren zu reduzieren und damit der Praxis einen Einstieg zu diesem Anbauverfahren zu erleichtern.

Das Gesamtziel der Untersuchungen des Anbaukonzeptes Weite Reihe in unterschiedlichen Kulturen war, die Ertragssicherheit und die Produktivität ökologischer Anbausysteme durch an die speziellen Bedingungen angepasste pflanzenbauliche Verfahren zu erhöhen und dadurch eine Ausdehnung und Sicherung des ökologischen Landbaus zu bewirken.

Bezug des Vorhabens zum Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL):

Das Projekt „Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe bei Winterweizen auf Roggen, Hafer, Raps und Körnerleguminosen. Eine pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Untersuchung unter Berücksichtigung der Vorfruchtwirkung“ (03OE100) bezieht sich auf die Bekanntmachung der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung Nr. 02/03/51 vom 09.04.2003 für die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten (FuE-Projekten) für den Bereich Pflanzenbau.

Das übergeordnete Ziel der Ausschreibung war, geeignete Verbesserungsmöglichkeiten zu verschiedenen anbau- und verfahrenstechnischen Abläufen sowie Problemen in der Nährstoffversorgung im ökologischen Landbau zu erarbeiten.

Mit dem Vorhaben wurden mehrere von dem BÖL als wichtig eingestufte Forschungsfelder bearbeitet:

Kategorie Anbausysteme

- Entwicklung von Anbaukonzepten zu bislang für den Ökolandbau wenig wissenschaftlich bearbeiteten bzw. in der Praxis des Ökolandbaus wenig verbreiteten landwirtschaftlichen Kulturen (Im vorgesehenen Projekt fallen Raps und Körnererbsen unter diese Kategorie.);
- Entwicklung von Anbaukonzepten für Sonderkulturen (Das Anbaukonzept Weite Reihe könnte für die Kultivierung von Heil- und Gewürzpflanzen von Bedeutung sein; ⇒ Forschungsbedarf.);
- Entwicklung von Konzepten für viehlos wirtschaftende Betriebe (Insbesondere viehlos wirtschaftende Betriebe sind aufgrund fehlenden Futterbaus auf eine Verbesserung von Anbausystemen angewiesen.);
- Entwicklung von Mischkultursystemen für den ökologischen Landbau (vgl. LINDENTHAL, VOGL und HESS, 1996).

Kategorie Pflanzenschutz und Beikrautregulierung

- Entwicklung direkter und indirekter Maßnahmen zur Regulierung von Krankheiten und tierischen Schaderregern;
- Entwicklung von Konzepten zur Regulierung von Wurzelunkräutern.

Kategorie Qualitätserzeugung

- Optimierung der Produktionstechnik zur Erfüllung von Qualitätsanforderungen der Lebensmittelverarbeitung und der Verbraucher.

Wissenstransfer

Der Wissenstransfer in die Praxis des ökologischen Landbaus fand und findet weiterhin auf verschiedenen Ebenen statt:

Beiträge auf wissenschaftlichen Tagungen,

Wissenschaftliche Publikationen,

Vorträge in der Praxis,

Feldtage,

Beiträge in Fachzeitschriften,

Durchführung eines Workshops,

Erstellung einer Beratungsbroschüre.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Im Folgenden sind die Planung und der tatsächliche Ablauf des Projektes dargestellt:

Übersicht 1: Untersuchungsjahre 2004 bis 2006

Erntejahr	Geplante und durchgeführte Untersuchungen	
2004	Hauptwirkung Weite Reihe 1. Jahr	
2005	Folgewirkung Weite Reihe 1. Jahr	Hauptwirkung Weite Reihe 2. Jahr
2006		Folgewirkung Weite Reihe 2. Jahr
Prüfung der Hauptwirkung Weite Reihe in den Erntejahren 2004 und 2005 <u>Standort Wetterau:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Die Prüfungen für den Standort Wetterau wurden geplant und durchgeführt für die Fruchtarten Winterraps, Winterroggen, Winterweizen, Hafer und Körnererbsen → Anlage von fünf Versuchen je Jahr <u>Standort Vogelsberg:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Für den Standort Vogelsberg waren die Prüfungen für die Fruchtarten Winterroggen, Winterweizen, Hafer und Körnererbsen geplant. Für das Erntejahr 2005 wurde zusätzlich Winterraps untersucht. → Anlage von vier Versuchen in 2004 und fünf Versuchen in 2005 		
Prüfung der Nachwirkung in den Erntejahren 2005 und 2006 <u>Standort Wetterau:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Die zu prüfende Nachfrucht sollte bei den Vorfrüchten Raps und Körnererbsen Winterweizen sein. Die Versuchsanlage Raps erbrachte in der Ernte 2004 aufgrund von teilweise ungünstigen Keimungsbedingungen nach einem Starkniederschlagsereignis nur unvollständige Ergebnisse. Daher wurde anstelle von Raps Weizen als zu prüfende Vorfrucht gewählt, als Nachfrucht diente Kartoffel. → Anlage von zwei Nachfruchtversuchen je Jahr 		

Gesamtzahl der Versuche:

	Hauptwirkung	Nachwirkung	Σ
2004	9	-	9
2005	9	2	11
2006	-	2	2
Σ	18	4	22

Versuchsstandorte

Die Untersuchungen wurden auf zwei Praxisstandorten (Projektpartner) realisiert.

Übersicht 2: Angaben zu den Versuchsstandorten

Bundesland	Standort	Niederschlag	Bodenart/ -bonität
Hessen	Bad Homburg, Wetterau (Betrieb Förster)	480 mm/a	SI/75-82
Hessen	Gemünden, Ausläufer des Vogelsberges (Betrieb Müller)	680 mm/a	Lt/47

Versuchsanlagen

Die Prüfung der Kulturen Weizen, Roggen, Raps, Hafer und Erbse erfolgte auf den beiden Standorten jeweils in einer zweifaktoriellen Blockanlage (vergleiche Kapitel 2, Material und Methoden).

Die für die Versuchsdurchführung vorgesehenen Flächen waren entsprechend der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 nach den Prinzipien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet und befanden sich nicht in der Umstellungsphase. Die Versuche waren in die betrieblichen Fruchtfolgen eingebunden. Auf dem jeweiligen Schlag, auf dem die Versuchsanlage eingerichtet war, wurde die gleiche Kultur mit derselben Sorte angebaut. Die Anlage der Versuche erfolgte mit betriebseigenen Maschinen und Saatgut. Sorten, Saatzeitpunkte und Aussaatstärken wurden in Absprache mit dem Versuchsansteller vom jeweiligen Betriebsleiter bestimmt (On-Farm-Research).

Betriebswirtschaftliche Untersuchungen

Die aus den Versuchsanlagen gewonnenen Daten wurden mit dem am Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume (BAL) der Bundesanstalt für Landwirtschaft entwickelten rekursiv-dynamischen Produktions- und Buchführungsmodell TIPI-CAL modellhaft verrechnet. Mit Hilfe des Modells war es möglich, die Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus in Weiter Reihe anhand der Modellergebnisse darzustellen. Eine ausführliche Darstellung der in diesem Bereich angewandten Methodik ist in Kapitel 3 der betriebswirtschaftlichen Analyse der FAL Braunschweig nachzulesen (Anlage 1).

Landtechnisches Teilprojekt

Ausgangslage für den landtechnischen Teil des Gesamtprojektes war die Tatsache, dass die Anschaffung einer bisher auf dem Markt erhältlichen Reihenmulchtechnik für das Anbauverfahren Weite Reihe mit hohen Investitionskosten einhergeht. Bei dieser verfügbaren und bewährten, aber eben sehr kostenintensiven Technik handelt es sich um ein zapfwellengetriebenes Gerät mit horizontal rotierenden Messern. Geprüft werden sollte, ob mit einer bodengetriebenen Technik eine kostengünstige und effektive Möglichkeit genutzt werden kann, um Investitions- und damit Verfahrenskosten zu reduzieren. Dafür sollte ein Prototyp erstellt werden, mit dessen Hilfe eine Abschätzung dieses Potentials erfolgen kann.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Bisher wurde das Anbauverfahren Weite Reihe in erster Linie für die Erzeugung von Qualitätsweizen genutzt und wissenschaftlich untersucht (POMMER 2003).

Treibendes Motiv war die Forderung nach hohen Backqualitäten im ökologischen Weizenanbau. Untersuchungen hierzu zeigten, dass gegenüber einem Anbau mit engem Reihenabstand bei einem stabilen Ertragsniveau die Qualitätsmerkmale positiv zu beeinflussen sind (HOCHMANN 1999, RICHTER 2001, SÖLLINGER 2003). In der Praxis wurden Weitreihenverfahren entwickelt, in denen die Reihenzwischenräume zur Ansaat von Leguminosen genutzt wurden (STUTE 1996).

Aus dieser Entwicklung heraus wurde im Zeitraum 1999 bis 2002 das von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderte Projekt „Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe für eine umweltgerechte Getreideproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen“ (98UM057) an der Professur für Organischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Giessen realisiert (BECKER und LEITHOLD 2003). Auf vier Praxisbetrieben in drei Bundesländern wurden dazu Versuche angelegt. Das auch in dieser Untersuchung angewandte Anbauverfahren Weite Reihe ist charakterisiert durch:

- **einen Reihenabstand von 50 cm**
- **die Einsaat von Leguminosen in die Reihenzwischenräume und**
- **die Pflege der Reihenzwischenräume mit einem angetriebenen Reihenmulchgerät.**

Die Untersuchungen zeigten, dass die Kornerträge von Winterweizen durch das Anbauverfahren gegenüber einer Normalsaat nicht oder nur unwesentlich verändert wurden. Die Qualitätsparameter (Rohproteingehalt, Feuchtklebergehalt und Sedimentationswert) konnten signifikant gesteigert werden. Eine erosionsmindernde Wirkung der Weitreihensysteme mit Untersaaten gegenüber dem Normalsaatverfahren wurde nachgewiesen. In einer einjährigen Untersuchung wurde der Vorfruchtwert der unterschiedlichen Anbauverfahren geprüft. Die Nachfrucht Roggen erbrachte auf den Versuchspartellen, auf denen der Weizen im Weitreihenverfahren gemeinsam mit intensiven Untersaaten angebaut wurde, gegenüber den Kontrollvarianten Mehrerträge bis zu 20 dt/ha.

Die begleitende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Anbausystems Weite Reihe bei Winterweizen führten zu dem Resultat, dass die Einführung dieser Anbautechnik in einem Öko-Be-

trieb besonders lohnend ist, wenn die positiven Vorfruchteffekte genutzt werden und eine gesamtbetriebliche Anpassung erfolgt (NIEBERG et al. 2003).

2 Material und Methoden

2.1 Standorte

2.2 Feldexperimentelle Untersuchungen

2.2.1 Anlage von Versuchen zur Erfassung der Hauptwirkung Weite Reihe

Um die Eignung des Anbauverfahrens Weite Reihe bei den untersuchten Kulturen abbilden zu können, wurden jeweils im Herbst 2003 und 2004, beziehungsweise bei den Sommerkulturen im Frühjahr 2004 und 2005, auf den oben genannten Standorten Versuche angelegt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Versuchsanlage zur Hauptwirkung des Anbausystems Weite Reihe in den Erntejahren 2004 und 2005

Anagemethode	zweifaktorielle Blockanlage
Kontrolle K	k: begrünte Brache (Klee, Klee gras-Gemenge)
Prüffaktor A	Reihenweite a ₁ : übliche Reihenweite 12,5 cm a ₂ : Weite Reihe 50 cm
Prüffaktor B	Untersaaten b ₁ : ohne Untersaaten b ₂ : mit Untersaaten
Wiederholungen	4
Parzellenzahl	20
Parzellenbreite	6 m (2 x Maschinenbreite)
Parzellenlänge	20 m

Die Versuche waren in die betrieblichen Fruchtfolgen eingebunden. Auf dem jeweiligen Schlag, auf dem die Versuchsanlage eingerichtet war, wurde die gleiche Kultur mit derselben Sorte angebaut. Die Anlage der Versuche erfolgte mit betriebseigenen Maschinen und Saatgut. Sorten, Saatzeitpunkte und Aussaatstärken wurden in Absprache mit dem Versuchsansteller vom jeweiligen Betriebsleiter bestimmt. Die Pflege der in Normalsaat angebauten Kulturen erfolgte praxisüblich mit einem Unkrautstriegel. Bei Weite Reihe ohne Untersaat wurde gestriegelt und/oder gehackt. Die Untersaaten in den Systemen Weite Reihe und die Kleebrache (Flächenmulcher und Reihenmulcher) wurden gemulcht. Als Untersaaten wurden standortangepasste Kleegemenge verwendet.

Die Varianten mit Untersaaten und die Brache wurden nach der Ernte bis zum Umbruchtermin mit einem Mulcher gepflegt (Bestand blieb erhalten). Die Varianten ohne Untersaat wurden nach der Ernte geegrubert und nach Entscheidung des Betriebsleiters mit einer Zwischenfrucht bestellt.

Die auf den einzelnen Standorten zur Prüfung ausgesäten Hauptkulturen und Sorten sowie die gewählten Saatstärken und Saattermine werden aus den Tabellen 2 bis 9 ersichtlich.

Tabelle 2: Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Wetterau 2003/2004

Kultur	Sorte	Saatstärke (keimfähige Körner/m ²)		Saattermin
		Normal	Weite Reihe	
Winterraps	Express	77	77	28.08.2003
Winterroggen	Amilo	233	233	30.09.2003
Winterweizen	Capo	350	265	19.10.2003
Sommergerste	Danuta	310	232	29.03.2004
Erbsen	Harnas	80	80	29.03.2004

Tabelle 3: Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Vogelsberg 2003/2004

Kultur	Sorte	Saatstärke (keimfähige Körner/m ²)		Saattermin
		Normal	Weite Reihe	
Winterroggen	Amilo	410	410	01.10.2003
Winterweizen	Achat	411	346	15.10.2003
Hafer	Flämingsgold	542	407	17.04.2004
Lupine	Boruta	136	54	19.04.2004

Tabelle 4: Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Wetterau 2004/2005

Kultur	Sorte	Saatstärke (keimfähige Körner/m ²)		Saattermin
		Normal	Weite Reihe	
Winterraps	Express	73	73	26.08.2004
Winterroggen	Haccata	428	380	21.09.2004
Winterweizen	Tamaro	350	267	06.10.2004
Sommergerste	Ria	320	240	26.03.2005
Erbsen	Harnas	75	75	26.03.2005

Tabelle 5: Ausgesäte Kulturen, Sorten, Saatstärken und Saattermine, Standort Vogelsberg 2004/2005

Kultur	Sorte	Saatstärke (keimfähige Körner/m ²)		Saattermin
		Normal	Weite Reihe	
Winterraps	Oase	85	85	25.08.2004
Winterroggen	Haccata	430	380	25.09.2004
Winterweizen	Pollux	485	388	08.11.2004
Hafer	Jumbo	345	253	04.04.2005
Lupine	Boruta	128	128	13.05.2005

Die Aussaat der Grünbrachevarianten und der Beisaaten ist in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 6: Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Wetterau 2003/2004

Kultur	Art	Saatstärke kg/ha		Saattermin
		Brache	Beisaat	
Winterraps	Weißklee	20	15	28.08.2003
Winterroggen	Rotklee	22	12	30.09.2003
Winterweizen	Rotklee	15	12	29.03.2004
Sommergerste	Weißklee	15	12	29.03.2004
Erbsen	Weißklee	15	12	29.03.2004

Tabelle 7: Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Vogelsberg 2004

Kultur	Art	Saatstärke kg/ha		Saattermin
		Brache	Beisaat	
Winterroggen	Rotklee	15	12	01.04.2004
Winterweizen	Rotklee	15	12	01.04.2004
Hafer	Rotklee	15	12	17.04.2004
Lupine	Rotklee	15	12	19.04.2004

Tabelle 8: Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Wetterau 2004/2005

Kultur	Art	Saatstärke kg/ha		Saattermin
		Brache	Beisaat	
Winterraps	Weißklee	20	15	26.08.2004
Winterroggen	Rotklee	22	12	21.09.2004
Winterweizen	Rotklee	15	12	31.03.2005
Sommergerste	Weißklee	15	12	02.05.2005
Erbsen	Weißklee	15	12	02.05.2005

Tabelle 9: Saatstärken und Saattermine sowie Arten der Grünbrachen und Beisaaten in unterschiedlichen Kulturen, Standort Vogelsberg 2004/2005

Kultur	Art	Saatstärke kg/ha		Saattermin
		Brache	Beisaat	
Winterraps	Weißklee	20	15	25.08.2004
Winterroggen	Rotklee	15	12	25.09.2004
Winterweizen	Rotklee	15	12	13.04.2005
Hafer	Rotklee	15	12	04.04.2005
Lupine	Rotklee	15	12	13.05.2005

2.2.2 Anlage von Versuchen zur Erfassung des Vorfruchteffektes Weite Reihe

Im Herbst 2004 und im Herbst 2005 wurde gemäß dem Arbeitsplan auf dem Standort Wetterau nach Erbsenvorfrucht ein Weizenversuch mit dem in Tabelle 10 dargestellten Versuchsaufbau angelegt.

Der geplante Weizennachbau nach Raps konnte nicht sinnvoll durchgeführt werden. Um die Vorfruchtwirkung des Anbauverfahrens Weite Reihe dennoch abbilden zu können, wurden in 2005 und 2006, angepasst an die betriebliche Fruchtfolge, Kartoffeln nach Winterweizen angebaut. Der Prüffaktor C (Variation der Reihenweite der Nachfrucht) konnte in diesem Fall keine Berücksichtigung finden, da die Reihenweite bei Kartoffel bei 75 cm liegt und nicht variiert werden kann.

Tabelle 10: Versuchsanlage zur Kontrolle des direkten Vorfruchtwertes des Anbausystems Weite Reihe nach Teilung der Versuchsparzellen (Standort Wetterau, Erntejahre 2005 und 2006)

Anlagemethode	dreifaktorielle kombinierte Block-/Spaltanlagen
Kontrolle K	k: im Vorjahr begrünte Brache (Klee, Klee gras-Gemenge)
Prüffaktor A	Reihenweite der Hauptfrucht a ₁ : übliche Reihenweite 12,5 cm a ₂ : Weite Reihe 50 cm
Prüffaktor B	Untersaaten der Hauptfrucht b ₁ : ohne Untersaaten b ₂ : mit Untersaaten
Prüffaktor C	Reihenweite der Nachfrucht c ₁ : übliche Reihenweite 12,5 cm c ₂ : Weite Reihe 50 cm
Wiederholungen	4
Parzellenzahl	40
Parzellenbreite	3 m (Maschinenbreite)
Parzellenlänge	20 m

2.3 Prüfmerkmalserfassung Pflanze

Bonituren, Ertragsschnitte, Messungen und Zählungen in den Versuchsanlagen erfolgten jeweils parzellenweise in vierfacher Wiederholung. Die vier Stichproben aus einer Einzelparzelle wurden zu einem Mittelwert verrechnet. Die Werte wurden in Excel für eine statistische Verrechnung in SPSS vorbereitet.

2.3.1 Vegetationsbegleitende Bonituren

Als vegetationsbegleitende Bonituren wurden der Saatzeitpunkt, der Zeitpunkt des Auflaufens (BBCH 09), der Pflanzenbestand im Frühjahr (Feldaufgang/überwinterte Pflanzen) und die Bestockung festgehalten.

2.3.2 Phytopathologische Bonituren

Die Bestände wurden regelmäßig auf Pilzkrankheiten und Schädlingsbefall kontrolliert. Bei augenscheinlichem Auftreten von Krankheiten und/oder Schädlingen erfolgte eine Bonitur in den einzelnen Varianten.

2.3.3 Untersaaten, Grünbrache

Die Dynamik der Biomassebildung der Untersaaten und der Grünbrache wurde auf dem Standort Wetterau an zwei Terminen während der Vegetationszeit (BBCH 40 und BBCH 90) und an einem Termin im Herbst festgehalten. Die Erfassung erfolgte durch Quadratmeterschnitte, Wiegen und Trocknen.

2.3.4 Verunkrautung

Die Messung von Abundanz und Artenspektrum der Unkräuter erfolgte an zwei Terminen während der Vegetationszeit (BBCH 40 und BBCH 90). Die Erfassung erfolgte durch Quadratmeterschnitte, Zählen und Wiegen (TS).

2.3.5 Ertragsaufbau

Der Ertragsaufbau bei den Getreidearten Weizen, Roggen und Hafer wurde durch die Bestimmung der Komponenten ähren- bzw. rispenträgende Halme/m², Körner/Ähre und die TKM festgestellt; bei Raps und Erbsen über die Anzahl Pflanzen/m², die Anzahl Schoten bzw. Hülsen/Pflanze, Samenzahl/Schote bzw. Hülse und die TKM. Die Erfassung erfolgte durch Zählen und Wiegen (TS).

2.3.6 Kornertrag

Die Erfassung des Kornertrages (TS) durch Wiegen erfolgte in drei Arbeitsgängen: 1. Quadratmeterschnitte, 2. Ausdreschen mittels Windsichter, 3. Aufbereitung mit Reinigungsanlage.

2.3.7 Produktqualität

Zur Beschreibung der Qualität der Ernteprodukte wurden folgende Parameter untersucht:

- Weizen: Rohproteingehalt, Feuchtkleberanteil, Sedimentationswert;
- Roggen: Hektolitergewicht;
- Raps: Ölgehalt;
- Hafer: Hektolitergewicht, Spelzenanteil;
- Sommergerste: Hektolitergewicht;
- Erbse/Lupine: Proteingehalt.

2.4 Prüfmerkmale Boden

2.4.1 Gehalt an löslichem Stickstoff im Boden und Bodenwassergehalt:

Der lösliche Stickstoff im Boden (N_{\min}) wurde auf dem Standort Wetterau unter Weizen im Frühjahr 2004 und 2005 (in den Varianten Normalsaat, Weite Reihe direkt unter der Reihe und Weite Reihe zwischen den Reihen) und unter Körnererbse und Weizen im Herbst 2004 und 2005 in den Bodenschichten 0-30, 30-60 und 60-90 cm bestimmt. Der Gehalt an Bodenwasser wurde durch die Bestimmung der Trockensubstanz des Bodenmaterials festgestellt.

2.4.2 Erosionsdisposition / Bodenbedeckung:

Die Erosionsdisposition wurde auf dem Standort Wetterau durch die Bestimmung von Bodenbedeckungsgraden mit Hilfe eines Schatzrahmens in den Kulturen Winterroggen und Winterraps je Vegetation an zwei Terminen (Anfang März und Mitte Mai) beschrieben; bei Gerste und Körnererbse je Vegetation an einem Termin Mitte Mai.

2.5 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mit Hilfe von Varianzanalysen unter Nutzung des Statistikprogramms SPSS (Superior Performance Software System, Version 10.0). Für multiple Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-Test verwendet. Vor der Durchführung jeder Varianzanalyse erfolgte eine Prüfung der Daten auf Homogenität der Varianzen und auf Normalverteilung.

3 Ergebnisse

3.1 Kornerträge verschiedener Kulturen bei unterschiedlichen Reihenweiten mit und ohne Untersaaten

3.1.1 Winterweizen

Bei Winterweizen ließen sich in den Erntejahren 2004/2005 auf den beiden Untersuchungsstandorten teilweise gegenläufige Tendenzen erkennen (Tabellen 11 und 12). Während im Erntejahr 2004 auf beiden Standorten der Ertrag bei 50 cm Reihenweite über dem Ertrag bei 12,5 cm lag, wurde im Erntejahr 2005 auf dem Standort Wetterau gegenüber der Normalsaat ein signifikanter Ertragsrückgang um ca. 9% festgestellt. Der mittlere Kornertrag bei Winterweizen lag auf dem Standort Wetterau mit 59,7 dt/ha (TS) in diesem Jahr deutlich über dem durchschnittlichen Kornertrag im vorangegangenen Jahr 2004 (43,6 dt/ha TS). Auch auf dem Standort Vogelsberg konnte 2005 mit durchschnittlich 48,7 dt/ha gegenüber durchschnittlich 39,5 dt/ha 2004 höheres Ertragsniveau erreicht werden. Auf diesem Standort wirkte sich die Reihenerweiterung in beiden Jahren positiv auf den Kornertrag aus. Im Durchschnitt der beiden Jahre erhöhte sich der Kornertrag mit der Erhöhung der Reihenweite gegenüber der Normalsaat signifikant um etwa 25%. Ein signifikanter Einfluss von Untersaaten auf den Kornertrag konnte weder bei der Reihenweite 12,5 cm noch bei 50 cm nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass Standort- und Jahreseinflüsse wechselnde Wirkungen auf die Ertragsbildung bei unterschiedlichen Reihenweiten haben können. Sind die Voraussetzungen für eine hohe Ertragsbildung wie z.B. auf dem Standort Wetterau 2005 (geringe Unkrautkonkurrenz, sehr gute (Nährstoff)Stickstoffversorgung, optimale Wasserversorgung, günstiger Mineralisationsverlauf, geeignete Sorte) gegeben, sind mit einer gleichmäßigen Standraumverteilung der Pflanzen die höchsten Erträge zu realisieren. Dieses entspricht dann den allgemein anerkannten Empfehlungen aus dem konventionellen Landbau, bei dem im Allgemeinen mit einer Verringerung der Reihenweite eine Steigerung des Flächenertrages einhergeht (MÜLLER und HEGE 1981). Durch den Einsatz von externen Betriebsmitteln ist der konventionelle Landbau in der Lage, das genetische Ertragspotential einer Weizensorte weitgehend auszunutzen. Im ökologischen Landbau sind externe Betriebsmittel nur eingeschränkt einsetzbar, so dass es unter entsprechenden Bedingungen für die Ertragsbildung vorteilhaft ist, das Produktionsverfahren an diese Bedingungen anzupassen. Die Nachteile, die durch die Erhöhung der Reihenweite durch eine ungleiche Verteilung der Pflanzen auf die Fläche entstehen, werden im Verlauf der Vegetation durch eine veränderte Nutzung der Wachstumsfaktoren kompensiert (BECKER 2007, HOF 2005).

Tabelle 11: Kornerträge (dt/ha TS) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US); Standort Wetterau (Wechselwirkungen Jahr*Behandlung sign.)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Capo	42,6a ¹⁾	36,5a	47,6a	47,6a
%	100	86	112	112
2005 Sorte Tamaro	62,0a	63,6a	56,9b	56,6b
%	100	103	92	91

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 12: Kornerträge (dt/ha TS) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg (Hauptwirkung Reihenweite/Untersaat sign.)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Achat	33,5	30,2	47,2	47,4
2005 Sorte Pollux	46,3	44,5	52,9	51,2
\bar{x}	39,9a ¹⁾	37,4a	50,1b	49,3b
%	100	94	126	124

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.1.2 Winterroggen

Der Anbau von Roggen gilt auf Grund seiner geringen Boden- und Nährstoffansprüche, seiner hohen Fähigkeit zur Anpassung an extreme Standortbedingungen und seines starken vegetativen Wachstums und der damit einhergehenden hohen Konkurrenzkräft gegenüber Unkräutern als attraktive Getreideart für den ökologischen Landbau (SLL, 2001).

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass die Erträge dieser robusten Getreideart auf dem günstigeren Standort Wetterau tendenziell negativ durch eine Reihenerweiterung beeinflusst wurden (Tab. 13). Der Ertragsrückgang durch die Weite Reihe gegenüber der Normalsaat betrug auf dem Standort Wetterau im Durchschnitt der Jahre etwas über 10% (nicht signifikant). Im Vergleich zu Winterweizen nimmt der Roggen vor Winter schon höhere Mengen an Nährstoffen auf, welche dann später durch Umlagerungsprozesse für eine Ertragsbildung genutzt werden können. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass Roggen aufgrund seiner gegenüber Weizen geringeren Marktleistung in der Praxis in vergleichsweise ungünstiger Fruchtfolge angebaut wird. Eine geringe Nachlieferungsfähigkeit von Nährstoffen aus den Bodenvorräten während der Kornfüllungsphase ist für die Ertragsbildung im Anbauverfahren Weite Reihe als ungünstig zu bewerten (vgl. auch Tab. 23, Ertragsstruktur von Roggen Standort Wetterau).

Tabelle 13: Kornerträge (dt/ha TS) von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Wetterau (Hauptwirkung Reihenweite/Untersaat n.s.)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Amilo	34,1	31,1	29,5	25,8
2005 Sorte Haccata	27,9	23,4	22,0	28,2
\bar{x}	31,0a ¹⁾	27,25a	25,7a	27,0a
%	100	88	83	87

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Auf dem Standort Vogelsberg konnte im Erntejahr 2004 (Tab. 14) bei einem niedrigen durchschnittlichen Ertragsniveau von 20,6 dt/ha (TS) aufgrund der intensiveren Unkrautbekämpfungsmöglichkeit gegen ein massives Auftreten von Vogelwicke (*Vicia Cracca*) bei 50 cm Reihenweite ein signifikanter Mehrertrag gegenüber der Normalsaat erreicht werden (vgl. Tab. 44, Biomasseaufwüchse Untersaaten und Unkrautanteil). Im Erntejahr 2005 gab es bei einem im Vergleich zum Vorjahr niedrigeren Unkrautdruck keine Ertragsvorteile durch die Weite Reihe. Der auffällig deutliche Minderertrag in der Variante Weite Reihe ohne Untersaat konnte statistisch nicht abgesichert werden. Der Ertrag bei Weiter Reihe mit Untersaat liegt auf gleichem Niveau wie die Vergleichsvarianten in Normalsaat. Ertragseffekte durch Untersaaten konnte in keinem der geprüften Fälle nachgewiesen werden.

Tabelle 14: Kornerträge (dt/ha TS) von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg (Wechselwirkung Jahr*Behandlung sign.)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Amilo	11,5b ¹⁾	17,4b	25,1a	28,5a
%	100	152	218	248
2005 Sorte Haccata	31,6a	31,8a	23,3a	31,7a
%	100	101	75	100

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.1.3 Winterraps

Signifikante Ertragsunterschiede zwischen mit engem Reihenabstand und mit weitem Reihenabstand angebauten Winterraps konnten auf beiden Untersuchungsstandorten im Erntejahr 2005 festgestellt werden (Tab. 15 und 16). Auf dem Standort Wetterau wurde bei dem Reihenabstand 50 cm über 20% mehr als bei Normalsaat geerntet, auf dem Standort Vogelsberg erreichte der Rapserttrag mit ca. 22 dt/ha (TS) bei 50 cm das Doppelte gegenüber der Normalsaat. Untersaaten konnten in den Rapsbeständen nicht etabliert werden. Varianten mit Untersaaten wurden deshalb nicht gesondert verrechnet.

Tabelle 15: Kornerträge (dt/ha TS) von Winterraps in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Wetterau

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Express	-	-	27,8	-
2005 Sorte Express	24,5b ¹⁾	-	31,1a	-
%	100	-	127	-

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 16: Kornerträge (dt/ha TS) von Winterraps in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2005 Sorte Oase	11,3b ¹⁾	-	22,4a	-
%	100	-	198	-

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.1.4 Sommergerste

Für die Sommergerste scheint es im Vergleich zu den Winterkulturen schwieriger, in der kürzeren Vegetationszeit die gegenüber der Normalsaat ungleichmäßigere Standraumverteilung bei Weiter Reihe zu kompensieren (Tab. 17). Die auf dem Standort Wetterau gewonnen Ergebnisse zeigten, dass unter normalen Bedingungen der Anbau in Normalsaat günstiger als in Weiter Reihe für die Ertragsbildung war (Anbaujahr 2004). Bei hohem Unkrautdruck konnte aber auch bei dieser Kultur die Weite Reihe Vorteile mit sich bringen (vgl. Tab. 46 und 47, Biomasse der Untersaaten und Unkrautanteil).

Tabelle 17: Kornerträge (dt/ha TS) von Sommergerste in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Wetterau (Wechselwirkung Jahr*Behandlung sign.)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Danuta	46,3a ¹⁾	47,1a	37,8b	37,8b
%	100	102	82	82
2005 Sorte Ria	37,2a	39,6a	46,3a	43,8a
%	100	107	124	118

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.1.5 Hafer

Der Haferanbau auf dem Standort Vogelsberg zeigte sich in beiden Jahren unbeeinflusst von der Reihenweite und dem Einsatz von Untersaaten (Tab. 18)

3.1.6 Körnererbse

Der Anbau von Körnererbse auf dem Standort Wetterau war in beiden Jahren überlagert von einem hohen Schaderregerbefall. Eine anfänglich gute vegetative Bestandesentwicklung konnte durch einen starken Zuflug von Blattläusen in keiner der untersuchten Varianten in einen relevanten Ertrag umgesetzt werden (Tab. 19). Im Jahr 2004 lag der durchschnittliche Ertrag bei 15,4 dt/ha (TS), im Jahr 2005 sogar nur bei 9,7 dt/ha (TS).

Tabelle 18: Kornerträge (dt/ha TS) von Hafer in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg (Hauptwirkung Reiheneite/Untersaat n.s.)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Flämingsgold	26,2	27,9	27,5	28,5
2005 Sorte Jumbo	32,5	33,6	31,7	34,1
\bar{x}	29,4a ¹⁾	30,8a	29,6a	31,3a
%	100	105	101	106

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Eine abschließende Aussage zur Eignung der Körnererbse für einen Anbau in Weiter Reihe oder zu einer Wirkung von Untersaaten kann so nicht getroffen werden.

Tabelle 19: Kornerträge (dt/ha TS) von Erbsen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US) im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005, Standort Wetterau (Hauptwirkung Reihenweite/Untersaat n.s.)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
dt/ha	11,3a ¹⁾	12,5a	13,6a	12,5a
%	100	111	120	111

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.1.7 Lupine

Die Ergebnisse des Anbaus von Blauer Süßlupine auf dem Standort Vogelsberg 2004 lassen erkennen, dass ein Anbau mit 50 cm Reihenweite (> 30 dt/ha) gegenüber dem Normalsaatverfahren (20 dt/ha) für diese Kultur interessant sein kann (Tab 20). Gerade in der Anfangsentwicklung ist die Lupine gegenüber den Unkräutern sehr konkurrenzschwach, was mit mechanischen Mitteln bei Weiter Reihe ausgeglichen werden konnte. Ein Ertragseffekt durch Untersaaten zeigte sich in keinem der untersuchten Fälle.

Ein großes Problem beim Anbau von Lupinen war allerdings Taubenfraß, so dass die Versuchsanlage 2004 nicht komplett und im Jahr 2005 überhaupt nicht ausgewertet werden konnte. Für den Anbau von Blauer Süßlupine liegen daher nur einjährige Ergebnisse aus dem Jahre 2004 vor. Es konnten nicht in allen Fällen vier Wiederholungen geerntet werden, so dass auch keine statistische Verrechnung durchgeführt wurde.

Tabelle 20: Kornträge (dt/ha TS) von Lupinen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US), Standort Vogelsberg

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Boruta	19,1	20,1	33,4	31,7
%	100	105	175	166

3.2 Ertragsstruktur

3.2.1 Winterweizen

Die Effekte der Versuchsbehandlungen auf die Ährendichte je Flächeneinheit waren bei Winterweizen sehr deutlich (Tab. 21 und 22). Bedingt durch den höheren Reihenabstand und die geringeren Saatstärken war die Ährendichte (vgl. Kap. 2, Tab. 2 bis 5, Saatstärken) in allen geprüften Fällen bei Weiter Reihe signifikant geringer als bei Normalsaat.

Mit Ausnahme des Erntejahres 2005 auf dem Standort Wetterau wurde die Anzahl der Körner je Ähre dagegen bei einem Reihenabstand von 50 cm positiv beeinflusst, so dass hierdurch eine Ertragskompensation stattfinden konnte. Die Tausendkornmasse blieb unbeeinflusst.

Das Ergebnis auf dem Standort Wetterau 2005 (Tab. 21) zeigt aber, dass bei besonders guten Wachstumsbedingungen die geringere Ährendichte bei Weiter Reihe nicht mehr durch eine bessere Einkörnung kompensiert werden konnte. Anscheinend war die Nährstoffversorgung in diesem Jahr während der Kornbildungsphase so günstig, dass auch bei den Varianten mit Normalsaat nur eine geringe Reduktion der Ährchenanlagen stattgefunden hat. Die höhere Ährendichte bei konstant hoher Kornzahl je Ähre bei Normalsaat führte gegenüber der Weiten Reihe zu einem Ertragsvorteil von 10 % (vgl. Tab. 11).

Tabelle 21: Ertragsstruktur von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Capo				
Anzahl Ähren/m ²	530a ¹⁾	518a	450b	445b
Kornzahl/Ähre	20,0b	19,8b	26,6a	27,0b
Tausendkornmasse (86%TS)	45,1a	44,8a	45,2a	45,0a
Ernte 2005, Sorte Tamaro				
Anzahl Ähren/m ²	450a	452a	380b	385b
Kornzahl/Ähre	30,2a	32,0a	33,4a	32,5a
Tausendkornmasse (86%TS)	52a	50a	51a	51,5a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 22: Ertragsstruktur von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Achat				
Anzahl Ähren/m ²	562a ¹⁾	574a	432b	448ab
Kornzahl/Ähre	13,8b	12,3b	24,8a	24,1a
Tausendkornmasse (86%TS)	48,9a	48,8a	50,1a	50,0a
Ernte 2005, Sorte Pollux				
Anzahl Ähren/m ²	462a	445a	380b	361b
Kornzahl/Ähre	22,9b	22,8b	30,5a	30,9a
Tausendkornmasse (86%TS)	49,8a	50a	52,1a	52,3a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.2.2 Winterroggen

Die Untersuchungen zur Ertragsstruktur von Winterroggen auf dem Standort Wetterau hatten zum Ergebnis, dass eine geringere Ährendichte durch den Anbau in Weiter Reihe (signifikant im Erntejahr 2004) nicht mit einer höheren Anzahl Körner je Ähre ausgeglichen werden konnte (Tab. 23).

Tabelle 23: Ertragsstruktur von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Amilo				
Anzahl Ähren/m ²	442a ¹⁾	409a	356b	363b
Kornzahl/Ähre	22,4a	21,8a	23,8a	20,2a
Tausendkornmasse (86%TS)	39,2a	39,8a	40,1a	40,1a
Ernte 2005, Sorte Haccata				
Anzahl Ähren/m ²	570a	568a	520a	532a
Kornzahl/Ähre	15,1a	12,5a	13,8a	16,8a
Tausendkornmasse (86%TS)	36,9a	37,2a	35,9a	36a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Lediglich im Erntejahr 2004 auf dem Standort Vogelsberg fand bei Weiter Reihe eine signifikant höhere Einkörnung statt (Tab. 24). Die Kornbildung wurde in den Varianten mit Normalsaat stark von einer sehr hohen Verunkrautung behindert. Die verbesserte Unkrautregulierungsmöglichkeit bei Weiter Reihe zeigte an dieser Stelle Wirkung, was sich unter diesen Bedingungen in einer höheren Anzahl von Körnern je Ähre widerspiegelt (vgl. Tab. 44, Biomasse Untersaaten und Anteil Unkraut).

Die Ergebnisse auf dem Standort Vogelsberg im Jahr 2005 sind dagegen weniger eindeutig. In der Variante 50 cm ohne Untersaaten konnte gegenüber einer Normalsaat keine erhöhte Einkörnung festgestellt werden, während bei Weiter Reihe mit Untersaaten tendenziell eine höhere Anzahl Körner je Ähre gezählt wurde (nicht signifikant).

Tabelle 24: Ertragsstruktur von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaaten)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Amilo				
Anzahl Ähren/m ²	524a ¹⁾	452a	344a	372a
Kornzahl/Ähre	14,2b	19,5b	26,7a	29,2a
Tausendkornmasse (86%TS)	17,6a	22,5a	31,1a	29,9a
Ernte 2005, Sorte Haccata				
Anzahl Ähren/m ²	516a	499a	320a	331a
Kornzahl/Ähre	18,1a	18,5a	20,7a	27,2a
Tausendkornmasse (86%TS)	38,7a	39,1a	40,1a	40,2a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.2.3 Winterraps

Betrachtet man die Ertragsstruktur von Winterraps bei Normalsaat gegenüber Weiter Reihe, so wird ein sehr einheitlicher Eindruck sichtbar (Tab. 25). Unter den im Anbaujahr 2004/2005 herrschenden Bedingungen auf den Untersuchungsstandorten Wetterau und Vogelsberg war die Anzahl der Pflanzen je Flächeneinheit bei Weiter Reihe gegenüber der Normalsaat signifikant reduziert. Dieses konnte zum Teil durch eine höhere Anzahl von Schoten je Pflanze ausgeglichen werden, dennoch war die Anzahl von ausgebildeten Schoten je Flächeneinheit signifikant niedriger als bei Normalsaat. Trotzdem wurde bei Weiter Reihe ein gegenüber der Normalsaat höherer Ertrag realisiert (vgl. Tab. 15 und 16). Dies ist durch die signifikant höhere Anzahl von Rapssamen je Schote zu erklären; auf dem Standort Wetterau waren es im Vergleich zur Normalsaat pro Schote etwa doppelt so viele Körner, auf dem Standort Vogelsberg etwa 2,5 mal so viele.

3.2.4 Sommergerste

Tendenziell war die Ährendichte bei der Sommergerste im Jahr 2004 bei Normalsaat höher als bei Weiter Reihe, im Jahr 2005 mit hohem Unkrautdruck (vgl. Tab. 47, Biomasse Untersaaten und Anteil Unkraut) verhielt es sich dagegen umgekehrt (Tab. 26). Dies deutet darauf hin, dass in einem an sich guten Gerstenjahr wie 2005 eine hohe Unkrautkonkurrenz die Entwicklung der ährentragenden Halme bei Normalansaat störte. Durch Weitreihenbau mit Mulchung der Aufwüchse in den Reihenzwischenräumen konnte der Unkrautdruck, der die Bestandesbildung bei Normalanbau beeinträchtigte, zugunsten einer hohen Anzahl ährentragender Halme abgemildert werden.

Tabelle 25: Ertragsstruktur von Winterraps in Abhängigkeit der Reihenweite (Hauptwirkungen Reihenweite)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Standort Wetterau, Ernte 2005, Sorte Express				
Pflanzen/m ²	81,5a ¹⁾	-	38,3b	-
Schoten/Pfl.	174,8a	-	212,8a	-
Anzahl Schoten/m ²	14924a	-	8032,2b	-
Kornzahl/Schote	3,7b	-	8,3a	-
Tausendkornmasse (91%TS)	4,7a	-	5,1a	-
Standort Vogelsberg, Ernte 2005, Sorte Oase				
Pflanzen/m ²	65a	-	32b	-
Schoten/Pfl.	92,4b	-	132,7a	-
Anzahl Schoten/m ²	6115a	-	4286b	-
Kornzahl/Schote	5,3b	-	13,0a	-
Tausendkornmasse (91%TS)	4,3a	-	4,6a	-

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 26: Ertragsstruktur von Sommergerste in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Danuta				
Anzahl Ähren/m ²	418ab ¹⁾	470a	379b	370b
Kornzahl/Ähre	20,6a	18,7a	19,9a	20,5a
Tausendkornmasse (86%TS)	61,3a	61,2a	57,0a	56,5a
Ernte 2005, Sorte Ria				
Anzahl Ähren/m ²	433b	467b	539a	469ab
Kornzahl/Ähre	18,5a	18,4a	17,4a	19,2a
Tausendkornmasse (86%TS)	52,9a	52,6a	56,1a	55,4a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Bei geringem Unkrautdruck wie im Jahr 2004 ist allerdings bei Sommergerste mit einem höheren Kornertrag bei Normalsaat zu rechnen, da die Anzahl Körner je Ähre und auch die Tausendkornmasse durch die Behandlungen unbeeinflusst blieben.

3.2.5 Hafer

Die Ertragsstruktur von Hafer zeigte im Jahr 2004 bei ähnlich hoher Saatstärke in den Varianten Normalsaat und Weite Reihe (vgl. Tab. 3, Saatstärken 2004) keine Unterschiede, während im Jahr 2005 bei geringerer Saatstärke bei Weiter Reihe (vgl. Tab. 4, Saatstärken 2005) eine geringere Anzahl von Rispen je m² durch eine signifikant höhere Anzahl von Körnern je Rispe ausgeglichen wurde (Tab 27). Die Tausendkornmasse blieb in allen Fällen unbeeinflusst.

Tabelle 27: Ertragsstruktur von Hafer in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Flämingsgold				
Anzahl Rispen/m ²	460a ¹⁾	425a	404a	396a
Kornzahl/Rispe	24,8a	28,2a	29,9a	29,9a
Tausendkornmasse (86%TS)	26,1a	26,5a	25,9a	27,4a
Ernte 2005, Sorte Jumbo				
Anzahl Rispen/m ²	342a	327a	250a	261a
Kornzahl/Rispe	35,8b	38,2b	46,6a	47,9a
Tausendkornmasse (86%TS)	30,2a	30,7a	31,0a	31,1a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.2.6 Körnererbse

Die Ergebnisse zur Ertragsstruktur bei Körnererbse können aufgrund des vorher beschriebenen starken Schädlingsbefalls nicht als aussagefähig gewertet werden. Eine Ergebnisdarstellung erfolgt dennoch in Tabelle 28. Der Anbau in Weiter Reihe bewirkte in beiden Jahren eine Reduzierung der Anzahl an Pflanzen je m². Im Jahr 2004 konnte dies durch eine vermehrte Anzahl Körner je Hülse (nicht signifikant) ausgeglichen werden, im Jahr 2005 gelang dies nicht.

Tabelle 28: Ertragsstruktur von Körnererbse in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Harnas				
Pflanzen/m ²	86a ¹⁾	79a	40a	35a
Anzahl Hülsen/m ²	244a	268a	242a	238a
Kornzahl/Hülse	3,5a	4,0a	5,8a	4,7a
Tausendkornmasse (86%TS)	164a	154a	149,4a	167,3a
Ernte 2005, Sorte Harnas				
Pflanzen/m ²	62a	68a	42a	38a
Anzahl Hülsen/m ²	221a	234a	160a	176a
Kornzahl/Hülse	3,4a	3,4a	3,6a	3,7a
Tausendkornmasse (86%TS)	152a	148a	169a	165a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.2.7 Lupine

Von der Blauen Süßlupine liegen nur Daten für das Erntejahr 2004 vor, da 2005 starker Vogelfraß die Versuchsanlage unbrauchbar gemacht hatte. Die somit nur einjährigen Ergebnisse zeigen eine signifikante Verringerung sowohl der Pflanzendichte als auch der Schotendichte je Flächeneinheit, was durch eine signifikant bessere Einkörnung in die Schoten überkompensiert wurde.

Tabelle 29: Ertragsstruktur von Lupine in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Boruta				
Pflanzen/m ²	130a ¹⁾	128a	48b	45b
Anzahl Hülsen/m ²	412a	408a	288b	272b
Kornzahl/Hülse	3,7b	4,0b	9,8a	9,7a
Tausendkornmasse (86%TS)	141,6a	140,1a	134,5a	137,2a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.3 Produktqualität

3.3.1 Winterweizen

Die untersuchten Parameter zur Bestimmung der Backqualität bei Winterweizen stellten sich in Abhängigkeit von Sorteneigenschaften und Jahreseinflüssen unterschiedlich dar, so dass eine Mitteilung getrennt für jedes Jahr und jeden Standort erfolgt (Tab. 30 und 31). Tendenziell waren die Qualitätsparameter der untersuchten Weizensorten bei einem Anbau in Weiter Reihe besser ausgeprägt als bei einem Anbau im Normalsaatverfahren. Untersaaten zeigten dagegen keinen Einfluss auf die Qualitäten. Signifikante Verbesserungen bei allen Qualitätsparametern waren im Jahr 2005 bei der Sorte Tamaro auf dem Standort Wetterau zu verzeichnen. Die auch schon in Normalsaat erreichten hohen Werte mit knapp 13 % Rohprotein, ca. 27 % Klebergehalt und einem Sedimentationswert von über 40 ml wurden, bei einer Ertragsreduktion von ca. 10 % (vgl. Tab. 11, Kornertrag Winterweizen), bei Weiter Reihe deutlich übertroffen: ein Rohproteingehalt von über 14 %, ein Feuchtklebergehalt von über 30% und ein Sedimentationswert von 60 ml stehen dem gegenüber.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass durch das Anbauverfahren Weite Reihe die Voraussetzungen für die Ausprägung von hohen Backqualitäten bei Winterweizen verbessert werden. Jahres- und Sorteneinflüsse bestimmen den Erfolg in hohem Maße mit.

Tabelle 30: Qualitätsparameter von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Capo				
Rohprotein % N x 5,7	9,8a ¹⁾	9,9a	10,1a	10,0a
Feuchtkleber- Gehalt %	16,0a	15,6a	17,1a	17,7a
Sedimentations- wert ml	22b	21b	26a	26a
Ernte 2005, Sorte Tamaro				
Rohprotein % N x 5,7	12,9b	12,9b	14,5a	14,3a
Feuchtkleber- Gehalt %	26,3b	27,1b	30,5a	30,2a
Sedimentations- wert ml	44,8b	47,6ab	59,5a	60,5a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 31: Qualitätsparameter von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Achat				
Rohprotein % N x 5,7	11,5a ¹⁾	11,6a	11,9a	11,8a
Feuchtkleber- Gehalt %	26,3a	28,0a	31,0b	30,5b
Sedimentations- wert ml	24,5a	25,0a	26,0a	27,0a
Ernte 2005, Sorte Pollux				
Rohprotein % N x 5,7	11,3a	11,4a	11,7a	11,7a
Feuchtkleber- Gehalt %	22,6a	23,1a	24,6a	24,8a
Sedimentations- wert ml	50,0a	49,0a	55,5a	55,0a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.3.2 Winterroggen

Die Qualitätsanforderungen an das Hektolitergewicht von Backroggen liegen bei mindestens 70 kg/100 l (www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanzliche-erzeugung, Zugriff 11.2007). Dieser Qualitätsparameter wurde mit Ausnahme des Anbaujahres 2004 auf dem Standort Vogelsberg in allen geprüften Varianten erreicht. Unterschiede zwischen den Varianten konnten in keinem der Fälle ausgemacht werden. Eine Verbesserung des Hektolitergewichtes durch die Erhöhung der Reihenweite war demnach unter den vorherrschenden Bedingungen nicht möglich. Zurückzuführen ist das geringe Hektolitergewicht 2004 auf dem Standort Vogelsberg auf die in diesem Jahr geringe Ertragsleistung, hervorgerufen durch eine hohe Verunkrautung (vgl. Tab. 14, Kornertrag und Tab. 44, Biomasse der Untersaaten und Anteil Unkraut).

Tabelle 32: Hektolitergewicht von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Amilo				
Hektoliter- gewicht kg	70,3a ¹⁾	72,5a	75,8a	73,2a
Ernte 2005, Sorte Haccata				
Hektoliter- gewicht kg	73,2a	74a	72,5a	75,0a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 33: Hektolitergewicht von Winterroggen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Amilo				
Hektolitergewicht kg	58,7a ¹⁾	59,1a	63,2a	67,8a
Ernte 2005, Sorte Haccata				
Hektolitergewicht kg	71,1a	72,0a	70,7a	73,4a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.3.3 Winterraps

Bei Winterraps ließ sich durch die unterschiedlichen Reihenweiten kein Effekt auf den Öl-, bzw. Rohfettgehalt hervorrufen (Tab. 34). Dies ist insofern von Bedeutung, da in den Varianten mit Weiter Reihe deutlich höhere Kornerträge als bei Normalsaat realisiert werden konnten (Tab. 15 und 16), ohne dass der Ölgehalt negativ beeinflusst wurde. Aus konventionellen Versuchen ist bekannt, dass bei steigendem Ertrag durch eine gesteigerte Stickstoffdüngung der Ölertrag abnehmen kann (www.lms-lufa.de/upload/1/1166611716_30376_12360.pdf). Dieser Effekt ist unter den geprüften Bedingungen nicht eingetreten, so dass ein höherer Ölertrag je Fläche mit dem höheren Kornertrag einhergeht.

Tabelle 34: Rohfettgehalt von Winterraps in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Standort Wetterau Ernte 2005, Sorte Express				
Rohfettgehalt %	48,4a ¹⁾	-	48,9a	-
Standort Vogelsberg Ernte 2005, Sorte Oase				
Rohfettgehalt %	50,9a	-	50,5a	-

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.3.4 Sommergerste

Von den unterschiedlichen Reihenweiten und dem Einsatz von Untersaaten gingen keine nachweislichen Effekte auf das Hektolitergewicht von Sommergerste aus (Tab. 35). Die erreichten Werte entsprechen den Ergebnissen anderer Versuchsansteller zu Sommergerste im ökologischen Landbau (LA SACHSEN-ANHALT, 2007).

Tabelle 35: Qualitätsparameter von Sommergerste in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Danuta				
Hektolitergewicht kg	64,0a ¹⁾	64,5a	66,5a	67,0a
Ernte 2005, Sorte Ria				
Hektolitergewicht kg	62,5a	64,0a	65,0a	66,0a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.3.5 Hafer

Hafer ist aus pflanzenbaulicher Sicht eine interessante Kultur im ökologischen Landbau. Die Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern gilt als hoch und bei ausreichender Wasserversorgung können gute Erträge erreicht werden. Wichtige Qualitätskriterien für Schälhafer sind ein hohes Hektolitergewicht (> 54 kg/hl) und ein möglichst geringer Spelzenanteil ($< 26\%$) (KARALUS 2007). Auf dem Standort Vogelsberg wurde mit einem durchschnittlichen Hektolitergewicht von 57,5 kg/hl (2004) und 58,8 kg/hl (2005) in beiden Jahren die Anforderung an das Hektolitergewicht erfüllt (Tab.36). Effekte durch eine Änderung der Reihenweite oder durch Untersaaten konnten nicht festgestellt werden. Auch der Spelzenanteil blieb von den verschiedenen Behandlungen unbeeinflusst, lag aber in beiden Jahren deutlich über 26 %.

Tabelle 36: Qualitätsparameter von Hafer in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Flämingsgold				
Hektolitergewicht kg	56,5a ¹⁾	58,0a	57,5a	58,0a
Spelzenanteil %	34,3a	36,1a	33,4a	33,1a
Ernte 2005, Sorte Jumbo				
Hektolitergewicht kg	58,5a	57,0a	59,5a	60,0a
Spelzenanteil %	33,7a	36,2a	33,4a	32,5a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.3.6 Körnererbse

Der Proteingehalt der Körnererbse blieb durch die unterschiedlichen Behandlungen (Reihenweite und Untersaat) unbeeinflusst. Dies muss allerdings vor dem Hintergrund der geringen Erträge gesehen werden, die durch einen hohen Schädlingsbefall hervorgerufen wurden (vgl. Tab. 19).

Tabelle 37: Proteingehalt von Körnererbse in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Harnas				
Rohprotein % N x 5,7 (TS)	23,9a ¹⁾	24,3a	22,6a	23,4a
Ernte 2005, Sorte Harnas				
Rohprotein % N x 5,7 (TS)	23,5a	23,8a	24,1a	22,9a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.3.7 Lupine

Der durchschnittliche Proteingehalt der Blauen Süßlupine lag im Erntejahr 2004 bei 32,5 % (Tab. 38). Er lag damit ca. 10 % über dem Proteingehalt der Körnererbse (Tab. 37). Der Proteingehalt wurde durch die unterschiedlichen Behandlungen nicht beeinflusst. Dies verdeutlicht die potentiell hohe Bedeutung der Lupine für den ökologischen Landbau, unter der Voraussetzung, dass ausreichende Erträge realisiert werden können. Im Erntejahr 2004 wurde mit dem Anbauverfahren Weite Reihe mit über 30 dt/ha (TS) das 1,7-fache gegenüber der Normsaat geerntet (vgl. Tab. 20), was bei einem konstanten Proteingehalt einen hohen Proteinерtrag je ha bedeutet.

Tabelle 38: Proteingehalt von Körnererbse in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau (Hauptwirkungen Reihenweite/Untersaat)

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Ernte 2004, Sorte Boruta				
Rohprotein % N x 5,7 ((TS)	32,2a ¹⁾	32,4a	32,9a	32,7a

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.4 Untersaaten, Grünbrache, Anteil Unkraut

Ein wichtiger Bestandteil des Anbauverfahrens Weite Reihe ist die Nutzung der Reihenzwischenräume zur Produktion von Biomasse in Form von legumen Beisaaten. Das Anbauverfahren Weite Reihe kann so als Mischkultur genutzt werden. Aus diesem Grunde wurden die Biomasseaufwüchse der Untersaaten in Weiter Reihe zum einen mit den Biomasseaufwüchsen der Untersaaten in Normsaat und zum anderen mit den Biomasseaufwüchsen einer einjährigen Grünbrache verglichen. Zu beachten ist, dass die Biomasse der Grünbrache und der Untersaaten in Weiter Reihe zwischen den Entwicklungsstadien der Hauptfrucht BBCH 40 und BBCH 90 einmal gemulcht wurde. In der Variante Normsaat war dies aufgrund der Standraumverteilung nicht möglich. Nach der Ernte wurden alle Untersaaten und die Grünbrache einmal mit einem Flächenmulcher abgemulcht.

3.4.1 Winterweizen

Die höchsten Biomasseaufwüchse von Klee waren erwartungsgemäß in allen Varianten der Grünbrache zu finden.

Auf dem Standort Wetterau waren die Biomasseaufwüchse in der Variante Grünbrache in beiden Jahren etwa gleich hoch, während die Biomasseaufwüchse der Untersaaten in Normalsaat und in Weiter Reihe in den beiden Jahren unterschiedlich waren (Tab. 39 und 40). Im ertragsschwächeren Jahr 2004 konnte sich mehr Biomasse der Untersaaten entwickeln als in dem sehr ertragsstarken Jahr 2005. Dies wirkte sich direkt auf die Biomasseerträge der Herbstaufwüchse aus. In 2005 wurde bei Normalsaat im Herbst nur noch 7 dt/ha (TS) gegenüber 15 dt/ha (TS) im Vorjahr geerntet, bei Weiter Reihe im Jahr 2005 16 dt/ha (TS) gegenüber 24 dt/ha (TS) im Jahr 2004. Der geschätzte Anteil Unkraut war in der Variante Weite Reihe ähnlich hoch wie in der Grünbrache, in der Variante Normalsaat hatte das Unkraut einen höheren Anteil an der Biomassenbildung.

Tabelle 39: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	3,6a ¹⁾	1,2b	3,4a
Anteil Unkraut %	35	60	40
BBCH 90	5,6a	2,4b	3,2b
Anteil Unkraut %	20	40	20
Herbst	31a	15b	24ab
Anteil Unkraut %	5	20	5

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Auf dem Standort Vogelsberg wurde in beiden Jahren im Vergleich zum Standort Wetterau weniger Biomasse in den Varianten Grünbrache gebildet (Tab. 41 und 42).

Tabelle 40: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	3,5a ¹⁾	1,4c	2,2b
Anteil Unkraut %	35	45	40
BBCH 90	7,0a	1,2b	2,7b
Anteil Unkraut %	20	40	20
Herbst	27a	7c	16b
Anteil Unkraut %	5	15	5

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 41: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	2,2a ¹⁾	1,6a	1,9a
Anteil Unkraut %	30	20	30
BBCH 90	5,9a	4,3b	3,4b
Anteil Unkraut %	30	60	20
Herbst	14a	7b	8b
Anteil Unkraut %	5	70	10

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Besonders deutlich war dies im Jahr 2004. So wurden in der Variante Weite Reihe und in der Variante Normalsaat vergleichbare Mengen an Biomasse gebildet, allerdings mit einem sehr viel geringerem geschätzten Anteil an Unkraut. Für einen Vorfruchtaspekt ist dieses von hoher Bedeutung. Im Jahr 2005 übertraf die Weite Reihe die Normalsaatvariante bezüglich der Biomassenleistung der Untersaaten, blieb aber hinter der Ertragsleistung der Grünbrache zurück.

Tabelle 42: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterweizen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	3,4a ¹⁾	1,1a	1,9a
Anteil Unkraut %	25	50	50
BBCH 90	7,4a	2,0b	2,9c
Anteil Unkraut %	30	60	20
Herbst	25a	8b	18ab
Anteil Unkraut %	5	40	10

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.4.2 Winterroggen

Der Winterroggen wurde in allen Jahren schon bis spätestens Anfang Oktober gesät. Die Grünbrachemischung und die Untersaaten wurden gleichzeitig mit der Roggensaat ausgebracht. Dies hatte im Vergleich zu den Biomasseaufwüchsen von Grünbrache und Untersaaten in Winterweizen deutlich höhere Biomassenerträge zur Folge (Tab. 43, 44 und 45). Auffällig ist, dass, im Vergleich zu Winterweizen als Deckfrucht, vor allem auf dem Standort Wetterau die Biomassenerträge der Untersaat bei Normalsaat in geringerem Maße von den Untersaatenerträgen bei Weiter Reihe abwichen. Das deutet darauf hin, dass der Winterroggen aufgrund seiner Fruchtfolgestellung und der damit verbundenen höheren Lichtdurchlässigkeit grundsätzlich eine gute Deckfrucht für Untersaaten darstellt. Der Anteil an Unkraut war innerhalb der Varianten, die gemulcht werden konnten (Brache und Weite Reihe), niedriger als bei Normalsaat.

Auf dem Standort Vogelsberg zeigte sich der hohe Unkrautdruck im Jahre 2004 durch einen hohen Biomassertrag und einem gleichzeitig hohen Anteil an Unkraut, ganz besonders in der Variante Normalsaat (Tab. 44). Ohne den Eingriff der Mulchmaschine bedeutete die Verunkrautung eine hohe Konkurrenz gegenüber der Deckfrucht Roggen sowie der Kleeuntersaat.

Tabelle 43: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterroggen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	4,1a ¹⁾	2,0b	2,2b
Anteil Unkraut %	30	50	50
BBCH 90	41,8a	26,5b	26,8b
Anteil Unkraut %	15	40	20
Herbst	33,4a	26,5a	26,0a
Anteil Unkraut %	5	10	5

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 44: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterroggen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Vogelsberg 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	3,7a ¹⁾	1,8b	2,1b
Anteil Unkraut %	35	70	40
BBCH 90	22,6a	21,4a	12,9a
Anteil Unkraut %	15	95,0	20
Herbst	20,5a	5,2b	12,7b
Anteil Unkraut %	10	80	15

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Die Biomassenerträge im Herbst 2004 setzten sich daher in der Variante Normalsaat zu einem hohen Anteil aus Unkraut zusammen (nach Schätzung 80%). Der Anteil an Unkraut war in den Varianten, die während der Vegetation gemulcht werden konnten, wesentlich geringer.

Tabelle 45: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Winterroggen (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort Vogelsberg 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	4,5a ¹⁾	1,5b	1,8b
Anteil Unkraut %	20	15	15
BBCH 90	43,7a	24,3b	27,8b
Anteil Unkraut %	15	20	20
Herbst	35,4a	29,7a	28,8a
Anteil Unkraut %	5	5	5

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.4.3 Winterraps

Bei Winterraps zeigte sich, dass bei dem hohen Bodenbedeckungsgrad von Raps als Deckfrucht unter den geprüften Bedingungen keine Untersaat etabliert werden konnte (vgl. Tab. 54, Bodenbedeckungsgrade verschiedener Kulturpflanzen). Dies steht zunächst im Widerspruch zu Ergebnissen anderer Versuchsansteller (BÖHM 2007), ist aber durch den in der vorliegenden Untersuchung realisierten vergleichsweise hohen Kornertrag, der damit verbundenen hohen Biomassebildung der Rapspflanzen und der damit einhergehenden Lichtkonkurrenz gegenüber Untersaaten erklärlich. Eine Darstellung der Ergebnisse in tabellarischer Form findet daher bei Raps nicht statt.

3.4.4 Sommergerste

Die Ergebnisse zu den Biomasseaufwüchsen der Untersaaten im Vergleich zur Grünbrache bei Sommergerste zeigen, dass die Gerste als ideale Deckfrucht auch in Normalsaat genutzt werden kann, wenn nur ein geringer Unkrautdruck vorhanden ist (Tabelle 46, Erntejahr 2004). Die Zwischenfrucht im Herbst, die aus der Untersaat bei Normalsaat hervorging, konnte ähnliche Leistungen erbringen wie in den Varianten Grünbrache oder Weite Reihe.

Tabelle 46: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Sommergerste (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	3,2a ¹⁾	1,7b	2,2b
Anteil Unkraut %	30	15	30
BBCH 90	14,7a	5,5b	8,2b
Anteil Unkraut %	10	20	15
Herbst	25,3a	22,4a	20,5a
Anteil Unkraut %	5	10	10

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Anders dagegen verhielt es sich im Erntejahr 2005 bei einem hohen Unkrautdruck (Tab. 47). Die Biomasse, die während der Vegetation neben der Biomasse der Sommergerste gebildet wurde, bestand zu einem großen Teil aus Unkraut, was zum einen in der Normalsaatvariante mit geringer Regulierungsmöglichkeit zu einem reduzierten Kornertrag führte, zum anderen aber auch die Leistung des Biomasseaufwuchses der Untersaat reduzierte. Dies wurde in einem gegenüber der Grünbrache signifikant geringerem Biomasseaufwuchs im Herbst deutlich.

3.4.5 Hafer

In Tabelle 48 sind die Ergebnisse zu den Biomasseerträgen der Untersaaten im Vergleich zur Grünbrache bei Hafer abgebildet. Es zeigte sich, dass der Hafer ähnlich wie Sommergerste eine hohe Eignung als Deckfrucht besitzt. Eine besonders starke Verunkrautung wurde im keinen der beiden Versuchsjahre festgestellt, dagegen aber beachtliche Biomassenerträge bei Normalsaat, so dass sich im Herbst die Biomasseerträge in den untersuchten Varianten kaum unterschieden.

Tabelle 47: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Sommergerste (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat, Standort Wetterau 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	5,4a	2,3a	3,4a
Anteil Unkraut %	60	60	60
BBCH 90	12,4a	6,2a	4,5a
Anteil Unkraut %	10	70	10
Herbst	30,5a	10,2b	25,8ab
Anteil Unkraut %	5	50	15

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 48: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Hafer (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort Vogelsberg, im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	6,2a ¹⁾	3,7b	4,2ab
Anteil Unkraut %	60	30	40
BBCH 90	17,2a	8,3b	6,2b
Anteil Unkraut %	5	20	5
Herbst	24,6a	22,5a	23,7a
Anteil Unkraut %	5	5	5

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.4.6 Körnererbse

Die Biomasserträge der Untersaaten von Körnererbse waren in beiden Anbaujahren von einem hohen Anteil an Unkraut, in erster Linie gebildet durch *Cirsium Arvense* (Tab. 49),

geprägt. Das Verfahren Weite Reihe war nicht in der Lage, den Anteil der Verunkrautung nachhaltig zu reduzieren. Vor allem der rankende Wuchs der Erbsen machte einen späten Bearbeitungstermin mit der Reihenmulchmaschine unmöglich.

Tabelle 49: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Körnererbse (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort, Wetterau im Durchschnitt der Jahre 2004 und 2005 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	3,2a ¹⁾	1,2b	1,6b
Anteil Unkraut %	60	70	70
BBCH 90	19,6a	12,3a	14,4a
Anteil Unkraut %	20	80	80
Herbst	25,4a	9,4b	10,5b
Anteil Unkraut %	5	50	50

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.4.7 Lupine

Die Blaue Süßlupine ist bekannt für ihre langsame Jugendentwicklung. In dieser Phase besitzt Sie nur eine geringe unkrautunterdrückende Wirkung. In Tabelle 50 wird dies durch den hohen Anteil an Unkraut der Untersaat in Normalsaat sichtbar, während bei Weite Reihe die Mulchmaschine die Verunkrautung zugunsten der Kleountersaat zurückdrängen konnte.

3.5 Mineralischer Stickstoff

Die Probenahmen zur Bestimmung der Gehalt an löslichem Stickstoff im Boden im Frühjahr 2004 und 2005 (jeweils ca. Mitte Mai; Varianten Normalsaat (N), Weite Reihe direkt unter der Reihe (WRR) und Weite Reihe zwischen den Reihen (WRZ)) erbrachten keine differenzierten Ergebnisse (Tabelle 51). Die durchschnittlichen Werte in der Tiefenschicht 0-30 cm lagen bei 15,9 kg N_{min}/ha, in der Tiefenstufe 30-60 cm bei 15,6 kg N_{min}/ha und in der Tiefenstufe 60-90 cm bei 12,5 kg N_{min}/ha.

Tabelle 50: Biomasseaufwuchs von Grünbrache sowie Untersaaten in Lupine (BBCH 40, 90, Herbst) in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat Standort, Vogelsberg 2004 (Hauptwirkungen Grünbrache/Reihenweite/Untersaat)

	Kleeaufwuchs		
	Grünbrache dt / ha TS	12,5 cm US dt / ha TS	50 cm US dt / ha TS
BBCH 40	5,4a ¹⁾	0,7a	1,2a
Anteil Unkraut %	45	50	50
BBCH 90	12,7a	7,8a	6,9a
Anteil Unkraut %	20	90	20
Herbst	24,8a	13,0b	15,0b
Anteil Unkraut %	15	80	20

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Tabelle 51: Gehalt an löslichem mineralischen Stickstoff unter Winterweizen in unterschiedlichen Varianten und Tiefenstufen, Probennahme Mitte Mai 2004 und 2005, Standort Wetterau

Tiefenstufe cm	Variante	kg N _{min} /ha
0 - 30	N	17,2
	WRR	14,4
	WRZ	16,2
30-60	N	16,8
	WRR	14,2
	WRZ	15,9
60-90	N	12,0
	WRR	12,4
	WRZ	13,2

N: Probennahme unter Normalsaat; WRR: Probennahme in der Variante Weite Reihe direkt aus der Reihe; WRZ: Probennahme in der Variante Weite Reihe zwischen den Reihen

Bei den Probenahmen im Herbst zeigte sich dagegen eine Wirkung, die im Zusammenhang mit den Beisaaten zu sehen ist. Sowohl nach Weizen als auch nach Erbsen lagen die Gehalte an mineralischem Stickstoff bis zu einer Tiefe von 90 cm bei reinem Hauptfruchtanbau niedriger als bei Hauptfruchtanbau + Untersaaten bzw. bei Brache (Tabellen 52 und 53). Über den gesamten Messbereich von 0-90 cm lagen die Werte nach Winterweizen mit Untersaat bei 22,2 kg N_{min}/ha und bei Normalsaat mit Untersaat bei 12,7 kg N_{min}/ha. Nach der

Grünbrache lagen die Werte im Gesamtmessbereich bei 27, 8 kg N_{min}/ha, also um ca. 20 % höher als bei Weiter Reihe mit Untersaat.

Nach Erbsen lagen die N_{min}-Werte bis 90 cm Tiefe nach Brache (28,7 kg N_{min}/ha) und Weiter Reihe mit Untersaat (26,5 kg N_{min}/ha) noch näher beisammen.

Ein höherer N_{min}-Wert im Herbst kann als positives Ergebnis für die Nachfrucht gewertet werden, allerdings ist mit geeigneten Maßnahmen zu gewährleisten, dass keine Gefährdung der Umwelt durch eine Verlagerung von wasserlöslichem Nitrat-N stattfindet. Insgesamt sind die Gesamtmengen an N_{min} im Herbst als niedrig zu bewerten.

Tabelle 52: Gehalte an löslichem mineralischen Stickstoff unter Winterweizen in unterschiedlichen Varianten und Tiefenstufen, Probennahmen im November 2004 und 2005, Standort Wetterau

Tiefenstufe cm	Variante	kg N _{min} /ha
0 - 30	Normalsaat ohne US	3,9
	Weite Reihe ohne US	4,1
	Normalsaat mit US	8,7
	Weite Reihe mit US	15,4
	Grünbrache	14,3
30 - 60	Normalsaat ohne US	3,2
	Weite Reihe ohne US	3,1
	Normalsaat mit US	2,7
	Weite Reihe mit US	3,0
	Grünbrache	2,1
60 - 90	Normalsaat ohne US	2,0
	Weite Reihe ohne US	2,2
	Normalsaat mit US	1,3
	Weite Reihe mit US	3,8
	Grünbrache	11,4
Σ 0 - 90	Normalsaat ohne US	9,1
	Weite Reihe ohne US	9,4
	Normalsaat mit US	12,7
	Weite Reihe mit US	22,2
	Grünbrache	27,8

Tabelle 53: Gehalte an löslichem mineralischen Stickstoff nach Erbsen in unterschiedlichen Varianten und Tiefenstufen, Probenahmen im November 2004 und 2005, Standort Wetterau

Tiefenstufe cm	Variante	kg N _{min} /ha
0 - 30	Normalsaat ohne US	5,3
	Weite Reihe ohne US	4,9
	Normalsaat mit US	10,1
	Weite Reihe mit US	16,2
	Grünbrache	14,8
30 - 60	Normalsaat ohne US	4,4
	Weite Reihe ohne US	4,4
	Normalsaat mit US	5,7
	Weite Reihe mit US	5,4
	Grünbrache	3,9
60 - 90	Normalsaat ohne US	5,6
	Weite Reihe ohne US	4,7
	Normalsaat mit US	3,8
	Weite Reihe mit US	4,9
	Grünbrache	10,0
Σ 0 - 90	Normalsaat ohne US	15,3
	Weite Reihe ohne US	14,0
	Normalsaat mit US	19,6
	Weite Reihe mit US	26,5
	Grünbrache	28,7

3.6 Erosionsdisposition / Bodenbedeckung

Die Erosionsdisposition der verschiedenen Anbauvarianten Grünbrache, Weite Reihe mit und ohne Untersaat und Normalsaat mit und ohne Untersaat wurde auf dem Standort Wetterau in den Winterkulturen Roggen und Raps sowie in den Sommerkulturen Sommergerste und Erbse anhand von Bonituren des Bodenbedeckungsgrades bewertet (Tab. 54). Dies erfolgte mit Hilfe eines Schätzrahmens, der in die Kulturen gelegt bzw. über die Kulturen gehalten wurde.

Es war zu ersehen, dass bei den Winterungen die Bodenbedeckungsgrade in den Varianten Grünbrache sowohl bei der Bonitur Anfang März als auch bei der Bonitur Mitte Mai die höchsten Werte erreichten. Eine im Vergleich dazu deutlich geringere Bodenbedeckung ergab sich bei Roggen in der Variante Weite Reihe ohne Untersaat, was aber durch den Einsatz einer Untersaat wieder ausgeglichen werden konnte. So lag der Bodenbedeckungsgrad bei Roggen in Weite Reihe mit Untersaat Anfang März bei 95 %, Mitte Mai schon bei 100 %. Bei den Varianten Roggen „Normalsaat ohne und mit Untersaat“ lagen die Bodenbedeckungsgrade leicht darunter.

Die Bodenbedeckung bei Winterraps war an beiden Terminen sehr gut. Mitte Mai war in allen Varianten eine Bodenbedeckung von 100 % erreicht, auch beim Reihenabstand von 50 cm. Die hohen Bodenbedeckungsgrade der gut entwickelten Rapsbestände bewirkten gleichzeitig eine Unterdrückung der eigentlich gewünschten Untersaaten, so dass diese nicht mit zur Bodenbedeckung beigetragen haben.

Die Sommerkulturen Gerste und Erbse erreichten erwartungsgemäß geringere Bodenbedeckungsgrade als die Winterungen. Besonders bei der Gerste machte sich die Untersaat bei 50 cm Reihenweite positiv bemerkbar, so dass Mitte Mai ein Bodenbedeckungsgrad von 80 % bei Weite Reihe mit Untersaat erreicht wurde, gegenüber 45 % bei Weite Reihe ohne Untersaat und ca. 90 % bei Normalsaat mit und ohne Untersaat. Durch den Gerstenanteil bei den Varianten Gerste mit Klee waren die Bodenbedeckungsgrade höher als bei der im Frühjahr gesäten Grünbrache.

Die Bodenbedeckung in den Varianten mit Körnererbse war bei enger Reihenweite etwas geringer als bei Gerste, bei weitem Reihenabstand dagegen etwas besser, was aber nicht auf eine bessere Entwicklung des Klees zurückzuführen war, sondern auf eine höhere Verunkrautung.

Tabelle 54: Bodenbedeckungsgrade verschiedener Kulturen bzw. Grünbrache Anfang März und Mitte Mai in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaat im Mittel der Jahre 2004 und 2005, Standort Wetterau

	Reihenweite / Untersaaten				
	Grünbrache ¹⁾	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
Deckungsgrad Anfang März in %					
Roggen	98	70	90	33	95
Raps	90	75	-	80	-
Deckungsgrad Mitte Mai in %					
Roggen	100	80	95	50	100
Raps	100	100	-	100	-
So.Gerste	60	85	95	45	80
Erbse	60	75	75	60	60

¹⁾ Grünbrache anstelle der Feldfrüchte

3.7 Vorfruchtwirkungen verschiedener Kulturen bei unterschiedlichen Reihenweiten mit und ohne Untersaaten

Um den Vorfruchteffekt des Anbauverfahrens Weite Reihe einerseits im Vergleich zur Normalsaat und andererseits zu einer einjährigen Grünbrache abzubilden, wurde in den Jahren 2004 und 2005 auf dem Standort Wetterau Weizen bzw. Erbsen in den Varianten

Kontrolle Kleebrache,

Weite Reihe mit Untersaat sowie Reihenmulcher,

Normalsaat mit Untersaat,

Weite Reihe ohne Untersaat und

Normalsaat ohne Untersaat

angebaut. Die Kontrolle Kleebrache diente zur Bewertung des Vorfruchteffektes der verschiedenen Anbauformen (100%) und wurde gleichzeitig als Blanksaat im zeitigen Frühjahr eingesät (vgl. Kap. 2 Material und Methoden, Saattermine Grünbrache und Beisaaten, Tab. 6)

3.7.1 Nachfruchterträge – Kartoffeln nach Winterweizenvorfrucht

Der Vorfruchtwert von Weizen wurde für einen nachfolgenden Kartoffelanbau in beiden Jahren durch Untersaaten verbessert (Tab. 55). Anhand des Knollenertrages wird deutlich, dass bei 50 cm Reihenweite und Untersaaten die Ertragsleistung gegenüber der einjährigen Kleebrache bei ca. 90 % lag. Die Untersaaten bei Normalsaat wirkten weniger stark. In 2005 wurden 80 % des Ertrags der Vergleichsvariante Grünbrachevorfrucht erreicht, in 2006 nur 45% des nach Grünbrache erzielten Ertrages. Die geringere Wirkung der Untersaaten für das Jahr 2006 sind im Zusammenhang mit der hohen Ertragsleistung des Winterweizens im Jahre 2005 und der damit einhergehenden schwachen Leistung der Untersaaten zu sehen (vgl. Kap. 3.4 Untersaaten, Tab. 40) Die Kartoffelerträge in den Varianten ohne Untersaaten erreichten

gegenüber der einjährigen Kleevorfrucht nur noch 53 % im Jahr 2005 bzw. knapp 40 % im Jahr 2006.

Tabelle 55: Nachfruchterträge von Kartoffeln (einheitlicher Anbau) nach Grünbrache und differenziertem Winterweizenanbau im Vorjahr, Standort Wetterau (Hauptwirkung Grünbrache/Reihenweite/Untersaaten)

		Vorfrucht Weizen, Reihenweite / Untersaaten			
Vorfrucht-system	Grünbrache	50 cm US	12,5 cm US	50 cm	12,5 cm
Ernte 2005					
dt / ha FM	371a ¹⁾	347a	297b	210c	184c
%	100	93,5	80	56,6	49,6
Ernte 2006					
dt / ha FM	274a	238b	125c	112c	96c
%	100	87	45	41	35

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

3.7.2 Nachfruchterträge – Weizen nach Körnererbse vorfrucht

Der Vorfruchtwert der Leguminose Körnererbse konnte im Gegensatz zu Winterweizen nicht durch Untersaaten verbessert werden (Tab 56 und 57). Dieses ist vor dem Hintergrund der sehr niedrigen Erbsenerträge zu sehen (vgl. Tab. 19), da durch den geringen Kornertrag auch nur sehr wenig Stickstoff mit dem Erntegut abgefahren wurde. Der größte Teil des von der Erbse fixierten Stickstoffes war in Form von Erbsenstroh auf der Fläche verblieben. Möglicherweise hätten die Untersaaten bei einem höheren Kornertrag eine Wirkung bei der Nachfrucht gezeigt. Das würde auch erklären, warum die einjährige Brache im Jahr 2004 im Vergleich zu den anderen geprüften Varianten keinen messbaren Ertragsvorteil bei der Nachfrucht Winterweizen bewirkte. Im Jahr 2005 wurde nach der Grünbrache der höchste Weizenertrag gemessen, statistisch konnten aber auch hier die Unterschiede nicht abgesichert werden.

Der Winterweizen wurde in jeder Variante einmal in Normalsaat und einmal in Weiter Reihe angebaut (vgl. Kap. 2.2.2, Tab. 10, Prüffaktor C, Reihenweite der Nachfrucht). Die Ergebnisse zeigen, dass auch in diesem Falle die Reihenweite keinen Effekt auf den Kornertrag hatte. Die Wirkungen der Untersaaten bei Weizen in Weiter Reihe sind im vorherigen Abschnitt 3.7.1 beschrieben.

Tabelle 56: Nachfrucherträge von Winterweizen (Anbau in Normalsaat/Weite Reihe) nach Grünbrache und differenziertem Erbsenanbau im Vorjahr, Standort Wetterau, Ernte 2005 (Hauptwirkung Grünbrache/Reihenweite/Untersaaten)

Vorfruchtsystem Erbse 2004	Brache		Erbse WR US		Erbse N US		Erbse WR		Erbse N	
Weizenanbauverfahren 2005 (Nachfrucht)	N	WR	N	WR	N	WR	N	WR	N	WR
Ertrag dt/ha TS	54,5	61,4	54,6	55,1	54,0	63,5	58,5	57,0	57,7	55,8
\bar{x}	57,9		54,8		58,7		57,8		56,7	

N: Normalansaat; WR: Weite Reihe; US: Untersaat

Tabelle 57: Nachfrucherträge von Winterweizen (Anbau in Normalsaat/Weite Reihe) nach Grünbrache und differenziertem Erbsenanbau im Vorjahr, Standort Wetterau, Ernte 2006 (Hauptwirkung Grünbrache/Reihenweite/Untersaaten)

Vorfruchtsystem Erbse 2004	Brache		Erbse WR US		Erbse N US		Erbse WR		Erbse N	
Weizenanbauverfahren 2005 (Nachfrucht)	N	WR	N	WR	N	WR	N	WR	N	WR
Ertrag dt/ha TS	53,5	58,3	49,3	47,8	47,1	54,6	40,7	51,4	44,6	51,0
\bar{x}	55,9		48,5		50,8		46,1		47,8	

N: Normalansaat; WR: Weite Reihe; US: Untersaat

3.8 Betriebswirtschaftliche Ergebnisse (Kurzfassung)

Die Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Untersuchungen sind in Anlage 1 „Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe bei Winterweizen auf Roggen, Hafer, Raps und Körnerleguminosen – Betriebswirtschaftliche Analyse“ dargestellt (Werkvertrag mit der FAL Braunschweig-Völkenrode).

Für die Analyse der Wirtschaftlichkeit kam ein zweistufiges Verfahren zur Anwendung. So wurde zunächst ohne die Berücksichtigung innerbetrieblicher Anpassungsprozesse für das Produktionsverfahren Winterweizen die Veränderung des hektarbezogenen Gewinnbeitrags infolge der Einführung der Weiten Reihe errechnet. Darauf aufbauend wurden im nächsten Schritt innerbetriebliche Anpassungen einbezogen und die Veränderung des gesamtbetrieblichen Gewinns nach Einführung der Weiten Reihe modelliert. Zur besseren Vergleichbarkeit zwischen den Betrieben wurde dieser Betrag auf die Ackerfläche des jeweiligen Betriebes bezogen.

3.8.1 Winterweizen

Bei Winterweizen auf dem Standort Vogelsberg zeigte sich, dass der Gewinnbeitrag dieser Kultur beim Anbau in Weite Reihe im Durchschnitt deutlich im positiven Bereich lag und damit wettbewerbsfähiger wäre als der Referenzanbau in Normalsaat (Abb.1). Dabei waren die Gewinnbeiträge im Weite-Reihe-Verfahren ohne den Einsatz von Untersaaten am höchsten. Der Anbau von Winterweizen in Weite Reihe mit Untersaaten führte im Vergleich dazu aufgrund des höheren Verfahrensaufwandes zu einem deutlich geringeren Gewinnbeitrag je Hektar, der im Jahr 2005 sogar leicht negativ ausfiel. Bei der Berechnung

der Ergebnisse wurden Aufschläge für die in der Weiten Reihe erzielten Qualitäten berücksichtigt.

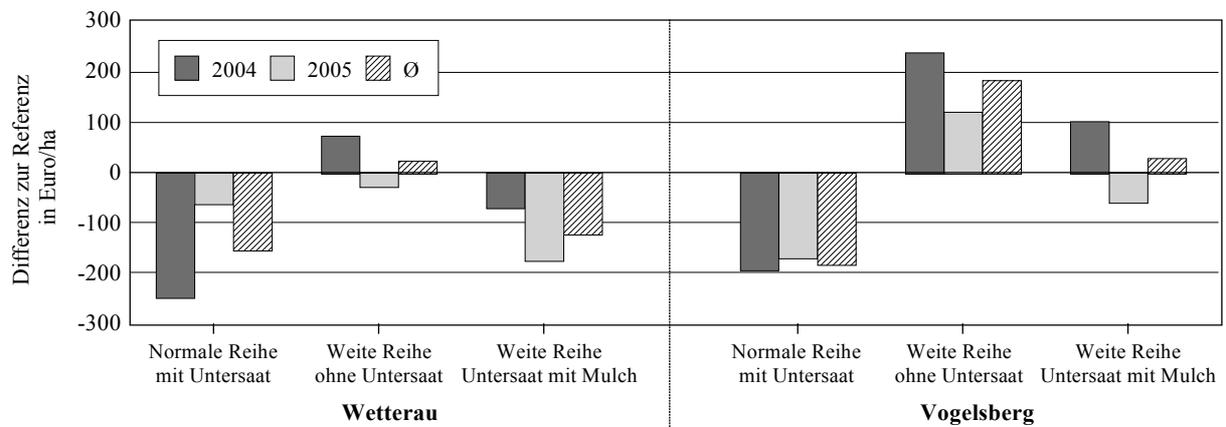


Abbildung 1: Gewinndifferenz von Winterweizen bei verschiedenen Produktionsverfahren im Vergleich zum Normalanbau ohne Untersaat

In der Wetterau waren die in der Weiten Reihe erzielten Ergebnisse im Vergleich zum Referenzsystem weniger vorteilhaft. So lag das Weite-Reihe-Verfahren ohne Untersaaten etwa gleich auf mit der Normalsaat, während das System mit Untersaaten im relativen Gewinnbeitrag negative Vorzeichen aufweist. Die insbesondere für die Bewertung des Weite-Reihe-Verfahrens mit Untersaaten wesentliche Einbeziehung des Vorfruchtwertes des Winterweizenanbaus war in diesem Auswertungsschritt noch nicht berücksichtigt.

3.8.2 Winterroggen

Beim Winterroggen ergaben sich abhängig von den Erträgen auch bei der Gewinndifferenz im Vergleich zur Normalsaat negative Werte. Lediglich im Vogelsberg konnte durch die auf das Hacken bzw. Mulchen zurückzuführende günstigere Ertragssituation in den Weite-Reihe-Varianten mit und auch ohne Untersaat ein deutlich positiver Gewinnbeitrag erzielt werden.

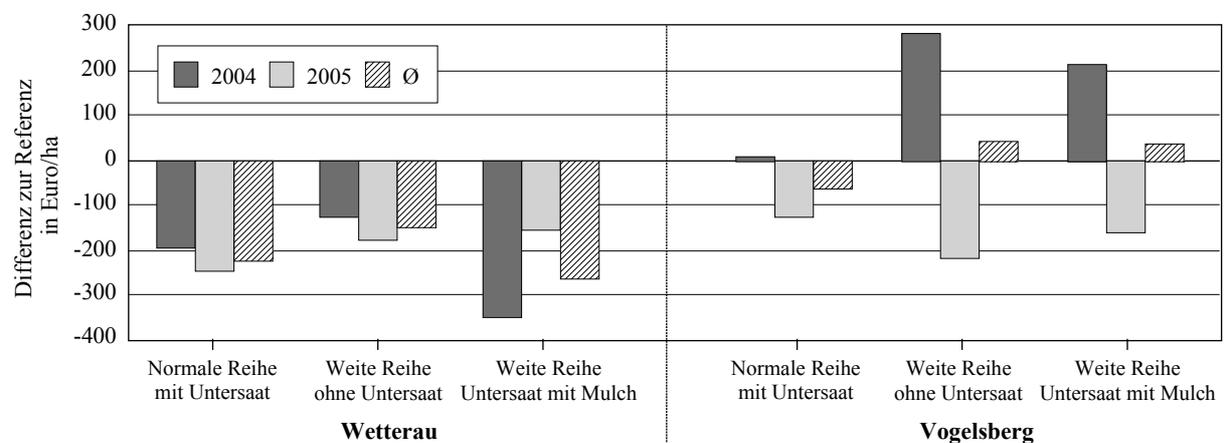


Abbildung 2: Gewinndifferenz von Winterroggen bei verschiedenen Produktionsverfahren im Vergleich zum Normalanbau ohne Untersaat

3.8.3 Sommergetreide

Hafer wurde im Versuch nur auf dem Betrieb im Vogelsberg angebaut (Abb. 3). Bezüglich der Erträge ergaben sich zwischen den verschiedenen Verfahren nur geringe Unterschiede. Aufgrund der höheren Kosten lag der Gewinnbeitrag bei den beiden Weite-Reihe-Verfahren geringfügig unter dem des Referenzsystems. Die Gewinndifferenz der gehackten Variante ohne Untersaat war im Vergleich zum Normalanbau vergleichsweise gering (in einem Jahr leicht positiv), da bei ähnlichen Erträgen u.a. geringere Ausgaben für Saatgut die Verfahrenskosten gesenkt haben.

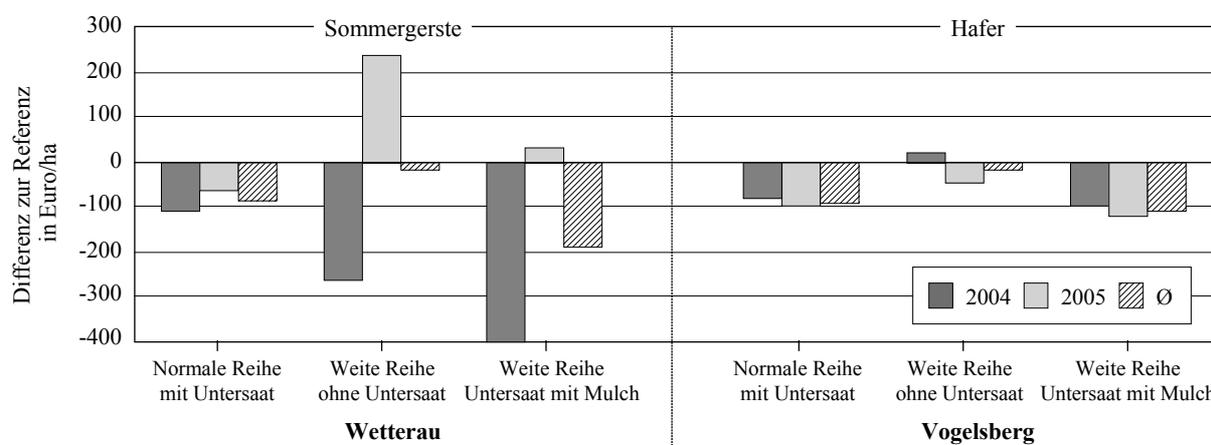


Abbildung 3: Gewinndifferenz von Sommergerste und Hafer bei verschiedenen Produktionsverfahren im Vergleich zum Normalanbau ohne Untersaat

Sommergerste wurde nur in der Wetterau angebaut (Abb. 3). Die Erträge der Gerste zeigten zwischen den Jahren stärkere Schwankungen als die des Hafers. Die errechneten relativen Gewinnbeiträge ergaben (mit etwas stärkeren Ausschlägen) annähernd das gleiche Bild wie bei Hafer. Dem entsprechend sind auch hier zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der einzelnen Verfahren vor allem die gesamtbetrieblichen Effekte, wie der Vorfruchtwert oder auch die nachhaltigere Bekämpfung von Unkräutern, von entscheidender Bedeutung.

3.8.4 Winterraps

Bei Winterraps wurden nur Varianten ohne Untersaaten berechnet, da die eingesetzten Untersaaten unter Raps nicht etabliert werden konnten. Die Ergebnisse an beiden Betriebsstandorten sind sehr eindeutig. Aufgrund der besseren Möglichkeiten zum Hacken des in Weite Reihe angebauten Rapses und der entsprechend höheren Erträge schnitt dieses Verfahren hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit mit hohen relativen Gewinnbeiträgen deutlich besser ab als das Normalanbauverfahren.

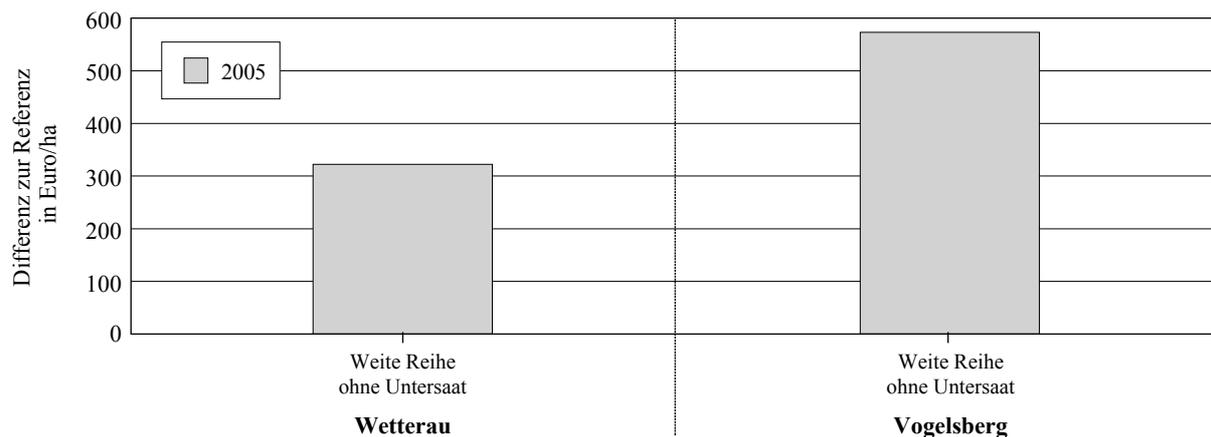


Abbildung 4: Gewinndifferenz von Winterraps bei dem Produktionsverfahren Weite Reihe im Vergleich zum Normalanbau

3.8.5 Körnerleguminosen (Erbse und Lupine)

Die am Standort Wetterau angebaute **Erbse** lagen bei Weite Reihe im Durchschnitt sowohl mit als auch ohne Untersaaten über dem Ergebnis der Normalsaat (Abb. 5). Dabei wurden die geringen Erträge des zweiten Jahres durch die hohen in 2004 erzielten Erträge kompensiert. Die relativen Gewinnbeiträge sind somit im Saldo in der Weite-Reihe-Variante ohne Untersaaten positiv. Im Verfahren mit Untersaaten fiel der relative Abstand zum Normalsaatverfahren leicht negativ aus. Die Ergebnisse sind vor dem Hintergrund niedriger Erträge, hervorgerufen durch massiven Blattlauszuflug, zu betrachten.

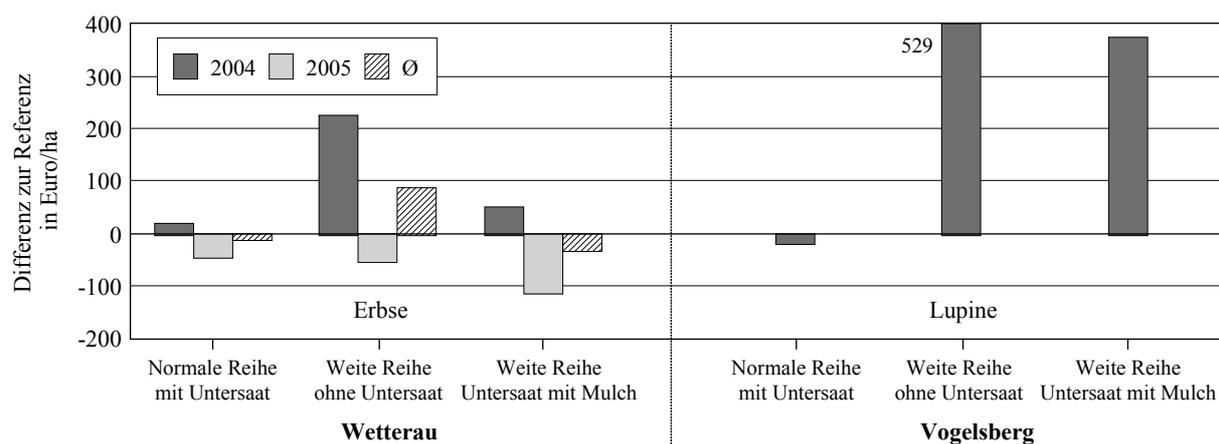


Abbildung 5: Gewinndifferenz von Erbse und Lupine bei verschiedenen Produktionsverfahren im Vergleich zum Normalanbau ohne Untersaat

Bei der **Lupine** konnte aufgrund des hohen Schädlingsdruckes nur das Anbaujahr 2004 am Standort Vogelsberg ausgewertet werden (Abb. 5). In diesem Jahr führten die in den beiden Weite-Reihe-Anbauvarianten erzielten Erträge zu klar positiven Gewinndifferenzen.

3.8.6 Bewertung der Vorfruchteffekte

Zusätzlich zu den Ertragsdaten der einzelnen Kulturen wurden auch die in den Versuchen erfassten Vorfruchtwirkungen des Anbaus in Weiter Reihe in die Modellrechnungen mit einbezogen. So wurde in den Jahren 2005 und 2006 geprüft, wie sich der Anbau von Erbse bzw. Winterweizen in Weiter Reihe in den oben genannten Varianten auf die Wirtschaftlichkeit der Nachfolgefrüchte Winterweizen bzw. Kartoffeln ausgewirkt hat.

Als Erfolgsmaßstab wurde wiederum die Gewinndifferenz errechnet. Da der Vergleich mit dem Referenzverfahren „Normalsaat“ im Falle der Vorfruchtbewertung wenig aussagefähig ist, wurde in diesem Falle die Klee grasbrache als Vergleichsverfahren herangezogen.

Weiterhin wurde im zweiten Schritt errechnet, wie die Differenz zur Klee grasbrache ausfällt, wenn die direkt- und arbeitskostenfreie Leistung der Vorfrucht in der Kalkulation mitberücksichtigt wird.

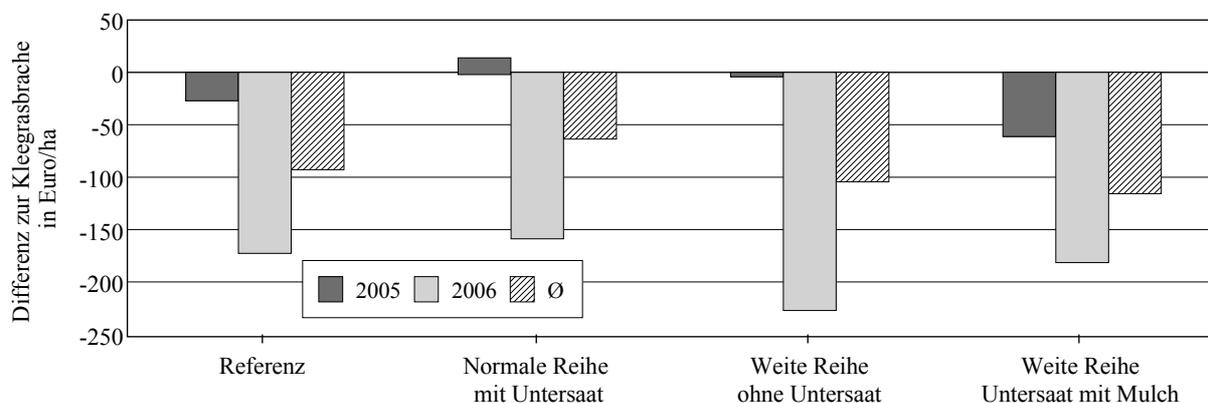


Abbildung 6: Gewinndifferenz von Winterweizen nach Vorfrucht Körnererbse in unterschiedlichen Anbauformen im Vergleich zu einer einjährigen Klee grasbrache

Abbildung 6 veranschaulicht, dass im Falle des Produktionsverfahrens „Winterweizen nach Erbse“ der Anbau in Weiter Reihe keine zusätzlichen Effekte für die Folgefrucht brachte. Hier muss berücksichtigt werden, dass in beiden Jahren nur geringe Kornerträge erzielt wurden und somit nur geringe Mengen an Stickstoff vom Feld abtransportiert wurden. Die Stickstoffleistung der Erbse für die Nachfrucht Winterweizen war daher möglicherweise überdurchschnittlich hoch. Der höhere Kostenaufwand für das Weite-Reihe-Verfahren führte zu einem negativen Gewinnbeitrag. Als günstigste Vorfrucht schnitt in beiden Jahren die Erbse in Normalsaat mit Kleeuntersaat ab. Diese Variante lag im Jahr 2005 im Vorfruchtwert sogar über der Klee grasbrache.

Bei Berücksichtigung der Erbsen- und zusätzlich der Weizenerträge aus dem Anbau des Vorjahres zeigte sich deutlich, dass der Erbsenanbau in der Vorfrucht einer reinen Klee grasbrache überlegen war (Abb. 7). Dies gilt unter den vorher beschriebenen Bedingungen, nämlich dass eine gute vegetative Entwicklung der Erbsen nur zu einem

geringen Kornertrag führte und daher der Vorfruchtwert der Erbse überdurchschnittlich hoch ausgefallen sein könnte.

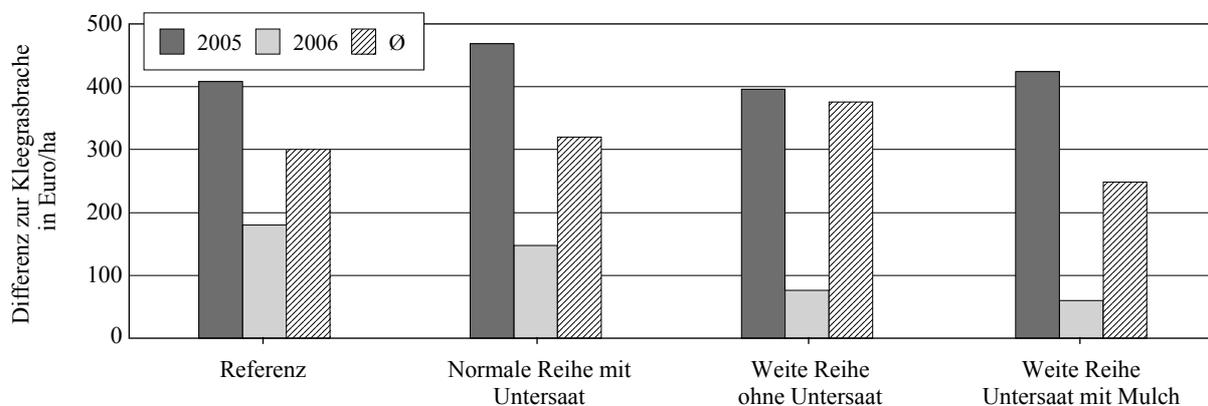


Abbildung 7: Winterweizen nach Vorfrucht Körnererbse in unterschiedlichen Anbauformen – Gewinndifferenz zur Einjährigen Klee grasbrache unter Berücksichtigung der DAL-Werte (Direkt- und Arbeitskosten freie Leistung) in der jeweiligen Vorfrucht

Beim Anbau von **Kartoffeln nach Winterweizen** zeigte sich ein gänzlich anderes Bild (Abb. 8). Wegen des geringen Vorfruchtwertes des Referenzsystems „Winterweizen in Normalsaat“, haben die Gewinndifferenzen der Weite-Reihe-Varianten durchweg positive Vorzeichen. Die besten Ergebnisse konnten korrespondierend zu den vergleichsweise hohen Ertragswerten des Kartoffelanbaus in den beiden Varianten mit Einsatz von Untersaaten erzielt werden. Dabei schnitt das Weite-Reihe-Verfahren günstiger ab als die Untersaat in Normalreihe.

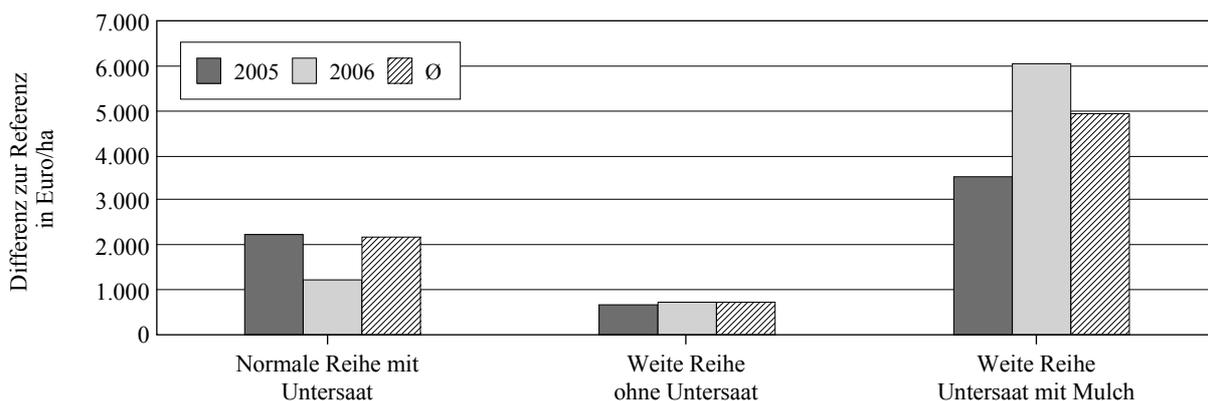


Abbildung 8: Kartoffel nach Vorfrucht Winterweizen in unterschiedlichen Anbauformen – Gewinndifferenz zur Referenzvariante unter Berücksichtigung der DAL-Werte (Direkt- und Arbeitskosten freie Leistung) in der jeweiligen Vorfrucht

Da das praxisrelevante Vergleichsverfahren für den Kartoffelanbau üblicherweise im ökologischen Landbau der Anbau von Klee gras ist, wurde im nächsten Schritt der Vorfruchtwert des Anbaus von Winterweizen in Weite Reihe mit dem einer reinen

Klee grasbrache verglichen. Abbildung 9 zeigt hier, dass alle Verfahren des Anbaus von Winterweizen in Weite Reihe im Vorfruchtwert nicht an den positiven Wert der reinen Klee grasbrache heranreichten. Am besten schnitt jedoch, erwartungsgemäß, der Anbau mit einer Klee untersaat ab.

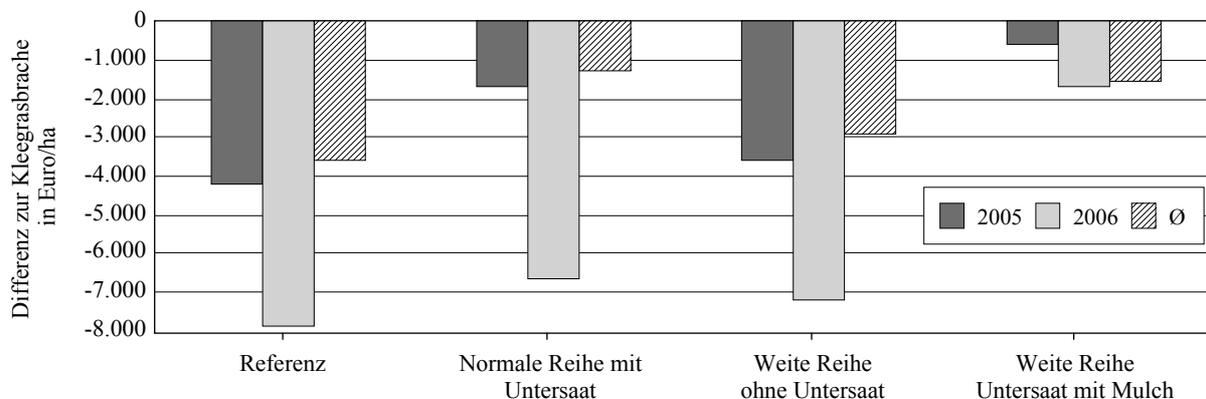


Abbildung 9: Gewinndifferenz bei Kartoffeln nach Vorfrucht Winterweizen in unterschiedlichen Anbauformen – Einjährige Klee grasbrache

3.8.7 Einzelbetriebliche Analyse

Um diese auf Basis der Versuchsergebnisse gewonnenen Ergebnisse etwas differenzierter diskutieren zu können und Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit des Weite-Reihe-Anbaus vor dem einzelbetrieblichen Hintergrund treffen zu können, müssen zum einen die spezifischen betrieblichen Gegebenheiten und zum anderen die Erfahrungen, die in den beiden Betrieben bereits über die Versuchsanlage hinaus vorhanden sind, ins Blickfeld gerückt werden. Daher werden im Folgenden die Ergebnisse der Modellrechnungen in ausführlichen Tabellen dargestellt. Ein besonderer Schwerpunkt wird dabei auf die Szenarien B2 und B3 gelegt, in denen die tatsächliche Einführung der Weiten Reihe in den Betrieben abgebildet wird (Szenarienbeschreibung siehe Anlage 1).

3.8.7.1 Betrieb Wetterau

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde während der beiden Untersuchungsjahre 2004 und 2005 neben dem Winterweizen auch Winterraps in Weite Reihe angebaut. Bei der im folgenden dargestellten gesamtbetrieblichen Simulation der Effekte einer Einführung der Weiten Reihe konnte daher auf die tatsächlich auf den Anbauflächen erzielten Erträge zurückgegriffen werden (Tab. 58). Bei den Annahmen zur sonstigen Ertrags- und Kostensituation des Betriebes wurde soweit wie möglich auf konkrete Betriebsdaten aufgebaut, die durch allgemeine Kalkulationsdaten ergänzt wurden.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass auf dem Betrieb Wetterau erst eine gesamtbetriebliche Anpassung den Anbau in Weite Reihe ökonomisch interessant werden lässt. Insbesondere sind dies die Reduzierung des Grünbracheanteils und die Ausdehnung des Getreideanbaus, speziell des Winterweizenanbaus, und vor allem der verstärkte Kartoffelanbau.

Tabelle 58: Tatsächliche Veränderung erfolgsbestimmender Kennzahlen in dem Untersuchungsbetrieb „Wetterau“ durch die Einführung der Weiten Reihe

		Referenz vor Einführung der WR Ø 2004 bis 2005	WR mit Herbst-Untersaat, mit eigenmechanisiertem Mulchgerät Ø 2004 bis 2005	WR mit Herbst-Untersaat, mit überbetrieblich mechanisiertem Mulchgerät Ø 2004 bis 2005
Winterweizen				
Ertrag	dt/ha WW	48,0	55,0	55,0
Proteingehalt	%	11,0	12,0	12,0
Preis (Ø 2004-2005)	Euro/dt WW	22,9	25,1	25,1
Prämie Ökolandbau	Euro/ha WW	190	190	190
Erlöse gesamt	Euro/ha WW	1.289	1.569	1.569
Direkte Kosten	Euro/ha WW	95	132	132
Arbeits erledigungskosten	Euro/ha WW	379	426	413
DAL ¹⁾	Euro/ha WW	815	1.012	1.025
Differenz zur Referenz	Euro/ha WW		197	210
Differenz Kraftstoffverbrauch	l/ha WW		5	5
Differenz Arbeitsaufwand (h)	h/ha WW		2	2
Winterraps (WR ohne Untersaat)				
Ertrag	dt/ha Raps	21,0	25,0	
Preis (Ø 2004-2005)	Euro/dt Raps	61,0	61,0	
Prämie Ökolandbau	Euro/ha Raps	190	190	
Erlöse gesamt	Euro/ha Raps	1.472	1.716	
Direkte Kosten	Euro/ha Raps	61	61	
Arbeits erledigungskosten	Euro/ha Raps	361	376	
DAL ¹⁾	Euro/ha Raps	1.049	1.208	
Differenz zur Referenz	Euro/ha Raps		159	
Differenz Kraftstoffverbrauch	l/ha Raps		2	
Differenz Arbeitsaufwand (h)	h/ha Raps		1	
Gesamtbetrieb				
Fruchtartverhältnis				
Kleebrache	%	20	11	11
Winterraps	%	7	7	7
Leguminose	%	27	18	18
Getreide	%	36	42	42
davon Winterweizen	%	15	31	31
Kartoffel	%	10	22	22
Gewinndifferenz zur Referenz	€		65.619	66.875
Differenz h im Gesamtbetrieb	h		-6	-6

1) Direkt- und Arbeitskosten freie Leistung.

3.8.7.2 Betrieb Vogelsberg

Auch auf dem Betrieb Vogelsberg führte die Anwendung der Weiten Reihe in der Beispielsrechnung zu einer deutlichen positiven gesamtbetrieblichen Gewinndifferenz (Tab. 59). Voraussetzungen hierfür sind vor allem eine Realisierung der den Berechnungen zugrunde gelegten Qualitätszuschlägen für Winterweizen und eine höhere Ertragsstabilität bei dem Verfahren Weite Reihe. Die Anpassungsmöglichkeiten durch das Anbauverfahren Weite Reihe sind für diesen Betrieb aufgrund seiner ungünstigeren Standortbedingungen, z.B. ist kein Kartoffelanbau möglich, im Vergleich zum Standort Wetterau geringer.

Tabelle 59: Tatsächliche Veränderung erfolgsbestimmender Kennzahlen in dem Untersuchungsbetrieb „Vogelsberg“ durch die Einführung der Weiten Reihe

		Referenz vor Einführung der WR Ø 2004 bis 2005	WR mit Herbst-Untersaat, mit eigenmechanisiertem Mulchgerät Ø 2004 bis 2005	WR mit Herbst-Untersaat, mit überbetrieblich mechanisiertem Mulchgerät Ø 2004 bis 2005
Winterweizen				
Ertrag	dt/ha WW	28,0	31,3	31,3
Proteingehalt	%	11,0	13,0	13,0
Preis (Ø 2004-2005)	Euro/dt WW	45,8	57,2	57,2
Prämie Ökolandbau	Euro/ha WW	190	190	190
Erlöse gesamt	Euro/ha WW	1.472	1.983	1.983
Direkte Kosten	Euro/ha WW	153	199	199
Arbeits erledigungskosten	Euro/ha WW	506	591	580
DAL ¹⁾	Euro/ha WW	813	1.193	1.204
Differenz zur Referenz	Euro/ha WW		380	391
Differenz Kraftstoffverbrauch	l/ha WW		14	14
Differenz Arbeitsaufwand (h)	h/ha WW		3	3
Gesamtbetrieb				
Fruchtartverhältnis				
KleeGras mit Schnittnutzung	%	40	40	40
Winterweizen	%	20	20	20
Winterroggen	%	20	20	20
Dinkel	%	20	20	20
Gewinndifferenz zur Referenz	€		11.379	12.883
Differenz h im Gesamtbetrieb	h		-6	-6

1) Direkt- und Arbeitskosten freie Leistung.

3.9 Landtechnische Ergebnisse

Motivation für das landtechnische Teilprojekt waren die Ergebnisse vorheriger Untersuchungen zum Anbauverfahren Weite Reihe (BECKER und LEITHOLD 2003, Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe).

Es wurde deutlich, dass mit einer Nutzung der Reihenzwischenräume durch legume Untersaaten positive Effekte sowohl auf pflanzenbaulicher und betriebswirtschaftlicher Ebene als auch in Hinsicht auf Umweltwirkungen einhergehen. Um diese Vorteile optimal nutzen zu können, wurde der Einsatz eines Reihenummulchgerätes als notwendig erachtet.

Der Einsatz eines seit einigen Jahren am Markt erhältlichen Reihenummulchgerätes bedeutet zunächst einen hohen Kostenaufwand für die Betriebe. Das getestete und verfügbare Mulchgerät wird vom Schlepper über die Zapfwelle angetrieben und besteht somit aus kostenintensiven Bauteilen. Das Gerät zeichnet sich allerdings durch eine gute Arbeitsleistung aus.

Für viele Betriebe ist die hohe Investition in die Mulchtechnik ein Hinderungsgrund, das Anbauverfahren Weite Reihe und damit verbundene positive Auswirkungen für Ihren Betrieb zu nutzen. Andere Betriebe wenden das Verfahren Weite Reihe an und verzichten durch

spätes Einbringen der Untersaat auf den Mulcharbeitsgang oder setzen grundsätzlich keine Untersaaten ein.

Das Institut für Landtechnik der JLU Giessen, Prof. Seuffert, hatte den Auftrag, einen Prototypen zu erstellen, der durch kostengünstige Bauteile im Vergleich zur angebotenen Mulchtechnik eine geringere Investition mit sich bringen würde. Um Kosten zu sparen, sollte das Gerät mit bodengetriebenen Bauteilen ausgestattet sein.

Konstruiert wurde ein Element, welches aus verschiedenen Schneidscheiben besteht, die zwischen den Reihen abrollen (Abb. 1). Die Scheiben sind auf zwei Ebenen angebracht. Die vordere Ebene ist insgesamt mit 4 Scheiben ausgestattet. Die äußeren Scheiben sind als Hohlkreise geformt und gezackt. Die hintere Ebene ist mit drei Scheiben bestückt, welche räumlich versetzt zu den vorderen Scheiben angebracht wurden. Die Entfernung der beiden Ebenen wurde so bemessen, dass die Scheiben ineinander greifen. Die Scheiben haben einen Abstand von 6,25 cm. So ergibt sich eine Arbeitsbreite von 37,5 cm, wodurch ein Abstand von 6,25 cm bis zur Mitte der Weizenreihe gewährleistet ist, der als Sicherheitsabstand dient.

Geprüft wurde der Prototyp in einem jungen Kleebestand (Abb. 1) und in älteren Beständen mit einem Grasanteil von etwa 50%.



Abbildung 10: Prototyp des bodengetriebenen Reihenmulchers des Instituts für Landtechnik, Universität Giessen

Die Wirkung der Schneidscheiben gegenüber den Kleepflanzen im jungen Stadium war sehr gering. Die vertikal ausgerichteten Scheiben konnten den Klee nicht abschneiden. Die Stängel der Pflanzen waren nur leicht angedrückt, was auf das Wachstum im Vegetationsverlauf keine Auswirkungen hatte. Auch in den geprüften älteren Beständen war die Wirkung gegenüber wenig verholzten Pflanzenteilen ähnlich gering.

Dies führte zu dem Schluss, dass eine effektive Regulierung von Untersaaten und Unkräutern während der vegetativen Entwicklungsphase mit diesem Prototyp nicht erfolgen kann. Notwendig ist nach wie vor ein horizontal, mit hoher Geschwindigkeit rotierendes Messer, was

über einen Fremdantrieb verfügen muss. Dies ist, wie vorher beschrieben, von den Landtechnikherstellern bereits realisiert. Die geprüfte, bodengetriebene Technik stellt in dieser Form noch keine Alternative zu einem zapfwellengetriebenen Reihenmulcher dar.

3.10 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse und Möglichkeiten der Umsetzung für eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus

Aus den Ergebnissen des vorliegenden Berichtes kann in mehrerer Hinsicht Nutzen für die Praxis des ökologischen Landbaus gezogen werden.

Die grundlegende Erkenntnis ist, dass der Einfluss der Reihenweite auf den Kornertrag der geprüften Kulturen als vergleichsweise gering einzustufen ist. Der Anbau von Kulturen mit einem Reihenabstand von 50 cm bietet daher gegenüber einem üblichen Reihenabstand von ca. 12,5 cm die Möglichkeit, die freien Reihenzwischenräume zur Verbesserung von Produktionsabläufen zu nutzen.

Ein Nutzen der Reihenabstände kann sich zunächst auf die Verbesserung und Erweiterung der Unkrautregulierungsmaßnahmen beziehen. Kulturen, die mit einem weiten Reihenabstand angebaut werden, können in der Regel einfacher und effektiver gehackt werden, auch andere Technik ist einsetzbar, wie z.B. ein Reihenmulchgerät. Ein Reihenmulchgerät hat gegenüber herkömmlicher Technik den Vorteil, dass auch Problemunkräuter zuverlässig erfasst und etablierte Untersaaten nicht zerstört werden. Eine effektive Unkrautbekämpfung bedeutet eine Stabilisierung des Gesamtsystems. Ökonomische Aspekte sind in diesem Zusammenhang schwierig zu bewerten und können nur in langfristigen Untersuchungen erfasst werden. Unkrautfreie Bestände sind jedoch für den ökologischen Landbau für die Anerkennung innerhalb des Berufsstandes von hoher Bedeutung, nicht zuletzt wenn es darum geht, Pachtflächen für eine langfristige Bewirtschaftung zu sichern.

Die Reihenzwischenräume können gerade in Trockengebieten genutzt werden, um den Wasserhaushalt zu regulieren. Hackmaßnahmen können darüber hinaus die Mineralisation anregen, was besonders im Frühjahr das Pflanzenwachstum positiv beeinflussen kann. Außerdem sind weite Reihenabstände geeignet, um organischen Dünger während der Vegetation einzuarbeiten, was zur Minimierung von Stickstoffverlusten führt.

Mit der Erhöhung der Reihenweite verbessern sich grundsätzlich die Voraussetzungen für die Ausprägung hoher Backqualitäten bei Winterweizen. Backweizen ist im ökologischen Landbau eine der wichtigsten Marktfrüchte. Mit dem Anbauverfahren Weite Reihe lassen sich Qualitätsziele mit einer erhöhten Zuverlässigkeit erreichen, was für den einzelnen Betrieb ökonomische Vorteile bringen kann.

Durch eine effektive Unkrautbekämpfung eröffnen sich neue Möglichkeiten, Kulturen erfolgreich anzubauen, die unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus als problematisch gelten. Besonders deutlich gezeigt werden konnte dies an der Kultur Winterraps. Winterraps ist aufgrund seiner langen Vegetationszeit in hohem Maße durch eine Verunkrautung gefährdet, was lange Zeit als eine Begründung dafür angeführt wurde, dass Raps unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus nicht kultiviert werden könne. Auch

der Anbau der Blauen Süßlupine könnte mit diesem Verfahren stabilisiert werden. Es liegen allerdings hierfür nur einjährige Untersuchungen vor. Eine Übertragung der Ergebnisse auf weitere Kulturen ist denkbar und wird von der Praxis auch schon in hohem Maße durchgeführt. Zum Beispiel werden in der Praxis über die in diese Untersuchung einbezogenen Kulturen hinaus auch Sonnenblumen und Mais, verschiedene Heil- und Gewürzpflanzen sowie weitere Getreidearten wie Dinkel nach dem System Weite Reihe angebaut.

Die Einsatzmöglichkeit einer legumen Untersaat im Verfahren Weite Reihe bei gleichzeitiger Unkrautbekämpfung stellt das größte Potenzial des Verfahrens dar. Durch die Chance, zusätzlich zum Ertrag der Hauptkultur einen hohen Vorfruchtwert zu erzielen, kann langfristig der Gesamtertrag verbessert werden. Es ergeben sich Möglichkeiten einer gesamtbetrieblichen Anpassung. Dies kann (in Maßen) eine Reduzierung des Grünbracheanteils in Marktfruchtbetrieben oder die Möglichkeit einer Reduzierung von Futterfläche zugunsten von Marktfrüchten im viehhaltenden Betrieb bedeuten. Durch die Verringerung des reinen Kleeanteiles innerhalb der Fruchtfolge können vermehrt umsatzstarke Kulturen angebaut und damit der Deckungsbeitrag der Gesamtfruchtfolge erhöht werden.

Überdies lässt sich der zusätzliche Biomasseaufwuchs zur Energieerzeugung in Form von Biogas nutzen, was eine weitere Einnahmequelle für den landwirtschaftlichen Betrieb mit sich bringt und zur Optimierung der innerbetrieblichen Nährstoffströme führt (MÖLLER et al. 2006).

Vor dem Hintergrund der aktuellen Preisentwicklung landwirtschaftlicher Rohstoffe ist es für eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus von essentieller Bedeutung, dass sich neben einer positiven Preisentwicklung für ökologisch erzeugte Produkte hohe Gesamterträge und Gesamtertragsdeckungsbeiträge realisieren lassen. Nur so ist dauerhaft ein Wettbewerb mit dem konventionellen Landbau möglich, welcher seine Produktionskosten durch den Einsatz von externen Betriebsmitteln auf höhere Stückzahlen verteilen kann. Ohne eine solide wirtschaftliche Basis werden kaum Betriebe neu auf den ökologischen Landbau umstellen und es wird schwieriger werden, Pachtflächen für diese Form der Bewirtschaftung zu sichern.

Das Anbauverfahren Weite Reihe bietet hierfür Lösungsansätze!

3.11 Bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Wissenschaftliche Vorträge und Publikationen:

- BECKER, K. und G. LEITHOLD (2007): Effekte des Anbausystems Weite Reihe im Ökologischen Landbau auf Ertrag und Qualität von Getreide und Raps. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., Bonn, **19**, 16-17
- BECKER, K. und G. LEITHOLD (2007): Die Anwendung des Anbausystems Weite Reihe bei Getreide, Raps und Körnerleguminosen: Effekte und Ertrag, Qualität und Vorfruchtwert. In: ZIKELI, S. et al. (Hrsg.): Zwischen Tradition und Globalisierung – Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hohenheim, 93-96
- BECKER, K. und G. LEITHOLD (2005): Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe bei Winterweizen auf Roggen, Hafer, Raps und Körnerleguminosen. Eine pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Untersuchung unter Berücksichtigung von Vorfruchtwirkungen. In: Ende der Nische. J. HEB & G. RAHMANN (Hrsg.), Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel 2005, 233 – 234

Publikationen in Fachzeitschriften:

- BECKER, K. (2007): Innovative Ackerbausysteme im Ökologischen Landbau. Landwirtschaftliches Wochenblatt 17/2007, 50-51
- BECKER, K. (2007): Weite Reihe: Schauen, wo's passt. bioland 07/2007, 8-10

Erstellung einer Broschüre für Praxis und Beratung:

- BECKER, K. und H. GENGENBACH 2007: Das Anbauverfahren Weite Reihe. Hrsg.: LLH, JLU, BLE. Erschienen in der Reihe Fachinformationen-Ökologische Landwirtschaft und ökologischer Gartenbau 1/2007. ISSN 1610-689X, Jürgen Haas Print Consulting

Weitere Publikationen zu diesem Thema sind geplant.

Feldtage, Messen und Vortragsveranstaltungen in 2007 und 2006:

- 12.12.2007: BIOPARK – Veranstaltung in Güstrow: Innovative Anbausysteme im ökologischen Landbau- Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe
- 21.11.2007: Ökologischer Ackerbau – Konkurrenzfähig und nachhaltig. Erfahrungen zur Weiten Reihe. Naturland Fachseminar in Hameln
- 16.11.2007: agritechnica Hannover, Vortrag auf dem Forum ökologischer Landbau: Weite Reihe, wie rechnet sich das?
- 24.06.2007: Tag der offenen Tür auf dem Gladbacherhof, Lehr- und Versuchsbetrieb ökologischer Landbau der JLU Giessen: Posterpräsentation und Demonstrationsversuch Anbauverfahren Weite Reihe
- 28.06.2007: Feldtag auf dem Gladbacherhof, Lehr- und Versuchsbetrieb ökologischer Landbau der JLU Giessen: Posterpräsentation und Demonstrationsversuch Anbauverfahren Weite Reihe

12.06.2007: Feldtag Naturland, Ökoberatungsteam und Kuratorium für Landwirtschaft Hessen in Ober-Erlenbach: Weite Reihe – Umsetzung in die Praxis

13.03.2007: JLU Giessen. Vortragsveranstaltung mit Workshops: Innovative Ackerbausysteme im Ökologischen Landbau - Schwerpunkt „Weite Reihe“ . Gemeinsame Veranstaltung mit dem LLH Kassel

09.11.2006: Wintertagung Bioland Mitte, Weite Reihe und Gemengeanbau

20.-22.2006.: DLG Feldtage Demonstrationsparzelle und Poster: Das Anbauverfahren Weite Reihe im ökologischen Landbau

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das Anbaukonzept Weite Reihe wurde anfänglich vorrangig als Anbauverfahren zur Erzeugung von Backweizen mit hohen Qualitätsmerkmalen im ökologischen Landbau entwickelt. Untersuchungen hierzu haben gezeigt, dass unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus eine Erhöhung des Reihenabstandes vergleichsweise geringe Auswirkungen auf den Weizenertrag hat. Die weiten Reihenabstände bieten die Möglichkeit einer effektiven mechanischen Unkrautbekämpfung und können durch eine zusätzliche Ansaat von legumen Feldfutterpflanzen genutzt und mit einer speziellen Reihenmulchtechnik gepflegt werden. In der vorliegenden Untersuchung sollte geprüft werden, ob sich durch das Anbausystem Weite Reihe auch bei anderen Druschkulturen Vorteile gegenüber dem Normalsaatverfahren erschließen lassen. Untersucht wurden neben Winterweizen die Kulturen Winterroggen, Winterraps, Hafer, Sommergerste, Körnererbse und Blaue Süßblume.

Dazu wurden in den Jahren 2003 bis 2006 Feldversuche auf zwei Praxisstandorten in Hessen angelegt. In diesen Feldversuchen wurde die Reihenweite 50 cm der Reihenweite 12,5 cm gegenübergestellt, jeweils mit und ohne Einsatz von Untersaaten. Um den Fruchtfolgeeffekt der Untersaaten quantifizieren zu können, wurden gleichzeitig zum Saatzeitpunkt der Untersaaten Grünbracheparzellen mit Klee angesät.

Die Untersuchungen bezogen sich auf den Kornertrag, die Ertragsstruktur und die Produktqualität der angebauten Hauptfrüchte, darüber hinaus die Biomasseleistung der Untersaaten sowie auf die Bodenbedeckungsgrade und die Stickstoffdynamik als Umweltparameter. Fruchtfolgeeffekte des Anbaus in Weite Reihe werden an zwei Beispielen dargestellt. Die Ergebnisse zum Anbau verschiedener Kulturen in Weite Reihe wurden zusätzlich aus betriebswirtschaftlicher Perspektive bewertet.

Außerdem wurde ein Prototyp für ein bodengetriebenes Reihenmulchgerät erstellt und getestet.

Im Rahmen der insgesamt dreijährigen Untersuchungen wurden folgende Resultate erzielt:

1. Winterweizen im Anbauverfahren Weite Reihe:

Winterweizen ist die Kultur, für die bereits langjährige Erfahrungen mit dem Anbauverfahren Weite Reihe vorliegen. In der aktuellen Untersuchung zeigte sich sowohl hinsichtlich des Kornertrages als auch der Qualitätsmerkmale ein ähnliches Bild wie in

den vorherigen Experimenten. Der Kornertrag kann bei einem Anbau in Weiter Reihe gegenüber der Normalsaat um bis zu 10 % zurückgehen, in der Mehrzahl der hier untersuchten Fälle lag der Ertrag bei Weiter Reihe aber geringfügig über dem bei Normalanbau erzielten Ertrag. Dies kann in Zusammenhang mit einer verbesserten Unkrautbekämpfung gesehen werden, aber auch mit einer zeitlich veränderten Nutzung von Wachstumsfaktoren. Während der Kornfüllungsphase können die Weizenpflanzen noch in verstärktem Maße bis dahin nicht in Anspruch genommenen Stickstoff aus den Bodenvorräten aufnehmen. Dies spiegelt sich in einer veränderten Ertragsstruktur wider. Eine geringere Ährendichte je Flächeneinheit wird kompensiert durch eine höhere Anzahl an Körnern je Ähre. Die Backqualität wurde durch einen Anbau in Weiter Reihe verbessert. Teilweise ging dieser Effekt mit einem gleichzeitigen moderaten Ertragsrückgang einher. Durch eine Realisierung von Qualitätszuschlägen kann ein Ertragsrückgang in den meisten Fällen finanziell überkompensiert werden. Bei einem Einsatz von Untersaaten sind die Kosten für die Mulchtechnik entscheidend für die Rentabilität des Verfahrens. Die hohen Fixkosten müssen auf eine ausreichend große Fläche verteilt werden.

Die Untersaaten konnten sich bei Winterweizen in Weiter Reihe gegenüber Untersaaten in Normalsaat besser entwickeln. Im Durchschnitt der beiden Untersuchungsjahre erreichte diese Variante eine Vorfruchtleistung von ca. 90 % im Vergleich zu einer einjährigen Kleebrache. Auch die Bodengehalte an mineralischem Stickstoff im Herbst lagen nach Weizen in Weiter Reihe und Untersaaten auf einem ähnlichen Niveau wie nach einer einjährigen Kleebrache.

2. Winterroggen im Anbauverfahren Weite Reihe:

Bei Winterroggen zeigten sich durch das Anbauverfahren nur bei ungewöhnlich starkem Unkrautdruck Ertragsvorteile. Die Ertragsleistung war ansonsten in Weiter Reihe gegenüber dem Normalanbau reduziert. Eine Kompensation geringerer Pflanzendichten durch höhere Kornzahlen je Ähre wurde nur teilweise erreicht. Dies kann neben den geringeren Standortansprüchen mit dem gegenüber Weizen frühen Saattermin und der zumeist ungünstigeren Fruchtfolgestellung in Zusammenhang gebracht werden. Eine Erhöhung des Hektolitergewichtes war bei Weiter Reihe nicht festzustellen. Die Berechnung der Gewinndifferenz zur Normalsaat ergab in der Tendenz negative Werte.

Die Untersaaten bei Roggenanbau wurden gleichzeitig im Herbst mit der Roggenaussaat etabliert. Die Untersaaten entwickelten sich auch in der Normalsaat sehr gut, eine Regulierung konnte aber hier nicht stattfinden.

3. Winterraps im Anbauverfahren Weite Reihe:

Bei Winterraps zeigte sich ein eindeutiges Bild. So erbrachte der in Weiter Reihe angebaute Raps höhere Erträge als in Normalsaat. Grundlage für hohe Erträge war eine gute Versorgung mit Nährstoffen durch die Vorfrucht und eine wirksame Unkrautregulierung noch vor Winter. Einer geringeren Anzahl von Pflanzen und auch eine geringere Schotenanzahl je Flächeneinheit stand eine höhere Anzahl von Körnern je Schote gegenüber. Legume Untersaaten konnten in diesen Beständen aufgrund von hohen

Bodenbedeckungsgraden durch den Raps nicht etabliert werden. Obwohl in Weiter Reihe teilweise ein doppelt so hoher Ertrag als in Normalsaat realisiert wurde, hatte dies keine negativen Auswirkungen auf den Ölgehalt.

4. Sommergerste im Anbauverfahren Weite Reihe:

Für die Sommergerste ist es schwieriger, in der kurzen Vegetationszeit die gegenüber der Normalsaat ungleichmäßigere Standraumverteilung bei Weiter Reihe zu kompensieren. Unter normalen Bedingungen ist ein Anbau in Normalsaat günstiger. Bei hohem Unkrautdruck kann aber auch hier die Weite Reihe Vorteile zeigen. Eine höhere Kornzahl je Ähre war bei Sommergerste in Weiter Reihe nicht festzustellen. Auch das Hektolitergewicht der Sommergerste blieb unbeeinflusst. Das Kleinklima für Untersaaten ist bei Sommerkulturen in den Weiten Reihen, insbesondere bei Frühjahrstrockenheit, gegenüber den Verhältnissen bei Normalsaat ungünstiger. Da sich die Feuchtigkeit in den eng gesäten Beständen besser halten kann, entwickelten sich die Untersaaten teilweise unter Normalsaatbeständen besser. Die Zwischenfrucht im Herbst, die aus der Untersaat bei Normalsaat hervorging, konnte ähnliche Biomasseleistungen wie in den Varianten Grünbrache oder Weite Reihe erbringen. Die Berechnung der Gewinndifferenz zur Normalsaat, bezogen auf das Produktionsverfahren, ergab in der Tendenz negative Werte.

5. Haferbau im Anbauverfahren Weite Reihe:

Der Haferanbau wurde unter den vorherrschenden Bedingungen von den verschiedenen Reihenweiten nicht beeinflusst. Der Hafer ist gegenüber Unkrautpflanzen auch in Normalsaat ausreichend konkurrenzstark. Eine Erhöhung des Hektolitergewichtes oder einen Einfluss auf den Spelzenanteil durch das Anbauverfahren Weite Reihe wurde nicht festgestellt. Auch die Biomasseleistung der Untersaaten konnte nicht erhöht werden, was bei Frühjahrstrockenheit auf ein ungünstiges Kleinklima bei Weiter Reihe zurückzuführen ist.

6. Körnerleguminosenanbau im Anbauverfahren Weite Reihe:

Der Anbau von Körnererbse war von hohem Schaderregerbefall bestimmt. Eine abschließende Aussage zur Eignung der Körnererbse für einen Anbau in Weiter Reihe kann so nicht getroffen werden. Hinsichtlich des Unkrautregulierungserfolges ergaben sich keine messbaren Vorteile durch das Anbauverfahren. Auch die Vorfruchtleistung der Leguminose Erbse konnte durch eine Untersaat nicht verbessert werden.

7. Betriebswirtschaftliche Analyse des Anbauverfahrens Weite Reihe:

Die betriebswirtschaftlichen Untersuchungen haben gezeigt, dass der Anbau von Druschkulturen in Weiter Reihe sowohl mit als auch ohne Untersaaten auf geeigneten Standorten eine ökonomisch sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Anbauverfahren darstellen kann. Neben der Möglichkeit der Erzielung von Qualitätsaufschlägen bei Weizen und der besonders im Winterraps oder bei Lupinen interessanten Beikrautbekämpfungsmöglichkeiten sind es vor allem mögliche gesamtbetriebliche Anpassungseffekte, die den Anbau in Weiter Reihe für einzelne Betriebe ökonomisch interessant werden lassen.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen. Weiterführende Fragestellungen

Die in dieser Untersuchung geplanten Ziele wurden zum großen Teil erreicht.

Es konnte gezeigt werden, dass sich durch das Anbausystem Weite Reihe neben Weizen auch bei anderen Druschkulturen Vorteile gegenüber dem Normsaatverfahren erschließen lassen. In besonderem Maße gilt dies für Winterraps und Lupine.

Die betriebswirtschaftlichen Untersuchungen haben ergeben, dass sich durch das Anbauverfahren Weite Reihe gesamtbetriebliche Anpassungsmöglichkeiten ergeben, die zu einer weitreichenden Verbesserung der gesamtbetrieblichen Wirtschaftslage beitragen können.

Versuche mit einem bodengetriebenen Reihenmulchsystem haben ergeben, dass die herkömmliche Reihenmulchtechnik vorerst nicht ersetzt werden kann.

Es ist gelungen, Möglichkeiten für den ökologischen Landbau aufzuzeigen, wie mit Hilfe des Anbaukonzeptes Weite Reihe die Ertragssicherheit und die Produktivität ökologischer Anbausysteme durch an die speziellen Bedingungen angepasste pflanzenbauliche Verfahren erhöht werden kann. Dies lässt sich für eine Ausdehnung und Sicherung des ökologischen Landbaus nutzen.

6 Literaturverzeichnis

- BECKER, K. (2006): Weitreihenbau von Winterweizen im Ökologischen Landbau: Möglichkeiten zur Verbesserung von Backqualität und Vorfruchtwert. Diss. Univ. Gießen, 2006, Logos Verlag Berlin, ISBN 978-3-8325-1540-9 sowie [online] Giessen, Univ., URL:<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2007/4705/>
- BECKER, K. und G. LEITHOLD (2003): Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im Ökologischen Landbau [online] Giessen, Univ., URL: <http://geb.unigiessen.de/geb/volltexte/2003/1157/>
- BÖHM, H. (2007): Rapsanbau im ökologischen Landbau- Auswirkungen von Vorfrucht, Reihenabstand und Untersaat mit Weißklee auf den Ertrag. In Zikeli et al 2007 (Hrsg.): Zwischen Tradition und Globalisierung – 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim
- DEBRUCK, J. (2004): Mit Abstand beste Qualität. Das Phänomen der weiten Reihe: Winterweizen im Ökoanbau. Neue Landwirtschaft 1, 2004, 48-49
- HOCHMANN, J., 1998: Winterweizen-Reihenabstandsversuch, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Versuchsbericht Ökologischer Landbau 1997.
- HOF, C., K. SCHMIDTKE, R. RAUBER (2005): Wirkung des Gemengeanbaus mit Körnerleguminosen sowie der Standraumzuteilung und der Saatstärke auf Kornertrag und Kornproteingehalt von Winterweizen. In J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, kassel university press GmbH, Kassel
- KARALUS, W. (2007): Öko-Sortenempfehlung 2007, Sommergerste, Hafer, Sommerweizen, Sommertriticale. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden
- LA SACHSEN-ANHALT 2007: Hinweise zur Sortenwahl Sommergerste im ökologischen Anbau 2007
- LINDENTHAL, TH., C.R. VOGL, J. HESS (1996): Forschung im Ökologischen Landbau, Sonderausgabe der Zeitschrift „Förderungsdienst“ 2c/1996, AV-Druck. 1141 Wien.
- MÖLLER, K. G. LEITHOLD, J. MICHEL, S. SCHNELL, W. STINNER und A. WEISKE (Hrsg.)(2006): Auswirkung der Fermentation biogener Rückstände in Biogasanlagen auf Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit im Ökologischen Landbau – Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Gesamtbewertung im Rahmen typischer Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser ökologisch wirtschaftender Betriebe. Endbericht Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück – AZ 15074.
- MÜLLER, G. und H. J. HEEGE (1981): Kornverteilung über die Fläche und Ertrag bei Getreide. Zeitschr. Acker- und Pflanzenbau 150, 97-112
- NIEBERG, H., R. STROHM-LÖMPCKE, J. RIEDEL, 2003: Wirtschaftlichkeit des Anbausystems „Weite Reihe“ im Getreideanbau. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- POMMER, G. (2003): Auswirkungen von Saatstärke, weite Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.

- RICHTER, S. und J. DEBRUCK (2001): Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. In REENTS, H. J. (Hrsg.): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Verlag Dr. Köster
- SLL (2001): Getreide im Ökologischen Landbau, Informationen für Praxis und Beratung. sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Dr. H. Kolbe
- SÖLLINGER, J. (2003): Ergebnisse zum System Weite Reihe bei Winterweizen in Oberösterreich. In FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; Verlag Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau, Wien.
- STUTE, J. (1996): Erlaubt ist, was dem Boden nutzt. Bioland 6/1996