©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

Faun.-Ökol.Mitt. Suppl. 35, 203 - 219 Kiel, 2008

9 Produktion und Ökonomie

9.1 Optimierung des ökologischen Getreideanbaus

Von Helge Neumann, Ralf Loges und Friedhelm Taube

Summary

9.1 Optimization of organic cereal production

Two biennial series of field experiments on the optimization of organic cereal production were carried out in northern Germany. The objective of the experiments was to develop an environmentally sound cereal production system which offers high grain yields and high grain qualities as well as a high value for succeeding crops. The first serial of experiments consisted of different field trials on the optimization of direct drilling of winter wheat into living mulches of white clover (bi-cropping). The tested experimental factors (sowing technique of cereal, row spacing of cereal, variety of white clover) aimed to control the competition between cereal and clover. Variation of white clover was no strategy to control competition between cereal and clover. Within the bi-cropping system narrow row spacing outyielded wide row spacing. Bi-cropping was most successful if white clover competition was restricted by a shallow rotary tillage operation carried out directly before sowing of winter wheat. However, the grain yields of the wheat/clover system could not compete with the yields of wheat crops sown after ploughing. The minor grain yields were attributed to competition from clover, to a lower supply of soil N and to imperfect seedbed. Compared to ploughing, the bi-cropping system was characterised by less N-leaching after drilling of wheat as well as by higher residual N amounts after grain harvest. The second serial of experiments was focussing on optimization of crop rotation effects and featured the factors preceding crop (winter wheat, winter wheat/white clover bi-cropping), succeeding crop (winter rye, spring oats), sowing technique (ploughing, bi-cropping) and row spacing (12 cm, 36 cm). Common drilling of oats (spring ploughing, row spacing 12 cm) following winter wheat/white clover bi-cropping resulted in the highest grain yields. In order to evaluate the total output of selected biennial systems, total productivity (yields of grain equivalent) and total energy efficiency were calculated. According to both parameters as well as to N-leaching, it was most successful if the bi-cropping system (direct drilling of winter wheat into white clover after rotary tillage of clover) was followed by oats sown after spring ploughing. On stockless organic farms, a single course of winter cereal-white clover-bi-cropping presents an alternative to common grass/clover green manure. While cultivation of

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

grass/clover usually provides no direct income on these types of farms, the bi-cropping system allows for cultivation of both a cash crop (winter cereal) and a green manure crop in the same year. As the bi-cropping-cereal requires no mechanical weed control during the growing period, the system offers the preconditions to be an appropriate habitat for wild animals.

Zusammenfassung

Im Rahmen des Teilprojekts „Pflanzenbau" des Forschungsvorhabens „Hof Ritzerau" wurden zwei Versuchsserien zur Optimierung des ökologischen Getreideanbaus durchgeführt. Die Experimente hatten zum Ziel, ein umweltfreundliches Anbausystem zu entwickeln, durch das sich hohe Kornerträge und Kornqualitäten erzielen lassen, gleichzeitig jedoch auch ein hoher Vorfruchtwert für Folgekulturen gewährleistet ist. Die erste Versuchsserie beinhaltete verschiedene Feldversuche zur Direktsaat von Winterweizen in bereits etablierte Weißkleebestände (Anbausystem „Bi-cropping"). Die geprüften Anbaufaktoren (Ansaattechnik, Getreidereihenweite, Kleesorte) hatten zum Ziel, die Konkurrenzsituation zwischen dem Getreide und Klee zu beeinflussen.

Die Variation der Kleesorte (unterschiedliche Wuchstypen) hatte keinen Einfluss auf die erhobenen Getreideparameter. Bei der Ansaat im „Bi-cropping"-Verfahren ließen sich durch den geprüften engen Reihenabstand (12 cm) höhere Kornerträge erzielten als mit der weiten Reihe (36 cm). Der „Bi-cropping"-Anbau war am erfolgreichsten, wenn der Weißklee unmittelbar vor der Direktsaat des Getreides flächig gefräst wurde. Der Klee ließ sich mit diesem Verfahren erwartungsgemäß stärker zurückdrängen als mit der alternativ geprüften Reihenfrässaat. Die Kornerträge, die mit der flächigen Frässaat erzielt wurden, konnten jedoch nicht mit der herkömmlichen Pflugsaat konkurrieren. Die Mindererträge der „Bi-cropping"-Ansaaten waren auf die Konkurrenz durch den Weißklee, eine geringere Verfügbarkeit an Bodenstickstoff sowie eine unbefriedigende Saatbettbereitung zurückzuführen. Das „Bi-cropping"-Verfahren zeichnete sich im Vergleich zu der Pflugsaat durch geringere Nitrat-N-Verluste mit dem Sickerwasser im Winter nach der Ansaat sowie höhere residuale Stickstoffmengen nach der Getreideernte aus.

Die zweite Versuchsserie hatte zum Ziel, Fruchtfolgeeffekte zu optimieren und beinhaltete die folgenden Prüffaktoren: Vorfrucht (Winterweizen, Winterweizen/Weißklee-„Bi-cropping"), Nachfrucht (Winterroggen, Hafer), Ansaattechnik („Bi-cropping", Pflugsaat) und Reihenabstand (12 cm, 36 cm). Die höchsten Kornerträge wurden durch die Normalsaat von Hafer (Frühjahrsumbruch, Reihenweite 12 cm) nach der Vorfrucht „Bi-cropping" (Winterweizen/Weißklee) erzielt. Um die Leistungen des „Bi-cropping"-Verfahrens aggregierend zu bewerten, wurden die Ergebnisse der Versuche zum „Bi-cropping" von Winterweizen und Weißklee mit den Resultaten der Nachfolgefruchtversuche in Beziehung gesetzt. Im Hinblick auf die betrachteten Parameter Gesamtproduktivität, Energieeffizienz und N-Auswaschung erwies es sich am vorteilhaftesten, wenn dem „Bi-cropping"-Verfahren (Weizendirektsaat nach flächigem Fräsen des Klees) die Pflugsaat von Hafer folgte (Frühjahrsumbruch, Reihenweite 12 cm).

Das im Rahmen der Arbeit entwickelte „Bi-cropping"-Verfahren könnte in viehlos wirtschaftenden Ökobetrieben an Stelle der verbreiteten überjährigen Gründüngung mit Kleegras eingesetzt werden. Während durch den Anbau von Kleegras im spezialisierten Marktfruchtanbau in der Regel kein Verkaufserlös erwirtschaftet werden kann, ist es mit dem „Bi-cropping"-Verfahren möglich, ein Getreide (Backweizen) zu ernten, ohne auf

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

die Fixierung hoher Stickstoffmengen verzichten zu müssen. Da der „Bi-cropping"-Anbau im Zeitraum nach der Getreideansaat bis zu der ersten Getreideernte keine mechanischen Pflegemaßnahmen erfordert, ist davon auszugehen, dass das System günstige Lebensbedingungen für Wildtiere bietet.

Einleitung

Da im System des ökologischen Landbaus auf chemisch-synthetisch hergestellte Düngemittel verzichtet wird (EU-Verordnung 2092/91), ist insbesondere der Anbau von Kulturen erschwert, die eine hohe und gezielte Versorgung mit Stickstoff (N) erfordern. Besondere Schwierigkeiten bereitet die ökologische Produktion von Backweizen, die bestimmte Kornqualitäten, wie z. B. einen Mindestgehalt an Rohprotein, voraussetzt. Die Stickstofflieferung der Nährstoffquellen, die im ökologischen Anbau zur Beeinflussung der Ertrags- und Qualitätsbildung zur Verfügung stehen (Boden, symbiontische Stickstofffixierung, Ernterückstände der Vorfrucht, Wirtschaftsdüngemittel; KÖPKE 2000), wird stark von den Witterungs- und Bodenbedingungen beeinflusst und ist somit nur schwer zu kalkulieren (RUHE 2000, TAYLOR et al. 2001, DREYMANN 2005). Das Angebot und der Pflanzenbedarf an Stickstoff sind deshalb vielfach nicht aufeinander abgestimmt, was unter norddeutschen Standortbedingungen nicht nur zu unbefriedigenden pflanzenbaulichen Leistungen, sondern beim Anbau von Winterweizen auch zu erheblichen Nitrat-Auswaschungen während der Wintermonate führen kann (DREYMANN 2005, KELM et al. 2007). Während in ökologisch wirtschaftenden Betrieben, die Vieh halten, eigene Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Festmist) als variabel einsetzbare N-Quelle zur Verfügung stehen (LOGES & HEUWINKEL 2004), beschränken sich die Möglichkeiten der Stickstoff-Zufuhr in viehlosen und vieharmen Ökobetrieben im Wesentlichen auf den Anbau von Luftstickstoff-fixierenden Leguminosen (SCHMIDT 2004). Im Hinblick auf die zunehmende Anzahl an Ökobetrieben, die keine Viehhaltung aufweisen (CORMACK 1999, MÜLLER & THORUP-KRISTENSEN 2001, SPARKES et al. 2003, SCHMIDT 2004), sind somit Lösungskonzepte für die Problematik der limitierten Stickstoffverfügbarkeit im ökologischen Marktfruchtanbau dringend erforderlich (MÜLLER & THORUP-KRISTENSEN 2001, SPARKES et al. 2003, SCHMIDT 2004).

Im konventionellen Anbau wurden in den 1990er Jahren verschiedene Forschungsprojekte zum so genannten „Bi-cropping", der (wiederholten) Direktsaat von Getreide in bereits etablierte Weißkleebestände, durchgeführt (JONES 1992, JONES & CLEMENTS 1993, CLEMENTS & DONALDSON 1997, BURKE et al. 1998, THORSTED et al. 2002, BERGKVIST 2003). Ein Hauptziel der Experimente war die Entwicklung eines Anbauverfahrens, welches einen verringerten Einsatz von Agrochemikalien, insbesondere von mineralischen Stickstoffdüngemitteln, erlaubt. Der Weißklee wurde als Partner für das Getreide gewählt, da er als Leguminose dazu befähigt ist, Stickstoff aus der Luft zu binden. Im Vergleich zu anderen Leguminosenarten erschien er zudem für den „Bi-cropping"-Anbau als besonders geeignet, da er ein ausdauerndes und niedriges Wachstum aufweist (Winterhärte, geringe Konkurrenz). Versuche zum „Bi-cropping" von Weißklee mit Winterweizen ergaben viel versprechende Ergebnisse für die Produktion von Ganzpflanzensilage (CLEMENTS & DONALDSON 1997, CLEMENTS 1998). Die im „Bi-cropping"-Anbau erzielten Weizenkornerträge konnten aufgrund der Konkurrenz des Klees jedoch i. d. R. nicht befriedigen (JONES & CLEMENTS 1993, CLEMENTS & DONALDSON 1997, BURKE et al. 1998, BERGKVIST 2003).

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

Im ökologischen Landbau könnte das „Bi-cropping"-Verfahren insbesondere für spezialisierte Marktfruchtbetriebe interessant sein. Bei viehloser ökologischer Bewirtschaftung besteht das Problem, dass Leguminosen zur Stickstoffmehrung in die Fruchtfolge integriert werden müssen, die Pflanzen jedoch nicht wie auf Gemischtbetrieben im eigenen Betrieb verfüttert werden können. Aus Fruchtfolgegründen ist es i.d.R. nicht möglich, ausschließlich verkaufsfähige Leguminosen anzubauen und auf den Anbau von Kleegras, welches nicht bzw. nur schwer zu vermarkten ist, vollständig zu verzichten. Viehlos wirtschaftende Ökobetriebe sind entsprechend bestrebt, den Kleegrasanteil in der Fruchtfolge so gering wie möglich zu halten (CUTTLE et al. 2003, SPARKES et al. 2003, SCHMIDT 2004). Der „Bi-cropping"-Anbau könnte hier eine Alternative darstellen, da eine Verkaufsfrucht (Getreide) und eine Leguminose (Klee) gleichzeitig (überjährig) auf einer Fläche wachsen. Durch die pfluglose Bodenbearbeitung sowie die ganzjährige Bodenbedeckung lässt das Verfahren im Vergleich zum herkömmlichen ökologischen Wintergetreideanbau weitere Vorteile erwarten (vgl. DONALDSON et al. 1995, CLEMENTS et al. 1999, FEIL & LIEDGENS 2001, SCHMIDT et al. 2001):

- Steigerung der Bodenfruchtbarkeit,
- Förderung des Bodenlebens,
- Schutz vor Bodenerosion,
- Reduktion von Nährstoffauswaschungen,
- Einsparung von Energie und Maschinenkosten.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen zur Optimierung des „Bi-cropping"-Verfahrens im ökologischen Landbau lagen zu Beginn des Projektes „Hof Ritzerau" nicht vor. Die Resultate aus dem konventionellen Anbau ließen jedoch vermuten, dass der Erfolg des Verfahrens auch bei ökologischer Bewirtschaftung entscheidend von der Steuerung der Konkurrenz zwischen dem Getreide und dem Klee abhängt (JONES & CLEMENTS 1993, BURKE et al. 1998, BERGKVIST 2003). In dem Teilprojekt Pflanzenbau des Projektes „Hof Ritzerau" wurde deshalb in den Jahren 2001 bis 2004 in verschiedenen Experimenten getestet, ob und wie sich die Konkurrenzsituation im ökologischen „Bi-cropping"-Anbau so steuern lässt, dass möglichst hohe Getreideerträge und Kornqualitäten erzielt werden, gleichzeitig jedoch ein vollwertiger Kleebestand als Vorfrucht für Folgekulturen erhalten bleibt. In Versuchen mit verschiedenen Nachfrüchten (Winterroggen, Hafer) wurde geprüft, wie das „Bi-cropping"-Verfahren optimal in die Fruchtfolge eingeordnet werden kann. Ziel der Versuchsserie zum „Bi-cropping" war die Entwicklung eines Verfahrens für den praktischen ökologischen Landbau, welches sowohl ökonomische als auch ökologische Belange berücksichtigt.

Methoden

Auf dem Hof Ritzerau wurden Demonstrationsflächen zum „Bi-cropping"-Anbau angelegt. Die Feldexperimente zur Systemoptimierung erfolgten aufgrund der erforderlichen umfangreichen Versuchstechnik auf dem etwa 100 km nördlich gelegenen Lindhof, dem Versuchsbetrieb für ökologischen Landbau der Universität Kiel. Die Standortverhältnisse des Lindhofes sind durch Braun- und Parabraunerden mit lehmigen Sanden bzw. sandigen Lehmen im Oberboden (ZIOGAS 1995), eine mittlere jährliche Niederschlagssumme von 774 mm sowie eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,7 °C gekennzeichnet (Mittel der Jahre 1980-2003, Wetterstation Kiel Holtenau).

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

In den Jahren 2001 bis 2004 wurden zwei zweijährige Versuchsserien durchgeführt. Als Versuchsanlagen dienten kombinierte Spalt-Blockanlagen in vierfacher Wiederholung. In der ersten Versuchsserie wurde getestet, ob und wie sich die Konkurrenz zwischen dem Getreide und dem Klee im „Bi-cropping"-Anbau so beeinflussen lässt, dass möglichst hohe Getreideerträge bzw. -qualitäten erzielt werden, jedoch gleichzeitig ein vollwertiger Weißkleebestand für die Folgekultur erhalten bleibt. In den Erntejahren 2002 und 2003 wurden die folgenden Anbaufaktoren geprüft:

- Getreideansaattechnik (Saatzeit Anfang Oktober): drei Techniken, die sich in der Intensität der Zurückdrängung des Klees während der Getreideansaat unterschieden: a) Reihenfrässaat in Weißklee, „Bi-cropping 1", Klee nur in Getreidedrillreihen zurückgedrängt (Abb. 1), b) Normalsaat nach Fräsen des Klees, „Bi-cropping 2", Klee ganzflächig bis an seine Überlebensgrenze zurückgedrängt (Abb. 1), c) Pflugsaat, Klee vollständig untergepflügt (Kontrolle);
- Getreidereihenweite: zwei Saatreihenabstände: a) 12 cm, b) 36 cm, „weite Reihe";
- Weißkleesorte (Blanksaat im Mai): drei unterschiedliche Wuchstypen: a) kleinblättrig, Sorte Rivendel, b) mittelgroßblättrig, Sorte Milkanova, c) großblättrig, Sorte Landy.

Um zu testen, inwieweit das „Bi-cropping"-Verfahren in einem zweiten Getreidejahr fortgeführt werden kann, wurden auf den Flächen der ersten Versuchserie in den Erntejahren 2003 und 2004 verschiedene Folgefruchtversuche durchgeführt. In den Experimenten wurden die folgenden Faktoren und Faktorstufen getestet:

- Vorfrucht: a) Winterweizen/Weißklee-„Bi-cropping", b) Pflugsaat Winterweizen;
- Art der Nachfrucht: a) Winterroggen, b) Sommerhafer;
- Ansaattechnik der Nachfrucht (Definitionen siehe Serie 1): a) „Bi-cropping 1", b) „Bi-cropping 2", c) Pflugsaat;
- Getreidereihenweite der Nachfrucht: a) 12 cm, b) 36 cm.

Abb. 1: Winterweizenansaat per Reihenfrässaat in Weißklee („Bi-cropping 1", Abb. links) und per Normalsaat nach ganzflächigem Fräsen des Weißklees („Bi-cropping 2", Abb. rechts).

Die Faktoren der beiden Versuchsserien wurden aufgrund der begrenzten Arbeitskapazitäten jeweils nicht in vollständigen Versuchsanlagen, sondern je nach Parameter

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

in ein- bis dreifaktoriellen Teil-Experimenten geprüft. In den Versuchen wurden zahlreiche Untersuchungsparameter erhoben, von denen an dieser Stelle nur eine Auswahl dargestellt wird. In beiden Serien wurden zum Zeitpunkt der Getreideernte die Getreideerträge und Kornqualitäten sowie die Ertragsstruktur ermittelt. Um zu bestimmen, welche N-Mengen die verschiedenen Anbausysteme für Folgekulturen hinterlassen, wurden in ausgewählten Varianten der ersten Versuchsserie zusätzlich die Ernterückstände beprobt (oberirdische Biomasse sowie Wurzeln in 0-30 cm Bodentiefe). In beiden Versuchsserien wurde für ausgewählte Varianten die Nitratauswaschung über Winter ermittelt. Die Bestimmung erfolgte aus dem Produkt der Sickerwassermenge und der Nitrat-Konzentration im Sickerwasser. Die Sickerwassermengen wurden mit einem Wasserhaushaltsmodell berechnet, in dem neben der klimatischen Wasserbilanz u. a. spezifische Koeffizienten für die unterschiedliche Bestandesevapotranspiration berücksichtigt wurden (WENDLING et al. 1984, WENDLING et al. 1991, DVWK 1996). Die Nitratkonzentrationen wurden an Sickerwasserproben bestimmt, die während der Wintermonate (November-März) im wöchentlichen Abstand mit Saugkerzen gewonnen wurden (Einbautiefe 75 cm).

Ausgewählte Anbausysteme beider Versuchsserien wurden gemeinsam bewertet, indem der zweijährige Gesamtertrag an Getreideeinheiten, die Energieeffizienz sowie der Gesamtdeckungsbeitrag errechnet wurden.

Der zweijährige Gesamtertrag wurde in Getreideeinheiten (GE) ermittelt, da durch dieses Maß die (ernährungswirtschaftliche) Leistung verschiedener Kulturarten miteinander verglichen werden kann (eine GE entspricht 100 kg Getreide; GE_{Gerste} = 1,00; GE_{Hafer} = 0,85; GE_{Roggen}= 1,01; GE_{Weizen} = 1,07). Die Energieeffizienz wurde für die einzelnen Anbauverfahren als Quotient des Gesamtertrages und des Energieaufwandes ermittelt. Bei der Berechnung des Energieinputs wurden der direkte Energieeinsatz (Dieselverbrauch je Arbeitsgang) sowie der indirekte Energieeinsatz (Saatgutaufwand) berücksichtigt (jeweils Umrechnung in Giga Joule, Berechnungen nach verschiedenen Quellen, siehe KELM 2004). Der Deckungsbeitrag wurde aus der Differenz zwischen den proportionalen marktfähigen Leistungen und den proportionalen marktfähigen Spezialkosten berechnet (STEINHAUSER et al. 1992; Preise und Prämien Stand 2004, proportionale Spezialkosten nach KTBL 2002).

Die statistischen Auswertungen erfolgten durch Varianzanalysen (Signifikanzbezeichnungen: n.s.: $p > 5{,}0$ %; *: $5{,}0\ \% \geq p > 1{,}0$ %; **: $1{,}0\ \% \geq p > 0{,}1$ %; ***: $p \leq 0{,}1$ %). Eine ausführliche Beschreibung der verwendeten statistischen Modelle sowie detaillierte Angaben zu den Versuchsdurchführungen und Beprobungsmethoden finden sich in NEUMANN (2005 a).

Ergebnisse und Diskussion

Erstes „Bi-cropping"-Jahr

Die Getreideansaattechnik erwies sich unter den geprüften Anbaufaktoren als die bedeutsamste Steuergröße, um den „Bi-cropping"-Anbau zu optimieren. Die höchsten „Bi-cropping"-Kornerträge wurden erzielt, wenn der Weißklee unmittelbar vor der Direktsaat des Getreides flach auf der Gesamtfläche gefräst wurde (Ansaattechnik „Bi-cropping 2"; Tab. 1). Der Klee wurde durch dieses Verfahren erwartungsgemäß stärker zurückgedrängt als durch die Reihenfrässaat (System „Bi-cropping 1", siehe Abb. 1). Zur Druschernte erzielte die „Bi-cropping"-Frässaat zwar genauso hohe Kornrohproteinge-

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

halte wie die Pflugsaat, die Kornerträge des „Bi-cropping"-Weizens blieben jedoch aufgrund der geringeren Bestandesdichten und verminderten Kornzahlen je Ähre hinter denen der Kontrolle zurück. In Studien, die parallel zu den eigenen Untersuchungen in Dänemark und der Schweiz durchgeführt wurden, war ökologisch bestellter „Bi-cropping"-Winterweizen im Vergleich zu der jeweiligen Kontrollvariante ohne Klee ebenfalls durch einen geringeren Kornertrag gekennzeichnet (THORSTED et al. 2006, HILTBRUNNER et al. 2007a). Als Ursachen für die Mindererträge der „Bi-cropping"-Verfahren gegenüber der Pflugsaat kommen eine geringere Freisetzung von Boden-N sowie Konkurrenzeffekte des Klees (Licht, Wasser) in Frage (siehe NEUMANN 2005a, THORSTED et al. 2006, HILTBRUNNER et al. 2007a). Nicht anteilig zu quantifizieren, jedoch ebenfalls von Bedeutung, dürfte die unterschiedliche Qualität der Saatbettbereitung gewesen sein, die bei den „Bi-cropping"-Varianten deutlich schlechter war als bei der Pflugsaat (ungleichmäßigere Kornablage).

Der Getreideanbau in „weiter Reihe" war unabhängig von der Ansaattechnik durch höhere Kornrohproteingehalte, jedoch geringere Kornerträge gekennzeichnet (Tab. 1). Entsprechende Effekte sind für den Standort Lindhof aus langjährigen Versuchen zum ökologischen Winterweizenanbau per Pflugsaat bekannt, wobei die Getreideansaat in „weiter Reihe" hier nur in Einzeljahren zu einer Steigerung des Kornrohproteingehaltes führte (NEUMANN et al. 2007). Die in den „Bi-cropping"-Versuchen geprüften Kleesorten variierten weniger in ihrem Wachstum als es aufgrund der Sortenbeschreibungen zu erwarten war (ANONYMUS 2001) und hatten entsprechend keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die erhobenen Getreideparameter (CLEMENTS 1998, THORSTED et al. 2002). Die Ergebnisse des entsprechenden Experimentes werden deshalb nicht dargestellt.

Tabelle 1: Einfluss der Getreideansaattechnik und des Getreidereihenabstandes auf den Kornertrag (dt/ha), Kornrohproteingehalt (%) und die Ertragsstruktur von Winterweizen (Mittel von zwei Versuchsjahren und vier Wiederholungen; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Ansaattechniken; SE: Standardfehler, Sign. Signifikanzniveau).

Faktor	Faktorstufe	Ertrag (dt/ha)	Kornrohprotein (%)	Ähren/ m²	Tkm (g)	Körner / Ähre	Korn-N-Ertrag (kg/ha)	Ernteindex (%)
Ansaat technik	"Bi-cropping 1"	c 15,2	a 13,8	b 268,5	a 45,6	c 12,8	c 35,6	b 0,25
	"Bi-cropping 2"	b 25,2	b 12,1	ab 319,3	a 44,5	b 18,7	b 52,9	ab 0,34
	Pflugsaat	a 38,0	b 12,2	a 358,6	b 42,9	a 25,9	a 80,7	a 0,36
	SE/Sign.	***1,0	***0,2	*19,7	***0,4	***1,5	***2,4	*0,03
Reihenabstand	12 cm	27,8	12,2	360,3	44,5	18,0	58,1	0,31
	36 cm[1]	24,4	13,1	270,6	44,2	20,3	54,7	0,33
	SE/Sign.	**0,8	***0,1	***16,1	n.s.0,3	n.s.1,3	n.s.1,9	n.s.0,02

[1] Weißklee in „Bi-cropping"-Parzellen zweimalig im Mai in weiten Getreidereihenzwischenräumen gemulcht

Die Nitratverluste mit dem Sickerwasser ließen sich durch den „Bi-cropping"-Anbau im Vergleich zur Pflugsaat deutlich reduzieren (Tab. 2). Nach HOLLAND (2004) lassen

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

sich keine einheitlichen Aussagen zum Einfluss reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren auf die Nitratauswaschung machen, da im Vergleich zur Pflugsaat sowohl positive als auch negative Effekte gefunden wurden, was auf die lokal unterschiedlichen hydrologischen und bodenkundlichen Verhältnisse zurückgeführt wird (z. B. Ausprägung von Makroporen).

Tabelle 2: Einfluss der Sickerwasserperiode und der Ansaattechnik auf die NO_3-N-Fracht mit dem Sickerwasser (kg/ha) (Vorfrucht: „Weißkleereinsaat", Blanksaat im Mai; die Ansaattechnik „Bi-cropping 2" wurde in dem Experiment nicht geprüft; Mittel von vier Wiederholungen, weitere Erklärungen siehe Tab. 1).

Faktor	Faktorstufe	NO_3-N-Fracht (kg/ha)
Sickerwasser-periode	2001/02	50,1
	2002/03	18,6
	SE/Sign.	***2,7
Ansaat-technik	"Bi-cropping 1"	25,4
	Pflugsaat	43,4
	SE/Sign.	***2,7

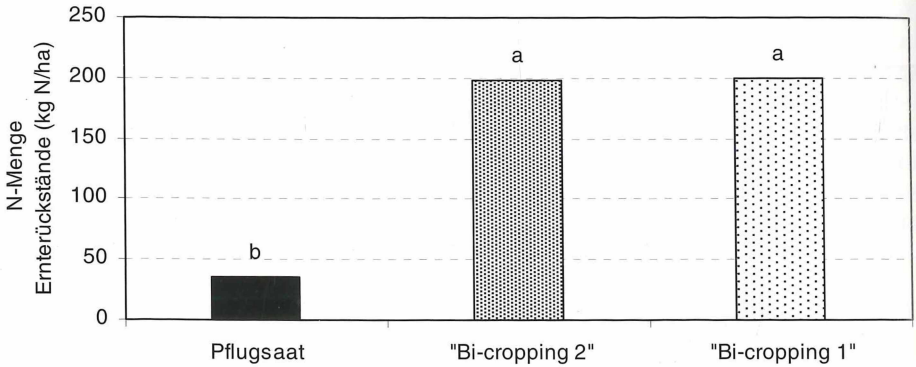

Abb. 2: Stickstoffakkumulation (kg N/ha) in den Spross- und Wurzelrückständen der zwei geprüften „Bi-cropping"-Verfahren im Vergleich zu dem geprüften Weizenreinbestand (Pflugsaat) (Beprobung unmittelbar nach der Getreideernte; Mittel der Erntejahre 2002 und 2003, statistisch signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet).

Der Weißklee bildete auch nach der Frässaat des Getreides im Laufe der folgenden Vegetationsperiode wieder einen geschlossenen Bestand, so dass sich die Ernterückstands-N-Mengen der unterschiedlichen „Bi-cropping"-Systeme nach der Ernte des Weizens nicht signifikant unterschieden (Abb. 2). Das „Bi-cropping"-Verfahren zeichnete sich durch eine hohe Stickstoffakkumulation in den Ernteresten aus. Im Mittel der zwei Versuchsjahre wurden Rest-N-Mengen ermittelt, die mit rund 200 kg N/ha in einer Größenordnung liegen, welche auch für ökologische Kleegrasbestände ermittelt wurde (Heß 1989, Piorr 1992, Lopotz 1996, Loges 1998, Loges et al. 1999, Kaske 2000, Dreymann 2005). Da der Weißklee im „Bi-cropping"-Anbau bereits im Ansaatjahr des Win-

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

tergetreides etabliert wird (z. B. als Untersaat in der Vorfrucht), steht im „Bi-cropping"-Verfahren ein ähnlich langer Zeitraum für die Stickstofffixierung zur Verfügung wie im überjährigen Kleegrasanbau.

Tabelle 3: Einfluss von Vorfrucht, Nachfrucht und Versuchsjahr auf den Kornertrag (dt/ha), den Korn-N-Ertrag (kg/ha) sowie die Ertragsstruktur von Winterroggen und Sommerhafer (Mittel von vier Wiederholungen; Getreideansaat per Pflugsaat im Herbst (Roggen) bzw. Frühjahr (Hafer), weitere Erklärungen siehe Tab. 1).

Faktor	Faktorstufe	Kornertrag (dt/ha)	Korn-N-Ertrag (kg/ha)	Ähren/ m^2	Tkm (g)	Körner/ Ähre, Rispe	Ernte-index (%)
Vorfrucht[1]	Pflugsaat	39,2	69,4	378,9	42,3	25,1	0,37
	"Bi-cropping"	55,8	89,2	401,0	42,0	34,0	0,43
	SE/Sign.	***1,1	***2,4	n.s.16,2	n.s.0,3	***1,3	*0,01
Nachfrucht	Winterroggen	35,7	68,1	373,4	40,0	24,5	0,29
	Hafer	59,3	90,4	406,5	44,4	34,6	0,50
	SE/Sign.	***1,1	***1,8	n.s.16,2	***0,2	***1,3	***0,01
Versuchsjahr	2003	46,4	73,8	363,3	41,9	31,7	0,41
	2004	48,5	84,7	416,7	42,5	27,4	0,38
	SE/Sign.	n.s.1,1	2,4 **	16,2 *	n.s.0,3	*1,3	n.s.0,01

[1] Pflugsaat: Winterweizen, "Bi-cropping": Winterweizen/Weißklee

Zweites „Bi-cropping"-Jahr

In den Folgeversuchen wies die wiederholte „Bi-cropping"-Ansaat bei beiden Nachfrüchten niedrigere Kornerträge als die Pflugsaat auf. Das Sommergetreide (Hafer) erwies sich in Übereinstimmung mit Ergebnissen aus dem konventionellen Anbau (WILLIAMS & HAYNES 1991, JONES & CLEMENTS 1993) als generell ungeeignet für die „Bi-cropping"-Ansaat, da es in einem der beiden Versuchsjahre nach der Ansaat im Frühjahr vom Weißklee überwachsen wurde. Die höchsten Ertragsleistungen wurden durch die Normalsaat (Reihenweite 12 cm, Pflugsaat) von Hafer nach der Vorfrucht „Bi-cropping" erzielt (Tab. 3, Abb. 3). Die für dieses Anbauverfahren ermittelten (Parzellendrusch-) Erträge betrugen rund 70 dt/ha. Ein ähnlich hoher Kornertrag ist für ökologisch angebautes Getreide am Versuchsstandort Lindhof bisher lediglich für Hafer ermittelt worden, der nach überjährigem Rotkleegras angebaut wurde (RUHE et al. 2003). Der hohe Vorfruchtwert von Leguminosen im Vergleich zu Nicht-Leguminosen ist aus zahlreichen Versuchen bekannt und wird im Wesentlichen auf die deutlich höheren N-Mengen in den Ernterückständen von Leguminosen zurückgeführt (BADARUDDIN & MEYER 1994, STOPES et al. 1996, LOGES 1998, CUTTLE et al. 2003, JENSEN et al. 2004, vgl. Abb. 2).

Die Nitrat-Auswaschungen der „Bi-cropping"-Ansaaten lagen wie in der ersten Versuchsserie signifikant unter den Werten der Pflugsaat und unterschieden sich nicht von den N-Verlusten, die für die Parzellen bestimmt wurden, auf denen keine Bodenbearbeitung durchgeführt wurde (Tab. 4).

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

Tabelle 4: Einfluss der Sickerwasserperiode und der Ansaattechnik auf die NO_3-N-Fracht mit dem Sickerwasser (kg/ha) (Vorfrucht: „Bi-cropping" Winterweizen/Weißklee; signifikante Unterschiede der Ansaattechniken sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Mittel von vier Wiederholungen, weitere Erklärungen siehe Tab. 1).

Faktor	Faktorstufe	NO_3-N-Fracht (kg/ha)
Sickerwasser-periode	2002/03	18,0
	2003/04	35,9
	SE/Sign.	***2,4
Ansaattechnik	Keine Bodenbearbeitung	b 17,0
	"Bi-cropping 1"	b 21,7
	"Bi-cropping 2"	b 26,5
	Pflugsaat	a 42,6
	SE/Sign.	***2,9

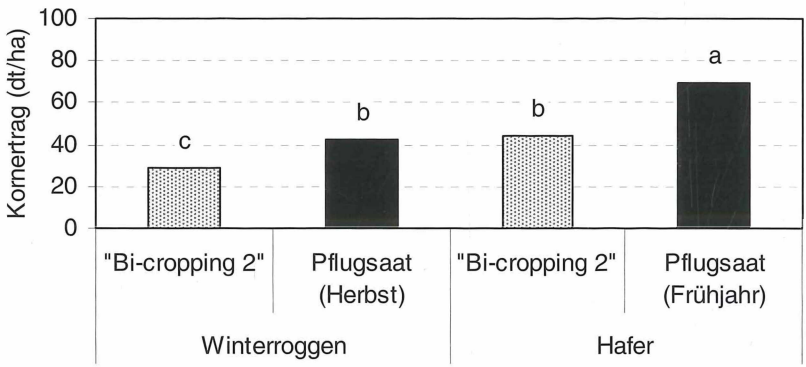

Abb. 3: Kornertrag (dt/ha) der „Bi-cropping"-Nachfrüchte Winterroggen und Sommerhafer in Abhängigkeit von der Ansaattechnik der Nachfrüchte (Mittel der Erntejahre 2003 und 2004; statistisch signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; die Ansaattechnik „Bi-cropping 1" wurde ebenfalls geprüft, jedoch nicht ausgewertet, da die Folgefrucht Hafer bei dieser Versuchsvariante in einem der Erntejahre vom Weißklee überwachsen wurde).

Gesamtbewertung

Die Gesamterträge an Getreideeinheiten waren am höchsten, wenn dem „Bi-cropping"-Anbau (Direktsaat Winterweizen nach flächigem Fräsen des Weißklees, „Bi-cropping 2") oder der Pflugsaat von Winterweizen die Pflugsaat von Hafer folgte (Tab. 5). Die höchste Energieeffizienz wurde erreicht, wenn dem System „Bi-cropping 2" der Anbau von Hafer per Pflugsaat oder „Bi-cropping" folgte. Im Hinblick auf beide Parameter (Produktivität, Energieeffizienz) stellte somit der „Bi-cropping 2"-Anbau von Winterweizen und Weißklee mit folgender Pflugsaat von Hafer (Frühjahrsumbruch) das vorteilhafteste der geprüften zweijährigen Anbausysteme dar. Durch diese Abfolge ließen sich auch die geringsten N-Auswaschungen über Winter erzielen (Tab. 2 und 4). Der Gesamtdeckungsbeitrag, der beispielhaft für die Fruchtfolgesysteme mit der Folgefrucht Hafer

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

errechnet wurde, war ebenfalls am größten, wenn nach einjährigem „Bi-cropping 2" im zweiten Jahr die Bestellung von Hafer per Pflugsaat folgte (Tab. 6).

Das „Bi-cropping"-System, welches in den Versuchen die besten Gesamtergebnisse erzielte, erfordert nach der pfluglosen Getreideansaat bis zur Getreideernte keine weiteren Bewirtschaftungsmaßnahmen. Das Verfahren dürfte somit ähnlich zur „Bodenruhe" und „Bodenfruchtbarkeit" beitragen wie eine überjährige Gründüngung mit Kleegras. Der Verzicht auf den Pflug wies des Weiteren Vorteile für das Bodenleben auf. So war die Individuendichte von Regenwürmern in den „Bi-cropping"-Beständen auf dem Lindhof im Frühjahr und Sommer nach der ersten Winterweizenansaat signifikant höher als in Parzellen, die per Pflugsaat mit Winterweizen bestellt wurden. Für die Biomasse an Regenwümern zeigte sich eine ähnliche Abstufung, der Effekt ließ sich in den einjährigen Untersuchungen jedoch nicht statistisch absichern (NEUMANN et al. 2002). Das im Rahmen des Projektes „Hof Ritzerau" entwickelte „Bi-cropping"-System dürfte im Vergleich zu Alternativkulturen generell als besonders „wildtierfreundlich" einzustufen sein. Sowohl die ökologische Kleegrasbewirtschaftung als auch der herkömmliche ökologische Winterweizenanbau sind während der Vegetationszeit i. d. R. mit Bewirtschaftungsmaßnahmen verbunden (Mahd, Schwaden bzw. mechanische Beikrautregulation), die Verletzungen oder auch Tötungen von wild lebenden Tieren erwarten lassen, sofern sich Individuen während der Bearbeitungen auf der Fläche aufhalten (NEUMANN 2005b, NEUMANN et al. 2007). Das „Bi-cropping"-Verfahren weist hingegen bis zur Ernte des Getreides ungestörte Lebensraumbedingungen auf. Da der Weißklee im „Bi-cropping"-Verfahren zur Blüte kommt, entsteht unter dem Getreide ein zusätzliches Nahrungsangebot für Blüten besuchende Insekten.

Tabelle 5: Energieaufwand (GJ/ha), Ertrag an Getreideeinheiten (GE/ha) und Energieeffizienz (GE/GJ) ausgewählter zweijähriger Getreideanbausysteme (statistisch signifikannte Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet, der Energieaufwand wurde nicht statistisch verrechnet, da für die Wiederholungen innerhalb einer Versuchsvariante dieselben Werte festgesetzt wurden; weitere Erklärungen siehe Tab. 1).

System	Anbau 1. Jahr	Anbau 2. Jahr	Energieaufwand (GJ/ha)	Gesamtertrag (GE/ha)	Energieeffizienz (GE/GJ)
	Winterweizen	Sommerhafer			
System (1)	Pflugsaat	Pflugsaat	5,16	a 83,5	bc 16,2
System (2)	"Bi-cropping 2"	Pflugsaat	4,37	a 88,5	a 20,3
System (3)	"Bi-cropping 2"	"Bi-cropping 2"	3,33	b 66,7	a 20,0
	Winterweizen	Winterroggen			
System (4)	Pflugsaat	Pflugsaat	5,42	b 71,2	d 13,2
System (5)	"Bi-cropping 2"	Pflugsaat	4,62	b 72,1	c 15,6
System (6)	"Bi-cropping 2"	"Bi-cropping 2"	3,33	c 58,7	b 17,7
	SE/Sign.			***2,0	***0,5

Während die Kleegrasbewirtschaftung und die Pflugsaat im ökologischen Anbau als Strategien zur Unkrautregulation gelten (SCHMIDT 1997, KÖPKE 2000), könnte im „Bi-cropping"-Verfahren die Gefahr bestehen, dass sich Beikräuter übermäßig ausbreiten

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

und zu Mindererträgen bzw. Behinderungen bei der Maschinenernte führen. In „Bi-cropping"-Versuchen, die unter den Bedingungen des konventionellen Anbaus durchgeführt wurden, traten insbesondere im zweiten Jahr der Getreidedirektsaat Probleme mit Gräsern auf (OLESEN & ASKEGAARD 2000, BERGKVIST 2003a, b). In den eigenen Experimenten war der Besatz mit Beikräutern (v. a. mit Ackerkratzdisteln, *Cirsium arvense* L.) ebenfalls in den Parzellen am größten, die in zwei aufeinanderfolgenden Jahren pfluglos bestellt worden waren. Von einer wiederholten „Bi-cropping"-Ansaat ist aus pflanzenbaulicher Sicht somit abzuraten, zumal durch den Umbruch zur Bestellung der ersten „Bi-cropping"-Folgefrucht bedeutend höhere Fruchtfolgeleistungen erzielt werden können (siehe Abb. 3). Im „Bi-cropping"-Ansaatjahr bildete der Weißklee nach der Getreidesaat rasch wieder eine geschlossene Pflanzendecke (siehe oben), so dass die Bestände nahezu frei von nicht angesäten Arten waren. In Untersuchungen von HILTBRUNNER et al. (2007b), die ebenfalls unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus durchgeführt wurden, wiesen verschiedene Leguminosen/Winterweizen-„Bi-cropping"-Varianten deutlich weniger Wildpflanzen auf als die zur Kontrolle angelegte Getreidereinsaat. THORSTED et al. (2006) konnten lediglich in einem von zwei Erntejahren einen vergleichbaren Effekt nachweisen, was aber vermutlich an der ungleichen Behandlung der Kontrollvarianten in den beiden Versuchsjahren lag. Stehen Naturschutzbelange im Vordergrund der Ackerbewirtschaftung, so bietet das „Bi-cropping"-Verfahren im Vergleich zur Pflugsaat günstige Voraussetzungen, um entsprechende Wildpflanzenansaatmischungen zu etablieren bzw. zu erhalten (GEWEKE et al. 2004).

Tabelle 6: Einfluss ausgewählter zweijähriger Getreideanbausysteme auf den Gesamtdeckungsbeitrag (EUR/ha) (Mittel von zwei Anbauperioden, statistisch signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet, weitere Erklärungen siehe Tab. 1).

System	Anbau 1. Jahr	Anbau 2. Jahr	Deckungsbeitrag (EUR/ha)
	Winterweizen	Hafer	
System (1)	Pflugsaat	Pflugsaat	B 2658,41
System (2)	„Bi-cropping 2"	Pflugsaat	A 2883,91
System (3)	„Bi-cropping 2"	„Bi-cropping 2"	C 2482,62
	SE/Sign.		*** 44,59

In Abb. 4 ist zusammenfassend dargestellt, wie das entwickelte „Bi-cropping"-Verfahren im praktischen Anbau durchgeführt werden kann, so dass sowohl ein optimales ökonomisches Ergebnis erzielt wird, gleichzeitig jedoch auch positive Umwelteffekte berücksichtigt werden (Minderung der Nitratauswaschung, positiver Beitrag zum Boden- und Artenschutz, verringerter Energieaufwand). Als Hauptfrucht können je nach Fruchtfolge auch andere Wintergetreidearten als der Weizen eingesetzt werden. Von einer „Bi-cropping"-Ansaat mit Sommergetreidearten ist unter norddeutschen Verhältnissen hingegen abzuraten, da die Gefahr besteht, dass der Klee das Getreide überwächst.

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

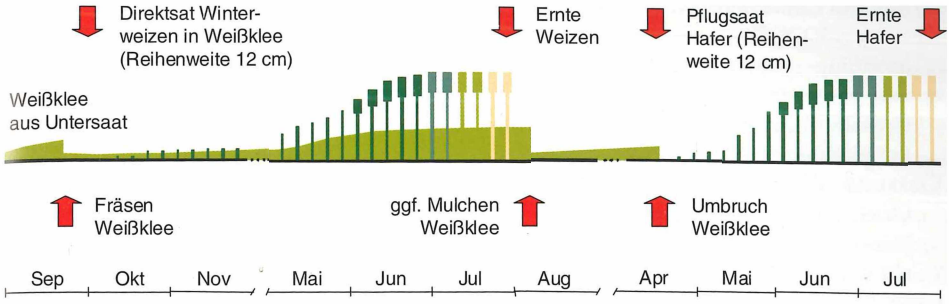

Abb. 4: „Bi-cropping" von Winterweizen und Weißklee im ökologischen Anbau – Abfolge von Anbaumaßnahmen und Einordnung in die Fruchtfolge (Schema für die Anbaubedingungen Norddeutschlands). Vor der Direktsaat des Winterweizens muss der Weißklee bis an seine Überlebensgrenze gefräst werden.

Schlussfolgerungen

Das im Rahmen des Projektes „Hof Ritzerau" entwickelte „Bi-cropping"-System stellt aufgrund des ermittelten hohen Vorfruchtwertes trotz der Mindererträge des „Bi-cropping"-Weizens ein ökonomisch interessantes Verfahren für den praktischen ökologischen Anbau dar. Das „Bi-cropping"-System könnte in viehlos wirtschaftenden Ökobetrieben an Stelle des verbreiteten überjährigen Anbaus von Kleegras eingesetzt werden. Während die Gründüngung mit Kleegras im spezialisierten Marktfruchtanbau in der Regel keinen Verkaufserlös erwirtschaftet, ist es mit dem „Bi-cropping"-Verfahren möglich, Wintergetreide anzubauen (im Projekt: Backweizen, Kornrohproteingehalt >12 %), während zeitgleich durch den Weißklee Stickstoffmengen gebunden werden, die mit den Leistungen des Kleegrasanbaus vergleichbar sind. Das Verfahren ist auch aus Umwelt- und Naturschutzsicht interessant, da der „Bi-cropping"-Anbau im Unterschied zu Alternativkulturen (Kleegras, Wintergetreide Pflugsaat) im Zeitraum zwischen der Ansaat und der Ernte der Hauptfrucht keine weiteren maschinellen Bearbeitungen erfordert.

Literatur

ANONYMUS (2001): Beschreibende Sortenliste 2001. Gräser, Klee, Luzerne. Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Hannover.

BADARUDDIN M. & MEYER D.W. (1994): Grain legume effects on soil nitrogen, grain yield and nitrogen nutrition of wheat. Crop science 34, 1304-1309.

BERGKVIST G. (2003): Effect of White Clover and nitrogen availability on the grain yield of Winter Wheat in a three-season intercropping system. Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 53, 97-109.

BURKE J.I., THOMAS T.M. & FINNAN J.M. (1998): Bi-cropping of winter wheat and white clover. Teagasc – Project report – 4316.

CLEMENTS R.O. (1998): Exploitation of a sustainable low-input and reduced-output system for arable crops. Final Report to the European Commission, Contract no. AIR 3 CT93-0893.

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

CLEMENTS R.O. & DONALDSON G. (1997): Clover and cereal: low input bi-cropping. Farming and Conservation 3, 12-14.

CLEMENTS R.O., PURVIS G. & SCHMIDT O. (1999): The impact of a novel clover: cereal bi-cropping system for growing silage on earthworms, predatory arthropods, aphids and slugs. In: MATTHIESSEN J.N. (ed.) Proceedings 7th Australasian Conference on Grassland Invertebrate Ecology, Wembley, Australia, September 1999. CSIRO Centre for Mediterranean Agricultural Research, Wembley, Australia, 177-183.

CORMACK W.F. (1999): Testing a stockless arable organic rotation on a fertile soil. In: OLESEN J.E., ELTUN R., GOODING M.J., STEEN JENSEN E. & KÖPKE U. (eds.) Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an International workshop. Danish Research Centre for Organic Farming, Foulum 115-123.

CUTTLE S., SHEPHERD M. & GOODLASS G. (2003): A review of leguminous fertility-building crops, with particular reference to nitrogen fixation and utilisation. Defra Project OF0316 'The development of improved guidance on the use of fertility-building'. Organic Soil Fertility, Internet: http://www.organicsoilfertility.co.uk/reports/review.html.

DONALDSON J.V.G., HUGHES J., DIXON S.D. & CLEMENTS R.O. (1995): Evaluation of energy usage for machinery operations in the development of cereal clover bicropping systems. Integrated crop protection: towards sustainability? Proceedings of a Symposium, Edinburgh, Scotland, 11-14 September 1995, 143-150.

DREYMANN S. (2005): N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung 41. PhD thesis, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK), Merkblaetter zur Wasserwirtschaft 238/1996. Kommissionsbetrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.

EU-VERORDNUNG 2091/92: Verordnung (EWG) Nr. 2002/91 des Rates vom 24.6.1991 über den Ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 198/1 vom 22.07.1991.

FEIL B., & LIEDGENS M. (2001): Pflanzenproduktion in lebenden Mulchen - eine Übersicht. Pflanzenbauwissenschaften 5, 15-23.

GEWEKE O., SCHÜTZ W. & ROWECK H. (2004): Re-establishment of arable weed vegetation by sowing (Ritzerau, northern Germany). Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 34, 381.

HILTBRUNNER J., STREIT B. & LIEDGENS M. (2007 a): Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? Field Crops Research 102, 163-171.

HILTBRUNNER J., LIEDGENS M., BLOCH L., STAMP P. & STREIT B. (2007 b): Legume cover crops as living mulches for winter wheat: Components of biomass and the control of weeds. Europ. J. Agronomy 26, 21–29.

HOLLAND J.M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems & Environment 103: 1–25.

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

JENSEN C.R., JOERNSGAARD B., ANDERSEN M.N., CHRISTIANSEN J.L., MOGENSENA V.O., FRIIS P. & PETERSEN C.T. (2004): The effect of lupins as compared with peas and oats on the yield of the subsequent winter barley crop. Europ. J. Agronomy 20, 405–418.

JONES L. (1992): Preliminary trials using a white clover (*Trifolium repens* L.) understorey to supply the nitrogen requirements of a cereal crop. Grass and Forage Science 47, 366-374.

JONES L. & CLEMENTS R.O. (1993): Development of a low input system for growing wheat (*Triticum vulgare*) in a permanent understorey of white clover (*Trifolium repens*). Annals of Applied Biology 123, 109-119.

KELM M. (2004): Strategies for sustainable agriculture with particular regard to productivity and fossil energy use in forage production and organic arable farming. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität Kiel 34. PhD thesis, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

KELM M., LOGES R. & TAUBE F. (2007): N-Auswaschung unter ökologisch und konventionell bewirtschafteten Praxisflächen in Norddeutschland – Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS. In: ZIKELI S., CLAUPEIN W., DABBERT S., KAUFMANN B., MÜLLER T., VALLE ZARATE A. (Hrsg.) Zwischen Tradition und Globalisierung. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Stuttgart-Hohenheim, 20.-23.3.2007, Verlag Dr. Köster, Berlin, 29-32.

KÖPKE U. (2000): Ökologischer Landbau. In: LÜTKE ENTRUP N. & OEHMICHEN J. (Hrsg.): Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2: Kulturpflanzen. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (2002): Ökologischer Landbau. Kalkulationsdaten zu Ackerfrüchten, Feldgemüse, Rindern, Schafen und Geflügel. KTBL, Darmstadt, 360 S.

LOGES R. (1998): Ertrag, Futterqualität, N^2-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleegrasbeständen. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel 9. PhD thesis, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

LOGES R. & HEUWINKEL H. (2004): Mulchen oder Schnittnutzung von Kleegras – Auswirkungen der Bewirtschaftung von Kleegrasbeständen auf den N-Haushalt von Fruchtfolgen. In: SCHMIDT H. (Hrsg.): Viehloser Öko-Landbau – Beiträge, Beispiele, Kommentare. Verlag Dr. Köster, Berlin, 21-25.

NEUMANN H., LOGES R. & TAUBE F. (2002): Bicropping im Ökologischen Landbau. Erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes zur Direktsaat von Winterweizen. Landwirtschaft ohne Pflug 6, 18-21.

NEUMANN H. (2005a): Optimierungsstrategien für den Getreideanbau im ökologischen Landbau: System "weite Reihe" und Direktsaat in ausdauernden Weißklee ("Bicropping"). Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität Kiel 43. PhD thesis, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

NEUMANN H. (2005b): Auswirkungen heutiger Flächennutzungen auf Amphibien und Reptilien - Landwirtschaft. In: KLINGE A. & WINKLER C. (eds.) Atlas der Amphibien und Reptilien Schleswig-Holsteins. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek, 196-203.

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

NEUMANN H., LOGES R & TAUBE F. (2007): Fördert der ökologische Landbau die Vielfalt und Häufigkeit von Brutvögeln auf Ackerflächen? Untersuchungsergebnisse aus der Hecken-Landschaft Schleswig-Holsteins. Berichte über Landwirtschaft 85, 272-299.

MÜLLER T. & THORUP-KRISTENSEN K. (2001): N-Fixation of selected green manure plants in an organic crop rotation. Biological Agriculture and Horticulture 18, 345-363.

RUHE I. (2000): Winterweizenanbau in stickstofflimitierten Produktionssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Ertragsbildung, der organischen Düngung und der mechanischen Beikrautregulierung. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel 13. Dissertationsschrift, Universität Kiel.

SCHMIDT H. (2004): Viehloser Öko-Ackerbau. Beiträge, Beispiele, Kommentare. Verlag Dr. Köster, Berlin, 212 S.

SCHMIDT O., CURRY J.P., HACKETT R.A., PURVIS G., & CLEMENTS R.O. (2001): Earthworm communities in conventional wheat monocropping and low-input wheat-clover intercropping system. Annals of Applied Biology 138, 377–388.

SPARKES D.L., WILSON P. & HUXHAM S.K. (2003): Organic conversion strategies for stockless farming. HGCA Project Report No. 307. Internet: http://www.hgca.com/ publications/documents/cropresearch/307_Complete_Final_report.pdf.

STEINHAUSER H., LANGBEHN C. & PETERS U. (1992): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre I. Allgemeiner Teil. 5. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

STOPES C., BULSON H., WOODWARD L. & PHILIPPS L. (1996): Legume grain crops and green manures in stockless organic rotations. In: YOUNIE D. (ed.): Legumes in sustainable farming systems. Occasional Symposium No. 30 British Grassland Society, 308-311.

TAYLOR B.R., WATSON C.A., STOCKDALE E.A., MC KINLAY R.G., YOUNIE D. & CRANSTOUN D.A. S. (2001): Current practices and future prospects for organic cereal production: survey and literature review. HGCA Research Review 45. Internet: http://www.hgca.com/publications/documents/cropresearch/RR45_complete_final_report.pdf.

THORSTED M.D., OLESEN J.E. & KOEFOED N. (2002): Effects of white clover cultivars on biomass and yield in oat/clover intercrops. Journal of Agricultural Science 138: 261-267.

THORSTED M.D., OLESEN J.E. & WEINER J. (2006): Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crops Research 95, 280-290.

WENDLING U., MÜLLER J. & SCHWEDE K. (1984): Ergebnisse von Verdunstungsmessungen über Gras mit einem off-line-Datenerfassungssystem (2. Mitteilung). Zeitschrift für Meteorologie 34, 190-202.

WENDLING U., SCHELLIN H.G. & THOMAE M. (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. Zeitschrift für Meteorologie 41, 468-475.

WILLIAMS E. D. & HAYES M. J. (1991): Growing spring cereals in a white clover (*Trifolium repens*) crop. Journal of Agricultural Science 117, 23-37.

ZIOGAS G. (1995): Geologie und Böden der Versuchsbetriebe Lindhof und Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Quartärgeologische und bodenkundliche Kartierung, Genese, Vergesellschaftung, Ökologie, Funktionen. Dissertation, Universität Kiel.

©Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft e.V. (FÖAG);download www.zobodat.at

Adressen der Autoren:

Dr. Helge Neumann
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Abt. Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts Universität
Olshausenstrasse 40
24098 Kiel
Germany
Email: hneumann@email.uni-kiel.de

Dr. Ralf Loges
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Abt. Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts Universität
Olshausenstrasse 40
24098 Kiel
Germany
Email: rloges@email.uni-kiel.de

Prof. Dr. Friedhelm Taube
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Abt. Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts Universität
Olshausenstrasse 40
24098 Kiel
Germany
Email: ftaube@email.uni-kiel.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Faunistisch-Ökologische Mitteilungen

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: Supp_35

Autor(en)/Author(s): Neumann Helge, Loges Ralf, Taube Friedhelm

Artikel/Article: 9 Produktion und Ökonomie 9.1 Optimierung des ökologischen Getreideanbaus 203-219