

# WISSEN, WO MAN STEHT

LANDWIRTSCHAFTLICHE PRODUKTIONSSYSTEME  
IN SCHLESWIG-HOLSTEIN:  
LEISTUNGEN UND ÖKOLOGISCHE EFFEKTE

ERGEBNISSE DES PROJEKTES

# „COMPASS“





*„Wichtigste Qualitätskriterien der Agrarforschung sind die Forschungsleistung, interdisziplinäre Zusammenarbeit sowie der Innovationstransfer in die Praxis.*

*Der Wissenstransfer in die Praxis gehört zum Selbstverständnis der Agrarforschung und klassischerweise zu ihrem gesellschaftlichen Auftrag. Er ist jedoch stets in Forschungsfragen zu integrieren, um sowohl forschungsrelevantes als auch praktisches Wissen zu erzeugen.“*

*Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG):  
Perspektiven der agrarwissenschaftlichen Forschung. Denkschrift, 2005.*

<b>Seite</b>		
4	<b>Vorwort</b>	
6	<b>Hintergründe und Ziele des COMPASS-Projektes</b>	<b>1</b>
14	<b>Teilprojekt A: Stickstoffmanagement</b>	<b>2</b>
18	<b>Ergebnisse</b>	
18	N-Bilanzsalden Ackerbaubetriebe	
24	N-Bilanzsalden Milchvieh-Futterbaubetriebe	
32	N-Auswaschung	
38	<b>Optimierungsstrategien</b>	
41	<b>Fazit</b>	
42	<b>Teilprojekt B: Pflanzenschutz</b>	<b>3</b>
45	<b>Versuchsdurchführung</b>	
45	<b>Ergebnisse</b>	
45	Anbauparameter	
47	Auftreten pilzlicher Krankheitserreger	
50	Beikräuter	
52	Erträge, Qualitäten und Pflanzenschutzmittelrückstände	
56	Ernährungsphysiologische Qualität	
57	Pflanzenschutzmittelrückstände im Sickerwasser	
58	<b>Zusammenfassung</b>	
62	<b>Teilprojekt C: Tierhaltung</b>	<b>4</b>
63	<b>Tiergesundheit auf Milchvieh-Futterbaubetrieben</b>	
67	<b>Vorkommen von Antibiotika in Gülle und Sickerwasser</b>	
67	<b>Fazit</b>	
68	<b>Projekt AVI-LAND: Artenschutz</b>	<b>5</b>
70	<b>Ergebnisse</b>	
70	Brutvögel	
71	Ackerswildpflanzen	
72	<b>Schlussfolgerungen und Empfehlungen</b>	
76	<b>Ausblick</b>	<b>6</b>
81	<b>Impressum</b>	

## Vorwort



Prof. Dr.  
Friedhelm Taube

Institut für Pflanzenbau  
und Pflanzenzüchtung  
– Grünland und Futterbau/  
Ökologischer Landbau –

Christian-Albrechts-Universität  
zu Kiel



Prof. Dr.  
Joseph-Alexander Verreet

Institut für Phytopathologie

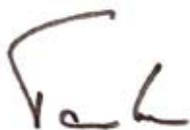
Christian-Albrechts-Universität  
zu Kiel

Die Landwirtschaft in Schleswig-Holstein steht vor großen Herausforderungen bezüglich der Anforderungen im Rahmen der EU-Agrarumweltpolitik. Mit der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der EU-Nitratrichtlinie sind Vorgaben formuliert, die auf nationaler Ebene bzw. auf Ebene der Bundesländer in Maßnahmen umgesetzt werden müssen. Auf Bundesebene ist die neue Düngeverordnung das Ergebnis der Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie, und auf der Ebene des Bundeslandes Schleswig-Holstein werden zur Zeit Maßnahmen formuliert, die die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie gewährleisten. Alles in allem bedeutet dies, dass sich die pflanzliche Produktion in Schleswig-Holstein in den nächsten Jahren verstärkt an die Anforderungen des Gewässerschutzes anpassen muss. Welche Auswirkungen die derzeitigen Intensitäten der pflanzlichen Produktion sowohl im Ackerbau als auch im Futterbau auf Nährstoffbilanzen und Gewässerbelastung auf den landwirtschaftlichen Betrieben im Lande haben, ist zur Zeit kaum bekannt. Es fehlen bisher so genannte On-Farm-Research-Ansätze, die in Form eines Monitorings die Ist-Situation auf den landwirtschaftlichen Betrieben bezüglich der Intensität, der Produktion und der Effizienz des Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes analysieren. Darüber hinaus wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass der ökologische Landbau bezüglich des Schutzes der Ressource Wasser günstigere Ergebnisse liefert als konventionelle Anbausysteme. Vorliegende Arbeiten auf den Versuchsgütern der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zeigen jedoch, dass man dies offensichtlich in Abhängigkeit vom Standort (Geest/Hügelland) und von der Betriebsspezialisierung (Marktfruchtbetriebe, Milchvieh-Futterbaubetriebe) differenzieren muss.

Ziel des Projektes COMPASS (comparative assessment of land use systems) war es somit, zum einen die Nährstoffflüsse und die Nährstoffverwertungseffizienz in der pflanzlichen Produktion Schleswig-Holsteins unter Berücksichtigung phytopathologischer Aspekte repräsentativ zu überprüfen und zum anderen eine Schwachstellenanalyse in den jeweiligen Regionen und Betriebszweigen durchzuführen, um daraus Optimierungspotentiale abzuleiten, die eine nachhaltige ökonomisch leistungsfähige Produktion in Schleswig-Holstein sichern und die Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinien erfüllen. Die Daten des COMPASS-Projektes dienen damit sowohl der landwirtschaftlichen Beratung und landwirtschaftlichen Praxis zur Optimierung der Produktionssysteme in wirtschaftlicher Hinsicht als auch der Politik im Lande, um z.B. aus Mitteln der zweiten Säule der europäischen Agrarpolitik Maßnahmen zu formulieren, die in Abhängigkeit von regionalen Verhältnissen im Lande einem weitergehenden Schutz der Ressource Wasser dienen.

Wir danken dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein und der Landwirtschaftlichen Rentenbank Frankfurt für die finanzielle Förderung des Projektes, den beteiligten Betriebsleitern für eine immer kooperative Zusammenarbeit und die Bereitstellung umfangreicher Betriebsdaten, und schließlich den Projektbearbeitern Dr. Michael Kelm und M.Sc. Hinrich Hüwing für die mit großem Engagement durchgeführten Arbeiten. Mögen die Ergebnisse des COMPASS-Projektes und der ebenfalls dokumentierten assoziierten Projekte zu einer Weiterentwicklung nachhaltiger leistungsfähiger Pflanzenproduktionssysteme im Lande beitragen.

Kiel, im Mai 2007



Prof. Dr. Friedhelm Taube



Prof. Dr. Joseph-Alexander Verreet

## 1

## Hintergründe und Ziele des COMPASS-Projektes

### *Monitoring auf Praxisbetrieben: Entscheidungsgrundlagen für Praxis und Politik*

#### **Leistungen der Landwirtschaft im Wandel**

Die Landwirtschaft wird zunehmend unter dem Gesichtspunkt der Multifunktionalität betrachtet. Wurde die Leistungsfähigkeit eines landwirtschaftlichen Produktionssystems bis in die 1990er Jahre hinein nahezu ausschließlich an den erzielten Naturalerträgen gemessen, so definieren sich die Leistungen der Landwirtschaft heute durch eine Reihe weiterer Kriterien:

- Qualität der Produkte (insbesondere Freiheit von unerwünschten Substanzen)
- Qualität des Managements (z.B. Hygiene und Tiergerechtigkeit in der Tierproduktion, verantwortungsvoller Umgang mit Wirtschaftsdüngern und Pflanzenschutzmitteln, etc.)
- Leistungen für das Landschaftsbild und die Landschaftspflege
- Schutz bzw. Vermeidung unnötiger Beeinträchtigungen für wild lebende Tier- und Pflanzenarten
- Schutz natürlicher Ressourcen (Luft, Atmosphäre, Boden, Grund- und Oberflächenwasser).

Den Naturalerträgen kommt selbstverständlich weiterhin eine zentrale Bedeutung zu, wobei diese in den Zusammenhang mit den genannten Kriterien gestellt werden müssen. Es geht also auch um die Effizienz, mit der die eingesetzten begrenzten Ressourcen (Ackerfläche, fossile Energie, Nährstoffe, etc.) in Erträge umgewandelt werden: stehen Aufwand und Ertrag in einem angemessenen Verhältnis?

Auch wenn die Landwirtschaft, andere Wirtschaftssektoren,

und die Gesamtgesellschaft unterschiedliche Ansprüche und Interessen an der Art und Weise der landwirtschaftlichen Produktion haben, so besteht doch der Grundkonsens einer ökonomisch wie ökologisch nachhaltigen Nutzung und Erhaltung natürlicher Ressourcen. Entsprechend haben sich auch die Transferzahlungen an die Landwirtschaft einem Wandel unterzogen. Die Preisstützung wurde für die meisten Agrarprodukte abgebaut, und die im Gegenzug gewährten Direktzahlungen sind inzwischen auch von der Produktion entkoppelt worden. Gleichzeitig wurde die Gewährung der Direktzahlungen an die Einhaltung von Umwelt- und Qualitätsstandards geknüpft. Auch von Seiten der verarbeitenden Industrie nehmen die Anforderungen an die Einhaltung von Qualitätsstandards zu.

Die Landwirtschaft in Deutschland, und speziell auch der traditionell leistungsfähige Agrarsektor in Schleswig-Holstein, haben sich den hohen Qualitätsanforderungen angepasst und sind im liberalisierten Welthandel für den Qualitätswettbewerb prädestiniert. Trotzdem erfordern die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen weitere, zum Teil erhebliche Anpassungsmaßnahmen von den Betrieben. Beispielsweise ist durch die Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie nicht auszuschließen, dass die in der Düngeverordnung formulierten Vorgaben zur guten fachlichen Praxis des Nährstoffmanagements mittelfristig verschärft werden. Gleichzeitig steigen die Faktorkosten (v.a. Pachten für Ackerflächen) sowie die variablen Produktionskosten, v.a. für Energie und Düngemittel. Die Ursachen hierfür sind sowohl regionaler (Konkurrenz zwischen Energiepflanzen und traditionellen Ackerkulturen) als auch globaler Natur (Ölpreisentwicklung, Knappheiten auf dem Weltmarkt). Demnach ist es ökonomisch notwendiger denn je, den Einsatz teurer Ressourcen so effizient wie möglich zu gestalten. Von einem effizienteren Nährstoff- und Pflanzenschutzmanagement dürfte gleichzeitig auch die Umwelt profitieren.

Die agrarpolitischen Diskussionen der vergangenen Jahre haben eine Menge Staub aufgewirbelt. Die Leistungen der Landwirtschaft definieren sich inzwischen vor allem durch die hinterlassenen Spuren - in der belebten und unbelebten Umwelt, sowie in den erzeugten Produkten.



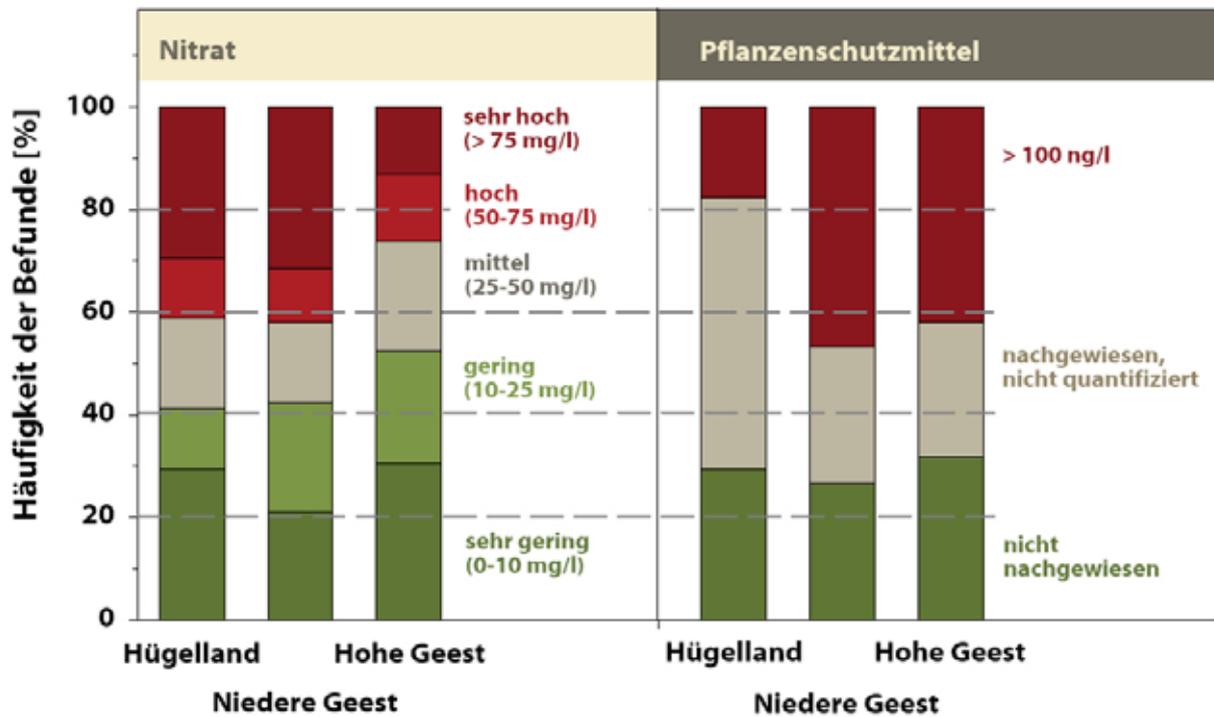


Abbildung E1:

Relative Häufigkeit der Befunde an Nitrat (links) und Pflanzenschutzmitteln (rechts) im Grundwasser Schleswig-Holsteins.

Datenquelle: Trendmessnetz des Landesamtes für Natur und Umwelt (Steinmann, 2006).

Am Beispiel der Grundwasserqualität in Schleswig-Holstein ist die Notwendigkeit einer flächendeckenden Grundwasser schonenden Landwirtschaft ersichtlich (Abbildung E1). Sowohl die Konzentrationen von Nitrat als auch von Pflanzenschutzmitteln sind an vielen Messstellen deutlich erhöht. Über 40% der Messstellen auf der niederen Geest als auch im östlichen Hügelland weisen Nitratkonzentrationen oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von 50 mg/l auf. Hohe Konzentrationen an Pflanzenschutzmitteln liegen vor allem auf den Geeststandorten vor.

In Schleswig-Holstein werden 100% des Trinkwassers aus dem Grundwasser gewonnen. Des Weiteren sind diffuse (keiner punktuellen Quelle zuzuordnenden) Stoffeinträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen wesentlich mitverantwortlich für die Nährstoffanreicherung von Nord- und Ostsee. Daher stellen die Leistungen landwirtschaftlicher Produktionssysteme für den Wasserschutz einen Schwerpunkt der Untersuchungen im COMPASS-Projekt dar.

Da sämtliche Anbauentscheidungen vom Betriebsleiter getroffen werden, kommt der Analyse der Zusammenhänge zwischen betriebsindividueller Bewirtschaftung, Menge und Qualität der Produkte sowie ökologischen Leistungen eine entscheidende Bedeutung zu. Aus einer solchen Schwachstellenanalyse auf der Ebene praxistypischer und repräsentativer Betriebe lassen sich wichtige Empfehlungen für Praxis, Forschung und Politik ableiten.

### **COMPASS:** **Wege finden für eine nachhaltige Landwirtschaft**

Bisherige Forschungsarbeiten fanden in der Regel auf Parzellenebene unter mehr oder weniger kontrollierten Versuchsbedingungen an einem einzelnen Standort statt. Die Übertragbarkeit von Ergebnissen auf andere Standorte und unter Berücksichtigung der individuellen Anbaugestaltung auf Praxisbetrieben konnte bisher kaum überprüft werden, da repräsentativ und systematisch erhobene Daten aus der Praxis fehlten. Trotz dieses Mangels an systematischen Untersuchungen praxistypischer Anbausysteme besteht im Allgemeinen die Auffassung, dass der ökologische Landbau im Hinblick auf ökologische Leistungen der konventionellen Landwirtschaft per se überlegen sei, worauf sich auch die bestehende Förderung des ökologischen Landbaus durch Bund und Länder gründet. Auch fällt in der öffentlichen Diskussion häufig der Begriff der „intensiven Landwirtschaft“, der pauschal eine nicht nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen zugeschrieben wird. Was aber ist eine intensive Landwirtschaft? Gibt es dafür objektive Maßstäbe? Und wenn es solche objektiven Kriterien geben sollte – gibt es belastbare, wissenschaftlich dokumentierte Zusammenhänge zwischen der „Intensität“ und der Belastung natürlicher Ressourcen?

Vielmehr scheint es so zu sein, dass der individuellen Anbaugestaltung eine weitaus wichtigere Rolle zukommt als der Frage, ob ein Betrieb konventionell oder ökologisch wirtschaftet. Dies konnte in den Jahren 1999-2002 in zwei umfangreichen Projekten des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau – der Universität Kiel dokumentiert werden:

● **Projekt „CONBALE“:**

Vergleich praxistypischer Ackerbausysteme der konventionellen und ökologischen Landwirtschaft am Ackerbaustandort Lindhof (Dänischer Wohld)

● **„N-Projekt Karkendamm“:**

Analyse der Stickstoff- und Energieflüsse in Milchvieh-Futterbausystemen am Futterbaustandort Karkendamm (Holsteiner Vorgeest).

Die Validierung der Ergebnisse dieser Projekte in der Breite der Standortverhältnisse und Betriebsformen in Schleswig-Holstein fehlte bislang jedoch.

Aus diesen Überlegungen heraus wurde das Projekt COMPASS (comparative assessment of land use systems) vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau – sowie dem Institut für Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel konzipiert. Das Projekt, finanziert durch das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein sowie die Landwirtschaftliche Rentenbank, basiert auf einer systematischen Analyse der Leistungen und ökologischen Effekte - vor allem mit Bezug zum Grundwasserschutz - auf 32 repräsentativen konventionellen wie ökologischen Praxisbetrieben typischer Spezialisierungsrichtungen (Ackerbau, Milchvieh-Futterbau) in allen Naturräumen Schleswig-Holsteins.

COMPASS besteht aus drei Teilprojekten, sowie dem assoziierten Projekt AVI-LAND (siehe Tabelle). Mit diesem interdisziplinären

Ansatz sind nahezu alle zentralen Leistungen und ökologischen Effekte der landwirtschaftlichen Produktion erfasst.

### Projektbetriebe

Die Auswahl der 32 Projektbetriebe (Abbildung E2) erfolgte systematisch nach folgenden Kriterien:

➤ **Spezialisierung**

Ackerbau, Milchvieh-Futterbau

als dominierende Betriebsformen in Schleswig-Holstein

➤ **Naturräume**

Marsch, Geest, Östliches Hügelland

➤ **Wirtschaftsweise**

konventionell, ökologisch;

Anordnung der Betriebe in „Betriebspaaren“ (ein konventioneller und ein ansonsten vergleichbarer ökologischer Betrieb an einem Standort), um den Vergleich konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise unter Ausschluss verzerrender Standortfaktoren wie Böden oder Witterung zu ermöglichen.

➤ **Spitzenbetriebe**

Es wurden ausschließlich „Spitzenbetriebe“ ausgewählt, denn die Spitzenbetriebe von heute spiegeln in Bezug auf die Managementqualität etwa den durchschnittlichen Betrieb in 5 oder 10 Jahren wieder. So werden die im Projekt erzielten Ergebnisse auch mittelfristig noch repräsentativ sein.

Eine Kurzcharakteristik der 32 Projektbetriebe ist in den Tabellen E1 bis E4 (S. 12-13) wiedergegeben.

	Teilprojekt A	Teilprojekt B	Teilprojekt C	Projekt AVI-LAND *
Thematik	Nährstoffflüsse und -verluste	Pflanzenschutz	Tiergesundheit, Antibiotika	Biodiversität, Artenschutz (Brutvögel, Ackerwildpflanzen)
Institut der CAU Kiel	Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau –	Institut für Phytopathologie	Institut für Tierzucht und Tierhaltung	Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau -
Projektleiter	Prof. Dr. F. Taube	Prof. Dr. J.-A. Verreet	Prof. Dr. J. Krieter	Prof. Dr. F. Taube, Dr. R. Loges
Projektbearbeiter	Dr. M. Kelm	M.Sc. agr. H. Hüwing	Dr. N. Kemper	Dr. H. Neumann
Untersuchte Parameter	N-Bilanzsalden N-Auswaschungsverluste N-Effizienz in Pflanzenbau und Tierhaltung Strategien für effizientes N-Management	Schaderreger im Winterweizenanbau Mykotoxinbesatz von Qualitätsweizen Pflanzenschutzmittelrückstände am Erntegut und im Sickerwasser	Tiergesundheit in der Milchviehhaltung # Veterinärantibiotika in Gülle und Sickerwasser	Vorkommen und Bruterfolg von Feldvögeln botanische Artenvielfalt Ackerbegleitflora
Untersuchungszeitraum	2004-2006	2004-2006	2005-2007	2005-2007

\* finanziert durch das INTERREG III A-Programm der EU

# finanziert durch die H. W. Schaumann-Stiftung



*Die Landwirtschaft trägt eine besondere Verantwortung für den Wasserschutz – zentraler Untersuchungsschwerpunkt im COMPASS-Projekt.*

### **Leistungen des COMPASS-Projektes**

Anhand der breiten Basis an untersuchten Parametern sowie der systematischen Auswahl der Betriebe ist eine differenzierte Gesamtbewertung der untersuchten Anbausysteme möglich. Eine derart umfassende Datenbasis ist in Schleswig-Holstein wie auch bundesweit bislang einmalig.

Aus den Ergebnissen des COMPASS-Projektes ergeben sich für die landwirtschaftliche Praxis wertvolle Hinweise und Strategien zur Optimierung von Produktionssystemen in Abhängigkeit von Standort, Intensität und einzelbetrieblicher Spezialisierung. Der einzelne Betrieb kann sich mit Blick auf die Gruppe der vergleichbaren Betriebe besser einordnen, und gegebenenfalls sein Management überdenken und anpassen, um betriebswirtschaftlich wie qualitativ ein verbessertes Ergebnis zu erzielen. Die im Projekt durchgeführten Schwachstellenanalysen zeigen, welche Stellschrauben im Hinblick auf die Gute Fachliche Praxis im Nährstoffmanagement, im Pflanzenschutz und in der Tierhaltung das größte Potenzial aufweisen.

Auch für die Ausgestaltung von Politikmaßnahmen liefern die in der vorliegenden Broschüre zusammengefassten Ergebnisse des COMPASS-Projektes belastbare Bewertungs- und Entscheidungsgrundlagen. Je umfassender und belastbarer die vorhandenen Fakten sind, umso präziser und effizienter können politische Maßnahmen definiert werden. Hiervon profitieren die Landwirtschaft, Verbraucher und Umwelt gleichermaßen.

### **Darstellung der Ergebnisse**

Den in dieser Broschüre dokumentierten Ergebnissen liegen statistische Datenauswertungen zugrunde, die im Sinne einer allgemeinen Verständlichkeit der folgenden Kapitel nicht im Detail dargestellt sind.

Generell gilt, dass eine Beobachtung bzw. eine Messung sich signifikant von einer anderen unterscheidet (z.B. Vergleich zweier Versuchsvarianten) oder signifikant mit einer anderen korreliert ist (z.B. Ursache und Wirkung), wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  (die „Unschärfe“ des Datensatzes) kleiner ist als

5% (Darstellung: \*, signifikant) bzw.

1% (Darstellung: \*\*, hoch signifikant).

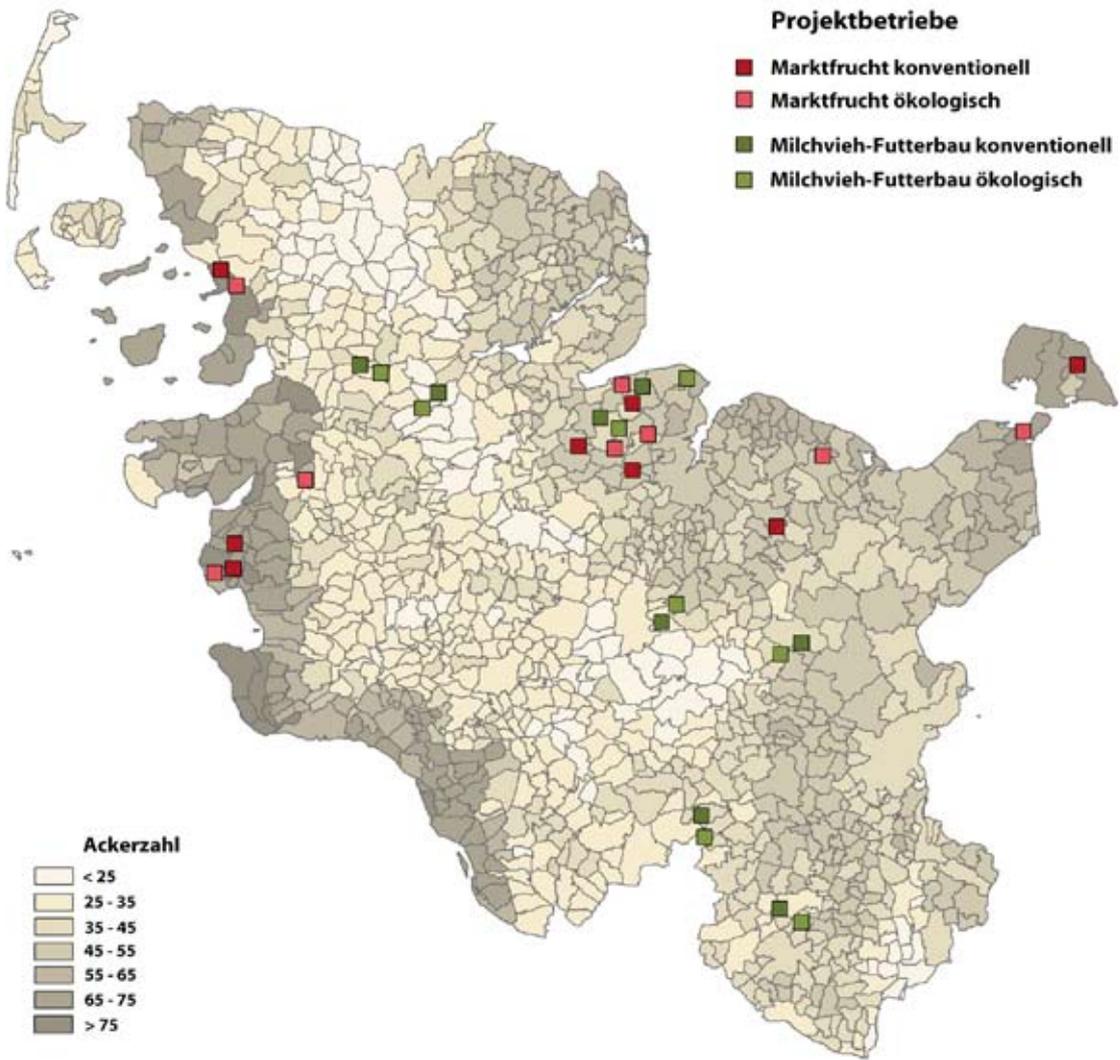


Abbildung E2:  
Lage der Projektbetriebe und Bodengüte  
(Ackerzahlen) der Projektstandorte



Tabelle E1: Kennzahlen der konventionell wirtschaftenden Ackerbaubetriebe

Nr.	Naturraum	Betriebszweige	Kulturarten	LF [ha]
1	Probstei /Selenter Seengebiet	Ackerbau *	Raps, W-Weizen, W-Gerste	1195
2	Fehmarn	Ackerbau	Raps, W-Weizen, Kohl	97
3	Dän. Wohld / Westenseer Endmoränengebiet	Ackerbau	Raps, W-Weizen, W-Gerste, Triticale, Hafer, Zuckerrüben	1435
4	Dän. Wohld	Ackerbau #	Raps, W-Weizen, Zuckerrüben	688
5	Westenseer Endmoränengebiet	Ackerbau *	Raps, W-Weizen, W-Gerste, Zuckerrüben	140
6	Hauke-Haien-Koog	Ackerbau, Sauenhaltung	Raps, W-Weizen, W-Gerste	106
7	Dithmarscher Marsch	Ackerbau	Raps, S-Weizen, S-Gerste, Hafer, Kartoffeln	168
8	Dithmarscher Marsch	Ackerbau	Raps, W-Weizen, Kohl, Möhren	41

Tabelle E2: Kennzahlen der ökologisch wirtschaftenden Ackerbaubetriebe

Nr.	Naturraum	Betriebszweige	Kulturarten	LF [ha]
9	Selenter Seengebiet	Ackerbau *	W-Weizen, S-Weizen, W-Gerste, W-Dinkel, Hafer, Ackerbohnen, Rotkleegras	210
10	Neu-Oldenburg	Ackerbau, Mutterkühe	Raps, W-Weizen, S-Weizen, W-Triticale, Hafer, Erbsen, Rotkleegras	119
11	Dän. Wohld	Ackerbau * #	W-Weizen, W-Dinkel, Hafer, Erbsen, Perserklee	360
12	Dän. Wohld	Ackerbau, Mutterkühe	W-Weizen, S-Weizen, W-Dinkel, Hafer, Erbsen, Kartoffeln, Rotkleegras	127
13	Dän. Wohld	Ackerbau, Schweinemast * #	W-Dinkel, S-Gerste, Hafer, (Weißkleegras)	205
14	Sönke-Nissen-Koog	Ackerbau	W-Weizen, S-Gerste, Möhren, Rotkleegras	157
15	Dithmarscher Marsch	Ackerbau	W-Weizen, S-Weizen, S-Gerste, Hafer, Erbsen, Kohl, Rotkleegras	122
16	Dithmarscher Marsch	Ackerbau *	W-Weizen, S-Weizen, S-Gerste, Erbsen, Möhren, Kohl, Rotkleegras, div. Feldgemüse	152

\* Zufuhr von Wirtschaftsdünger

# Zufuhr sonstiger organischer Düngemittel

Tabelle E3: Kennzahlen der konventionell wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe

Nr.	Naturraum	Betriebszweige	LF [ha]	davon Dauergrünland [ha]	Viehbesatz [GV/ha]	Milcherzeugung [kg ECM/Jahr]
17	Ostenfelder Geest	Milcherzeugung, Bullenmast, Ackerbau	74	62	1,71	687.000
18	Dän. Wohld	Milcherzeugung, Ackerbau	62	25	1,71	581.000
19	Stormarner Endmoränengebiet	Milcherzeugung, Ackerbau	123	26	1,23	928.000
20	Alsterniederungen	Milcherzeugung, Ackerbau	102	52	1,25	630.000
21	Schleswiger Vorgeest	Milcherzeugung, Bullenmast, Ackerbau, Biogas	107	54	1,76	760.000
22	Holsteinische Schweiz	Milcherzeugung, Ackerbau	122	51	1,28	747.000
23	Holsteiner Vorgeest	Milcherzeugung, Ackerbau	108	31	0,95	626.000
24	Dän. Wohld	Milcherzeugung, Bullenmast, Ackerbau	151	36	1,77	1.058.000

Tabelle E4: Kennzahlen der ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe

Nr.	Naturraum	Betriebszweige	LF [ha]	davon Dauergrünland [ha]	Viehbesatz [GV/ha]	Milcherzeugung [kg ECM/Jahr]
25	Ostenfelder Geest	Milcherzeugung, Ackerbau, Biogas	423	11	0,93	1.733.000
26	Dän. Wohld	Milcherzeugung, Ackerbau	139	21	0,53	213.000
27	Stormarner Endmoränengebiet	Milcherzeugung	104	15	1,31	524.000
28	Obere Alster	Milcherzeugung, Ackerbau	209	37	0,43	388.000
29	Schleswiger Vorgeest	Milcherzeugung, Ackerbau	111	60	1,41	611.000
30	Holsteinische Schweiz	Milcherzeugung, Ochsenmast, Ackerbau	221	34	0,42	267.000
31	Holsteiner Vorgeest	Milcherzeugung, Ackerbau	98	37	0,77	269.000
32	Dän. Wohld	Milcherzeugung, Ackerbau	56	26	1,27	271.000



*„Sustainable and productive ecosystems have a tight internal cycling of nutrients, a lesson that agriculture **must relearn.**“*

*David Tilman: The greening of the green revolution.  
Nature 396 (1998)*

# 2

## Teilprojekt A: Stickstoffmanagement

Michael Kelm

### **Stickstoffüberschüsse und –auswaschungsverluste auf Praxisbetrieben Schleswig-Holsteins – Status quo und Optimierungsstrategien**

Stickstoff ist teuer – und geht leicht verloren. Ob als Mineraldünger, als Protein im Futter, als Wirtschaftsdünger, oder als Luftstickstoff, der von Leguminosen gebunden wird: allein aus der ökonomischen Vernunft heraus sollte eine möglichst hohe Effizienz des eingesetzten Stickstoffs angestrebt werden. Ziel eines nachhaltigen Nährstoffmanagements ist die optimale Nährstoffversorgung der Pflanzenbestände wie der Nutztiere unter Vermeidung unnötiger Emissionen in die Umwelt. Von den verschiedenen Stickstoff-Verlustpfaden

- gasförmige Ammoniakemissionen (v.a. aus Wirtschaftsdüngern)
- Denitrifikation
- Auswaschung

ist unter Schleswig-Holsteinischen Klima- und Bodenverhältnissen die N-Auswaschung dominierend. Dies betrifft vor allem die Geeststandorte mit einer hohen Dichte an viehstarken Betrieben auf durchlässigen Sandböden, unter bestimmten Voraussetzungen allerdings auch Marktfrucht-Produktionssysteme auf lehmigeren Böden. Neben dem Grundwasserschutz ist in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass jedes Kilogramm Mineraldüngerstickstoff in der Herstellung einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß entsprechend der Verbrennung einen Liter fossilen Mineralöls verursacht. N-Effizienz ist somit auch Klimaschutz.

Beim gegebenen hohen Produktivitätsniveau der Schleswig-Holsteinischen Landwirtschaft ist eine Optimierung der Nährstoffeffizienz die entscheidende Stellschraube für betriebswirtschaftlichen Erfolg bei gleichzeitiger Schonung des Grundwassers und der Atmosphäre. Über die Grundvoraussetzung der guten fachlichen Praxis hinaus bedarf es hierfür exzellenter Managementfähigkeiten und innovativer Strategien. Daraus leiten sich die Zielsetzungen des COMPASS-Teilprojektes A (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau) - ab:

- Dokumentation des Status quo im Nährstoffmanagement repräsentativer konventioneller wie ökologischer Betriebe
- Messung der Stickstoff-Auswaschungsverluste in repräsentativen Kulturen
- Schwachstellenanalyse im Nährstoffmanagement der Betriebe
- Ableitung von Strategien, die eine hohe Produktivität und effizientes Nährstoffmanagement vereinen.

Anhand der Bewirtschaftungsmaßnahmen und Aufzeichnungen der Betriebe wurden die Nährstoffkreisläufe und -überschüsse exakt bestimmt. Aufgrund der größten ökologischen wie betriebswirtschaftlichen Relevanz stand Stickstoff (N) hierbei im Vordergrund. Die N-Auswaschung wurde mit Saugkerzen gemessen. Zur besseren Einsicht in interne Nährstoffkreisläufe der Betriebe fanden auch Kartierungen und Beprobungen des Grünlandes und von Klee grasbeständen statt (Erträge bei Weide- und Schnittnutzung, Futterqualität, botanische Zusammensetzung, Stickstofffixierung). Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse fokussieren sich auf die Bereiche

- N-Bilanzsalden
- N-Auswaschung
- Optimierungsstrategien.

## Aussagekraft unterschiedlicher Bilanzierungsansätze

Nährstoffbilanzsalden werden international als Schlüsselindikatoren für potenzielle ökologische Belastungen durch die landwirtschaftliche Produktion angesehen, da sie vergleichsweise einfach zu erstellen, nachvollziehbar und administrierbar sind. Auch wird eine Korrelation mit tatsächlichen Belastungen wie z.B. der Auswaschung von Stickstoff unterstellt. Die Erstellung eines jährlichen Nährstoffvergleiches („Bilanz“) für Stickstoff ist in Deutschland durch die Düngeverordnung vorgeschrieben. Das Ergebnis dieser Bilanz, der Saldo, darf ab 2011 einen Wert von +60 kg N/ha nicht überschreiten, unabhängig von Betriebstyp, Standort und Viehbesatz. Da es möglich ist, dass die Überschreitung dieses Wertes aufgrund der Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie mittelfristig mit Sanktionen belegt wird, kommen auf viele Betriebe erhebliche Anpassungsmaßnahmen zu. Allerdings

sollte man sich in diesem Zusammenhang bewusst sein, dass ein effizientes Nährstoffmanagement betriebswirtschaftliche Vorteile bringt. Insofern kann dieser politische Druck am Ende zu einer Verbesserung der Kostenstruktur vieler Betriebe führen.

Die zu erstellende N-Bilanz kann für die Optimierung der Produktionsstruktur eines Betriebes wertvolle Hinweise geben. Bis einschließlich 2005 kam nach der Düngeverordnung die Hoftorbilanz zur Anwendung. Mit der Novellierung der Dünge-VO im Januar 2006 wurde diese durch die aggregierte Flächenbilanz bzw. die Feld-Stall-Bilanz ersetzt. Diese beiden Formen der Nährstoffbilanzierung können sich in ihrer Aussagekraft allerdings erheblich voneinander unterscheiden. Dazu einige Fakten:

### Hoftorbilanz

Die Hoftorbilanz basiert auf gesicherten Daten und Angaben, die in der Buchführung des Betriebes dokumentiert sind. Das Ergebnis der Hoftorbilanz, der Saldo aller Zu- und Abgänge an Nährstoffen auf der Ebene des gesamten Betriebes, gibt die Gesamtmenge an Nährstoffen wieder, die potenziell aus dem Betrieb in die Umwelt gelangt. Die Hoftorbilanz ist daher ein sehr aussagekräftiger Parameter zur Bewertung und Optimierung eines Produktionssystems.

### Feld-Stall-Bilanz

Die aggregierte Flächenbilanz („Feld-Stall-Bilanz“) erfasst nur die Zu- und Abgänge an Nährstoffen in der Fläche. Hierfür sind Daten notwendig, die in der Praxis, insbesondere auf Futterbaubetrieben, kaum mit hinreichender Genauigkeit erhoben werden können und daher ein mehr oder weniger großes Maß an Unsicherheit aufweisen:

#### Nährstoffausscheidungen der Tiere

Die Bestimmung der Nährstoffausscheidungen in der Tierhaltung, welche nach Abzug der Lagerungsverluste die Menge an ausgebrachten Nährstoffen aus Wirtschaftsdüngern darstellen, ist stets mit einer Unsicherheit behaftet. Die verwendeten Richtwerte, ausführlich dokumentiert in der DLG-Broschüre „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere“, differenzieren zwar nach Haltungsverfahren bzw. Rationsgestaltung (Grünlandbetrieb, Ackerfutterbaubetrieb mit/ohne Weidegang) und Milchleistung, so dass sich je Stallplatz (Kuh + 0,9 Kalb) und Jahr eine N-Ausscheidung von 100-150 kg N ergibt. Die höheren

Werte treffen für Grünlandbetriebe zu, da bei grasbetonter Fütterung und Weidegang Proteinüberschüsse eher auftreten als bei maisbetonten Rationen. Trotzdem können die in der Praxis auftretenden tatsächlichen Nährstoffausscheidungen erheblich von diesen Standardwerten abweichen. Variationen ergeben sich aus der tatsächlichen Rationsgestaltung (v.a. Höhe des Kraftfuttereinsatzes), den Silagequalitäten des Vorjahres, den tatsächlichen Proteingehalten des Weidegrases (abhängig von Witterung, botanischer Zusammensetzung, Düngung, Weidemanagement), der Tiergesundheit sowie etlichen weiteren Faktoren, deren Effekte kaum zu quantifizieren sind.

#### Futtererträge

Auch das Ertragsniveau von Dauergrünland-, Ackergras- und Klee grasbeständen sowie Silomais und anderen Futterpflanzenbeständen kann ohne genaue Messungen nur sehr grob abgeschätzt werden. Die berechnete N-Abfuhr von der Fläche kann daher in der Feld-Stall-Bilanz von Futterbaubetrieben nur zufällig der tatsächlichen N-Abfuhr entsprechen.

Während für viehlose Marktfruchtbetriebe die Feld-Stall-Bilanz bzw. aggregierte Flächenbilanz mit der Hoftorbilanz identisch ist, sind auf Vieh haltenden Betrieben stets z.T. erhebliche Unsicherheiten in der Feld-Stall-Bilanz vorhanden. Die Aussagekraft im Hinblick auf potenzielle Nährstoffverluste aus dem Betrieb in die Umwelt ist sehr begrenzt. Eine Optimierung der Produktion ist anhand der Feld-Stall-Bilanz nur sehr begrenzt möglich. Für eine einzelbetriebliche Optimierung des Managements sowie für allgemeine Aussagen über ein landwirtschaftliches Produktionssystem sollte daher stets die Hoftorbilanz Verwendung finden.

## Stickstoffbindung durch Leguminosen

Ein Unsicherheitsfaktor, der sowohl die Hoftorbilanz als auch die Feld-Stall-Bilanz betrifft, ist die Abschätzung der Fixierung

von Luftstickstoff ( $N_2$ ) durch Leguminosen. Auch hierzu einige Zahlen:

### Dauergrünland

In den Faustzahlen der Officialberatung, anhand derer die Stickstoffbilanzierung von Praxisbetrieben i.d.R. durchgeführt wird, ist für Dauergrünland pauschal eine  $N_2$ -Fixierung von 30 kg N/ha unterstellt. Für die allermeisten Dauergrünlandflächen in Schleswig-Holstein dürfte dieser Wert allerdings deutlich zu hoch angesetzt sein, da

1. die Kleeanteile auf konventionell bewirtschaftetem Dauergrünland in Schleswig-Holstein im Mittel unter 2% liegen (Kartierungen im COMPASS-Projekt, sowie WACHENDORF und TAUBE, 2001), und
2. je Prozent Klee von einer  $N_2$ -Fixierung in Höhe von 3-4 kg N/ha auszugehen ist (TROTT *et al.*, 2004).

Ein durchschnittlicher, konventionell bewirtschafteter Dauergrünlandbestand fixiert somit nur ca. 3-6 kg N/ha!

### Kleegras

Kleegras weist demgegenüber eine deutlich höhere Fixierungsleistung auf, als in offiziellen Richtwerten unterstellt wird. Ein auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben typischer Rotkleebestand (70% Klee, Trockenmasseertrag 75 dt/ha) fixiert je nach Bodenart 230-280 kg N/ha (HØGH-JENSEN *et al.*, 2004). Diese und viele andere Werte konnten in zahlreichen Versuchen auf dem CAU-Versuchsgut Lindhof bestätigt werden. In den offiziellen Richtwerten wird für einen solchen Rotkleebestand jedoch nur eine  $N_2$ -Fixierungsleistung 130-140 kg N/ha angenommen.

Aufgrund dieser im COMPASS-Projekt dokumentierten erheblichen Differenzen zwischen angenommener und tatsächlicher Menge an fixiertem Luftstickstoff sind die der Officialberatung zugrunde liegenden Werte zu überarbeiten, da sich sonst für den einzelnen Betrieb N-Salden ergeben können, die von der Realität erheblich abweichen. Für ökologisch wirtschaftende Ackerbaubetriebe wird ein negativer N-Saldo suggeriert, der mit der Realität nicht übereinstimmt. Für konventionell wirtschaftende Grünlandbetriebe wird die N-Zufuhr durch die Stickstoffbindung auf dem Grünland hingegen überschätzt.



## Ergebnisse: N-Bilanzsalden

### Berechnung und Darstellung

Im COMPASS-Projekt konnten erstmals Stickstoff-Bilanzsalden für konventionell und ökologisch wirtschaftende Betriebe vergleichend dokumentiert werden. Für ökologische Betriebe konnte es hierbei im Grunde keinen Erwartungswert geben, da bislang keine belastbaren Zahlen unter Berücksichtigung der Stickstofffixierung durch Leguminosen vorlagen.

Für alle 32 Projektbetriebe wurde eine genaue Bestimmung der Nährstoffzu- und abflüsse auf allen Betriebsebenen (Feld, Herde, Gesamtbetrieb) vorgenommen. Datengrundlage der Bilanzierung waren die Aufzeichnungen der Betriebsleiter einschließlich der Buchführung und offizieller Dokumente, sowie eigene Messungen (Stickstofffixierung durch Leguminosen, Futtererträge).

Alle dargestellten N-Salden sind Nettosalden, d.h. nach Abzug der Lagerungs- und Ausbringungsverluste von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) aus Wirtschaftsdüngern entsprechend der Vorgaben der Düngeverordnung.

Die N-Bilanzsalden der Projektbetriebe sind zum Vergleich der unterschiedlichen Bilanzierungsformen auf drei Arten dargestellt (Abbildungen A1 und A2):

#### Hoftorbilanz

mit tatsächlichen (gemessenen)  $\text{N}_2$ -Fixierungsleistungen

#### Feld-Stall-Bilanz

mit tatsächlichen (gemessenen)  $\text{N}_2$ -Fixierungsleistungen und Futtererträgen

#### Feld-Stall-Bilanz

anhand der offiziellen Richtwerte für  $\text{N}_2$ -Fixierung und Futtererträge.

Die Diskussion der N-Salden bezieht sich auf die Hoftorbilanz, da nur diese eine belastbare Interpretation erlaubt.

## N-Salden von Marktfruchtbetrieben

Die Stickstoff-Bilanzsalden konventionell wirtschaftender Marktfruchtbetriebe lagen in den untersuchten Wirtschaftsjahren 2003/04 und 2004/05 signifikant über denen der ökologischen Vergleichsbetriebe, und zwar unabhängig von der Form des Bilanzierungsansatzes (Abbildung A1). Unter Verwendung von Faustzahlen anstelle realistischer Werte für die  $\text{N}_2$ -Fixierung durch Leguminosen werden für ökologisch wirtschaftende Betriebe negative N-Salden suggeriert (Abbildung A1.c), da die Stickstofffixierung von Klee gras deutlich unterschätzt wird. Die folgenden Darstellungen beziehen sich daher auf die N-Bilanzsalden auf Hoftorbasis

unter Verwendung gemessener  $\text{N}_2$ -Fixierungsleistungen (Abbildung A1.a). Diese sind auf viehlosen Betrieben identisch mit den N-Salden auf Feld-Stall-Basis.

### Konventionelle Marktfruchtbetriebe

Bei den untersuchten konventionellen Marktfruchtbetrieben handelt es sich um

- 1 Ackerbau-Veredelungsbetrieb (Nr. 6), und
- 7 viehlose Betriebe, davon 2 Betriebe mit Import von Wirtschaftsdüngern (vgl. Tabelle E1, S. 12).

Der in der Düngeverordnung geforderte Maximalsaldo von 60 kg N/ha ab dem Jahr 2011 kann derzeit nur von drei der acht Betriebe eingehalten werden. Der durchschnittliche N-Bilanzsaldo betrug 72,9 kg N/ha (Abbildung A1.a). Betrieb Nr. 6 muss aufgrund der neben dem Ackerbau betriebenen Ferkelerzeugung gesondert angesprochen werden. Der N-Saldo lag mit knapp 120 kg N/ha jedoch im Durchschnitt der Marktfrucht-Veredelungsbetriebe in Schleswig-Holstein. Allerdings zeigt die große Variation der N-Salden zwischen den Betrieben, dass in der Praxis ein erhebliches Optimierungspotenzial vorhanden ist. Ursachen für (zu) hohe N-Salden konventioneller Marktfruchtbetriebe sind ausschließlich dem Bereich der Düngung zuzuordnen:

#### 1. Mangelnde Berücksichtigung von Wirtschaftsdüngern in der Düngeplanung

Die konventionellen Betriebe Nr. 1, 5 und 6 verfügen über Wirtschaftsdünger. Während auf den Betrieben Nr. 5 und Nr. 6 eine der guten fachlichen Praxis entsprechende Anrechnung der Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern erfolgte – d.h. die mineralische N-Düngung wurde entsprechend reduziert –, war auf Betrieb Nr. 1 das Gegenteil der Fall:

Betrieb Nr. 1 importierte im Mittel der betrachteten Jahre 31 kg N/ha über Wirtschaftsdünger, v.a. Putenmist und Schweinegülle, zusätzlich noch Knochenmehl und Klärschlamm. Die darin enthaltenen Nährstoffe wurden in der Düngeplanung nicht entsprechend der guten fachlichen Praxis angerechnet. Tabelle A1 (S. 20) zeigt am Beispiel von Betrieb Nr. 1, wie die Düngeplanung entsprechend der N-Sollwertmethode vorgenommen werden sollte. Die N-Sollwerte schließen die durchschnittliche N-Nachlieferung während der Vegetationsperiode ein, und stehen durch die Offizial- und Privatberatung für jede Kulturart, z.T. sogar nach Sorten differenziert, zur Verfügung.

Betrieb Nr. 1 hätte demnach im Mittel der Betriebsflächen 44 kg N/ha einsparen können. Zum Vergleich: Betrieb Nr. 5 importierte etwa die selbe Menge an Wirtschaftsdünger (34,1 kg N/ha), die mineralische N-Düngung fiel jedoch um 49 kg N/ha geringer aus als auf Betrieb Nr. 1! Dies schlägt sich auch im **Deckungsbeitrag** nieder, der auf Betrieb Nr. 5 um ca. 30 €/ha höher liegt als auf Betrieb Nr. 1 (Annahmen:

Abbildung A1:  
N-Bilanzsalden der konventionell und ökologisch wirtschaftenden Marktfruchtbetriebe (Mittel der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05, netto nach Abzug der NH<sub>3</sub>-Verluste):

- a. Hoftor-Bilanzsalden (Messwerte für die N<sub>2</sub>-Fixierung)
- b. Aggregierte Schlagbilanzsalden (Messwerte für N<sub>2</sub>-Fixierung und Futtererträge, beige Säulen: Hoftor-Bilanzsalden zum Vergleich)
- c. Aggregierte Schlagbilanzsalden (Faustzahlen für N<sub>2</sub>-Fixierung und Futtererträge, beige Säulen: Hoftor-Bilanzsalden zum Vergleich)

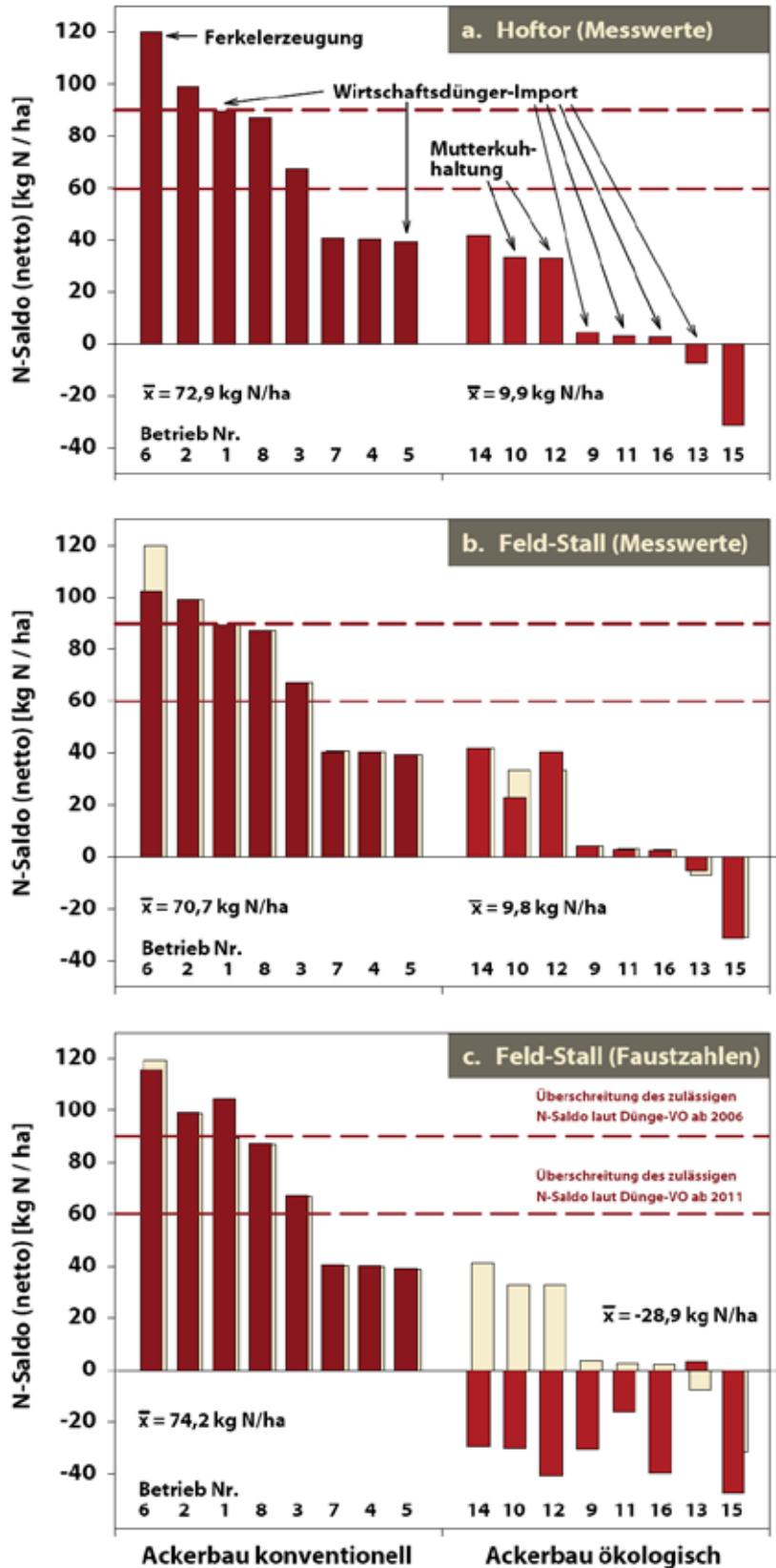


Tabelle A1:

Düngeplanung anhand der N-Sollwertmethode (Beispiel für Betrieb Nr. 1, Mittel der Fruchtfolge bzw. des Gesamtbetriebes bei einem Ertragsniveau von 90-100 dt/ha Winterweizen, 90 dt/ha Wintergerste und 45 dt/ha Winterraps)

N-Sollwert <sup>1</sup>	230 kg N/ha
Vorgenommene organische N-Düngung:	
➤ Schweine- und Rindergülle <sup>2</sup>	12 kg N/ha
bei Anrechnung von 60% N-Düngungswirkung im Anwendungsjahr	- 5 kg N/ha
➤ Festmist (Rindermist, Putenmist) <sup>2</sup>	19 kg N/ha
bei Anrechnung von 30% N-Düngungswirkung im Anwendungsjahr	- 13 kg N/ha
➤ sonstige organische Düngemittel (Knochenmehl, Klärschlamm)	6 kg N/ha
bei Anrechnung von 30% N-Düngungswirkung im Anwendungsjahr	- 4 kg N/ha
$N_{\min}$ -Wert im Frühjahr <sup>3</sup>	35 kg N/ha
Zwischensumme (organische N-Düngung + $N_{\min}$ )	50 kg N/ha
vorzunehmende mineralische N-Düngung	<u>180 kg N/ha</u>
tatsächlich vorgenommene mineralische N-Düngung	224 kg N/ha
↳ N-Zufuhr gesamt (mineralisch + organisch + $N_{\min}$ )	274 kg N/ha
↳ Überschreitung des N-Sollwertes um	44 kg N/ha

<sup>1</sup> im Mittel der Betriebsflächen (Fruchtfolge: Raps – W-Weizen (– W-Weizen) – W-Gerste; einschl. eines Zuschlags beim N-Bedarf für Stoppelweizen entsprechend dem Flächenanteil, und eines Abschlags aufgrund langjähriger organischer Düngung eines Teils der Betriebsflächen)

<sup>2</sup> netto nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste von  $NH_3$  laut Dünge-VO

<sup>3</sup> vollständige Anrechnung, da N-Nachlieferung aus organischer Düngung des Vorjahres sowie aus Ernterückständen eingeschlossen ist

eingesparter mineralischer N-Dünger im Wert von 0,55 €/kg N, Verzicht auf eine Düngungsmaßnahme im Herbst, ansonsten identische variable Kosten für Eigenmechanisierung, Saatgut, Pflanzenschutz, Trocknung, Hagelversicherung; identische Naturalerträge und erzielte Marktpreise für Winterweizen, Wintergerste und Raps.). Eine Einsparung von 30 €/ha durch eine fachgerechte Anrechnung der Wirtschaftsdünger summiert sich auf Betrieb Nr. 1 mit knapp 1.500 ha LF auf rund 45.000 Euro/Jahr!

Die Bestimmung der notwendigen N-Düngungsmenge auf Basis langjähriger Erträge liefert etwa vergleichbare Werte wie die N-Sollwertmethode. In Wasserschutzgebieten gelten spezielle Vorgaben zur Ermittlung des N-Bedarfs sowie zur Anrechnung der N-Nachlieferung.

Generell sind Zuschläge zum N-Bedarf vorzunehmen bei

- kalten, tonigen Böden
- hohen Strohmenngen der Vorfrucht
- schlechter Bestandesentwicklung
- Weizen nach Weizen (Stoppelweizen).

Abschläge zum N-Bedarf sind vorzunehmen bei

- hoher N-Nachlieferung (gute Vorfrucht, langjährige organische Düngung, humose Böden)
- stark entwickelten Beständen bei Vegetationsbeginn.

Es ist darauf zu achten, dass keine doppelte Anrechnung bestimmter N-Mengen erfolgt. Wird der  $N_{\min}$ -Wert zu Vegetationsbeginn vollständig in die Düngeplanung eingerechnet, so enthält dieser  $N_{\min}$ -Wert bereits den „Abschlag“ zum N-Bedarf aufgrund z.B. eines milden, trockenen Winters mit geringen N-Auswaschungsverlusten, ebenso die N-Nachlieferung aus organischen Düngern des Vorjahres. Bei langjähriger Zufuhr höherer Mengen von Wirtschaftsdüngern ist der N-Bedarfswert aufgrund der erhöhten, dauerhaften N-Nachlieferung allerdings zu reduzieren.

Auf den konventionellen Marktfruchtbetrieben fand in vielen Fällen eine mineralische Herbstdüngung zu Wintergetreide und Winterraps statt. Dies ist jedoch nur dann notwendig, wenn eine nasskalte Herbstwitterung keine ausreichende Entwicklung frostharter Bestände vor Eintritt der Winterruhe zulässt. Dies war in den vergangenen Jahren nicht der Fall, und wird im Zuge des immer milderen Klimas auch zunehmend unwahrscheinlicher. Die z.T. hohen festgestellten N-Restmengen nach der Ernte – nicht nur von Raps, sondern auch nach der Ernte von Winterweizen und Wintergerste – reichen für eine gute Bestandesentwicklung vor dem Winter in jedem Fall aus. Die häufig angeführte „N-Sperre“ nach der Einarbeitung höherer Strohmenngen ist aus wissenschaftlicher Sicht inzwischen umstritten, und wird, wenn sie denn relevant sein sollte, durch eine Wirtschaftsdüngergabe aufgehoben. Die mineralische N-Herbstgabe kann in der Regel entfallen.



## 2. Zu hohes mineralisches N-Düngungsniveau

Von den konventionellen Marktfruchtbetrieben ohne Zufuhr von Wirtschaftsdünger wiesen die Betriebe Nr. 2 und Nr. 8 hohe N-Bilanzsalden von über 80 kg N/ha auf. Die mineralische N-Düngung lag auf diesen beiden Betrieben mit 275 bzw. 262 kg N/ha im Mittel der Betriebsflächen erheblich über den standort-, kulturart- und sortenspezifischen N-Sollwerten. Auch hier waren es jeweils ca. 40 kg N/ha, die eingespart werden konnten. Auf den anderen drei Betrieben ohne Wirtschaftsdüngerzufuhr betrug die mineralische N-Düngung im Mittel der Betriebsflächen zwischen 172 und 211 kg N/ha, was in Abhängigkeit des Anteils der angebauten Kulturarten jeweils etwa den Sollwerten entsprach.

Die Höhe der Naturalerträge wies für die konventionellen Marktfruchtbetriebe keinen signifikanten Zusammenhang mit der Höhe des N-Bilanzsaldo auf. Auch konnte bei einem Düngungsniveau oberhalb der N-Sollwerte keine signifikant positive Wirkung auf die Ertragshöhe beobachtet werden.

Die Betriebe Nr. 4, 5, und 7 zeigen, dass es mit einer anspruchsvollen Anbauplanung und Bestandesführung möglich ist, N-Salden von 40-50 kg N/ha auf spezialisierten Marktfruchtbetrieben zu erreichen, auch wenn, wie im Fall von Betrieb Nr. 5, Wirtschaftsdünger vorhanden sind. Gezielte Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, basierend auf einer genauen und ständigen Beobachtung der Bestände, resultierten in vergleichbaren, z.T. auch überdurchschnittlich hohen Erträgen bei verringertem Spezialaufwand im Vergleich zu Betrieben, auf denen der Absicherung der Bestände, also prophylaktischen Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, der Vorzug gegenüber gezielten, der aktuellen Situation entsprechenden Maßnahmen gegeben wurde. Es ist also auch ökonomisch äußerst vorteilhaft, über ein optimiertes

Nährstoff- und Pflanzenschutzmanagement die N-Überschüsse im Ackerbau zu senken.

### Fazit

**N-Bilanzsalden von 40-50 kg N/ha sind im konventionellen, spezialisierten Anbau von Marktfrüchten realisierbar. Voraussetzungen hierfür sind eine exakte Bemessung des notwendigen N-Bedarfs der Kulturen, sowie eine sachgerechte Berücksichtigung von Nährstoffen aus Wirtschaftsdüngern.**

### Ökologische Marktfruchtbetriebe

Die ökologischen Ackerbaubetriebe wiesen N-Bilanzsalden zwischen -31 und +42 kg N/ha auf (Abbildung A1.a). Wird die Stickstofffixierung des Kleeegrases nicht mit realistischen Werten berücksichtigt, so werden erheblich niedrigere N-Salden suggeriert (Abbildung A1.c).

Die Hauptursache für die Ausprägung der N-Salden auf ökologischen Marktfruchtbetrieben war der jeweilige

### Flächenanteil an Klee gras.

Der Anteil von Klee gras in der Fruchtfolge stellte den dominierenden Einflussfaktor auf die Höhe des N-Saldo ökologischer Marktfruchtbetriebe dar. Umgekehrt bestand zwischen der Produktivität des Betriebes (Ertrag im Mittel der Fruchtfolge) und der Höhe des N-Saldo ein signifikant negativer Zusammenhang (aufgrund des Klee grasanteils). Der Ertrag einzelner Kulturen oder Schläge war von untergeordneter Bedeutung, da dessen Effekt auf die Ausprägung der N-Salden vom Effekt des Anteils der Marktfrüchte an der gesamten Betriebsfläche überlagert wird.

## Gülle: das braune Gold

Gülle ist ein wertvoller, aber auch „komplizierter“ Dünger. Die Nährstoffgehalte sind nicht immer konstant, daher ist eine eigens veranlasste Laboruntersuchung in vielen Fällen sinnvoll. Die Kosten von ca. 40 Euro je Probe rechnen sich in jedem Fall, da eine genauere Düngeplanung ermöglicht wird.

Auch ist die N-Nachlieferung aus organischen Düngern ist nur schwer einzuschätzen. In Tabelle A1 (S. 20) wurde zur Ermittlung des N-Düngebedarfs nur die N-Düngungswirkung im Ausbringungsjahr direkt berücksichtigt. Indirekt ist die N-Nachlieferung aus organischen Düngern des Vorjahres jedoch im  $N_{\min}$ -Wert enthalten, der in diesem Fall voll angerechnet werden muss. Bei langjähriger organischer Düngung ist von einer N-Ausnutzung von insgesamt 70-80% auszugehen. Die N-Bedarfswerte der Kulturen sind in diesem Fall zu reduzieren.

Bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern sind selbstverständlich die anerkannten Regeln der guten

fachlichen Praxis zu beachten. Neben einer modernen, emissionsmindernden Ausbringungstechnik spielt hierbei auch der Zeitpunkt der Ausbringung eine große Rolle. Ideal ist die Ausbringung unmittelbar vor der Bodenbearbeitung, z.B. vor der Pflugfurche zur Bestellung. Ansonsten kommt die Ausbringung bei feuchtkühler Witterung in Frage, wobei eine Ausbringung im Herbst i.d.R. eine geringere N-Düngungswirkung sowie ein erhöhtes Risiko für N-Auswaschungsverluste erwarten lässt als eine Ausbringung im Frühjahr. Eine ausreichend große Güllelagerkapazität ist somit von zentraler Bedeutung.

Der Wert von Gülle kann auch monetär erfasst werden: als „Mineraldüngeräquivalente“, also Mineraldünger, der durch Gülle substituiert werden kann.

Auf der Kostenseite kommen die erheblichen Maschinen- und Dieselposten für den Transport und die Ausbringung der Gülle zum Tragen. Dazu ein Beispiel:



N-Gehalt (Gesamt-N) von 20 m <sup>3</sup> Rindergülle	
3,5 kg N x 20	70 kg N
Mineraldüngeräquivalente (80% des Gesamt-N bei langjähriger Gölledüngung)	
70 kg N x 0,8	56 kg N
Gegenwert bei einem Preis von 0,55 Euro/kg Mineraldünger-N	
56 kg N x 0,55 €	30,80 €
variable Kosten der Gölleausbringung (durchschnittlich)	
20 m <sup>3</sup> x 1,50 €	30,00 €

Erfolgreiche Unternehmer achten darauf, dass sie mit allem, was sie tun, Geld verdienen! Bei einer Ausbringungsmenge von 20 m<sup>3</sup> Gölle je Hektar fallen rund 30 Euro variable Kosten (Maschinen- und Dieselkosten) an, bei kleinen Schlägen und großen Transportentfernungen sogar deutlich mehr! Dem steht ein Gegenwert von ebenfalls ca. 30 Euro gegenüber. Da die Gölle in jedem Fall vorhanden ist und ausgebracht werden muss, ist es aus der ökonomischen Vernunft heraus dringend angebracht, den Gegenwert der Gölle „mitzunehmen“, also durch einen optimalen Ausbringungszeitpunkt sowie emissionsmindernde Technik einen möglichst hohen N-Ausnutzungsgrad zu erzielen und die mineralische N-Düngung entsprechend zu reduzieren. So kann das unvermeidbare Göllefahren zu neutralen variablen Kosten gestaltet werden!



Der Kleeernteanteil der Betriebe variierte zwischen 2% (Betrieb 13) und 41% (Betrieb 14). Betrieb Nr. 13 verzichtet praktisch völlig auf eine Kleeernte-Hauptfrucht und stellt die N-Versorgung der Marktfrüchte ausschließlich über Untersaaten, Zwischenfrüchte und zugekaufte organische Handelsdünger wie Federmehl und Kompost sicher. Auch Betrieb Nr. 11 führt organische Handelsdünger zu, v.a. Haarmehlpellets. Diese trugen allerdings, ebenso wie die Wirtschaftsdüngerimporte einiger Betriebe, nur vergleichsweise wenig zur N-Versorgung des Anbausystems bei.

Auch die Stickstoff-Fixierungsleistungen der Kleeerntebestände unterschieden sich erheblich zwischen den Betrieben. Betrieb Nr. 11 erzielte mit häufig gemulchtem Perserklee, im Frühjahr als Blanksaat etabliert, nur geringe Fixierungsleistungen in Höhe von 45-112 kg N/ha. Demgegenüber standen N<sub>2</sub>-Fixierungsleistungen von 160-340 kg N/ha in überjährigen Rotklee- und Rotkleeerntebeständen anderer Betriebe, auf denen in einigen Fällen ein Teil des Aufwuchses abgefahren und verkauft wurde.

Trotz der höheren Produktivität mit sinkendem Hauptfrucht-Kleeernteanteil auf spezialisierten ökologischen Ackerbaubetrieben sind die beobachteten sehr niedrigen oder sogar negativen N-Salden kaum als nachhaltig anzusprechen. Mittelfristig ist bei dauerhaft negativem N-Saldo der Fruchtfolge von einem Rückgang der Bodenfruchtbarkeit auszugehen. Des Weiteren bedeutet ein Verzicht auf eine Kleeernte-Hauptfrucht eine starke Zunahme des Unkrautdrucks, was vor allem auf Betrieb Nr. 13 zu beobachten war. Eine überbetriebliche Verwertung von als Hauptfrucht angebautem Kleeernte, z.B. in der Kooperation mit Futterbaubetrieben, wäre hier eine ökonomisch tragfähige Lösung. Eine solche Kooperation könnte dem ökologischen Ackerbaubetrieb auch größere Mengen an Wirtschaftsdünger zur Verfügung stellen. Bei Betrieben, die einem der Anbauverbände des ökologischen Landbaus angehören, sind Wirtschaftsdünger von konventionellen Betrieben jedoch nicht zulässig, was die Möglichkeiten solcher Kooperationen begrenzt.

### Fazit

**N-Saldo und Produktivität spezialisierter ökologischer Marktfruchtbetriebe werden wesentlich vom Flächenanteil und der Stickstoff-Fixierungsleistung des Kleeerntes bestimmt. Die Mehrzahl der Betriebe weist sehr niedrige oder negative N-Salden auf, was die Nachhaltigkeit dieser Anbausysteme mittelfristig beeinträchtigen dürfte.**

## N-Salden von Milchvieh-Futterbaubetrieben

Auf den Milchvieh-Futterbaubetrieben zeigt sich ein ähnliches Bild wie auf den Marktfruchtbetrieben, wenngleich auf deutlich höherem N-Niveau:

eine große Variation zwischen den Betrieben, welche das in der Praxis realisierbare Optimierungspotenzial aufzeigt, sowie signifikant geringere N-Überschüsse auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben (Abbildung A2).

Aufgrund der Unsicherheitsfaktoren in der Feld-Stall-Bilanz (z.B. Höhe der Futtermittelaufnahme auf der Weide, tatsächlich geerntete und tatsächlich verbrauchte Silomengen und Silagequalitäten, Höhe der N-Ausscheidungen der Tiere, siehe S. 16) beziehen sich die folgenden Abschnitte ausschließlich auf die Hoftorbilanz (Abbildung A2.a).

Die Ursachen für die Ausprägung der N-Salden der untersuchten Milchvieh-Futterbaubetriebe sind vergleichsweise komplex. Hierbei ist es von großer Bedeutung, Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu analysieren, um Scheinkorrelationen von tatsächlichen direkten Effekten zu trennen.

### Konventionelle Milchvieh-Futterbaubetriebe

Folgende Faktoren besitzen einen statistisch signifikanten Effekt auf die Höhe des N-Saldo ( $r$ : Korrelationskoeffizient nach PEARSON, empirische Korrelation als Summe direkter und indirekter Effekte):

1. **N-Ausscheidungen je Flächeneinheit**  
 $r = 0,93^{**}$
2. **Mineralische N-Düngung je Flächeneinheit**  
 $r = 0,80^*$

(\* , \*\*): signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  von 5% bzw. 1%)

Dies sind die „großen Räder“, die im Sinne einer Reduzierung hoher N-Salden bewegt werden müssen, und zwar durch Drehen an den „kleinen Rädern“, also den Managementfaktoren, welche auf die „großen Räder“ wirken und so indirekt auf die N-Salden Einfluss nehmen:

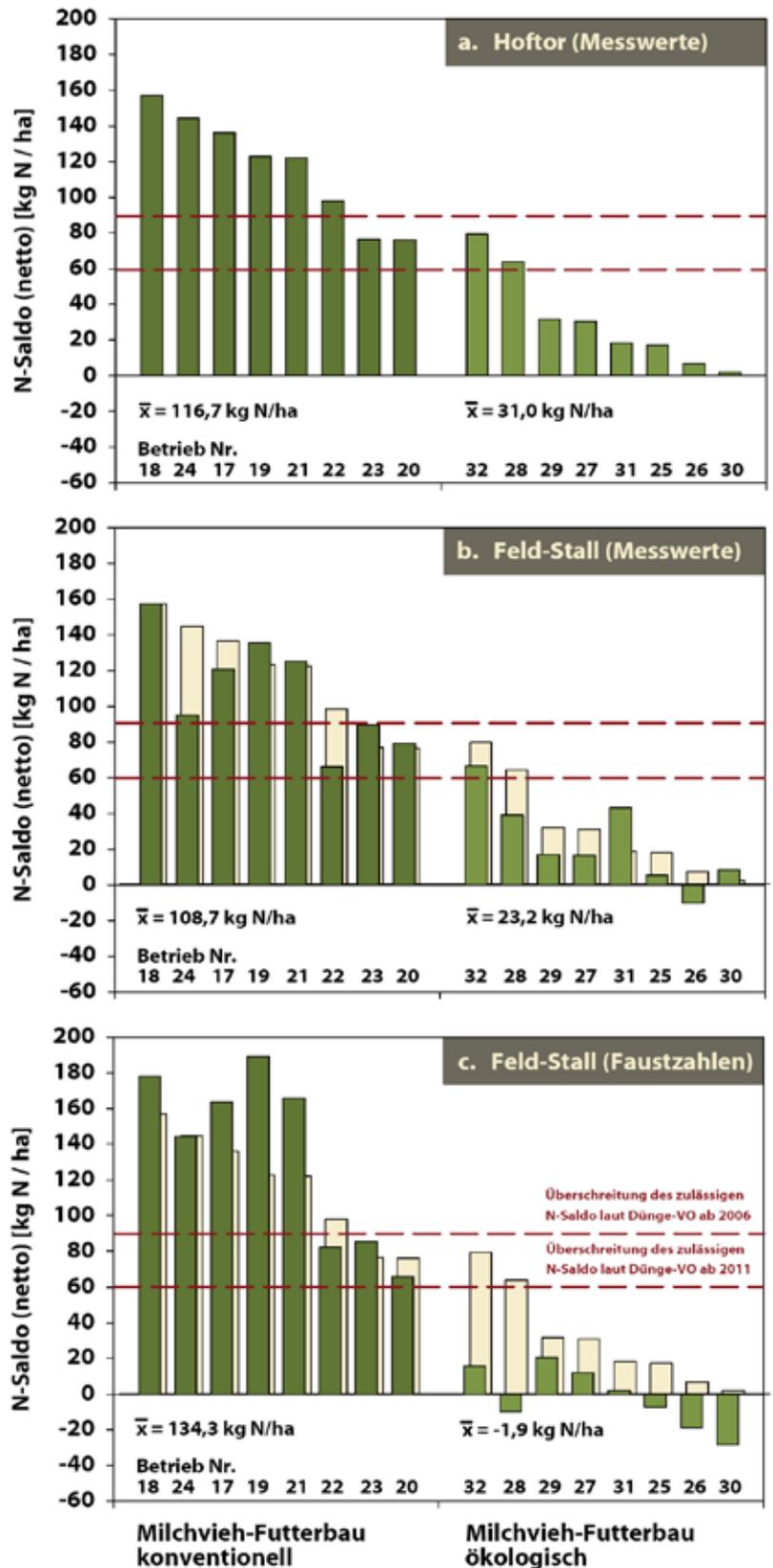
- Viehbesatz je Hektar
- Remontierungsrate
- Kraftfuttereinsatz
- Milchleistung
  - wirken auf die Höhe der N-Ausscheidungen
- Bemessung des N-Bedarfs der Kulturen
- Anrechnung der Wirtschaftsdünger
  - wirken auf die Höhe der N-Düngung

#### zu 1.: Viehbesatz und Herdenmanagement

Der Viehbesatz eines Betriebes ist im Wesentlichen durch die gegebene Milchquote je Flächeneinheit sowie durch das Vorhandensein von Bullen-, Ochsen- oder Färsenmast als weitere Betriebszweige bestimmt, also durch den Grad der Speziali-

Abbildung A2:  
N-Bilanzsalden der konventionell und ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe (Mittel der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05, netto nach Abzug der NH<sub>3</sub>-Verluste):

- a. Hoftor-Bilanzsalden (Messwerte für die N<sub>2</sub>-Fixierung)
- b. Aggregierte Schlagbilanzsalden (Messwerte für N<sub>2</sub>-Fixierung und Futtererträge, beige Säulen: Hoftor-Bilanzsalden zum Vergleich)
- c. Aggregierte Schlagbilanzsalden (Faustzahlen für N<sub>2</sub>-Fixierung und Futtererträge, beige Säulen: Hoftor-Bilanzsalden zum Vergleich)



sierung auf Milcherzeugung und Mast. Diese Faktoren sind auf einem Betrieb weitgehend konstant. Bei vergleichbarem Viehbesatz unterscheiden sich einzelne Betriebe im N-Saldo allerdings um bis zu 47 kg N/ha (Tabelle A2). Dieses Optimierungspotenzial bei gegebenem Viehbesatz wird durch die betriebsinterne Gestaltung der Produktionsabläufe in Pflanzenbau und Tierhaltung realisiert.

### Remontierungsrate

Die Jungrinderaufzucht ist die ineffizienteste Form der Stickstoffverwertung. Je nach Haltungsverfahren (Grünland, Ackerfutterbau mit/ohne Weidegang) werden nur 9-15% des aufgenommenen Stickstoffs im Tier festgelegt, der Rest wird „nutzlos“ wieder ausgeschieden. Je erzeugter Färsen summiert sich die N-Ausscheidung auf 96-135 kg N (bei einem Erstkalbealter von 27 Monaten). Liegt das Erstkalbealter bei 30 Monaten oder mehr, so wäre eine Absenkung auf 26-27 Monate sinnvoll, verspricht jedoch nur einen vergleichsweise geringen Effekt auf die Menge des ungenutzt ausgeschiedenen Stickstoffs. Effektiver ist die Reduzierung der Anzahl aufgezogener Färsen, also die Senkung der Remontierungsrate und der Verkauf nicht benötigter Färsen. Remontierungsraten von über 35% (auf 5 von 8 konventionellen Milchvieh-Futterbaubetrieben, vgl. Tabelle A2) sind deutlich zu hoch. Um das genetisch vorhandene Leistungspotenzial der Milchkühe auszunutzen, ist besonderer Wert auf die Tiergesundheit zu legen. Tabelle C4 (S. 66) zeigt, dass Euterkrankheiten, Unfruchtbarkeit und Klauenprobleme die häufigsten Abgangsursachen auf den Projektbetrieben

sind. Nicht zufrieden stellende Milchleistungen liegen direkt oder indirekt in diesen Krankheitskomplexen begründet. Diese wiederum hängen von der Fütterung, der Stall- und Weidehygiene, der Qualität der Tierbetreuung, sowie einer Reihe potenzieller Stressfaktoren für die Tiere ab. Ob die auf den Betrieben festgestellte positive empirische Korrelation zwischen Remontierungsrate und Milchleistung ( $r = 0,35$ ; n.s.) auf den negativen Einfluss von Krankheitskomplexen auf die Milchleistung oder auf eine Selektion auf Leistung bei einer weitgehend gesunden Herde zurückzuführen ist, kann noch nicht abschließend geklärt werden.

### Krafftuttereinsatz

Der Einsatz von Krafftutter-Stickstoff je kg produzierter Milch (Tabelle A2) ist hoch signifikant ( $r = 0,89^{**}$ ) negativ mit der N-Effizienz der Herde korreliert und ist somit eine weitere wichtige Stellschraube zur Reduzierung der N-Ausscheidungen. Die Milchharnstoff- und Milcheiweißgehalte (Abbildung A3) weisen für die konventionellen Milchvieh-Futterbaubetriebe durchweg eine angepasste Rationsgestaltung aus. Proteinüberschüsse in der Ration traten nur temporär auf wenigen Betrieben auf. Trotzdem zeigen die Unterschiede zwischen den Betrieben im Einsatz von Krafftutter-Stickstoff je kg Milch (8,0-14,8 g N/kg ECM, Tabelle A2) sowie der schwach negative Zusammenhang mit der Milchleistung ( $r = -0,26$ ; n.s.), dass die gleiche oder eine tendenziell sogar etwas höhere Milchleistung auch mit geringerem Einsatz von Krafftutter-Protein zu erreichen wäre (Grundfuttermittelverdrängung). Eine Steigerung der



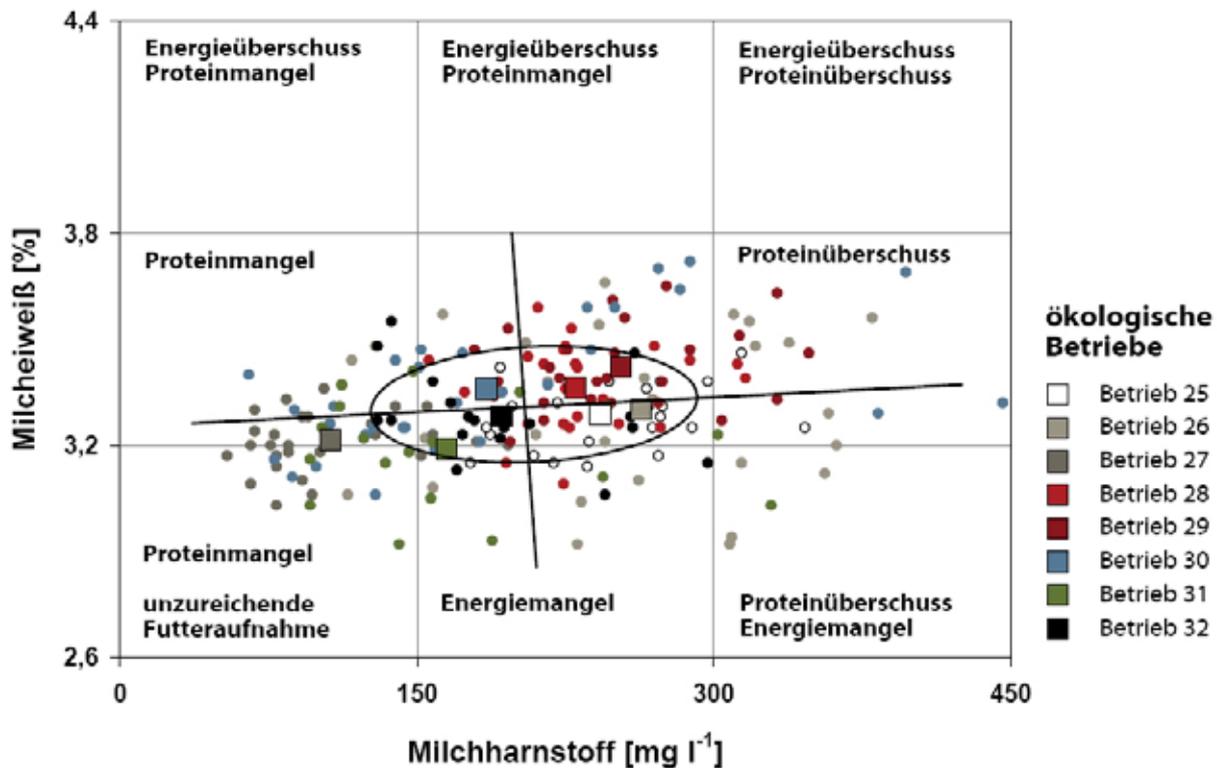
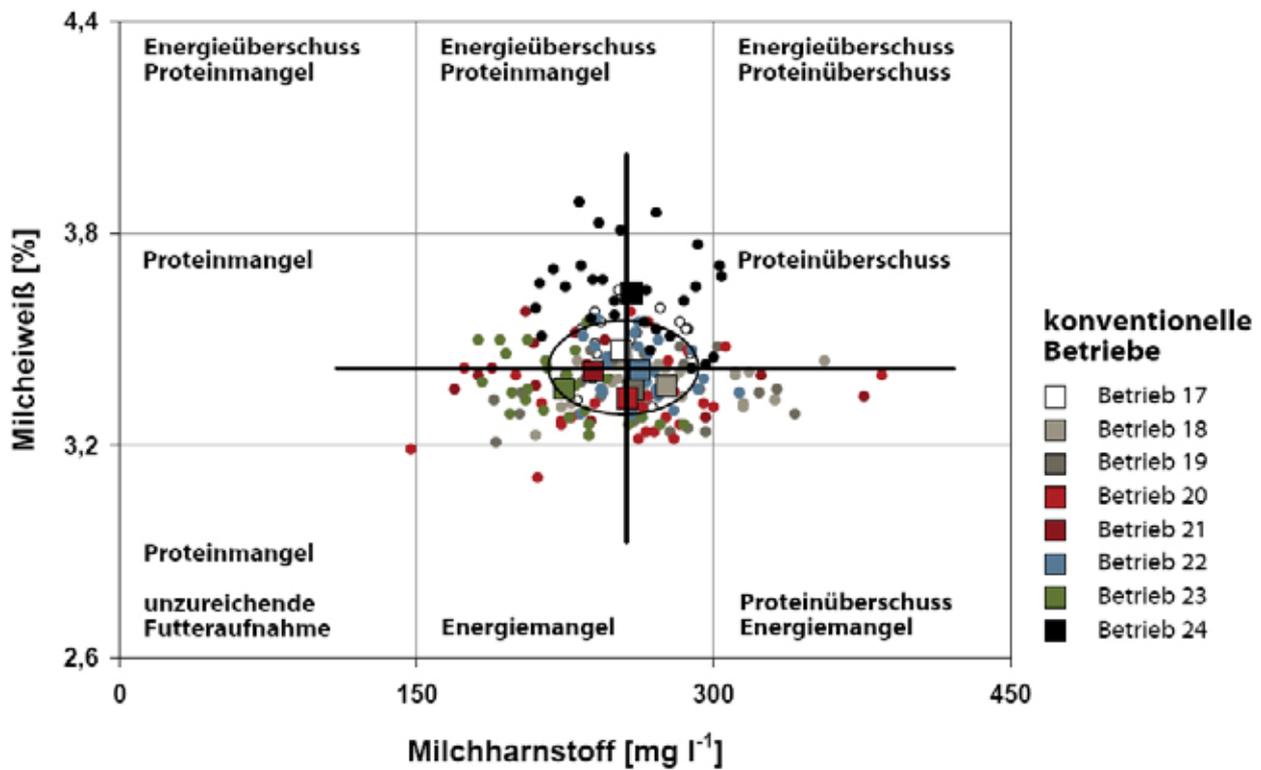


Abbildung A3: Milchharnstoff- und Milcheiweißgehalte der konventionellen (oben) und ökologischen (unten) Milchvieh-Futterbaubetriebe.

Punkte: Monatsmittelwerte der Herde,  
 ausgefüllte Symbole: Mittelwert des Betriebes im Zeitraum Mai 2003 bis Mai 2006.  
 Ellipse: umfaßt die Werte innerhalb der Standardabweichung, Neigung beschreibt den Zusammenhang zwischen Milchharnstoff- und Milcheiweißgehalt (nicht signifikant).  
 Datenquelle: Monatliche Milchleistungsprüfungen des Landeskontrollverbandes (LKV) Schleswig-Holstein.



Grundfutterleistung reduziert somit indirekt den N-Saldo des Betriebes. Eine einwandfreie Qualität des Grundfutters ist hierfür eine Grundvoraussetzung, ebenso wie der punktgenaue Einsatz von Kraftfutter unter Berücksichtigung der Faktoren, welche verhindern, dass die tatsächliche Milchleistung unter der mit der eingestellten Ration rechnerisch erreichbaren Milchleistung liegt. Diese Faktoren sind vor allem in den Bereichen der Tiergesundheit und der Ausgestaltung der Haltungsverfahren zu suchen.

Betrieb Nr. 20, der sich durch exzellentes Herdenmanagement und optimale Gestaltung der Haltungsbedingungen im Stall und auf der Weide auszeichnet, zeigt, dass Remontierungsraten von ca. 25% realisierbar sind, und dass der Kraftfuttereinsatz im Vergleich zu anderen Betrieben deutlich reduziert werden kann. Dies zahlt sich auch ökonomisch aus, da Zuchtfärsen verkauft, erhebliche Mengen an Kraftfutter eingespart, und die notwendige Futterfläche des Betriebes reduziert werden kann. Der N-Saldo dieses Betriebes mit 1,25 GV/ha liegt bei nur 76 kg N/ha (Tabelle A2).

## zu 2.: N-Düngung

Die N-Effizienz des Gesamtbetriebes ist negativ ( $r = 0,37$ ; n.s.) mit dem N-Saldo korreliert, was nahezu ausschließlich auf den Effekt der N-Effizienz in der Tierhaltung zurückzuführen ist. Im Pflanzenbau wird die N-Effizienz auf Schlagebene vom Anbauverhältnis der Kulturen auf Betriebsebene überlagert. Des Weiteren ist hervorzuheben, dass zwischen dem Aufkommen an Gülle und der Höhe der mineralischen N-Düngung je Hektar ein positiver empirischer Zusammenhang besteht ( $r = 0,68$ ;

n.s.). Demnach zeichnen sich „intensive“ Betriebe auch dadurch aus, dass sie trotz ihrer höheren vorhandenen Mengen an Güllestickstoff je Flächeneinheit ein höheres mineralisches N-Düngungsniveau realisieren als weniger „intensive“ Betriebe.

Die untersuchten konventionellen Milchvieh-Futterbaubetriebe mit hohen N-Salden haben aufgrund ihres höheren Viehbesatzes einen höheren Maisanteil an der LF, was vor allem auf Kosten des Anteils beweideter Grünlandflächen geht. Mais wird jedoch vergleichsweise N-effizient angebaut. Die Höhe der N-Düngung zu Mais unterscheidet sich nur marginal zwischen den Betrieben. Es sind in erster Linie die Höhe der N-Düngung und die N-Effizienz auf den Grünland- und Marktfruchtflächen, die auf den Betrieben mit hohen N-Salden zu optimieren sind. Jahresmengen von 230-300 kg N/ha durch Mineraldünger sind auf Weiden und Mähweiden der Projektbetriebe nicht die Ausnahme. Dazu kommen die N-Einträge durch Gülle und Exkremate der Weidetiere, so dass die gesamte jährliche N-Zufuhr auf Dauergrünlandflächen z.T. mehr als 400 kg N/ha beträgt. Auch auf den Marktfruchtflächen der konventionellen Milchvieh-Futterbaubetriebe wird der Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern häufig nicht entsprechend der guten fachlichen Praxis in der Düngeplanung berücksichtigt.

Die Vorgehensweise der Anrechnung von Wirtschaftsdüngern in der Düngeplanung ist bereits in Tabelle A1 dargestellt (S. 20). Auf Dauergrünland kann bei regelmäßiger organischer Düngung von einer N-Ausnutzung in Höhe von 70-80% des Güllestickstoffs ausgegangen werden. Je nach Ausbringungszeitpunkt stehen 50-60% bereits in der laufenden Vegetationsperiode zur Verfügung. Die Gülleausbringung nur bei feuchtkühlen Witterungsbedingungen sollte selbstverständlich sein. Eine „Gülleentsorgung“ im Herbst reduziert nicht nur die Ertragswirksamkeit des Güllestickstoffs, sondern erhöht das Risiko von N-Auswaschungsverlusten überproportional. Auch die Beweidung bis in den späten Herbst hinein verursacht über Narbenschäden und erhöhte N-Auswaschung mehr Schaden als Nutzen.

Die N-Sollwerte (mineralische N-Düngung + Wirtschaftsdünger +  $N_{\min}$ ) für Dauergrünland betragen auf Mineralböden 160-220 kg N/ha (Weiden und Mähweiden) bzw. 240-280 kg N/ha (reine Schnittnutzung). Auf anmoorigen Standorten können bis zu 100 kg N/ha durch Mineralisation aus organischer Substanz freigesetzt werden. Hier ist die N-Düngung entsprechend zu reduzieren. Das gleiche trifft zu, wenn die Grünlandnarbe lückig ist und/oder einen eher geringen Anteil an wertvollen Futtergräsern, v.a. an Deutsch-Weidelgras, aufweist. Dies ist auf einem erheblichen Teil der Praxisbestände der Fall. Die Kartierungen auf über 50 Dauergrünlandflächen der Projektbetriebe zeigen, dass der Ertragsanteil an Deutsch-Weidelgras (*Lolium perenne*) im Durchschnitt der konventionell bewirtschafteten Flächen nur 48% beträgt. Die Gemeine Rispe (*Poa trivialis*) hat einen Ertragsanteil von durchschnittlich 20%, der Rest verteilt sich auf andere Gräser-, Kräuter- und Leguminosenarten. Nur weidelgrasreiche, dichte Narben können hohe N-Gaben effizient in Ertrag umsetzen. Der

Grünlandpflege sowie einer angepassten Nutzungsintensität kommt im Hinblick auf die Verbesserung der N-Effizienz des Grünlandes eine erhebliche Bedeutung zu.

### Fazit

**Unter der Randbedingung einer gegebenen Milchquote und einer gegebenen Flächenausstattung können die N-Ausscheidungen auf Betriebsebene durch eine verringerte Remontierungsrate sowie eine verbesserte Grundfutterleistung bei reduziertem Einsatz von Kraftfutterprotein abgesenkt werden. Die Tiergesundheit spielt hierbei vermutlich eine wichtige Rolle. Die direkten und indirekten Effekte der Tiergesundheit auf die Höhe des N-Saldo können jedoch nur schwer quantifiziert werden, so dass der Anteil unerklärter Effekte im statistischen Modell vergleichsweise hoch ist.**

**Die Bemessung der Höhe der N-Düngung, insbesondere auf Grünland, sowie die Anrechnung von Wirtschaftsdüngern entsprechend der guten fachlichen Praxis stellt den zentralen Schwachpunkt im N-Management konventioneller Milchvieh-Futterbaubetriebe dar.**

**Die von den N-effizientesten Betrieben erreichten N-Salden (Tabelle A2) zeigen jedoch auch, dass es selbst bei hervorragendem Management für konventionelle Milchvieh-Futterbaubetriebe schwer sein wird, den von der Düngeverordnung ab 2011 geforderten maximalen N-Saldo von 60 kg N/ha zu erreichen. Dieser Zielwert sollte möglicherweise überdacht werden. Mit einem Betriebsmodell wurden daher Optimierungsstrategien**

**simuliert, um die Potenziale und Grenzen auf der Ebene des Gesamtbetriebes abzuschätzen und zu bewerten (siehe S. 38 - 40).**

### Ökologische Milchvieh-Futterbaubetriebe

Die N-Salden der untersuchten ökologischen Milchvieh-Futterbaubetriebe liegen deutlich unterhalb eines Niveaus, welches aus Sicht des Grundwasserschutzes als kritisch einzustufen wäre (Abbildung A2). Neben der fehlenden mineralischen N-Düngung tragen hierzu der im Vergleich zu den konventionellen Betrieben signifikant niedrigere Viehbesatz und der geringere Kraftfuttoreinsatz bei (Tabelle A3).

Die Höhe des N-Saldo ökologischer Milchvieh-Futterbaubetriebe ist zu etwa gleichen Teilen durch die Höhe der N-Ausscheidungen je Flächeneinheit (Viehbesatz, Remontierung, Fütterung) und durch den Anteil an Klee gras in der Fruchtfolge bedingt. Zwischen diesen Parametern besteht eine signifikant positive Beziehung, ebenso zwischen der Milchleistung und dem Klee grasanteil. Anders ausgedrückt: Je größer der Spezialisierungsgrad ökologischer Milchvieh-Futterbaubetriebe, desto höher ist die N-Intensität im Pflanzenbau, da mehr Klee gras angebaut wird, und desto höher sind auch die Milchleistungen (möglicherweise aufgrund besserer Tierbetreuung und Tiergesundheit, vgl. Teilprojekt C).

Die Stickstoff-Fixierungsleistungen der untersuchten Klee grasbestände bewegten sich je nach Bodenart, Ertragsniveau und Kleeanteil zwischen 120 und 450 kg N/ha.



Tabelle A2:

Kennzahlen des Stickstoffkreislaufs der konventionell wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe  
(Mittel der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05)

Betrieb Nr.		17	18	19	20	21	22	23	24	Mittelwert
N-Saldo (Hoftor, netto)	kg N/ha	136	157	123	76	122	98	77	144	117
N-Effizienz Feld <sup>1</sup>	%	53	52	51	55	53	67	53	65	56
N-Effizienz Herde <sup>2</sup>	%	22	23	27	23	21	19	27	18	22
N-Effizienz Gesamtbetrieb <sup>3</sup>	%	28	34	35	31	27	39	39	35	34
Anteil Dauergrünland	% der LF	62	35	33	56	54	43	29	27	42
Anteil Marktfrüchte	% der LF	14	37	36	16	14	33	38	25	27
N-Düngung mineralisch <sup>4</sup>	kg N/ha	134	207	182	91	145	129	123	183	149
Wirtschaftsdünger <sup>4,5</sup>	kg N/ha	174	166	126	119	162	123	95	157	140
Viehbesatz	GV/ha	1,71	1,70	1,23	1,25	1,76	1,28	0,95	1,77	1,46
Remontierungsrate	%	41	35	46	22	34	28	37	40	35
Milchleistung	kg ECM	9393	8388	8994	7852	7895	8753	9636	7412	8540
Kraftfutter-N/Kuh <sup>6</sup>	kg N/Kuh	119,8	90,0	72,0	85,4	84,6	129,4	89,2	101,5	96,5
Kraftfutter-N/kg ECM <sup>6</sup>	g N/kg ECM	12,8	10,7	8,0	10,8	10,7	14,8	9,2	13,7	11,3
Rasse		Holstein-SB	Holstein-SB	Holstein-SB	Holstein-SB	Holstein-SB	Holstein-SB	Holstein-SB	Angler	
Stallsystem		Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	
Weidegang (Kühe)		Tag, Koppelw.	Tag, Standw.	Tag, Koppelw.	Tag und Nacht, Standw.	Tag und Nacht, Koppelw.	Tag, Koppelw.	kein Weidegang	kein Weidegang	
Boden- und Wasserverhältnisse <sup>7</sup>		S-SI, fr.-w.f.	SI-Ls, fr.	S-SI, fr.-w.f.	Sh-S-SI, fr.-f., z.T. nass	Sh-S, fr.-w.f.	Sh-SI-Ls, fr.-f., z.T. nass	Sh-S-SI, fr.-w.f.	S-SI-Ls, fr.-w.f.	

<sup>1</sup> N-Effizienz Feld [%] =  $100 \times (\text{N-Ertrag Marktfrüchte} + \text{eigenes Futtergetreide} + \text{Silage} + \text{Weidegras} + \text{Stroh}) / (\text{Mineraldünger-N} + \text{Wirtschaftsdünger-N}^5 + \text{N aus organischen Handelsdüngern} + \text{N}_2\text{-Fixierung})$

<sup>2</sup> N-Effizienz Herde [%] =  $100 \times (\text{N in Kraftfutter} + \text{Futtergetreide} + \text{Grundfutter} + \text{Weidegras} + \text{Stroh} + \text{Tierzukauf}) / (\text{N-Abfuhr in Milch} + \text{Fleisch})$

<sup>3</sup> N-Effizienz Gesamtbetrieb [%] =  $100 \times \text{N-Import Gesamtbetrieb} / \text{N-Export Gesamtbetrieb}$

<sup>4</sup> im Mittel der Betriebsflächen

<sup>5</sup> netto (nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste von  $\text{NH}_3$ ), einschl. Exkremate bei Weidegang

<sup>6</sup> einschl. selbst erzeugtes und verfüttertes Getreide und Körnerleguminosen

<sup>7</sup> f.: feucht, w.f.: wechselfeucht, fr.: frisch, tr.: trocken

Tabelle A3:

Kennzahlen des Stickstoffkreislaufs der ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe  
(Mittel der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05, Erläuterungen: siehe Tabelle A2)

Betrieb Nr.		25	26	27	28	29	30	31	32	Mittelwert
N-Saldo (Hofter, netto)	kg N/ha	21	7	31	64	32	0	18	79	32
N-Effizienz Feld <sup>1</sup>	%	87	107	83	67	81	87	59	67	80
N-Effizienz Herde <sup>2</sup>	%	19	15	19	15	17	23	29	18	19
N-Effizienz Gesamtbetrieb <sup>3</sup>	%	46	77	33	20	35	73	32	29	43
Anteil Dauergrünland	% der LF	7	21	15	37	54	35	37	26	29
Anteil Marktfrüchte	% der LF	44	67	25	42	11	45	34	20	36
Wirtschaftsdünger <sup>4,5</sup>	kg N/ha	77	41	113	38	105	29	53	108	71
Viehbesatz	GV/ha	0,92	0,53	1,31	0,42	1,27	0,42	0,77	1,27	0,86
Remontierungsrate	%	38	25	37	26	30	21	20	33	29
Milchleistung	kg ECM	7862	4834	7193	6534	6351	5324	5002	6694	6224
Kraftfutter-N/Kuh <sup>6</sup>	kg N/Kuh	71,2	61,1	42,0	44,4	48,0	24,2	27,0	34,0	44,0
Kraftfutter-N/kg ECM <sup>6</sup>	g N/kg ECM	9,1	12,7	5,9	6,8	7,6	4,5	5,4	5,1	7,1
Rasse		Holstein-SB	Deutsche SB	Holstein-SB	Holstein-SB	Holstein-RB	Deutsche SB	Holstein-SB	Holstein-SB	
Stallsystem		Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Laufstall, Gülle	Anbinde-stall	Tretmist-stall	Laufstall, Gülle	
Weidegang (Kühe)		Tag, Koppelw.	Tag, Standw.	kein Weidegang	Tag und Nacht, Koppelw.	Tag und Nacht, Koppelw.	Tag, Koppelw.	Tag, Koppelw.	Tag, Standw.	
Boden- und Wasserverhältnisse <sup>7</sup>		Sl, fr.	Ls-Lt, fr.	Sh-S-Sl, fr.-f., z.T. nass	S-Sl, fr.-w.f.	Sh-S, fr.-f.	Sh-Ls-L, fr.-f., z.T. nass	Sh-S-Sl, fr.-w.f.	Sl-Ls, fr.-w.f.	

In der Regel wird Rotklee gras mit ggf. geringen Anteilen an Weißklee und anderen Kleearten angebaut. Klee grassilage stellt die Grundfutterbasis der ökologischen Milchvieh-Futterbaubetriebe dar. Silomais sowie Getreide/Erbsen-Ganzpflanzensilage spielen eine untergeordnete Rolle. Als Kraftfutterkomponenten kommen im Wesentlichen Getreide, Körnerleguminosen, aber z.T. auch handelsübliche Milchleistungsfutter aus ökologischer Erzeugung zum Einsatz (vgl. Tabelle C2, S. 65).

Die Milcheiweiß- und Milchharnstoffgehalte (Abbildung A3) weisen für zwei der ökologischen Betriebe eine latent im Bereich des Energie- und Proteinmangels liegende Rationsgestaltung aus. Diese zwei Betriebe verfüttern überhaupt keine Proteinträger, sondern lediglich Getreide als „Kraftfutter“. Auf allen ökologischen Betrieben ist eine starke Schwankung der Milchharnstoff- und Milcheiweißgehalte im Zeitablauf zu beobachten. Offensichtlich ist es mit den Futterkomponenten, die im ökologischen Landbau zur Verfügung stehen, schwierig, eine den stetig schwankenden Bedürfnissen der Milchkühe angepasste Ration einzustellen. Auch können die Energie- und Proteingehalte selbst erzeugter Kraftfutterkomponenten im Einzelfall erheblich von Tabellenwerten abweichen, v.a. bei

Körnerleguminosen. Somit ist eine optimale Rationsberechnung nur schwer möglich. In Einzelfällen findet überhaupt keine angemessene Rationsgestaltung statt.

### Fazit

**Die N-Salden ökologischer Milchvieh-Futterbaubetriebe sind vergleichsweise niedrig, und aus Sicht des Grundwasserschutzes i.d.R. unproblematisch. Es besteht für viehschwächere Milchvieh-Ackerbaubetriebe eher die Notwendigkeit, die gegebene N-Intensität zu erhöhen, um die Erträge im Ackerbau wie in der Milcherzeugung zu steigern. Unabhängig vom N-Saldo der Betriebe sind z.T. erhebliche Optimierungsmöglichkeiten im Herdenmanagement und in der Fütterung vorhanden.**

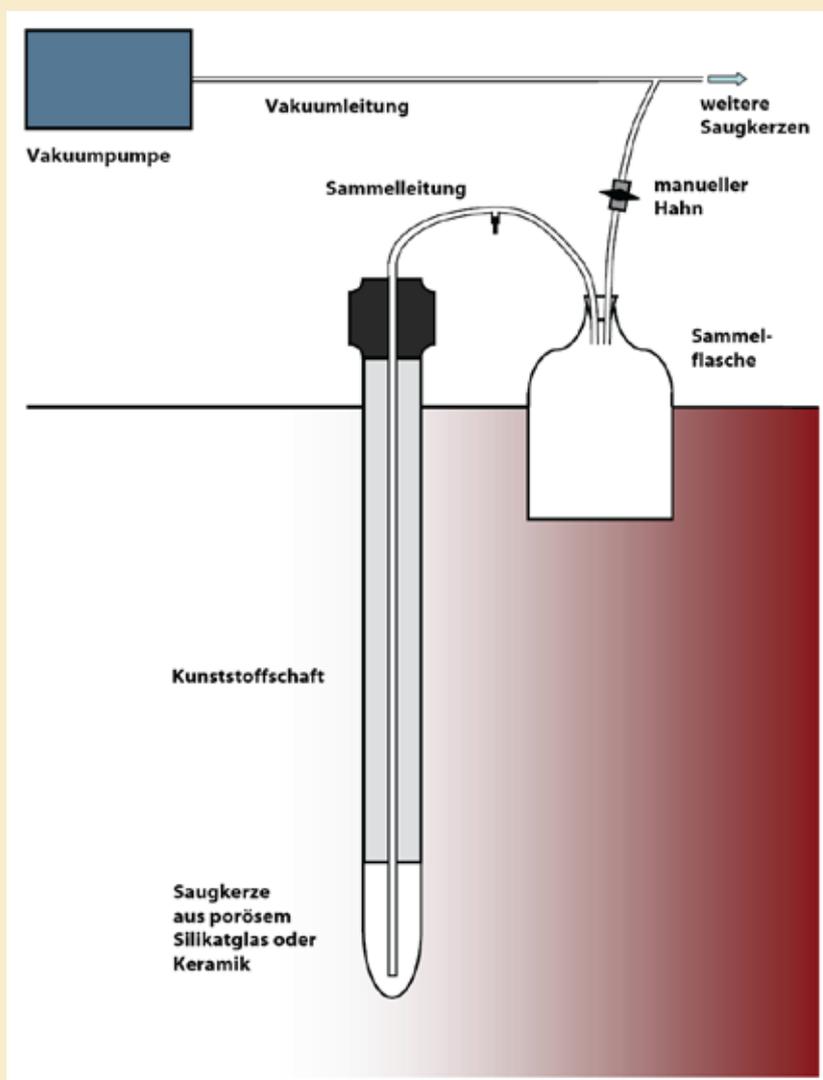
## N-Auswaschung

Auswaschung ist unter Schleswig-Holsteinischen Klima- und Bodenverhältnissen einer der Hauptverlustpfade für Nährstoffe, und ein zentraler Parameter zur Beurteilung landwirt-

### Saugkerzen

Der Einsatz von Saugkerzen ist unter Feldbedingungen die praktikabelste und genaueste Methode, um Stoffflüsse in Böden zu erfassen.

Die Saugkerze, die aus porösem Silikatglas oder Keramik besteht, wird unterhalb des Wurzelhorizonts in ca. 80 cm Tiefe installiert. Über ein Vakuum tritt Bodenwasser in die Saugkerze ein, und wird durch eine Schlauchleitung zur Sammelflasche geführt. Dort wird das Wasser in regelmäßigen Abständen entnommen, und im Labor auf die Konzentrationen an gelösten Stoffen untersucht. Aus den Stoffkonzentrationen und der Menge an Sickerwasser, welche sich aus der täglichen Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung - modifiziert um boden- und bestandesspezifische Parameter - errechnet, ergeben sich die Gesamtfrachten (Mengen) an ausgewaschenen Stoffen während einer Sickerwasserperiode, die unter Schleswig-Holsteinischen Bedingungen je nach Witterung etwa von Oktober/November bis März/April dauert.



schaftlicher Anbausysteme in Bezug auf den Grundwasserschutz. Insbesondere die häufig überhöhten Konzentrationen an Nitrat in Grund- und Oberflächengewässern haben ihren Ursprung zum größten Teil in diffusen Einträgen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Bislang durchgeführte Forschungsarbeiten unter Schleswig-Holsteinischen Klima- und Bodenverhältnissen, so beispielsweise im Rahmen des N-Projektes Karkendamm (Geest, Futterbausysteme) sowie auf den Versuchsgütern Lindhof und Hohenschulen (Hügelland, Ackerbau) durch das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Kiel weisen darauf hin, dass die N-Auswaschung im Futterbau insbesondere unter beweidetem Dauergrünland, und im Ackerbau nach Rapsvorfrucht (konventioneller Ackerbau) sowie nach einem Herbstumbruch von Klee gras (ökologischer Ackerbau) erhöht ist.

Um die Validität dieser Daten, die auf Parzellenebene an nur jeweils einem Standort gewonnen wurden, in der Breite der Standortverhältnisse und Praxisbedingungen zu überprüfen, wurden im COMPASS-Projekt auf repräsentativen Schlägen und Kulturarten während zweier Winter (2004/05 und 2005/06) Messungen der Auswaschung mit der Saugkerzenmethode durchgeführt.

Im COMPASS-Projekt wurden 8 Betriebe für die Messungen mit Saugkerzen ausgewählt:

**Ackerbau**

2 Betriebspaare (konventionell/ökologisch) im Hügelland: Betriebe Nr. 1 (K) und Nr. 9 (Ö) (Kreis Plön) sowie Betriebe Nr. 4 (K) und Nr. 12 (Ö) (Dänischer Wohld).

Beprobt wurden repräsentative Schläge mit **Winterweizen** nach Vorfrucht Raps (konv.) bzw. nach Klee gras (ökolog.), und das jeweilige Fruchtfolgeglied **nach abtragendem Getreide**.

Diese Auswahl lag in der Erwartung begründet, das Fruchtfolgeglied mit der höchsten (nach Raps- bzw. Klee grasvorfrucht) und das mit der geringsten N-Auswaschungsgefährdung (nach dem abtragenden Fruchtfolgeglied) zu erfassen.

**Futterbau**

2 Betriebspaare (konventionell/ökologisch) auf der Geest und im Hügelland: Betriebe Nr. 21 (K) und Nr. 29 (Ö) (Schleswiger Vorgeest) sowie Betriebe Nr. 18 (K) und Nr. 32 (Ö) (Dänischer Wohld).

Als Hauptfutterfrüchte wurden **Dauergrünland** (Mähweide mit einem Siloschnitt als typisches Nutzungssystem), und **Silomais** (in Monokultur auf konventionellen Betrieben, nach Klee grasvorfrucht auf ökologischen Betrieben) beprobt.

**N-Auswaschung im Ackerbau**

**Winterweizen nach Raps bzw. Klee gras**

In der produktionstechnisch bevorzugten Stellung nach Raps- bzw. Klee grasvorfrucht wurde die kritische Nitratfracht, die dem geltenden EU-Grenzwert von 50 ppm Nitrat im Trinkwas-

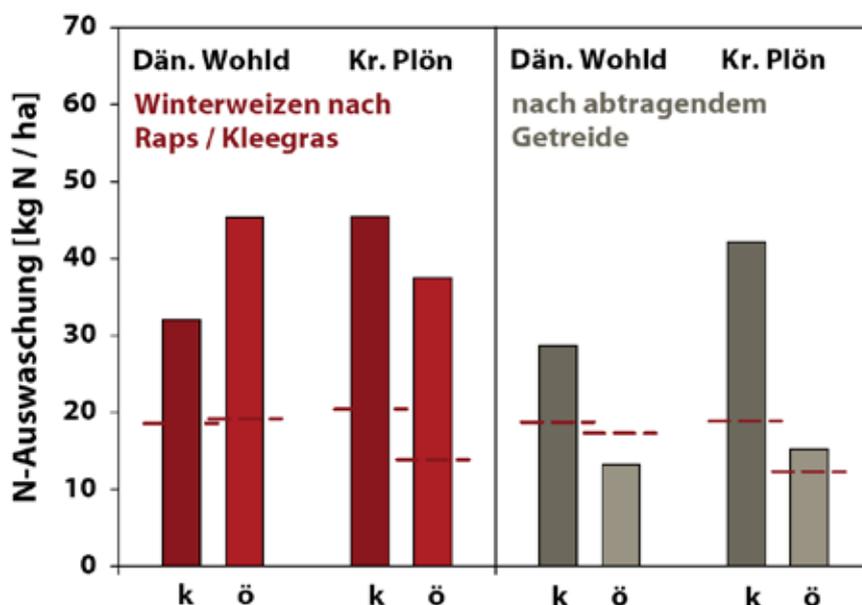


Abbildung A4

N-Auswaschung (Summe aus NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N + organ. N) unter konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerschlägen an zwei Standorten des Östlichen Hügellandes (Mittelwerte der Sickerwasserperioden 2004/05 und 2005/06).

ser entspricht, im konventionellen wie im ökologischen Winterweizenanbau deutlich überschritten (Abbildung A4). Hohe N-Frachten nach einem Herbstumbruch von Klee gras im ökologischen Landbau wurden bereits in früheren Untersuchungen, so z.B. im CONBALE-Projekt auf dem CAU-Versuchsgut Lindhof, festgestellt. Gemulchte Klee grasflächen hinterlassen hierbei höhere N-Restmengen als schnittgenutzte Bestände. Die  $N_2$ -Fixierungsleistungen der mit Saugkerzen beprobten Klee grasbestände (3 Nutzungen, davon 1-2 Mulchgänge und entsprechend 1-2 Schnittnutzungen) bewegten sich zwischen 262 und 339 kg N/ha. Die Stickstoff-Flächenbilanzsalden der ökologisch bewirtschafteten Flächen lagen, einschließlich der  $N_2$ -Fixierung des Klee grasses, in den jeweiligen Vegetationsperioden bei 97-218 kg N/ha und somit über den N-Flächenbilanzsalden der konventionell bewirtschafteten Schläge (63-139 kg N/ha). Die höheren N-Flächenbilanzsalden traten jeweils auf den Betrieben im Kreis Plön (Selenter Seengebiet) auf. Der Herbstumbruch von Klee gras im ökologischen Landbau ist demnach mit vergleichbar hohen N-Auswaschungsverlusten wie der konventionelle Winterweizenanbau nach Rapsvorfrucht verbunden.

Zu berücksichtigen ist allerdings, dass im konventionellen Ackerbau in der Regel ein Anteil von 25-33% Raps in der Fruchtfolge vorliegt. Auf ökologischen Ackerbaubetrieben macht der Anbau von Wintergetreide nach einem Klee gras-Herbstumbruch weniger als 10% der Fruchtfolge aus. Trotz der relativ geringeren Bedeutung dieses Fruchtfolgeglieders stellen die gemessenen N-Auswaschungsverluste nach dem Klee gras-Herbstumbruch einen erheblichen Verlust von Stickstoff dar, der im Betriebskreislauf der ökologischen Marktfruchtbetriebe dringend benötigt wird, wenn man die sehr niedrigen, z.T. sogar negativen, N-Salden der Betriebe berücksichtigt.

### Abtragende Fruchtfolgestellung

Nach abtragendem Getreide lagen die N-Frachten im ökologischen Landbau signifikant unter denen der konventionellen Vergleichsflächen (Abbildung A4). Auf den konventionell bewirtschafteten Flächen traten unerwartet hohe N-Frachten auf, die anhand der N-Flächenbilanzsalden jedoch plausibel sind. Die N-Flächenbilanzsalden des abtragenden Fruchtfolgeglieders (Betrieb Nr. 1: Wintergerste, Betrieb Nr. 4: Stoppelweizen) lagen über denen des Winterrapsanbaus. Dies ist zum einen in der hohen mineralischen und organischen N-Düngung zu Wintergerste und Winterweizen begründet, wodurch bereits erhebliche Mengen an Reststickstoff nach der Getreideernte im Boden verblieben. Zusätzlich erfolgte auf den untersuchten konventionell bewirtschafteten Flächen eine mineralische (Betrieb Nr. 1) bzw. organische Herbstdüngung (Betrieb Nr. 4) zum Winterraps. Insgesamt fielen auf diesen Flächen 230-292 kg N/ha zwischen Februar und Oktober.

Es kann demnach nicht bestätigt werden, dass die höchste N-Auswaschungsgefährdung im konventionellen Marktfruchtanbau generell nach einer Rapsvorfrucht gegeben ist. Vielmehr kommt es auf die einzelbetriebliche Gestaltung der Anbaumaßnahmen an.

### N-Auswaschung im Futterbau

#### Dauergrünland

Unter Dauergrünland traten bei konventioneller Bewirtschaftung höhere N-Frachten auf als unter den ökologisch bewirtschafteten Vergleichsflächen (Abbildung A5). Zusätzlich zur

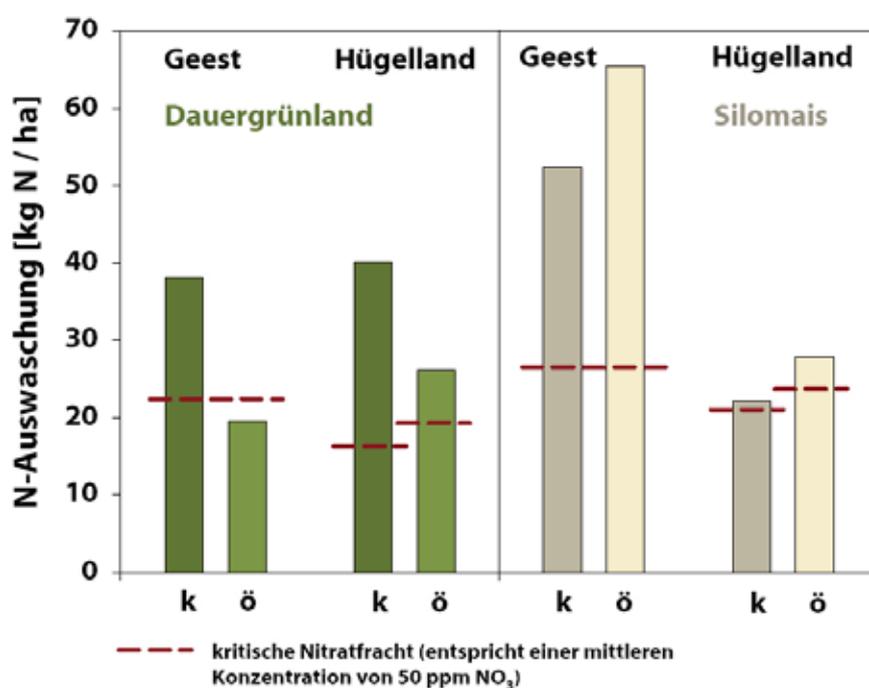


Abbildung A5

N-Auswaschung (Summe aus  $NO_3$ -N +  $NH_4$ -N + organ. N) unter konventionell und ökologisch bewirtschaftetem Dauergrünland sowie nach der Silomaisernte an einem Geest- und einem Hügellandstandort (Mittelwerte der Sickerwasserperioden 2004/05 und 2005/06).

Versuch zum Grünlandumbruch auf einem sehr leichten humosen Sandboden (Foto vom 27. April 2004, unmittelbar nach dem Frühjahrsumbruch).

Vordergrund: Altnarbe,  
Mitte: Grünland-Neuansaat,  
hinten: Sommergerstenansaat.



mineralischen N-Düngung (160-245 kg N/ha) erfolgte auf den konventionell bewirtschafteten Grünlandflächen ein N-Eintrag über Gülle sowie Exkremate der Weidetiere in Höhe von 221-296 kg N/ha, etwa doppelt so viel wie auf den weniger intensiv beweideten ökologischen Flächen. Die N-Düngung lag damit, unter Anrechnung der Wirtschaftsdünger, v.a. auf dem konventionellen Geestbetrieb deutlich über den N-Sollwerten für Mähweiden. Ein signifikanter Standorteffekt war nicht festzustellen, da dieser durch die höhere Beweidungsintensität auf den beiden Betrieben des Hügellandstandortes überlagert wurde. Generell ist zu hinterfragen, ob eine Beweidung bis in den Dezember hinein, wie auf allen vier beprobten Milchvieh-Futterbaubetrieben beobachtet, sinnvoll ist, da neben erheblichen Narbenschäden auch eine erhöhte N-Auswaschung eine zwangsläufige Folge ist.

### **Silomais**

Im Silomaisanbau traten unabhängig von der Bewirtschaftungsform deutlich überhöhte N-Auswaschungsverluste auf (Abbildung A5). Im Gegensatz zum Grünland, wo der Standorteffekt (durchlässigere Böden auf der Geest) durch den Effekt der Beweidungsintensität überlagert wurde, konnten deutliche Standortunterschiede festgestellt werden.

Auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen führten die im Frühjahr vor der Maisbestellung umgebrochene Klee gras-Vorfrucht (121-142 kg N/ha in den pflanzlichen Residuen) sowie hohe Gülle- und Stallmistgaben (60-215 kg N/ha) zu N-Flächenbilanzsalden von 60-230 kg N/ha. Im Dänischen Wohld lagen die ökologischen Silomaiserträge bei 90-100% der konventionellen Erträge, auf der Geest jedoch nur bei 55-75%. In jedem Fall wäre die N-Nachlieferung aus der Klee gras-Vorfrucht ausreichend gewesen, um den N-Bedarf des Silomais zu decken. Zusätzliche hohe Wirtschaftsdüngergaben sind in diesem Fall weder notwendig noch sinnvoll.

Auf den beprobten konventionellen Silomaisflächen lagen nahezu ausgeglichene N-Flächenbilanzsalden vor, welche die gemessenen hohen N-Frachten (Abbildung A5) nicht erklären können. Auf beiden Flächen wurde seit mehr als zehn Jahren ausschließlich Silomais angebaut. Durch die regelmäßige Aufbringung von Wirtschaftsdünger könnte sich hier ein höherer

N-Pool im Boden aufgebaut haben, der durch seine N-Nachlieferung zu den festgestellten hohen N-Frachten beiträgt. Das Ausmaß der N-Nachlieferung aus dem Boden-N-Pool ist allerdings schwer messbar. Auch in der Literatur dokumentierte Exaktversuche konnten hierzu nur selten belastbare Aussagen treffen. Die im COMPASS-Projekt gemessenen C- und N-Gehalte des Bodens lassen ebenfalls keinen eindeutigen Schluss zu, denn auch die restlichen Ackerflächen der konventionellen Milchvieh-Futterbaubetriebe (Marktfrüchte, Ackergras) erhalten regelmäßig Wirtschaftsdünger und weisen vergleichbar hohe N-Mengen im Boden auf.

Im N-Projekt Karkendamm des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau - der CAU Kiel konnte gezeigt werden, dass die Integration von Silomais in eine Futterbau-Fruchtfolge N-Salden und N-Auswaschungsverluste im Futterbau reduzieren kann. Wird Silomais nach einer (Klee)grasvorfrucht angebaut, wird die N-Versorgung des Mais bereits durch den hohen Vorfruchtwert der (Klee)grasnarbe abgedeckt. Durch den Transfer des in der Klee gras- bzw. Ackergrasnarbe akkumulierten Stickstoffs kann die N-Düngung zu Mais deutlich reduziert werden. Aufgrund des höheren Ertragspotenzials von Ackergras/Klee gras gegenüber Dauergrünland wird außerdem eine höhere Produktivität des Fruchtfolgesystems im Vergleich zum praxistypischen System „Dauergrünland und Mais-Monokultur“ erreicht.

Keine der beprobten Silomaisflächen besaß eine wirkungsvolle Winterbegrünung, was die hohen N-Frachten mit erklärt. Auf den konventionellen Betrieben blieben die Maisflächen über Winter schwarz, oder zu spät bestellter Grünroggen war praktisch überhaupt nicht aufgelaufen. Auf den ökologischen Silomaisflächen wurde der Queckenbekämpfung mit dem Grubber der Vorzug vor einer Winterbegrünung gegeben.

### **N-Auswaschung nach Grünlandumbruch**

Um die Auswirkungen des Umbruchs von Dauergrünland auf die N-Auswaschung zu untersuchen, wurde auf einem Futterbaubetrieb auf der Geest ein Versuch angelegt, in welchem 2004 eine über 15 Jahre alte Grünlandnarbe im Frühjahr (Variante 1) und im Herbst (Variante 2) umgebrochen wurde.



### **Grundwasserqualität: die „versteckten“ Vorgänge im Boden**

Stoffe, die durch landwirtschaftliche Flächennutzung in die Böden eingetragen und im Winterhalbjahr ausgewaschen werden, können auf ihrem Weg zwischen Wurzelhorizont und Grundwasser einer Reihe von Um- und Abbauprozessen unterliegen.

Daher können die im COMPASS-Projekt mit Saugkerzen bestimmten Frachten nur für ein Belastungspotenzial, nicht aber für eine tatsächliche Grundwasserbelastung stehen.

#### **Denitrifikation**

Denitrifikation ist der anaerobe, also ohne Sauerstoff stattfindende mikrobielle Abbau des Nitrats im Boden und im Grundwasserleiter. Hierbei können Zwischenprodukte wie  $N_2O$  („Lachgas“) und  $NO_x$  (Stickoxide) sowie das Endprodukt  $N_2$  (elementarer Stickstoff) entstehen. Die zur Denitrifikation befähigten Bakterien können ihre Aktivität unter folgenden Randbedingungen entfalten:

- Vorhandensein von Stickstoffoxiden (v.a. Nitrat)
- Vorhandensein von oxidierbaren Substraten (organische Substanz,  $FeS_2$ )
- sauerstoffarmes oder -freies Milieu
- pH-Wert von 6,2 – 10,2
- Temperatur  $> +5^\circ C$ .

Bei Denitrifikation im Oberboden entsteht vor allem  $N_2O$ , während die Denitrifikation im Unterboden weitgehend vollständig bis zum Endprodukt  $N_2$  stattfindet. Denitrifikation im Oberboden ist daher aus Sicht des Klimaschutzes von großer Bedeutung, da Lachgas ( $N_2O$ ) ein um den Faktor 310 stärkeres Treibhausgas als  $CO_2$  ist. Denitrifikation im Unterboden wirkt sich hingegen auf die Höhe des Nitratreintrags in das Grundwasser aus.

Ein hohes Potenzial für den Abbau von Nitrat ist auf Standorten mit geringem Grundwasserflurabstand und hohen Gehalten an organischer Substanz gegeben, also z.B. auf Geestböden im Randbereich von Mooren oder Niedermooren. Dies war auf den mit Saugkerzen beprobten Flächen der COMPASS-Projektbetriebe auf der Schleswiger Vorgeest der Fall. Unter Berücksichtigung der hohen Stickstoffeinträge vor allem auf den Grünlandflächen dürfte das Denitrifikationspotenzial erheblich gewesen sein. Humusarme Geestböden mit einem tieferen Grundwasserstand bieten diese Bedingungen jedoch nicht, ebenso wenig wie gut drainierte Böden des Hügellandes.

#### **Schutzfunktion der Deckschichten**

Die Bodenschichten oberhalb des Grundwasserleiters besitzen eine wichtige Schutzfunktion in Bezug auf den Eintrag von Stoffen in das Grundwasser. Diese ist für anorganische Substanzen, die keinen mikrobiellen Abbauprozessen unterliegen (z.B. Kalium, nicht aber Nitrat), umso größer, je tiefer der Grundwasserleiter ansteht, und je höher der Anteil von Tonmineralen an der Bodentextur ist (höhere Sorptionsfähigkeit bindiger Böden).

Für umweltrelevante organische Stoffe wie Pflanzenschutzmittel und Antibiotika sind die Schutzfunktionen des Bodens für das Grundwasser sehr komplex und nur schwer abschätzbar. Neben chemischen Prozessen spielt auch hier der mikrobielle Abbau organischer Substanzen eine erhebliche Rolle. Pflanzenschutzmittel und Antibiotika können auch von Humus temporär gebunden werden, bis sie mikrobiell abgebaut sind oder unverändert wieder abgegeben werden. Dies erklärt, warum auch viele Jahre nach dem Ende der Anwendung von z.B. Atrazin dieses Herbizid immer noch im Boden, im Sickerwasser und im Grundwasser gefunden wird.

In der ersten Sickerwasserperiode 2004/05 traten, unabhängig vom Umbruchzeitpunkt, extrem hohe N-Auswaschungsverluste in Höhe von 112-123 kg N/ha auf. Im zweiten Winter nach dem Umbruch waren es nur noch 11-23 kg N/ha. Der Umbruch von Dauergrünland ist demnach auch dann mit sehr hohen N-Frachten verbunden, wenn der Umbruch im Frühjahr geschieht. Die hohen Mengen an organisch gebundenem Stickstoff aus der untergepflügten Narbe können bis zum folgenden Winter nicht annähernd von der Folgekultur (Sommerung oder Grünland-Neuansaat) aufgenommen werden. Im Sinne des Grundwasserschutzes ist daher einer möglichst langen Erhaltung einer produktiven Grünlandnarbe besondere Beachtung zu schenken, so z.B. durch regelmäßige Nachsaat, Weidepflege, und angepasste Nutzungsintensitäten.

### Fazit

**Erhöhte Stickstoff-Auswaschungsverluste im Winterhalbjahr traten unter Praxisflächen in folgenden Fällen auf:**

- konventioneller wie ökologischer Winterweizenanbau nach Raps- bzw. Klee-grasvorfrucht
- abtragendes Fruchtfolgeglied im konventionellen Marktfruchtanbau
- konventionell bewirtschaftetes Dauergrünland, intensiv N-gedüngt und beweidet
- konventioneller wie ökologischer Silomaisanbau, vor allem auf sandigen Flächen der Geest.

**Im Sinne eines flächendeckenden Grundwasserschutzes besteht auf konventionellen wie auf ökologischen Betrieben die Notwendigkeit einer Optimierung des Stickstoffmanagements. Dies betrifft die mineralische wie organische N-Düngung, aber auch weitere Aspekte wie beispielsweise die verstärkte Integration von Silomais in Fruchtfolgen anstelle des Anbaus in Monokultur, sowie der Verzicht auf Beweidung und Gülleausbringung im Herbst.**



## Optimierungsstrategien: eine Systemanalyse

Mit einem in den USA entwickelten Modell lassen sich ganze Betriebe simulieren. So können Betriebe geplant und Managemententscheidungen in ihrer ganzen Auswirkung beurteilt werden.

### Analyse von Effekten auf Betriebsebene mit dem IFSM-Modell

Um die Effekte verschiedener Optimierungsstrategien auf der Ebene des Gesamtbetriebes zu untersuchen, wurde eine systematische Analyse mit Hilfe des IFSM-Modells durchgeführt.

Das IFSM (Integrated Farm System Model) wurde in den USA entwickelt und ist dort seit vielen Jahren in der Beratung im Einsatz. Da das IFSM-Modell insbesondere für Futterbaubetriebe konzipiert wurde, und die Problematik überhöhter N-Salden vor allem auf den konventionell wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetrieben gegeben ist, wurden anhand der Bewirtschaftungsdaten zweier konventioneller Milchvieh-Futterbaubetriebe des COMPASS-Projektes verschiedene Handlungsoptionen analysiert. Bei den dafür ausgewählten Betrieben handelt es sich um die Betriebe Nr. 18 (Hügelland) und Nr. 21 (Geest), da auf diesen beiden Betrieben auch die N-Auswaschung gemessen wurde und sich die Qualität der berechneten Werte somit besser beurteilen lässt.

Allen Simulationen liegen die Randbedingungen einer konstanten Milchleistung, Milchquote und Betriebsfläche zugrunde, also eine Beibehaltung des gegebenen Produktionsniveaus. Es wurden Wetterdaten des jeweiligen Standortes über 10 Jahre verwendet, um in den Simulationen ein langjähriges Mittel abzubilden. Im ersten Schritt wurden folgende Szenarien allein (ohne Änderungen in anderen Bewirtschaftungsmaßnahmen) simuliert (Tabelle A4):

### Optimierung der Tierproduktion:

#### 1. Senkung der Remontierungsrate auf 25%, Erhöhung der Grundfutteraufnahme, Proteinergänzung mit hohem UDP-Anteil sowie Getreide als Energieausgleich

Diese Optimierungsmaßnahmen in der Tierhaltung führen bereits zu einer Verringerung der N-Salden um 19-23 kg N/ha. Es müssen weniger Färsen aufgezogen werden, und die N-Verwertung der Milchkühe wird durch Bypass-Protein erhöht. In Verbindung mit einer verbesserten Grundfutteraufnahme muss deutlich weniger Futterprotein eingesetzt werden als in Rationen, die von Standard-Milchleistungsfutter (18/3 oder 20/3) dominiert sind, womit sich weder das Energie/Protein-Verhältnis exakt einstellen lässt, noch der UDP-Anteil ausreichend hoch ist.

### Optimierung der Pflanzenproduktion:

#### 2. Reduzierung der mineralischen N-Düngung auf standort- und kulturartspezifische N-Sollwerte, Anrechnung der Nährstoffe aus der Gülle sowie des $N_{\min}$ -Vorrates.

Beide Betriebe weisen ein großes Potenzial zur Reduzierung der N-Düngung auf. Durch eine Reduzierung auf N-Sollwerte lassen sich die N-Salden auf 50 bzw. 78 kg N/ha absenken (Tabelle A4). Auch die N-Auswaschung ist dementsprechend deutlich reduziert. Je nach Standort und Betriebscharakteristika (Betrieb Nr. 21 besitzt einen höheren Anteil an Dauergrünland) fallen diese Effekte unterschiedlich stark aus.

#### 3. Futterbau-Fruchtfolge mit Ackergras, Silomais und Getreide

Anstelle eines Teils des Dauergrünlandes sowie Monokultur-Silomais tritt eine Fruchtfolge mit Ackergras, Mais und Getreide. Die positiven Effekte einer solchen Futterbau-Fruchtfolge auf N-Salden und N-Auswaschung im Vergleich zum System „Dauergrünland und Mais-Monokultur“ liegen im N-Transfer vom Ackergras zum Mais (Vorfruchtwert ca. 70 kg N/ha) sowie höheren Erträgen und besserer Futterqualität von Ackergras im Vergleich zum Dauergrünland begründet. Diese Effekte sind im N-Projekt Karkendamm im Versuchsmaßstab nachgewiesen worden, kommen auf der Ebene des Gesamtbetriebes jedoch nicht in voller Stärke zum Tragen, da naturgemäß nicht das gesamte Dauergrünland eines Betriebes in Ackergras umgewandelt werden kann. Trotzdem sind die positiven Effekte bemerkenswert, was auch nicht im Widerspruch zu den auf S. 36 beschriebenen extrem hohen N-Auswaschungsverlusten nach einem Umbruch von Dauergrünland steht. Es benötigt mindestens 7-10 Jahre, bis der organische N-Pool einer Dauergrünlandnarbe annähernd einen Gleichgewichtszustand (sein Maximum) erreicht. In Dänemark sind Fruchtfolgesysteme mit Ackergras oder Klee gras das übliche Anbausystem, Dauergrünland existiert fast nicht. In Deutschland wird die Etablierung von aus ökologischer wie ökonomischer Sicht vorteilhaften Futterbau-Fruchtfolgesystemen jedoch durch das Verbot des Dauergrünlandumbruchs eingeschränkt.

#### 4. Ganzjährige Stallhaltung der Milchkühe

Auf Betrieb Nr. 21 (Geest, hoher Grünlandanteil) können N-Saldo und N-Auswaschungsverluste durch einen Verzicht auf Weidegang der Kühe reduziert werden, allerdings sind die Ammoniakverluste deutlich erhöht, da größere Mengen an Gülle anfallen. Betrieb Nr. 18 (Hügelland) lässt seine Kühe nur auf

**Tabelle A4:**  
*N-Salden (Hofter, netto) und N-Auswaschungsverluste zweier konventioneller Milchvieh-Futterbaubetriebe in unterschiedlichen Managementszenarien (Modellrechnungen mit IFSM über 10 Jahre)*

	<b>Betrieb Nr. 18 (Hügelland)</b>		<b>Betrieb Nr. 21 (Geest)</b>	
	<b>N-Saldo kg N/ha</b>	<b>N-Auswaschung kg N/ha</b>	<b>N-Saldo kg N/ha</b>	<b>N-Auswaschung kg N/ha</b>
<b>Status quo (Ausgangssituation)</b>	<b>172</b>	<b>82</b>	<b>146</b>	<b>102</b>
<b>Einzelne Optionen</b>				
Tierproduktion:				
1. Remontierungsrate 25%, UDP-Ergänzung, Erhöhung der Grundfuttermittelaufnahme	153	74	123	86
Pflanzenproduktion:				
2. Reduzierung der N-Düngung auf N-Sollwerte	50	23	78	47
3. Futterbau-Fruchtfolge mit Ackergras	149	60	124	62
4. Ganzjährige Stallhaltung der Kühe	166	82	125	71
<b>Kombinierte Optionen</b>				
2 + 3 Reduzierte N-Düngung, Fruchtfolge mit Ackergras	50	20	68	30
2 + 3.a Reduzierte N-Düngung, Fruchtfolge mit Klee-gras	41	18	49	23
2 + 4 Reduzierte N-Düngung, ganzjährige Stallhaltung	46	24	61	24
1 + 2 Fütterung u. Remontierung, reduzierte N-Düngung	43	20	72	45
1 + 2 + 3 Fütterung u. Remontierung, reduzierte N-Düngung, Fruchtfolge mit Ackergras	43	21	64	30
1+2+3.a Fütterung u. Remontierung, reduzierte N-Düngung, Fruchtfolge mit Klee-gras	40	19	48	22
1 + 2 + 4 Fütterung u. Remontierung, reduzierte N-Düngung, ganzjährige Stallhaltung	36	17	52	25

einer kleinen Fläche für wenige Stunden am Tag weiden, was diesbezüglich kaum noch Gestaltungsspielraum zulässt.

Allerdings gibt es Gründe, die auf vielen Betrieben für den Weidengang sprechen. Insofern soll diese Option nicht weiter vertieft werden. Es sollte in der Praxis allerdings auf ein optimales Weidemanagement geachtet werden.

### **Kombination der Einzelmaßnahmen**

Im zweiten Schritt wurde die Kombination der beschriebenen Maßnahmen untersucht. Allein durch die Reduzierung der N-Düngung auf N-Sollwerte sowie eine Verbesserung der Remontierungsrate und der Fütterung (Szenarien 1+2, Tabelle A4) konnten in den Modellberechnungen die N-Salden auf 43 kg N/ha (Hügellandbetrieb, wenig Grünland) bzw. 72 kg N/ha (Geestbetrieb, hoher Grünlandanteil) abgesenkt werden. Die N-Auswaschung im Mittel der Betriebsflächen liegt in diesem Szenario bei 20 kg N/ha (Hügelland) bzw. 45 kg N/ha (Geest).

Auf Betrieb Nr. 21 (Geest) lassen sich N-Salden und N-Auswaschungsverluste noch weiter reduzieren, wenn zusätzlich eine Futterbau-Fruchtfolge etabliert wird. Auf Betrieb Nr. 18 (Hügelland) sind eine reduzierte N-Düngung und optimierte Tierhaltung bereits ausreichend, um die „Schallmauer“ zu erreichen, bei der die N-Kreisläufe im Betrieb auf den Punkt genau angepasst sind und keine weitere Einengung mehr möglich ist, ohne das gegebene Produktionsniveau zu gefährden.

Erwähnt werden sollte der Anbau von Klee gras in Fruchtfolgen konventioneller Milchvieh-Futterbaubetriebe. In Dänemark

gängige Praxis, lassen sich dadurch Produktionskosten und Stickstoffverluste reduzieren. Erträge und Futterwert von Klee gras sind mit reinen Grasbeständen vergleichbar. Insbesondere im Spätsommer liegt sogar eine bessere Futterqualität vor als in reinen Grasbeständen. Dies bestätigen sowohl umfangreiche Feldversuche als auch die Beprobungen auf Praxisflächen der COMPASS-Betriebe.

### **Fazit**

**Studien mit dem IFSM-Modell zeigen, dass eine deutliche Reduktion der N-Salden konventioneller intensiv wirtschaftender Milchvieh-Futterbaubetriebe durch in der Praxis problemlos realisierbare Maßnahmen wie die Optimierung der Düngung und der Fütterung möglich ist. Ob die im Modell gezeigten Effekte 1:1 in die Praxis übertragbar sind, kann nur in einer umfassenden Systemanalyse auf Pilotbetrieben überprüft werden. Eine gewisser Toleranzbereich ist unter Praxisbedingungen immer einzuplanen, da sich Pflanzen und Tiere selbstverständlich nicht so exakt steuern lassen wie vom Modell berechnet. Unter Berücksichtigung eines Toleranzbereiches von z.B. 20 kg N/ha deuten die Ergebnisse der Modellstudie an, dass der von der Düngeverordnung ab 2011 geforderte maximale N-Saldo von 60 kg N/ha beim gegebenen hohen Produktivitätsniveau auf den Punkt genau getroffen werden kann, wenn alle Optimierungspotenziale restlos ausgeschöpft werden - aber auch nur dann. Hierfür bedarf es einer Intensivierung der Praxisberatung, aber auch exzellenter Managementqualitäten der Betriebsleiter.**



## Fazit Teilprojekt A: Stickstoffmanagement

In Bezug auf das Stickstoffmanagement spezialisierter Marktfrucht- und Milchvieh-Futterbaubetriebe konnten folgende zentrale Schwachstellen identifiziert werden:

### 1. N-Düngung:

Mangelhafte Düngeplanung (Anrechnung von Wirtschaftsdüngern, Bemessung der Höhe der N-Düngung) auf konventionellen Marktfrucht- und Milchvieh-Futterbaubetrieben.

### 2. Fruchtfolgegestaltung:

Unzureichende N-Versorgung aufgrund geringen Kleeanteils und/oder geringer  $N_2$ -Fixierungsleistungen auf ökologischen Marktfrucht- und Milchvieh-Futterbaubetrieben, fehlende Integration von Mais in Fruchtfolgen (konventionelle Milchvieh-Futterbaubetriebe).

### 3. Remontierung:

Zu hohe Remontierungsraten (v.a. konventionelle Milchvieh-Futterbaubetriebe).

### 4. Fütterung:

Zu hoher Kraftfuttereinsatz (konventionelle Milchvieh-Futterbaubetriebe), mangelhafte Rationsgestaltung (ökologische Milchvieh-Futterbaubetriebe).

Die dokumentierten hohen N-Überschüsse und N-Auswaschungsverluste in den genannten Produktionssystemen zeigen einen dringenden Handlungsbedarf auf. Dieser Handlungsbedarf ist in erster

Linie in der Praxis und der Beratung gegeben. Das COMPASS-Projekt belegt, dass viele Ergebnisse aus Feldversuchen auch unter Praxisbedingungen Gültigkeit haben. Auch wurden einige Schwachstellen im Nährstoffmanagement der Betriebe identifiziert, mit denen in der vorgefundenen Ausprägung nicht zu rechnen war. Die Fakten liegen vor, nun ist die Umsetzung gefordert.

Einige Projektbetriebe zeigen, wie sich eine hohe Produktivität mit effizientem Stickstoffmanagement verbinden lässt. In einer Modellstudie konnte gezeigt werden, dass bereits einfache Maßnahmen wie eine Anpassung der N-Düngung eine starke Reduzierung der N-Überschüsse bewirken können. Um auf der Ebene des gesamten Betriebes, also in allen Bereichen des Pflanzenbaus und der Tierhaltung, konsequent eine höchste Qualität des Managements sicherzustellen, sind jedoch exzellente fachliche Fähigkeiten notwendig.

Dass der von der Düngeverordnung ab 2011 geforderte maximale N-Saldo von 60 kg N/ha für konventionell wirtschaftende Marktfruchtbetriebe auch bei höchstem Ertragsniveau realisierbar ist, konnte von einigen Projektbetrieben belegt werden. Konventionelle Milchvieh-Futterbaubetriebe mit einem Viehbesatz von über 1,3 GV/ha werden diesen Wert jedoch nur schwer erreichen können. Es wäre jedoch schon viel gewonnen, wenn die Betriebe, die heute einen N-Saldo von über 150 kg N/ha aufweisen, diesen auf ca. 80-100 kg N/ha absenken könnten. Dies sollte in der Praxis in jedem Fall realisierbar sein. Wissenstransfer und Beratung können dazu einen wertvollen Beitrag leisten.





*We should all remember that we need **healthy plants**  
in order to have **healthy and happy people.***

*American Phytopathological Society*

## 3

## Teilprojekt B: Pflanzenschutz

Hinrich Hüwing

### **Winterweizenanbau in Schleswig-Holstein: Vergleichende Analyse konventioneller und ökologischer Anbauverfahren**

**Der Verzicht auf Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel im ökologischen Landbau hat erhebliche Konsequenzen für Erträge, Qualitäten und potenzielle ökologische Belastungen. Im COMPASS-Projekt wurde dies am Beispiel des Winterweizenanbaus auf 12 repräsentativen Praxisbetrieben konventioneller wie ökologischer Wirtschaftsweise dokumentiert. Erträge und Backqualitäten waren im ökologischen Winterweizenanbau aufgrund der niedrigeren Stickstoffversorgung generell geringer als auf den konventionellen Vergleichsbetrieben. Die Beikrautreduktion betrug im konventionellen Anbau annähernd 99%, im ökologischen Anbau annähernd 40%. Eine Ertragswirksamkeit der mechanischen Beikrautbekämpfung im ökologischen Winterweizenanbau war nicht gegeben. Der chemische Pflanzenschutz auf konventionellen Betrieben bewirkte eine effektive Befallskontrolle von pilzlichen Erregern und – als biologische Folgereaktion – einen positiven Ertragseffekt. Im Erntegut konnten keine Pflanzenschutzmittelrückstände nachgewiesen werden. Belastungen des Korns mit Pilzgiften durch *Fusarium* spp. blieben aufgrund der Verwendung wenig anfälliger Sorten sowie für den Fusariumbefall ungünstiger Witterung aus. In beiden Wirtschaftsweisen zeichnen sich Optimierungspotenziale im Pflanzenschutzmanagement ab, deren Umsetzung sich ökonomisch wie ökologisch vorteilhaft auswirkt.**

Winterweizen ist auf Ackerbaubetrieben in Schleswig-Holstein die dominierende Kultur. Konventionelle und ökologische Anbausysteme unterscheiden sich dabei grundsätzlich in der Art und Weise der Gestaltung von Anbausystemen, der Nährstoffzufuhr und des Pflanzenschutzes. In der konventionellen Landwirtschaft werden zur Sicherung der Erträge und deren Qualität neben mineralischen Düngemitteln auch synthetische Pflanzenschutzmittel (PSM) wie Herbizide, Insektizide und Fungizide verwendet. Im ökologischen Landbau erfolgt die Nährstoffzufuhr ausschließlich durch die Stickstofffixierung der Leguminosen sowie organische Düngemittel. Eine Reduktion des Befallsdrucks pilzlicher Erreger ist unter den gegebenen Klimaten im ökologischen Landbau eingeschränkt durch Nutzung pflanzenhygienischer (acker- und pflanzenbaulicher) Effekte wie der Fruchtfolge, Saatzeit, Saatstärke, Sorte, und Bodenbearbeitung möglich. Durch die Intensivierung der Anbausysteme in der konventionellen Wirtschaftsweise resultiert als biologische Folgereaktion auf die dichteren Bestände neben einer erhöhten Ertragsleistung ein erhöhter Befallsdruck, der entsprechende Pflanzenschutzmaßnahmen erforderlich macht. Diese sollten nach dem Prinzip des Integrierten Pflanzenschutzes epidemiologisch gezielt durchgeführt werden, um durch geringsten Einsatz an Pflanzenschutzmitteln eine hohe Befalls- und Ertragskontrolle zu erzielen. Nachfolgend werden die auf konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben erzielten Ergebnisse verglichen.

## Wertmindernde Lebensmittelinhaltsstoffe

Wertmindernde Inhaltsstoffe biotischen Ursprungs (Mykotoxine, also Pilzgifte wie z.B. Deoxynivalenol und Zearalenon) besitzen aufgrund ihrer Warmblüttoxizität eine große Bedeutung in der Beurteilung der Eignung von Getreidepartien für die Ernährung von Mensch und Tier. Die Problematik der Belastung des Erntegutes durch Mykotoxine wird primär von der Witterung beeinflusst, kann jedoch durch anbautechnische Parameter (Sorte, Pflanzenschutzmitteleinsatz) reduziert werden. Durch Pilzwachstum an Pflanzenrückständen, insbesondere an Maisstoppeln, den Anbau anfälliger Sorten und durch Niederschläge während der Blüte wird die Infektion mit toxinbildenden Fusariumarten begünstigt. Insbesondere StandortemithohenNiederschlägenwiez.B.dienorddeutschen Küstenregionen weisen ein erhöhtes Risiko für Fusariumbefall der Ähren auf.

Auch Pflanzenschutzmittelrückstände können im Erntegut eine Belastung darstellen. Es ist davon auszugehen, dass dies im ökologischen Landbau aufgrund des Verzichts auf chemischen Pflanzenschutz ausgeschlossen werden kann.

### **Belastung des Grundwassers**

Pflanzenschutzmittel (PSM) stehen durch Nachweise im Grundwasser in der Diskussion. In Schleswig-Holstein wurden im Rahmen der Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit (LANU-Trendmessnetz) verschiedene Wirkstoffe wie z.B. Atrazin nachgewiesen. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen erfolgt der Eintrag von PSM in deutlicher Abhängigkeit von physikalischen wie chemischen Eigenschaften von Wirkstoff und Boden mit dem Sickerwasser in das

oberflächennahe Grundwasser. Neben den klimatischen Verhältnissen und der Entwicklung des Bestandes (Aufwuchs, Wurzelwachstum) spielen die Eigenschaften des Wirkstoffs, der Anwendungszeitpunkt, sowie die Bodeneigenschaften eine entscheidende Rolle für die Verlagerung von PSM in das Grundwasser.

### **Erträge und Qualitäten**

Zentrale Indikatoren für die Leistungsfähigkeit eines Bewirtschaftungssystems sind die Erträge einer Kultur sowie die Qualitätseigenschaften des Ernteguts. Sie ermöglichen, ausgedrückt z.B. durch Inhaltsstoffe und Backeigenschaften, Rückschlüsse auf den Erfolg des Düngungs- und Pflanzenschutzmanagements eines Betriebes.

Bisher liegen keine vergleichenden Daten von landwirtschaftlichen Praxisbetrieben zu den komplexen Zusammenhängen zwischen Anbausystem, Erträgen, Qualitäten sowie potenziellen Rückständen vor. Im Rahmen des COMPASS-Teilprojektes B (Institut für Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) wurden daher auf 12 spezialisierten Marktfruchtbetrieben Schleswig-Holsteins (sechs Betriebspaare mit je einem konventionellen (K) und einem benachbarten ökologischen (Ö) Betrieb) im Winterweizen neben Pflanzenschutzmittelrückständen in Blättern und Korn sowie im Sickerwasser die Mykotoxinbelastung des Ernteguts, das qualitative und quantitative Auftreten der wichtigsten pilzlichen Schaderreger, die Beikrautflora, sowie Ertrags- und Qualitätsmerkmale analysiert.



## Methodische Durchführung der Versuche

### Betriebe und Versuchsvarianten

Auf folgenden 12 COMPASS-Betrieben (siehe Abbildung E2 und Tabellen E1-E2) wurden die unten beschriebenen Versuche in randomisierten Großparzellen auf repräsentativen Praxis-schlägen in den Erntejahren 2004, 2005 und 2006 durchgeführt:

**Betriebe Nr. 1 (K) und 9 (Ö)**

Standort Kreis Plön/Selenter Seengebiet (PLÖ)

**Betriebe Nr. 2 (K) und 10 (Ö)**

Standort Fehmarn/Neu-Oldenburg (FE)

**Betriebe Nr. 4 (K) und 12 (Ö)**

Standort Dänischer Wohld (DW)

**Betriebe Nr. 5 (K) und 11 (Ö)**

Standort Westenseer Endmoränen/Kiel (KI)

**Betriebe Nr. 6 (K) und 14 (Ö)**

Standort Nordfriesland (NF)

**Betriebe Nr. 7 (K) und 15 (Ö)**

Standort Dithmarschen (HE)

Die Versuche wurden in den Winterweizensorten Bussard und Dekan mit folgenden Varianten durchgeführt:

#### Ökologische Wirtschaftsweise:

**Kontrolle 1 (K1):**

völlig unbehandelt (ohne Düngung, ohne mechanische Beikrautbekämpfung)

**Praxisvariante (Pv):**

mit Düngung (betriebsspezifisch), mit mechanischer Beikrautbekämpfung

#### Konventionelle Wirtschaftsweise:

**Kontrolle 1 (K1):**

ohne Düngung; ohne Herbizid-, Insektizid- und Fungizideinsatz (völlig unbehandelt)

**Praxisvariante (Pv):**

mit Düngung (betriebsspezifisch) und mit betriebsspezifischen chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen

**Kontrolle 2 (K2):**

mit Düngung (betriebsspezifisch), ohne Insektizid- und Fungizideinsatz, mit Herbizidanwendung

**Kontrolle 1b (K1b):**

ohne Düngung; ohne Insektizid- und ohne Fungizideinsatz, mit Herbizidanwendung (nicht alle Betriebe)

**Kontrolle 2b (K2b):**

mit Düngung, ohne Insektizid- und ohne Fungizideinsatz, ohne Herbizidanwendung (nicht alle Betriebe, nur im Versuchsjahr 2006)

Mit diesem Versuchsprogramm war es möglich, alle relevanten Parameter in den Bereichen Pflanzenkrankheiten, Beikräuter sowie Erträge und Qualitäten zu erfassen. Zur Erfassung der Witterung wurde an jeden Versuchsstandort eine agrarmeteorologische Messstation im Pflanzenbestand installiert. Sickerwasserproben wurden mit Hilfe von Saugkerzen in den Wintern 2004/05 und 2005/06 aus einer Bodentiefe von 80 cm entnommen.

## Ergebnisse

### Saatzeiten, Saatstärken und Stickstoffdüngung

In der Praxisvariante wurden Aussaattermine, Saatstärken und die Stickstoffdüngung (mineralisch, organisch) betriebsüblich durchgeführt. Die Aussaattermine variierten in der konventionellen Wirtschaftsweise von Anfang September bis Anfang Oktober, in der ökologischen Wirtschaftsweise von Ende September bis Ende Oktober und waren damit im Mittel um drei Wochen verzögert (Tabelle B1). Die Aussaatstärke der Sorte Bussard war gegenüber der Sorte Dekan um 10% reduziert.

Mineralischer Stickstoffdünger wurde im konventionellen Anbausystem mit durchschnittlich 224 kg N/ha gedüngt. Organische Düngemittel wie z.B. Schweinegülle wurden nur vereinzelt eingesetzt. Im ökologischen Landbau lieferte die Vorfrucht Klee-gras die höchsten Stickstoffmengen. Organische Düngemittel wie Gülle und Stallmist wurden nur vereinzelt und in geringen Mengen eingesetzt (Tabelle B1).

Tabelle B1:  
Aussaatzstärken und Saattermine (Sorte Dekan, Mittelwerte der Betriebe)

		2003	2004	2005	2003	2004	2005
		<b>Saatstärke [Körner/m<sup>2</sup>]</b>			<b>Saattermin</b>		
	konventionell	246	302	270	14.09.	30.09.	18.09.
	ökologisch	332	348	343	05.10.	17.10.	11.10.
<b>Mittel der Jahre und Betriebe</b>	<b>konventionell</b>	<b>273</b>			<b>20.09.</b>		
	<b>ökologisch</b>	<b>341</b>			<b>11.10.</b>		
		<b>N-Düngung mineralisch [kg N/ha]</b>			<b>N-Düngung organisch [kg N/ha]</b>		
	konventionell	233	225	217	11	4	0
	ökologisch	–	–	–	5	15	18
<b>Mittel der Jahre und Betriebe</b>	<b>konventionell</b>	<b>224</b>			<b>5</b>		
	<b>ökologisch</b>	<b>–</b>			<b>13</b>		

## Fruchtfolge und Winterweizenanteil

Die ökologisch wirtschaftenden Betriebe weisen eine sehr aufgelockerte, weitgestellte Fruchtfolge auf. Bei durchschnittlich fünf Fruchtfolgegliedern hat Winterweizen einen Anteil von 21% (Abbildung B1), und folgt auf allen untersuchten ökologischen Betrieben dem einjährigen Anbau von Klee gras. Auf den konventionellen Betrieben werden die Fruchtfolgen vom Winterweizen mit durchschnittlich 52% dominiert. Auf einigen Betrieben ist der Anteil mit 66% in der Fruchtfolge

sogar noch höher. Im Wechsel mit Raps, Wintergerste und vereinzelt auch Hackfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben) steht er im konventionellen Anbau jedoch meistens in einer dreigliedrigen Fruchtfolge. Ein höherer Weizenanteil in der Fruchtfolge erhöht den Befall mit pilzlichen Krankheiten während der Vegetation. Demnach kommt der Fruchtfolge als vorbeugende Maßnahme gegen Weizenkrankheitserreger eine bedeutende Rolle zu.

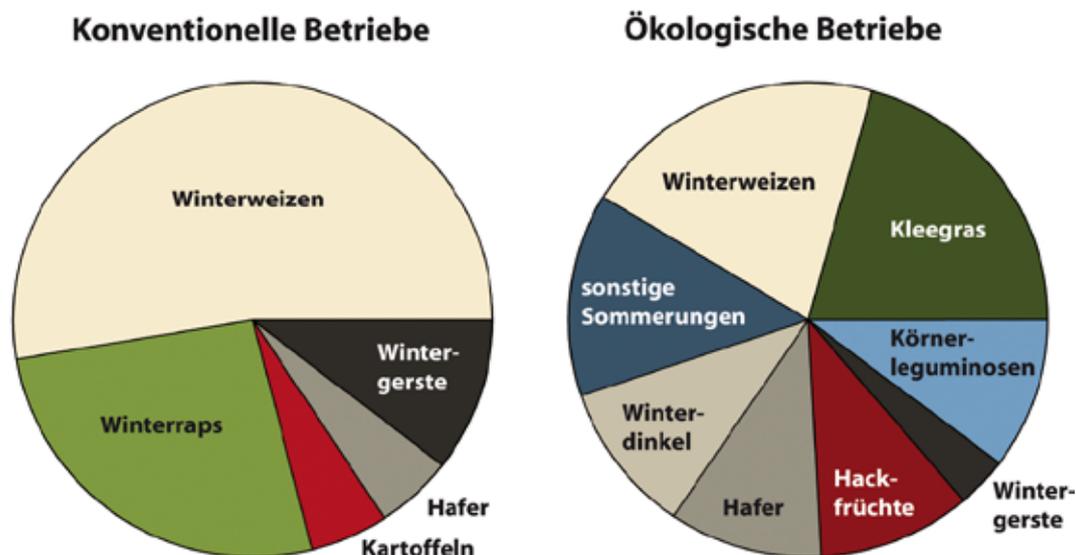


Abbildung B1:  
Fruchtfolgeanteile der Kulturarten auf den untersuchten konventionellen (links) und ökologischen Betrieben (rechts).

## Auftreten pilzlicher Krankheitserreger

Halmbruch (*Pseudocercospora herpotrichoides*, syn. *Helgardia herpotrichoides*), Septoria-Blattdürre (*Septoria tritici*), Echter Mehltau (*Blumeria graminis*) und Braunrost (*Puccinia recondita*) stellen die häufigsten Erkrankungen im Winterweizen dar. In Abhängigkeit von der Witterung und dem Anbauverfahren treten sie unterschiedlich ausgeprägt in Erscheinung und beeinflussen die Höhe der Erträge.

### Halmbruch (*Helgardia* syn. *Pseudocercospora herpotrichoides*)

Der Erreger der Halmbruchkrankheit an Weizen (*Helgardia* syn. *Pseudocercospora herpotrichoides*) zeigte im Untersuchungszeitraum 2005-2006 ein sehr heterogenes Ausbreitungsmuster. Die Mittelwerte des Ausgangsbefalls im Weizenentwicklungsstadium EC 32 schwankten auf den konventionellen Betrieben von 12,7% BSB bis 19,7% BSB (BSB: Befallsstärke). Den

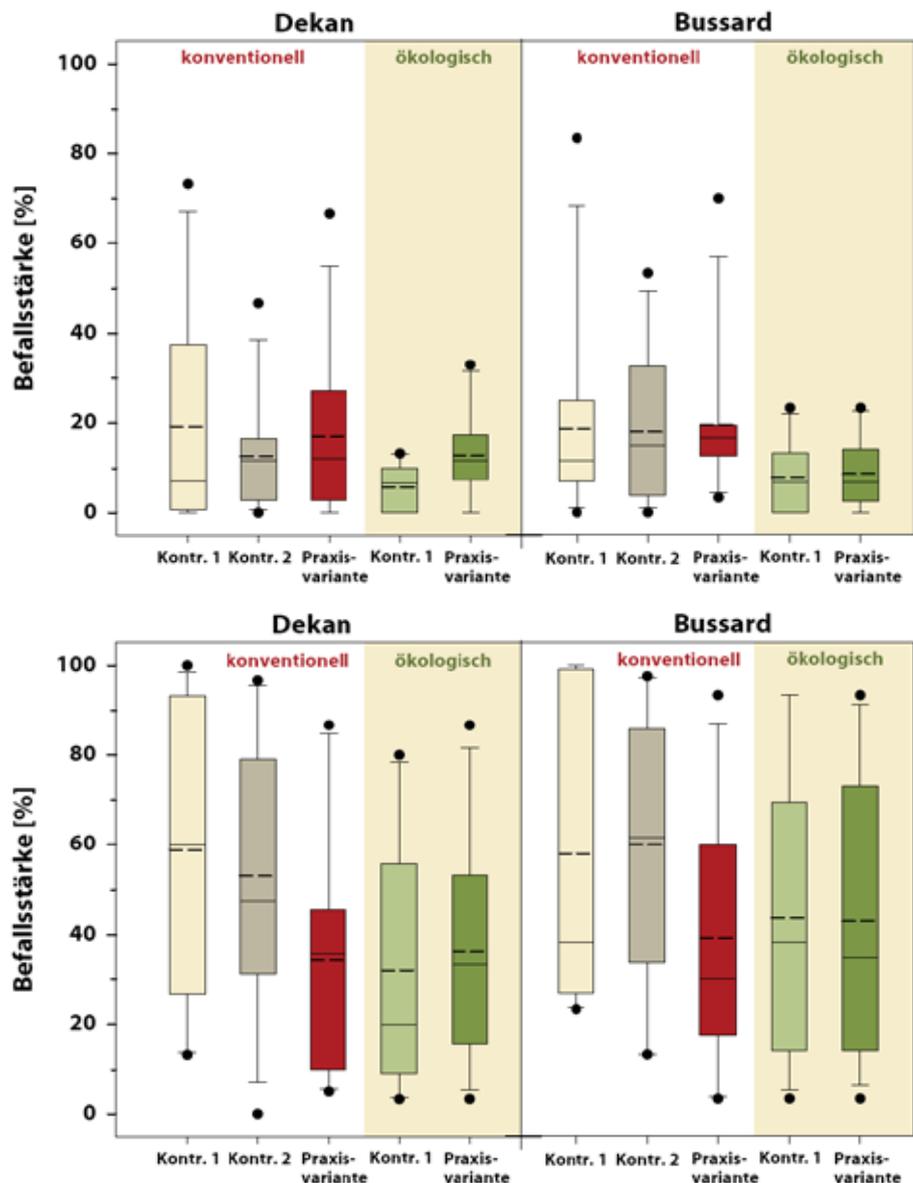
höchsten Wert wies die Kontrolle 1 (K) beider Sorten auf. Die durchschnittlichen Befallsstärken der ökologischen Betriebe lagen mit 5,7% BSB bis 12,8% BSB etwas niedriger (Abbildung B2).

Die über die Gesamtpflanze im Stadium EC 75 gemessenen Befallswerte zeigten deutliche standortspezifische Schwankungen. Die ökologischen Varianten wiesen in diesem Entwicklungsstadium ebenfalls geringere Befallswerte als die konventionellen Vergleichsvarianten auf. Tendenziell war die Sorte Bussard stärker befallen als Dekan (Abbildung B2.b). Die durchschnittlich höheren Befallswerte in den konventionellen Weizenschlägen lassen sich durch den höheren Weizenanteil in der Fruchtfolge dieser Betriebe erklären, da sich im Boden ein erhöhtes Infektionsreservoir bildet. Weiterhin besteht ein Zusammenhang zwischen Saatzeit und Befall. Früh gesäte Bestände wiesen höhere Befallswerte auf als später gesäte.

Abbildung B2: Befallsstärke von *Helgardia* syn. *Pseudocercospora herpotrichoides* im Winterweizen in den Varianten Kontrolle 1 (K1), Kontrolle 2 (K2), und Praxisvariante (Pv), Mittelwerte der konventionellen (K) und ökologischen (Ö) Betriebe.

B2.a (oben): zu EC 32  
B2.b (unten): zu EC 75

Darstellung als „Box-Whisker-Plots“: das Rechteck stellt den Bereich dar, in dem 50% aller Werte liegen, die gestrichelte Linie kennzeichnet das arithmetische Mittel und die durchgezogene Linie den Median, der die Stichprobe in zwei Hälften teilt.



### Septoria-Blattdürre (*Septoria tritici*)

Der den Weizen befallende Pilz *Septoria tritici* konnte schon im Herbst an fast allen Versuchsstandorten nachgewiesen werden. Insbesondere die früh gesäten konventionellen Bestände wiesen schon vor dem Winter einen bedeutenden Befall mit dem Erreger auf. Die in Abbildung B3 dargestellten Summen der Gesamtbefallsstärke (BSB ges.) von *S. tritici* zeigten im Herbst deutliche Unterschiede zwischen den ökologischen und konventionellen Kontrollvarianten. Die um drei Wochen spätere Aussaat der ökologischen Varianten hatte zur Folge, dass sich der Erreger nur vereinzelt auf den jungen Pflanzen vor Winterbeginn etablieren konnte. Die deutlich kräftiger entwickelten konventionellen Bestände wiesen im Herbst höhere Pilzfruchtkörperzahlen (Pyknidien) auf. Im Herbst 2004 (Versuchsjahr 2004/05) lag das Maximum bei annähernd 200 Fruchtkörpern/Pflanze, im Herbst 2005 (Versuchsjahr 2005/06) bei 1270 Fruchtkörpern/Pflanze (Sorte Bussard). Die hoch anfällige Sorte Bussard wies dabei erheblich höhere Werte als die Sorte Dekan (maximal 852 Fruchtkörper) auf. Der Unterschied zwischen den Jahren lässt sich anhand der Witterung erklären. Die überdurchschnittlich warme Witterung im Herbst 2005 bot ideale Voraussetzungen für die Entwicklung des Pilzes auf den früh eingesäten konventionellen Weizenbeständen.

Vergleichend hierzu lag in den ökologischen Varianten ein maximaler Befall von 80 Fruchtkörpern pro Pflanze vor; die meisten Bestände waren befallsfrei (Abbildung B3).

Im Herbst vor allem durch *S. tritici* befallene Bestände wiesen zur ersten Bonitur (EC 32) im Frühjahr ebenfalls einen hohen Befall auf, der sich über die Vegetation bis auf die oberen Blattetagen fortsetzte. Betrachtet man die durchschnittlichen Fruchtkörperzahlen in den Kontrollen des Stadiums EC 75 (Dekan: ~100-250 Pyknidien, Bussard: ~400-500 Pyknidien), so wies *S. tritici* eine schnelle Vermehrung und hohe Schädigung auf (Abbildung B4).

Die durch den Pilz hervorgerufene Nekrotisierung (Verbräunung mit Absterben) der oberen Blattetagen (EC 75) (Abbildung B5) lag in den ökologischen und konventionellen Kontrollen bei 30-60% und erreichte im Zusammenhang mit den hohen Befallswerten (bis 2500 Pyknidien) in einzelnen Varianten Nekrotisierungsgrade von bis zu 100%. Die konventionellen Praxisvarianten wiesen durch die Wirkung der eingesetzten Fungizide mit 8-22% Nekrotisierungsgrad den gesündesten Blattapparat auf, die Pyknidienzahlen wurden um ca. 90% reduziert.

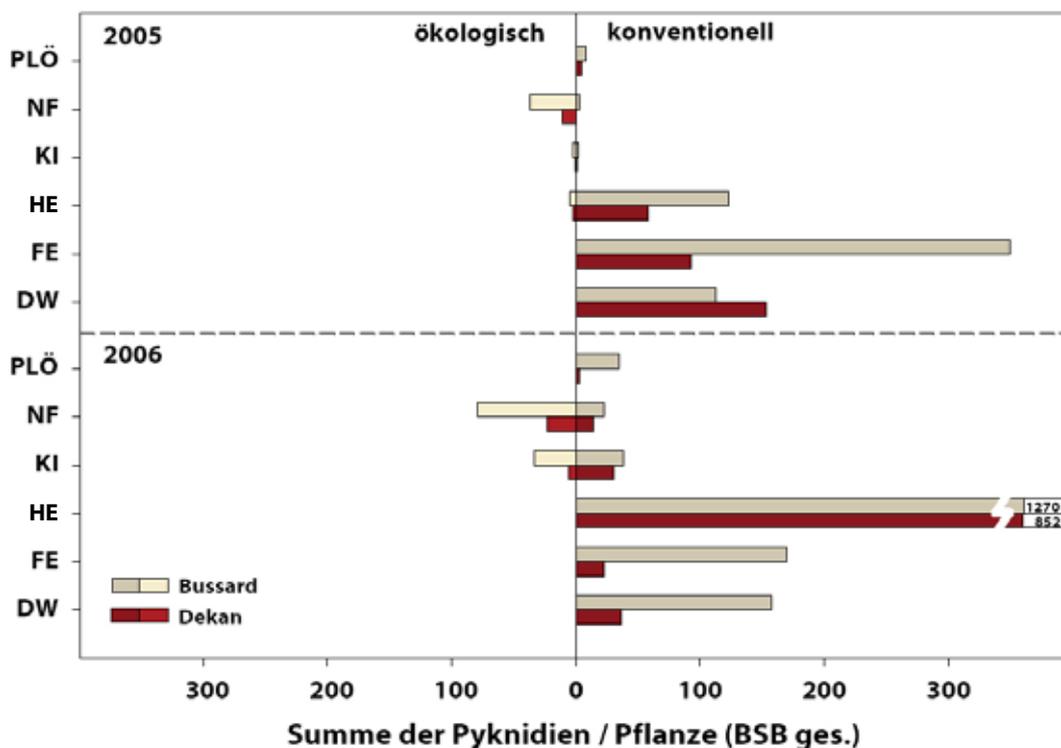


Abbildung B3: *Septoria tritici*-Befall der Kontrollvarianten im Herbst 2004 (Versuchsjahr 2004/05) und im Herbst 2005 (Versuchsjahr 2005/06) auf den untersuchten Betriebspaaren (y-Achse) ökologischer (links) und konventioneller (rechts) Wirtschaftsweisen.

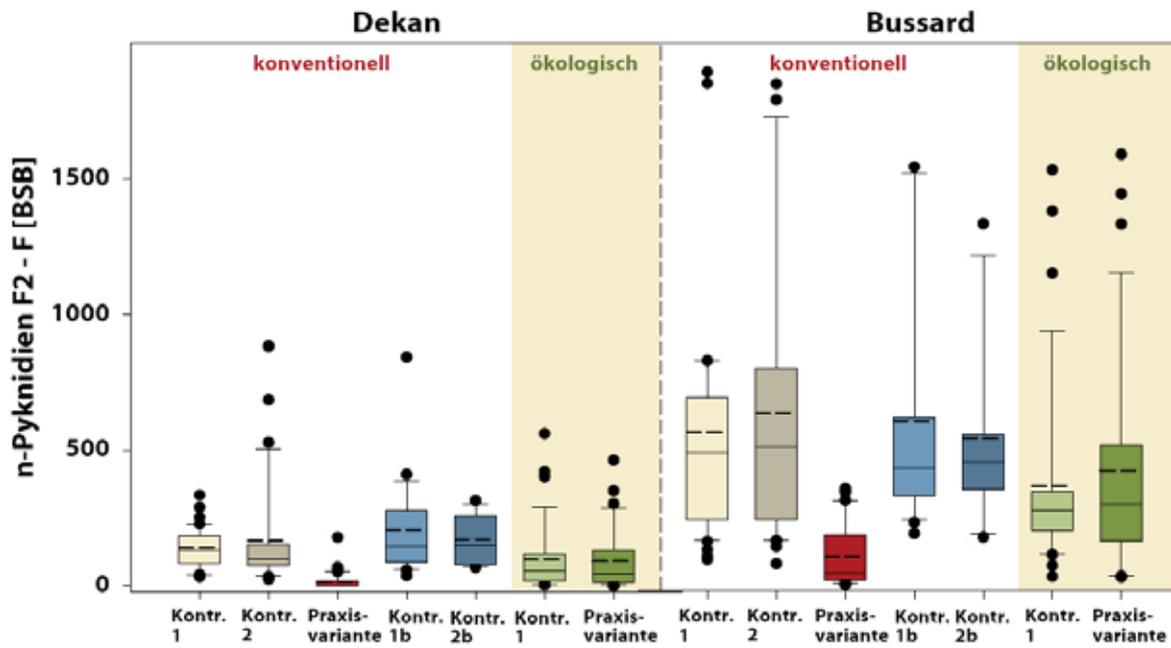


Abbildung B4: *Septoria tritici*-Befall des Winterweizens im Entwicklungsstadium EC 75 auf den Blattetagen F-2 (drittoberstes Blatt) bis F (Fahnenblatt), Mittelwerte der Betriebe und Versuchsjahre.

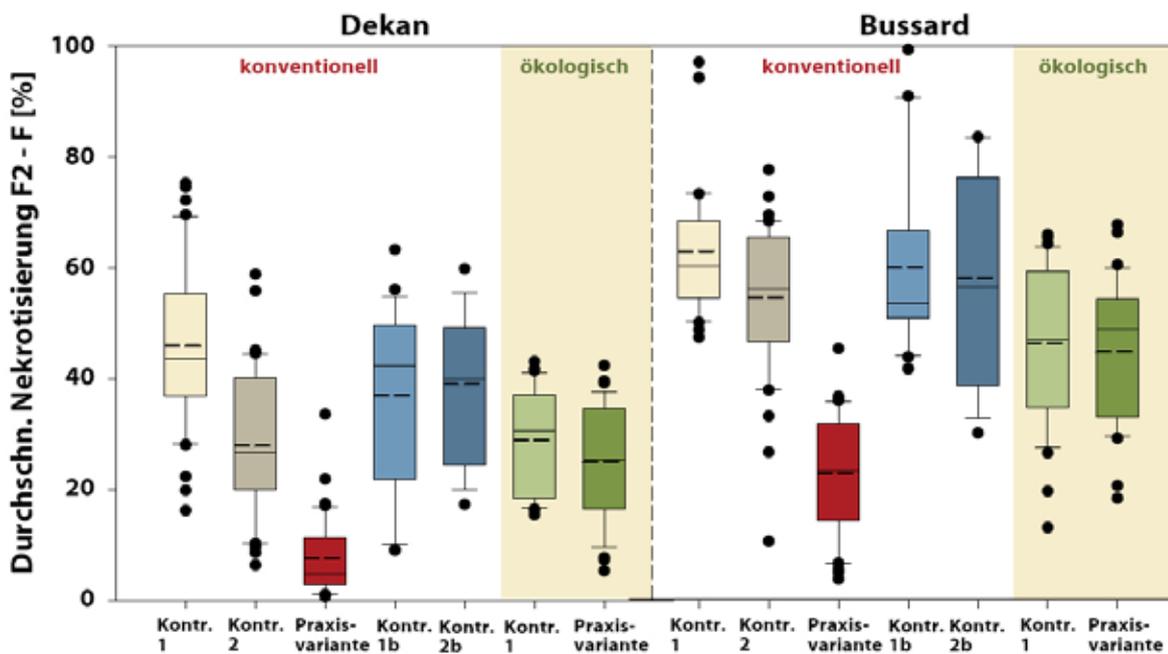


Abbildung B5: Durchschnittliche Nekrotisierung des oberen Blattapparats im Winterweizen (EC 75, Blattetagen F-2 bis F, Mittelwerte der Betriebe und Versuchsjahre).

### Echter Mehltau (*Blumeria graminis*)

Die eingesetzten Sorten wiesen aufgrund ihrer Resistenzeigenschaften nur geringe Befallswerte von *Blumeria graminis* auf. Der Befall war im Herbst regional sehr unterschiedlich. Die Westküstenstandorte wiesen keinen Befall auf, der Befall nahm aber in Richtung Osten zu. Auf Fehmarn war stets die höchste Befallsstärke mit einem Maximalwert von 4,4% BSB zu verzeichnen. Ein früher Saattermin (Mitte September) und die anhaltend warme Witterung förderten den Befall. Die zweithöchste Befallsstärke wurde im Dänischen Wohld, ebenfalls in der konventionellen Variante beider Sorten bonitiert.

Über die Wintermonate reduzierte sich der Mehltaubefall. Im Frühjahr wurde trotzdem an fast allen Standorten ein geringer Befall mit *B. graminis* festgestellt (Ausnahme: Standort Heide). Dieser weitete sich im Versuchsjahr 2005 bis auf die oberen Blattetagen (F-2 bis F) aus. Die Westküstenstandorte waren im Sommer 2005 befallsfrei, die übrigen Standorte wiesen in den ökologischen wie konventionellen Kontrollen einen Befall zwischen 0,7-1,5% BSB auf. 2006 konnte sich der Erreger aufgrund der befallshemmenden trockenen Sommerwitterung nicht auf den oberen Blattetagen etablieren.

### Braunrost (*Puccinia recondita*)

Der Braunrosterreger *Puccinia recondita* trat erst spät in der Vegetationszeit (ab Juni) auf. 2005 war zum Ende der Bonituren ein geringer Befall auf den oberen Blattetagen nachweisbar. Insbesondere die ökologischen Varianten der Standorte Kiel, Plön und Fehmarn waren erhöht befallen. Die konventionellen Kontrollvarianten waren hingegen nicht oder nur sehr gering befallen. Im Versuchsjahr 2006 entwickelte sich bis zur letzten Bonitur ein gegenüber den vorangegangenen Versuchsjahren 2004 und 2005 stärkerer Befall mit *Puccinia recondita*. Im Frühjahr 2006 war zunächst kein Befall festzustellen. Die Befallswerte stiegen jedoch innerhalb kurzer Zeit (ab Anfang Juni) aufgrund der befallsfördernden warmen und trockenen Witterung an, so dass der Braunrost zum Ende der Bonituren (EC 75) an jedem Standort in den Kontrollvarianten nachzuweisen war. Die Sorte Dekan war dabei stärker befallen als die Sorte Bussard. Dies lag an der unterschiedlichen Anfälligkeit der Sorten gegenüber Braunrost. Ein Einfluss des Bewirtschaftungssystems konnte nicht direkt abgeleitet werden. Der Erreger trat im Osten Schleswig-Holsteins verstärkt auf. Die konventionellen Praxisvarianten wiesen mit Fungizideinsatz eine deutlich reduzierte Befallsstärke (-90 %) auf.

### Beikräuter

Die Beikrautpopulationen wurden in der Praxisvariante im Mittel der konventionellen Betriebe um 96%, bei den ökologischen Betrieben um 40% gegenüber der unbehandelten Kontrolle reduziert.

Die Artenvielfalt war auf den ökologischen Flächen (insgesamt 59 Arten, durchschnittlich 10 Arten/Betrieb) höher als auf den konventionellen Flächen (36 Arten, durchschnittlich 6 Arten/Betrieb). Die durchschnittlichen Beikrautdichten (Pflanzen/m<sup>2</sup>) in den unbehandelten Kontrollen unterschieden sich ebenfalls in beiden Anbausystemen (Mittelwert: 115 Pflanzen/m<sup>2</sup> auf konventionellen Flächen, 195 Pflanzen/m<sup>2</sup> auf ökologischen Flächen). Die Beikrautdeckungsgrade lagen im Juni im Mittel bei 21,2% auf den ökologischen Flächen und bei 13,9% auf den konventionellen Flächen. Ein erhöhter Weizendeckungsgrad wirkte sich reduzierend auf den Deckungsgrad der Beikräuter aus (Abbildung B7). Die Etablierung konkurrenzstarker Weizenbestände besitzt demnach eine hohe Bedeutung bei der vorbeugenden Beikrautregulierung.

Allerdings wies die konventionelle Kontrollvariante am Standort Nordfriesland (NF) eine deutlich überdurchschnittliche Beikrautdichte auf, da auf diesem Betrieb ein hohes Vermehrungspotenzial des Ackerfuchsschwanzes (*Alopecurus myosuroides*) gegeben war.

Der Einfluss der Beikräuter auf den Kornenertrag ist in Abbildung B8 für die Kontrollvariante 2b (konventionelle Betriebe) dargestellt (Referenzertrag: 79,6 dt/ha in der Kontrolle 2). Mit einer Zunahme des Beikrautdeckungsgrades um 1% geht eine signifikante Verminderung des relativen Kornenertrages von 0,82% einher.

Die Maßnahmen zur Beikrautregulierung in den unterschiedlichen Anbausystemen unterschieden sich erheblich. Der Erfolg der mechanischen Beikrautregulierung im ökologischen Landbau, insbesondere der Einsatz von Striegelgeräten, hing maßgeblich von den Witterungsverhältnissen ab. Durch die sehr spät einsetzende Vegetation im Jahr 2006, verbunden mit einer schnellen Austrocknung der oberen Bodenschicht, war das Zeitfenster für einen erfolgreichen Striegeleinsatz begrenzt. Bei einem nicht optimalen Striegeltermin konnten daher nur geringe Wirkungsgrade der mechanischen Beikrautbekämpfung erzielt werden. Eine mechanische Beikrautbekämpfung führt jedoch langfristig zu einer Verringerung des Samenpotentials im Boden, andererseits lässt sich aber auch durch die Gestaltung des Anbausystems der Populationsdruck von Beikräutern merklich reduzieren.

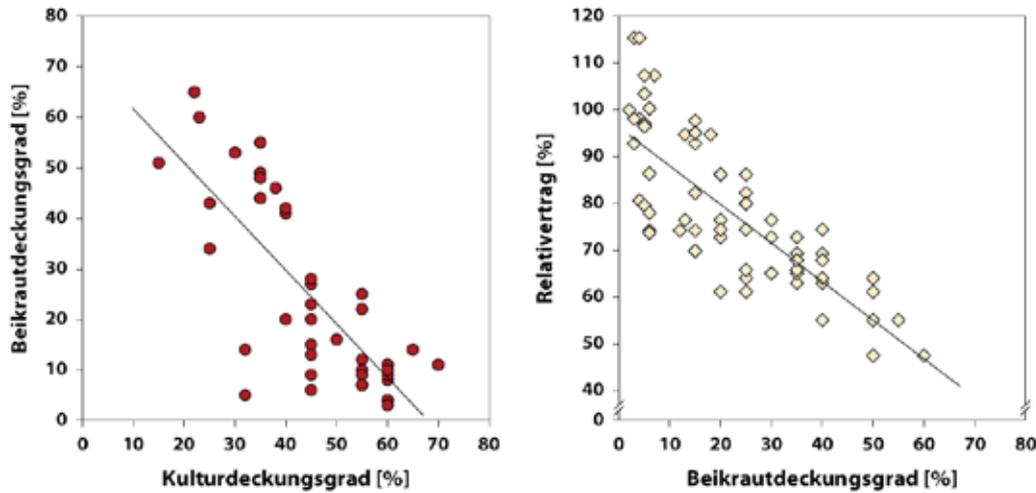


Abbildung B6:

a. (links): Beikrautdeckungsgrad in Abhängigkeit vom Deckungsgrad des Winterweizens (Anfang Juni, EC 39-51),  
 b. (rechts): Relativertrag des Winterweizens in Abhängigkeit vom Beikrautdeckungsgrad in der Kontrollvariante 2b (mit Düngung) der konventionellen Betriebe (mittlerer Ertrag der Kontrolle 2: 79,6 dt/ha = 100%).

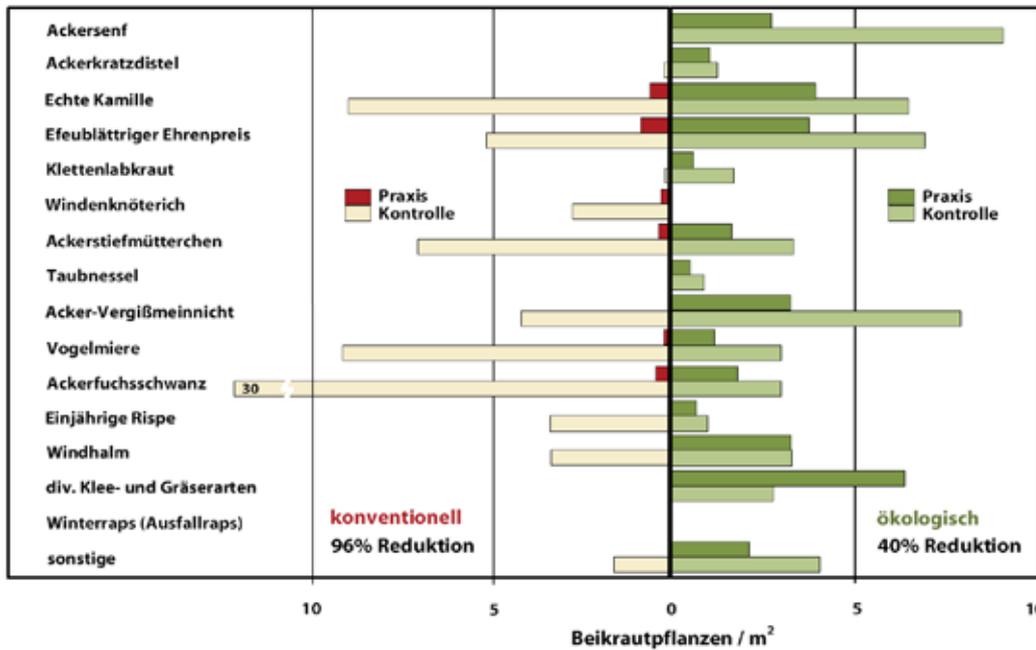


Abbildung B7: Reduktion der Beikrautpopulationen im Winterweizen durch chemische bzw. mechanische Bekämpfung in der Praxisvariante im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Mittelwerte konventioneller und ökologischer Betriebe in den Vegetationsperioden 2005 und 2006).

Die Reduktion der Beikrautdeckungsgrade im ökologischen Winterweizenanbau betrug zur abschließenden Bonitur im Juli 2006 im Mittel 35% (25%-53%), während die chemische Beikrautregulierung auf den konventionellen Flächen in der Praxisvariante die Beikrautdeckungsgrade um 99,5% reduzierte (Abbildung B9). Im Versuchsjahr 2005 konnten vergleichbare Wirkungsgrade erzielt werden. Der Herbizideinsatz der konventionellen Betriebe reduzierte das Vorkommen von Beikräutern im Jahr 2005 um durchschnittlich 96%, die mechanische Beikrautbekämpfung im ökologischen Anbau dagegen um 40%. Auswirkungen der mechanischen

Beikrautregulierung auf den Ertrag wurden nicht festgestellt. Durch Einsatz von Herbiziden im konventionellen System konnte im Durchschnitt ein Mehrertrag von ca. 16 dt/ha (+ 27,5%) realisiert werden.

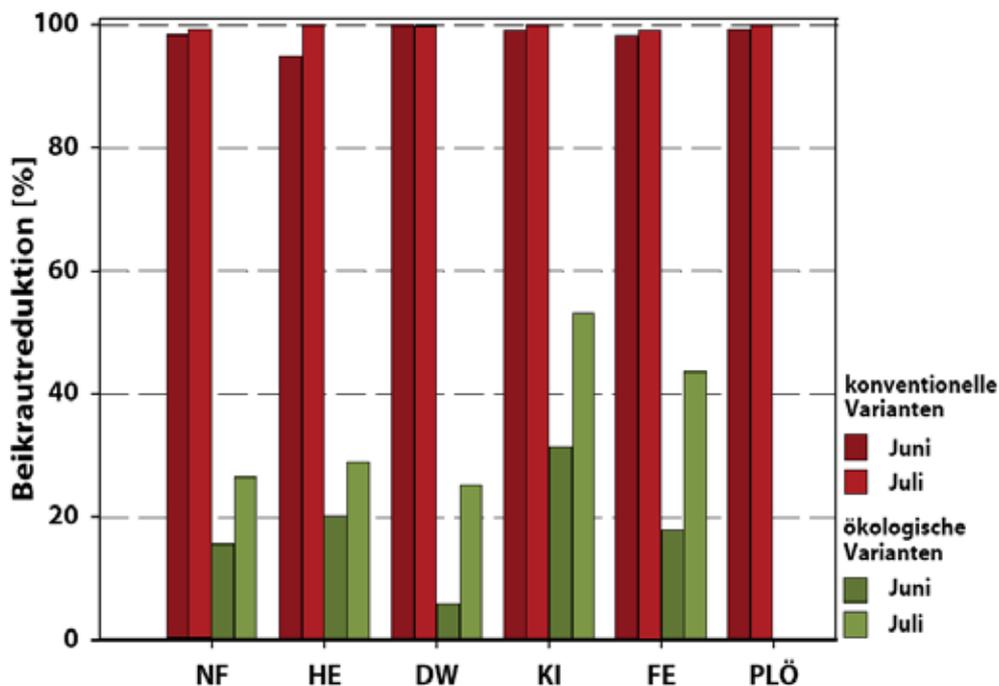


Abbildung B8:  
Beikrautreduktion durch chemische (konventionell) und mechanische (ökologisch) Beikrautbekämpfungsmaßnahmen im Juni und Juli 2006.

## Erträge, Qualitäten und Pflanzenschutzmittelrückstände

### Erträge

In den konventionellen Betrieben (K) betrug das durchschnittliche Ertragsniveau (Praxisvariante) 114 dt/ha (Sorte Dekan) bzw. 98 dt/ha (Sorte Bussard), in den ökologischen Betrieben 63 dt/ha (Dekan) bzw. 56 dt/ha (Bussard) (Abbildung B9). Der durch Fungizideinsatz (Praxisvariante, K) gegenüber einer fungizidunbehandelten Kontrolle (Kontrolle 2, K) erzielte

Ertragsanstieg lag bei 11% (Dekan) bzw. 14% (Bussard), im Jahr 2004 sogar bei 17% (Dekan). In der unbehandelten Kontrollvariante der konventionellen Betriebe (Kontrolle 1, ohne mineralische N-Düngung und ohne chemischen Pflanzenschutz) war die Ertragsleistung gegenüber der Praxisvariante um 54% (Bussard) bzw. 47% (Dekan) reduziert. Vergleichend zur unbehandelten Kontrolle 1 ließ sich in der Kontrolle 1b (nur Herbizideinsatz) im konventionellen



Anbau eine Ertragssteigerung von durchschnittlich 18 dt/ha erzielen (Abbildung B9). Ein ähnlicher Effekt war beim Einsatz von Herbiziden in den konventionellen gedüngten Varianten (Kontrolle 2 und Kontrolle 2b) festzustellen. Die Beikrautreduktion in der Kontrolle 2 führte im Vergleich zur herbizidunbehandelten Kontrolle 2b zu einem Ertragsanstieg um 16 dt/ha (Dekan) bzw. 8 dt/ha (Bussard).

Auf den ökologischen Betrieben wurden keine Ertragsunterschiede zwischen der Praxisvariante und der Kontrollvariante (Kontrolle 1) festgestellt. Die ökologische Praxisvariante erzielte im Vergleich zur konventionellen Praxisvariante einen um 51 dt/ha (Dekan) bzw. 42 dt/ha (Bussard) geringeren Ertrag.

### Mykotoxingehalte

Im Versuchsjahr 2005 konnten an vier Standorten geringe Konzentrationen des Pilzgiftes Deoxynivalenol (DON) nachgewiesen werden. Die Sorte Dekan wies dabei höhere Werte auf (0,09 mg/kg bis 0,19 mg/kg Korn) als die Sorte Bussard (0,05 mg/kg bis 0,07 mg/kg Korn). Am Standort Heide wurde in der Sorte Dekan der ökologischen Variante neben 0,13 mg DON/kg Korn auch das Pilzgift Zearalenon (ZEA) in Höhe von 12,4 µg/kg Korn festgestellt. Alle Werte lagen unter den Höchstwerten der Mykotoxin-Höchstmengenverordnung. Tendenziell wiesen die ökologischen Praxisvarianten höhere Mykotoxinwerte auf als die konventionellen Praxisvarianten.



oben: starker Fusarium-Befall im Winterweizen

Im Jahr 2006 konnte auf keinem der Betriebe, weder in der Sorte Dekan noch in der Sorte Bussard, eine Belastung mit Mykotoxinen oberhalb der Nachweisgrenze (DON: 0,05 mg/kg Korn; ZEA: 5 µg/kg Korn) festgestellt werden.

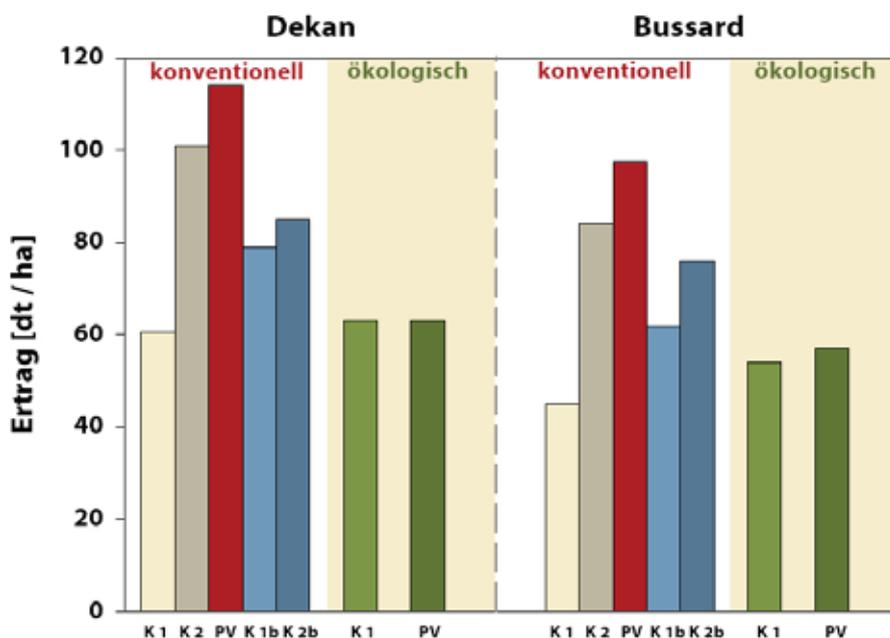


Abbildung B9: Winterweizenerträge der ökologischen (Ö) und konventionellen (K) Varianten. Mittelwerte der Standorte und Versuchsjahre (2005, 2006), n=36 (Ausnahme: Kontrolle 2b: nur im Jahr 2006, n=17).

## Qualitäten

In beiden Versuchsjahren (2005 und 2006) erfüllte das Erntegut der Sorten Dekan und Bussard in der konventionell bewirtschafteten Praxisvariante die für die Vermarktung geforderten Qualitäten in der Qualitätsgruppe B (Ausnahme: Standort Heide, 2005, Sorte Bussard, Fallzahl: 166). Wie auch im Jahr 2004 lagen nicht nur die Fallzahlen, sondern auch die Sedimentationswerte und die Rohproteingehalte deutlich über den geforderten Werten.

Auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben konnten die Qualitäten, insbesondere die Rohprotein- und Feuchtklebergehalte, nicht das Niveau der konventionellen Partien erreichen (Tabelle B2). Der Rohproteingehalt war durchschnittlich um 2,1-2,2% (Dekan) bzw. bis zu 3,5-4,0% (Bussard) geringer. Die mittleren Feuchtklebergehalte waren um 9,5% (Dekan, 2005) bis 12,4% (Bussard, 2006) gegenüber den konventionellen Partien reduziert. Die Sorte Bussard (Qualitätsgruppe E) wies sowohl in der ökologischen

als auch in der konventionellen Wirtschaftsweise um 0,9-1,7% höhere Rohproteinwerte als die Sorte Dekan auf. Die Feuchtklebergehalte und Sedimentationswerte waren in der Sorte Bussard ebenfalls erhöht, wobei wiederum eine hohe Differenz zwischen ökologisch und konventionell erzeugter Ware bestand. Bei Fallzahl und Tausendkorngewicht (TKG) konnten keine oder nur geringe Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden.

Insgesamt wiesen die Proben des Erntejahres 2005 im Vergleich zu 2006 eine geringere Qualität auf. Die konventionell erzeugten Kornproben beider Sorten lagen im Rahmen der geforderten Qualitätskriterien für Backweizen, hingegen wiesen die ökologisch erzeugten Proben deutliche Schwächen auf. Insbesondere der geforderte Mindest-Feuchtklebergehalt von >20% konnte 2005 nur auf drei, in 2006 auf fünf Betrieben, lediglich in der Sorte Bussard, erreicht werden.

Tabelle B2:

Durchschnittliche Qualitäten der Praxisvarianten ökologischer (Ö) und konventioneller (K) Weizenkornproben der Sorten Dekan und Bussard (Mittelwerte der Standorte)

(RP: Rohprotein, FK: Feuchtkleber, FZ: Fallzahl, Sedi: Sedimentationswert, TKG: Tausendkorngewicht)

	Dekan (B-Weizen)					Bussard (E-Weizen)				
	RP %	FK %	FZ s	Sedi cm <sup>3</sup>	TKG g	RP %	FK %	FZ s	Sedi cm <sup>3</sup>	TKG g
<b>2005</b>										
K	12,7	25,6	324	49,2	45,4	14,1	31,9	238	72,0	47,3
Ö	9,6	16,1	304	29,3	46,4	10,6	19,9	281	35,5	45,7
<b>2006</b>										
K	12,9	28,2	399	50,7	46,2	14,6	35,7	387	67,3	46,4
Ö	9,7	18,9	389	26,5	45,5	10,6	22,3	353	30,2	46,1
<b>Mittel K</b>	<b>12,8</b>	<b>26,9</b>	<b>361</b>	<b>50,0</b>	<b>45,8</b>	<b>14,4</b>	<b>33,8</b>	<b>313</b>	<b>69,7</b>	<b>46,9</b>
Anforderung an Backweizen (K)	12,5	keine	220	35	keine	14,5	keine	300	55	keine
<b>Mittel Ö</b>	<b>9,7</b>	<b>17,5</b>	<b>346</b>	<b>27,9</b>	<b>46,0</b>	<b>10,6</b>	<b>21,1</b>	<b>317</b>	<b>32,9</b>	<b>45,9</b>
Anforderung an Backweizen (Ö, Kl. 3)	> 10,5	> 24	> 200	> 25-35	keine	> 10,5	> 24	200	> 25-35	keine

## Pflanzenschutzmittelrückstände der Ganzpflanzen und des Erntegutes

Die konventionellen Praxisvarianten wurden im Laufe der Vegetation mehrfach mit Fungiziden behandelt (bis zu vier Applikationen), um den Befall mit pilzlichen Erregern zu reduzieren. Weiterhin wurden Wachstumsregulatoren (Chlormequat, Trinexapac-ethyl, Etephon) eingesetzt, um die Standfestigkeit der Pflanzen zu erhöhen. Ausgehend von diesen Behandlungen wurden die verschiedenen Wirkstoffe vom pflanzlichen Gewebe aufgenommen und wirkstoffspezifisch in der Pflanze mitunter in alle Organe verlagert. Nach der letzten Behandlung wurden die Pflanzen bezüglich der ausgebrachten Wirkstoffe analysiert, um den Abbau bzw. die Persistenz der Wirkstoffe in der Pflanze zu dokumentieren.

Die fungiziden und insektiziden Wirkstoffe unterlagen nach Applikation einem stetigen Abbau über den Beprobungszeitraum. Im Jahr 2005 dominierte der Wirkstoff Spiroxamine in Kombination mit Prothioconazol die Abschlussbehandlung (EC 69) der konventionellen Betriebe. Entsprechend waren diese Wirkstoffe auch in den Pflanzen nachweisbar. Insektizide Wirkstoffe wie Cyhalothrin, Oxydemeton-methyl und Dimethoat wurden nur in sehr geringen Mengen eingesetzt. Entsprechend gering waren auch die Konzentrationen dieser Wirkstoffe in der Pflanze. Im Jahr

2006 wurde das Kontaktfungizid Chlothalonil von der Erst- bis zur Abschlussbehandlung eingesetzt. Der Wirkstoff war im Gegensatz zu den anderen Wirkstoffen in allen Pflanzenproben in erhöhten Konzentrationen nachweisbar. Generell erfolgte ein stetiger Abbau eingesetzter Pestizide in den vegetativen und generativen Pflanzenteilen. In den Körnern wurden keine Rückstände von Pestiziden nachgewiesen (Nachweisgrenze: 0,02 mg/kg Korn). Zusätzlich wurden die Proben auch auf Rückstände des Wachstumsregulators Chlormequat (CCC) untersucht. In allen Kornproben konventioneller Herkunft konnten Rückstände nachgewiesen werden, die jedoch unterhalb der vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Toleranzgrenze von 2,0 mg/kg lagen (Abbildung B10).

Die höchsten Gehalte wurden in beiden Jahren an den Standorten Kiel (KI) und Dänischer Wohld (DW) festgestellt. Die Gesamtaufwandmenge von CCC war mit 1,5 l/ha am Standort Kiel in beiden Jahren im überregionalen Vergleich am geringsten; am Standort DW lag die gesamte Aufwandmenge mit 2,0 l/ha (2005) und 2,1 l/ha (2006) über dem Durchschnitt aller Betriebe (Mittelwert: 1,8 l/ha). Durch die vergleichsweise niedrigen Erträge an diesen Standorten lag vermutlich ein geringerer Verdünnungseffekt vor, was erhöhte CCC-Konzentrationen im Korn zu Folge hatte.

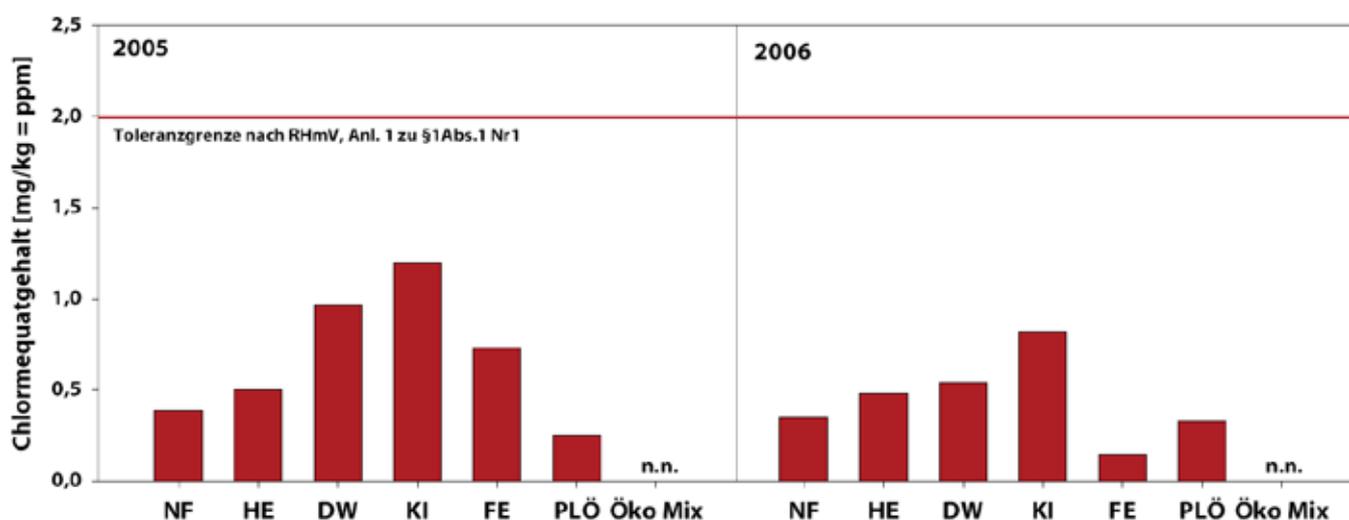


Abbildung B10: Chlormequatgehalte (CCC) in mg/kg im Weizenkorn der Versuchsjahre 2005 und 2006 in den Praxisvarianten konventioneller Betriebe (öko Mix: Referenzprobe als Durchschnitt der ökologischen Betriebe).

## Ernährungsphysiologische Qualität

Der Wert einer Proteinquelle wird durch den Proteingehalt, die Aminosäurezusammensetzung und die Verfügbarkeit einzelner Aminosäuren in einem Nahrungs- oder Futterprotein bestimmt. Eine optimale Proteinsynthese im Stoffwechsel erfordert die gleichzeitige Anwesenheit aller für die jeweilige Proteinsequenz erforderlichen Aminosäuren. Nahrungs- bzw. Futtermittel weisen verschiedene Muster der Aminosäurezusammensetzung auf. Dabei können bestimmte Aminosäuren limitierend wirken, da sie im Verhältnis zu anderen essentiellen Aminosäuren unterrepräsentiert sind. Im Weizen ist Lysin die limitierende Aminosäure. Die Lysinmenge in einem Gramm Weizenprotein deckt nur ca. 50-60% des durchschnittlichen menschlichen Bedarfs pro Gramm Rohprotein ab. Mit steigendem Rohproteingehalt im Korn

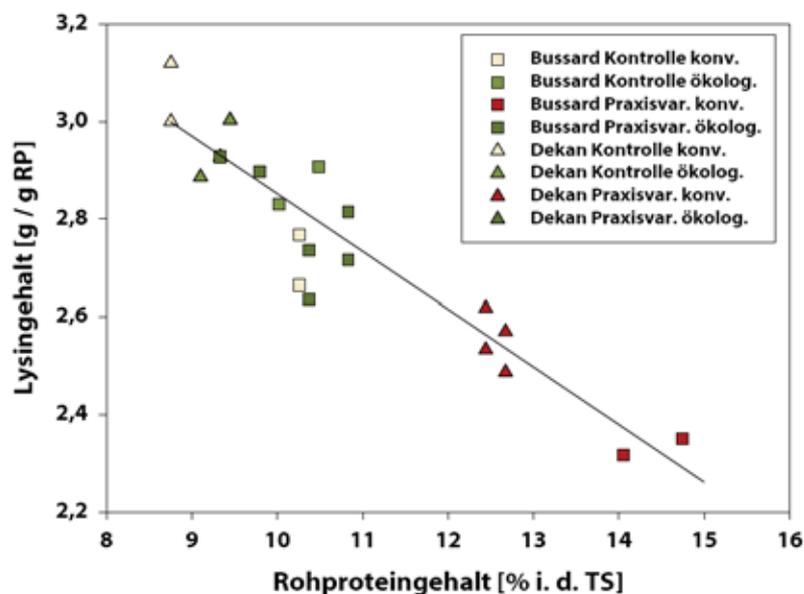
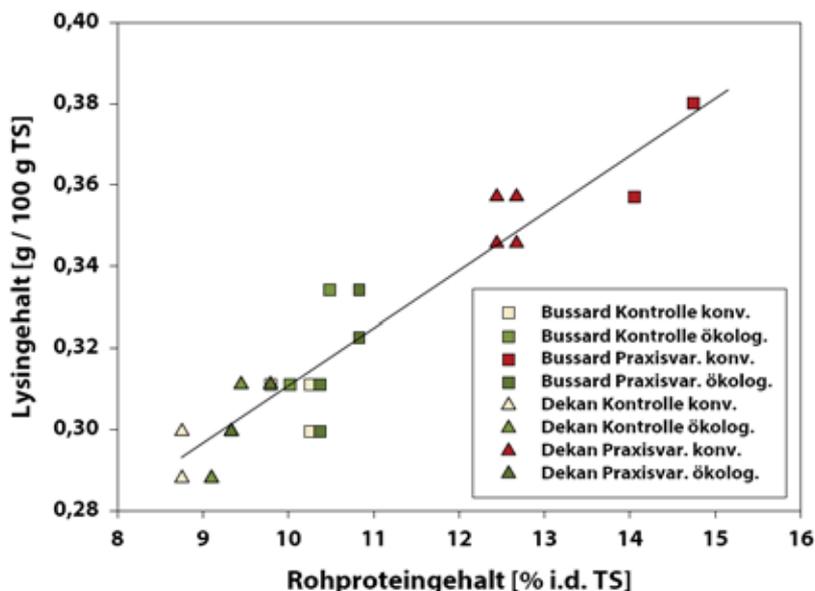
steigt auch die Menge an Lysin in der Trockenmasse (Abbildung B11.a). Allerdings ist die Steigerung dieser Menge gegenüber anderen essentiellen Aminosäuren geringer. Bezogen auf ein Gramm Rohprotein sinkt deshalb die Lysinmenge (Abbildung B11.b). Weizenprotein aus Produktionssystemen mit geringerer Stickstoffdüngung weist demnach eine günstigere Aminosäurezusammensetzung als ein vergleichsweise hoch gedüngter Weizen auf.

Die Sorte hat ebenfalls einen Einfluss auf das Verhältnis der Aminosäuren. Sorten mit potentiell hohen Rohproteingehalten wie z.B. die Sorte Bussard (E-Weizen) weisen bei gleicher Düngungsstufe höhere Rohproteingehalte auf, die aber mit einem geringeren Lysingehalt bezogen auf ein Gramm Rohprotein einhergehen (Abbildung B11.b).

Abbildung B11:  
Lysinmenge von Winterweizen in Abhängigkeit vom  
Rohproteingehalt

a. (oben):  
in der Trockensubstanz

b. (unten):  
pro g Rohprotein



## Pflanzenschutzmittelrückstände im Sickerwasser

### 2004/05

Die mit Saugkerzen gewonnenen Sickerwasserproben der konventionell bewirtschafteten Winterweizenschläge wiesen im Herbst/Winter der ersten beprobten Sickerwasserperiode 2004/05 zu den ersten Probenahmeterminen (November-Dezember 2004) Rückstände der im Herbst applizierten herbiziden Wirkstoffe der Präparate „Herold“ und „Cadou“ auf. Die PSM-Fracht (Auswaschung), die sich aus der Wirkstoffkonzentration im Sickerwasser und der Sickerwassermenge der Beprobungsperiode errechnet, betrug im Untersuchungszeitraum 2004/2005:

auf dem Betrieb DW (Dänischer Wohld; K, 45 Bodenpunkte):

- Flufenacet (aus den Präparaten Herold und Cadou): 0,21 g/ha (21,42 µg/m<sup>2</sup>) (entspricht 0,18% der ausgebrachten Wirkstoffmenge)
- Diflufenican (aus dem Präparat Herold): 0,11 g/ha (10,71 µg/m<sup>2</sup>) (entspricht 0,27% der ausgebrachten Wirkstoffmenge)

auf dem Betrieb PLÖ (Plön; K, 55 Bodenpunkte):

- Flufenacet (aus den Präparaten Herold und Cadou): 0,02 g/ha (2,41 µg/m<sup>2</sup>) (entspricht 0,01% der ausgebrachten Wirkstoffmenge)

Im zweiten Probenahmezeitraum (Januar 2005) waren auf den konventionellen Ackerbaubetrieben keine Rückstände in den Sickerwasserproben nachweisbar. Darüber hinaus wurden Sickerwasserproben aus zwei konventionellen Futterbaubetrieben auf PSM-Rückstände untersucht. In einem Fall konnten geringe Konzentrationen der Wirkstoffe Terbutylazin und Metolachlor (Gardo Gold) sowie des nicht mehr zugelassenen Wirkstoffs Atrazin nachgewiesen werden. Hierbei dürfte es sich um „Altlasten“ handeln, da Atrazin über viele Jahre im Boden, insbesondere an Humus, temporär gebunden und wieder freigesetzt werden kann (siehe S. 36). Auf dem zweiten konventionellen Futterbaubetrieb wurden keine Rückstände von Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen.

### 2005/06

Im Herbst/Winter 2005/06 wiesen die Sickerwasserproben der konventionellen Winterweizenschläge erneut am ersten Probetermin Rückstände der applizierten Wirkstoffe Diflufenican und Flufenacet auf. Die PSM-Fracht betrug am ersten Termin (November-Dezember 2005):

auf dem Betrieb DW (K):

- Flufenacet: 0,14 g/ha (13,8 µg/m<sup>2</sup>) (entspricht 0,11% der ausgebrachten Wirkstoffmenge)
- Diflufenican: 0,07 g/ha (6,5 µg/m<sup>2</sup>) (entspricht 0,13% der ausgebrachten Wirkstoffmenge)

auf dem Betrieb PLÖ (K):

- Flufenacet: 0,06 g/ha (5,8 µg/m<sup>2</sup>) (entspricht 0,025% der ausgebrachten Wirkstoffmenge)
- Diflufenican: 0,03 g/ha (2,6 µg/m<sup>2</sup>) (entspricht 0,06% der ausgebrachten Wirkstoffmenge).

Im zweiten Beprobungszeitraum (Januar 2006) wurden auf dem Betrieb DW (K) 0,02 g/ha (2,4 µg/m<sup>2</sup>) Diflufenican (0,05% der ausgebrachten Wirkstoffmengemenge) und 0,03 g/ha (2,7 µg/m<sup>2</sup>) Flufenacet (0,02% der ausgebrachten Wirkstoffmengemenge) nachgewiesen. In den Sickerwasserproben der Mais-Monokulturfläche eines konventionellen Futterbaubetriebes waren zu beiden Beprobungsterminen wiederum die Wirkstoffe Metolachlor und Terbutylazin (Gardo Gold) nachweisbar. Die Wirkstofffrachten betrug bei diesen Stoffen in der Summe beider Probenzeiträume 53,97 g/ha Metolachlor und 87,63 g/ha Terbutylazin und lagen somit deutlich über den Frachten der vorangegangenen Sickerwasserperiode 2004/2005. Atrazin war nicht mehr nachweisbar.

Unter konventionellen Rapsschlägen sowie unter den ökologisch bewirtschafteten Flächen wurden keine PSM-Rückstände im Sickerwasser nachgewiesen.

## Zusammenfassung

**Im Rahmen des COMPASS-Teilprojektes B wurden Versuche auf repräsentativen Praxisbetrieben in den wichtigsten Weizenanbauregionen Schleswig-Holsteins durchgeführt. Somit ist gewährleistet, dass die unterschiedlichen regionalen Standort- und Anbauverhältnisse in den Ergebnissen berücksichtigt sind.**

### **Einflussfaktoren auf das Vorkommen von pilzlichen Schaderregern**

Die Reduzierung von Krankheitskomplexen spielt sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Weizenanbau eine wichtige Rolle, da sowohl die Ertragsleistung als auch die Qualität negativ durch Pflanzenkrankheiten beeinflusst wird. Im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft verfügt der ökologische Landbau nicht über die Möglichkeit des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel zur Reduzierung des Krankheits- und Schaderregerpotenzials. Deswegen kann die Höhe des Infektionspotenzials im ökologischen Betrieb nur über acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen beeinflusst werden. Reduzierend auf die Befallsstärken von Krankheitserregern wirken sich aus:

- spätere Saatzeit
- weit gestellte Fruchtfolge
- weniger anfällige Sorten
- geringere bzw. angepasste Stickstoffversorgung

In der ökologischen Wirtschaftsweise werden die pflanzenhygienisch wirksamen Anbaufaktoren (spätere Saatzeit, weit gestellte Fruchtfolge) zur Reduzierung des pilzlichen Infektionspotenzials in höherem Maße genutzt als im konventionellen Betrieb. Trotzdem etablieren sich unter den humiden Anbauklimaten Schleswig-Holsteins in Jahren mit befallsfördernder Witterung hohe Befallsstärken von *Septoria tritici* und *Blumeria graminis* mit ertragsschädigender Wirkung. Durch das Fehlen chemischer Bekämpfungsmaßnahmen ist eine Absicherung des Ertrages und der Qualitäten im ökologischen Landbau somit bedeutend schwieriger zu erreichen. Andererseits stellt das im ökologischen vergleichend zum konventionellen Betrieb um rund 50% reduzierte Ertragsniveau die maximale Ertragshöhe dar, die in stickstofflimitierten Produktionssystemen des ökologischen Landbaus unter Berücksichtigung des genetisch fixierten Ertragspotenzials der angebauten Sorten erreicht werden kann. Aus diesem Grund fällt die im ökologischen Landbau (quantitativ) vorhandene Befallssituation weniger stark ins Gewicht als in vergleichbaren konventionellen Anbausystemen. Zur Realisierung maximaler Erträge stellen sich durch Intensivierung der mineralischen Stickstoffdüngung im konventionellen Ackerbaubetrieb eine

dichtere Bestandesstruktur ein. Diese bewirkt ein für Pilze günstigeres Mikroklima im Bestand und - als biologische Folgereaktion - erhöhte Befallsstärken. Wird die Epidemie nicht durch entsprechende gezielte Pflanzenschutzmaßnahmen wirksam kontrolliert, sind Ertragsverluste die Folge. Im konventionellen Anbau sind hauptsächlich Hohertragsorten im Einsatz. Repräsentativ hierfür steht die Sorte Dekan. Diese erreicht sehr hohe Erträge bei allerdings etwas verringerten Qualitäten im Vergleich zu anderen Sorten.

In den durchgeführten Versuchen resultierte der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Praxisvariante) vergleichend zur unbehandelten Kontrolle in einer Ertragssteigerung um 20%. Dies war jedoch nur bei termingerechtem Pflanzenschutzmitteleinsatz möglich. Bei einem ungünstigen Einsatz, insbesondere bei zu spätem Fungizideinsatz nach einer Infektion, konnten die Krankheitserreger nicht ausreichend reduziert werden, um Ertragsverluste zu minimieren. Daraus lässt sich ableiten, dass

- hohe Anbauintensitäten einen höheren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erfordern, und
- der Pflanzenschutzmitteleinsatz nur bei optimaler Terminierung erfolgreich ist.

Modelle wie das Integrierte Pflanzenschutzsystem (IPS) Weizen geben bei der Entscheidungsfindung bezüglich des optimalen Anwendungstermins wertvolle Hinweise. Bei Anwendung des IPS-Modells werden Fungizidmaßnahmen an die jeweilige Befallssituation angepasst, wodurch mit einem Minimum an Mitteleinsatz die höchstmögliche biologische und ertragliche Wirkung erzielt wird. Die Applikationshäufigkeiten und Einsatzzeitpunkte von Fungiziden in den konventionellen Betrieben zeigen im Zusammenhang mit den nachgewiesenen Epidemiedynamiken und daraus resultierenden Befallsstärken Optimierungspotenziale im Sinne von Ökonomie und Ökologie. Sowohl die Anwendungshäufigkeit von Pflanzenschutzmitteln als auch die Einsatztermine können in der Praxis in vielen Fällen verbessert werden.

### **Reduzierung von Beikräutern**

Die Bestimmung des optimalen Bekämpfungstermins ist auch bei der Beikrautregulierung von erheblicher Bedeutung. Insbesondere der Erfolg der mechanischen Beikrautbekämpfung hängt stark von der jeweiligen Witterung ab. Im Versuchsjahr 2006 zeigte sich deutlich, dass ein optimaler Bekämpfungstermin in der Praxis nicht immer eingehalten werden kann. Daraus resultierten geringe Wirkungsgrade der mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen von nur 35-40% Beikrautreduk-

tion. Diese Reduktion reichte nicht aus, um einen positiven Ertragseffekt zu erzielen, da die Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe zwischen den verbliebenen Beikräutern und dem Weizen immer noch erheblich war. Im konventionellen Winterweizenanbau wiesen die Herbizidmaßnahmen demgegenüber Wirkungsgrade von bis zu 100% auf. Ein durch die Beikrautkonkurrenz bedingter Ertragsverlust von bis zu 30% konnte damit verhindert werden. Die betriebliche Detailanalyse zeigte aber auch hier, dass das Management zur Beikrautbekämpfung optimiert werden kann. An Standorten mit ausgeprägten Herbizidresistenzen, wie beispielsweise in den Westküstenregionen, sind für eine erfolgreiche Beikrautbekämpfung der optimale Einsatzzeitpunkt und eine hohe Wirkstoffsicherheit wichtigste Voraussetzung.

### **Erträge und Qualitäten**

Aufgrund fehlender N-Düngung wies das Erntegut der ökologischen Praxisvarianten eine erheblich geringere Qualität bezüglich Rohproteingehalt, Sedimentationswert und Feuchtklebergehalt auf. Für die Produktion qualitativ hochwertigen Backweizens sind wichtig:

#### ► **Weizensorte:**

Genetische Grundlage für die erzielbare Qualität. Bei geringer Stickstoffverfügbarkeit sollten Sorten mit hohem Qualitätspotenzial gewählt werden, um die Mindestanforderungen der Abnehmer zu erfüllen.

#### ► **Bestandesführung:**

Eine optimale Etablierung konkurrenzstarker Weizenbestände reduziert Beikräuter. Dies minimiert die Konkurrenz zum Weizen, erhöht den Ertrag und sichert die Qualität durch verbesserte Ausnutzung der vorhandenen Nährstoffe.

#### ► **Düngung:**

Eine optimale Terminierung der Stickstoffgaben gewährleistet hohe Erträge und Qualitäten.

Neben den Backqualitäten war auch die realisierte ernährungsphysiologische Qualität des Weizens ein wesentlicher Unterschied zwischen konventionellen und ökologischen Anbausystemen. Eine erhöhte Stickstoffdüngung bewirkt nicht nur höhere Rohprotein- und Feuchtklebergehalte sowie höhere Sedimentationswerte, sondern auch höhere Gehalte an essentiellen Aminosäuren. Die Proteinqualität verschlechtert sich jedoch. Lysin ist die limitierende Aminosäure im Weizen. Bei guter Stickstoffversorgung der Weizenbestände ist Lysin in geringerem Maße vorhanden als in schlecht mit Stickstoff versorgten Beständen. Für die menschliche Ernährung ist dies zwar unerheblich, da eine ausreichend abwechslungsreiche Ernährung vorliegt und damit der Bedarf an allen essentiellen Aminosäuren gedeckt wird. In der Tierproduktion ist dieser Umstand aber zu berücksichtigen, um Mangelsituationen in weizendominierten Fütterungsrationen zu vermeiden. Eine Mischung mit anderen lysinhaltigen Futtermitteln muss in diesem Fall erfolgen.



### **Pflanzenschutzmittelrückstände im Sickerwasser und Erntegut**

Neben den positiven Auswirkungen von chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen auf Erträge und Qualitäten können negative Effekte auf die Umwelt nicht ausgeschlossen werden. Die im Sickerwasser nachgewiesenen herbiziden Wirkstoffe belegen dies. Zwar wurden nur sehr geringe Konzentrationen in einer Bodentiefe von 80 cm festgestellt, jedoch ist eine weitere Verlagerung in tiefere Bodenschichten und ggf. auch in das Grundwasser nicht auszuschließen. Von einem „falschen Einsatz“ ist hierbei jedoch nicht auszugehen, da die Maßnahmen rechtzeitig durchgeführt und die Aufwandmenge nach guter fachlicher Praxis bemessen wurden. Dennoch ist es wichtig, bei der Planung der Herbizidmaßnahmen im Herbst die Bodenverhältnisse und die Witterung zu berücksichtigen. Für die Ausnutzung einer optimalen Wirkung ist neben der zielgerichteten Wahl der Wirkstoffe auch der Einsatzzeitpunkt von Bedeutung. Im Vordergrund sollte jedoch die Etablierung konkurrenzstarker Bestände stehen, was eine optimale Bestandesführung voraussetzt. Beispielsweise kann das Auftreten von Ackerfuchsschwanz schon durch einen geringfügig verzögerten Saattermin erheblich reduziert werden.

Da keine Pflanzenschutzmittelrückstände (Fungizide, Herbizide, Insektizide) im Erntegut der untersuchten konventionellen Weizenbestände nachgewiesen wurden, sind die Maßnahmen, nach guter fachlicher Praxis durchgeführt, auch aus Sicht des Verbraucherschutzes überregional in Schleswig-Holstein als unproblematisch einzuordnen. Somit kann von einem sachgerechten Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel ausgegangen werden, von dem keine Gefährdung ausgeht. Der Wachstumsregulator Chlormequat (CCC) konnte zwar nachgewiesen werden, die Konzentrationen von maximal 1,2 mg/kg Korn lagen jedoch unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Im ökologischen Anbau konnten überhaupt keine Pflanzenschutzmittelrückstände nachgewiesen werden.

### **Bestandesmanagement als Grundlage für hohe Erträge und Qualitäten**

Ein optimales Bestandesmanagement zur Sicherung von Erträgen und Qualitäten, verbunden mit einer minimalen Belastung der Umwelt, hängt von vielen Faktoren ab. Beginnend mit der Saat sollte ein Weizenbestand so etabliert werden, dass er zum einen konkurrenzstark gegenüber Beikräutern ist und gleichzeitig einem geringeren Befallsdruck durch Schadorganismen unterliegt. Sehr früh gesäte Bestände bieten den Vorteil der Einsparung von Saatgut. Allerdings wirken sich die höheren Temperaturen bei frühen Aussaatterminen entwicklungsfördernd auf Schaderreger aus, was in einem erhöhten Befallsdruck seinen Niederschlag findet. Des Weiteren haben Fröhsaaten an Standorten mit einem hohen Beikrautdruck durch Ackerfuchsschwanz den Nachteil, dass sich dieser stark ausbreiten kann, wenn aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen eine Bekämpfung mit Herbiziden nicht oder nur suboptimal möglich ist. Eine sehr späte Saat, wie im ökologischen Anbausystem üblich, hat zur Folge, dass der Weizen eine geringere Vorwinterentwicklung aufweist. Dies ist in Hinblick auf den Krankheitsbefall im Herbst von Vorteil, allerdings weisen solche Bestände ein deutlich geringeres Ertragspotenzial auf. Die Stickstoffdüngung als „Motor des Pflanzenwachstums“ ist dem entsprechenden Ertragsziel im Rahmen des genetisch fixierten Ertragspotenzials der Sorte anzupassen. Hierbei ist die Bemessung der N-Düngungshöhe nach dem Bodenvorrat, dem Pflanzenentzug und dem Ertragsziel zu richten. Ein standortangepasster Düngereinsatz, der sich nach dem Entzug der Bestände richtet, einhergehend mit einem auf die Krankheitssituation abgestimmten Pflanzenschutzmanagement sind Bedingung für hohe Erträge und eine ausgeglichene N-Bilanz. Methoden zur Stickstoffmessung in der Pflanze zur Bestimmung der optimalen N-Düngermenge helfen ebenso bei der Bestandesführung wie die Anwendung von Modellen zum Integrierten Pflanzenbau und Integrierten Pflanzenschutz.

Aus den unterschiedlichen Wirtschaftsweisen – mineralische bzw. organische Düngung - begründet sich das dargestellte Ertragsniveau der untersuchten genetisch einheitlichen Sorten. Während die mineralische Düngung nahezu unmittelbar der Pflanze zur Verfügung steht, unterliegen organische Dünger bzw. die pflanzlichen Rückstände der Vorfrucht (z.B. Klee gras) einem stark witterungsabhängigen mikrobiellen Abbauprozess bis zum zeitlich verzögerten Vorliegen pflanzenverfügbarer mineralischer N-Verbindungen. Entsprechend dem geringeren N-Düngungsniveau sowie der zeitlich kaum steuerbaren Freisetzung pflanzenverfügbarer N-Formen fallen die Erträge im ökologischen Landbau geringer aus.

## Fazit

In Schleswig-Holstein findet auf Grund günstiger naturräumlicher und klimatischer Bedingungen ein intensiver Weizenanbau statt. Die durchgeführten Untersuchungen verdeutlichen, dass auf Grund der Unterschiede in den Produktionsweisen ökologisch wirtschaftende Betriebe auf gleichen Standorten geringere Erträge und Qualitäten erwirtschaften. Die konventionellen Betriebe erreichen höhere Erträge durch Nutzung mineralischer Düngemittel und den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel. Hierbei müssen sich eine hohe Produktivität und ökologische Nachhaltigkeit nicht widersprechen. Obgleich eine ökonomische Bewertung der Wirtschaftsweisen noch nicht abgeschlossen ist, erreichen die konventionellen Betriebe mit einem erhöhten Aufwand an Produktionsmitteln (mineralische Stickstoffdüngung, chemische Pflanzenschutzmittel) hohe Ernteerträge ohne signifikante Gehalte an wertmindernden Inhaltsstoffen (PSM, Mykotoxine) und entsprechen damit einer auch ökologisch tragfähigen sowie effizienten und nachhaltigen Wirtschaftsweise. Allerdings sind trotz guter fachlicher Praxis und der Anwendung des Integrierten Pflanzenschutzes Restrisiken in Bezug auf synthetische Pflanzenschutzmittel gegeben. Vor dem Hintergrund der Rückstandsfreiheit in Erntegut (Mykotoxine, PSM-Rückstände) und Sickerwasser (PSM-Rückstände) und der damit verbundenen geringeren Belastung der Umwelt stellt der ökologische Landbau eine Alternative dar, wobei die bewusste Ausnutzung natürlicher Faktoren (Wahl resistenter Sorten, weitgestellte Fruchtfolge, angepasste Saatzeit) im Vordergrund steht. Im Prinzip geht es darum, die notwendigen Korrekturen im Anbausystem unter Erhaltung bzw. Reaktivierung oder Änderung natürlicher Prozesse mit einem Minimum an externem Aufwand vorzunehmen und dabei nach Möglichkeit eine Kombination miteinander verträglicher und synergistischer phytosanitär-pflanzenbaulicher Maßnahmen statt eines einzelnen durchschlagenden Verfahrens anzuwenden.





*„Gesundheit ist nicht alles,  
aber ohne Gesundheit ist alles nichts.“*

*Arthur Schopenhauer (1788 - 1860)*

# 4

## Teilprojekt C: Tierhaltung

Nicole Kemper

### **Tiergesundheit und Antibiotikarückstände in der Milchviehhaltung**

Der ursprünglich auf die menschliche Gesundheit bezogene Ausspruch Schopenhauers trifft auch voll und ganz auf die Tiergesundheit zu. Die Gesundheit der Nutztiere ist der entscheidende Leistungsfaktor in der Tierhaltung und die Basis des wirtschaftlichen Erfolgs eines Betriebes. Parameter wie Tierarztkosten, Remontierungskosten bzw. zusätzlicher Gewinn beim Verkauf von nicht benötigten Zuchtfärsen, Futtermittelverwertung, Milchleistungen, Zuwachsleistungen und Fruchtbarkeit hängen wesentlich vom Gesundheitsstatus der Einzeltiere wie der Herde insgesamt ab. In den Untersuchungen des Teilprojektes A wurden bereits Effekte auf die Stickstoffeffizienz von Milchvieh-Futterbaubetrieben dargestellt, die direkt oder indirekt auch mit der Tiergesundheit zusammenhängen. Somit wirkt sich die Tiergesundheit auch auf ökologisch relevante Gesichtspunkte der landwirtschaftlichen Produktion aus. Die Produkt- und Lebensmittelqualität sind weitere Aspekte, die in diesem Zusammenhang von Bedeutung sind.

Antibiotika, die in der Tierproduktion eingesetzt werden, können ferner zur Kontamination von Grund- und Oberflächenwasser beitragen. Im Rahmen des COMPASS-Projektes befasst sich das Institut für Tierzucht und Tierhaltung an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel daher mit zwei zentralen Fragestellungen:

- 1. Tiergesundheit auf konventionell und ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetrieben**
- 2. Vorkommen von Veterinärantibiotika in der Gülle und im Sickerwasser.**

### **Tiergesundheit**

Tiergesundheit definiert sich zum einen durch klinische Parameter (Gesundheitsschäden bzw. deren Abwesenheit), die mit direkten und indirekten Methoden erfasst werden können, aber zum anderen auch durch das vergleichsweise schwierig zu beschreibende „Wohlbefinden“ der Tiere. Da eine standardisierte Quantifizierung der Tier- und Bestandsgesundheit demnach nicht einfach ist, wird im COMPASS-Teilprojekt C durch eine Kombination von Haltings-, Labordiagnostik- und Leistungsdaten ein möglichst breiter Versuchsansatz gewährleistet. Dabei fließen Informationen über das Tierhaltungsmanagement, die Fütterung, die Betreuung sowie den tierzüchterischen Hintergrund in die Bewertung ein. Ziel der Untersuchungen ist es, einen Statusbericht zur tiergesundheitlichen Situation in der ökologischen im Vergleich zur konventionellen Milchviehhaltung zu erstellen sowie aus den ausgewerteten Daten präventive Tiergesundheitskonzepte zu entwickeln.

Die Datenerhebung findet auf 10 Milchvieh-Futterbaubetrieben des COMPASS-Projektes statt (5 Betriebspaare konventionell/ökologisch). Folgende Parameter werden untersucht:

- äußerliche Begutachtung der Tiere
- Beurteilung der Artgerechtigkeit der Haltungssysteme
- Auswertung der Bestandsbücher und LKV-Daten
- labordiagnostische Parameter und klinische Untersuchung: Hautabschürfungen, Euterveränderungen, Gelenkschwellungen, Klauenprobleme, Fruchtbarkeits- und Stoffwechselstörungen
- Erfassung des Body Condition Score (BCS) zur Beurteilung des Ernährungsstatus.

## Ergebnisse

Die Untersuchungen begannen im Sommer 2006 und sind derzeit noch nicht abgeschlossen. So konnten in den dargestellten Tabellen die Daten des Betriebes Nr. 29 noch nicht berücksichtigt werden (Nummerierung der Betriebe sowie Betriebsspiegel: siehe Tabellen E3 und E4 auf S. 13). Beim Vergleich der Betriebe fällt auf, dass die Herdendurchschnittsleistungen des Jahres 2006 zwischen den Betrieben erheblich variieren (Tabelle C1).

**Tabelle C1:**  
**Herdendurchschnittsleistung im Jahr 2006**  
 (Datenquelle: Milchleistungsprüfungen durch den LKV Schleswig-Holstein)

konventioneller Betrieb Nr.	Milch kg	Fett %	Eiweiß %	ökologischer Vergleichsbetrieb Nr.	Milch kg	Fett %	Eiweiß %
19	10.969	3,86	3,33	27	7.432	4,22	3,21
20	9.043	4,21	3,33	28	8.094	3,95	3,32
21	9.651	4,20	3,40	29			
22	9.232	4,12	3,39	30	5.606	4,31	3,36
24	7.854	4,49	3,67	32	7.543	4,47	3,22



Diese Leistungsunterschiede lassen sich auf verschiedene Ursachen zurückführen, wobei insbesondere die Nährstoffversorgung der Kühe eine Rolle spielt. Die Rationsgestaltung wird in den einzelnen Betrieben extrem unterschiedlich gehandhabt. Dies wird durch die in Tabelle C2 aufgeführten Rationszusammensetzungen verdeutlicht. So wird auf dem ökologischen Betrieb Nr. 30 kein Kraftfutter eingesetzt, die Milchleistung ist mit 5.600 kg entsprechend niedrig. Dass auf ökologischen Betrieben die leistungsgerechte Rationsgestaltung zwar schwierig, aber machbar ist, wird am Beispiel des Betriebes Nr. 28 ersichtlich.

**Tabelle C2:**  
**Rationszusammensetzung auf den einzelnen Betrieben**  
**(Winterration im Februar 2007, grau unterlegt: ökologische Betriebe; Betrieb Nr. 29 nicht berücksichtigt)**

Betrieb Nr.	Grundfutter [% der Frischmasse]			GPS	Kraftfutter und sonstige Komponenten in der Vormischung [kg FM/Tier/Tag]	Kraftfutter (individuell) [kg FM/Tier/Tag]
	Gras-silage	Klee-gras-silage	Mais-silage			
19	45		55		2 kg MLF 18/4 2,5 kg Raps/Soja 4 kg Biertreber 150 g Mineralfutter 50 g Futterharnstoff Viehsalz, Kalk	0-7 kg MLF (Färsen max. 5 kg)
27		100			Mineralfutter in Leckschalen zur freien Aufnahme	0-6 kg Eigenmischung: 85% Gerste, 15% Ackerbohnen
20	70 (1. Schnitt)		30		3,5 kg VMR 150 g Mineralfutter 70 g Viehsalz 70 g Futterkalk	1-7 kg MLF 18/4 (Färsen max. 4 kg)
28		80 (1.-4. Schnitt zu gleichen Anteilen)	20		1,5 kg Stroh	0-8 kg Eigenmischung: 78% Getreide, 20% Bohnen/Lupinen, 2% Mineralfutter, Futterkalk, Viehsalz
22	37		56		3,6 kg Soja 1,7 kg Weizen 1,7 kg Trockenschnitzel 150 g Mineralfutter	1-11 kg MLF 20/3 (Färsen max. 10 kg)
30		100 (60% 1. Schnitt, 40% 3. Schnitt)			3 kg Weizen 150 g Mineralfutter 150 g Viehsalz	
24	40 (1. Schnitt)		60		4,5 kg KF-Vormischung 200 g Mineralfutter Stroh	0-11 kg MLF 20/3 (geschütztes Protein)
32		70 (1. und 2. Schnitt)		30	Mineralfutter Viehsalz Futterkalk	1,0-7,5 kg Eigenmischung: 66% Ausputzgetreide 34% Ackerbohnen
21	40		60		2 kg Getreide 300 g Stroh 200 g Mineralfutter	0-4 kg MLF 20/3 Mais

Tabelle C3 verdeutlicht, dass bei den ökologischen Betrieben vor allem in den ersten hundert Laktationstagen eine ausreichende Nährstoffversorgung nicht gegeben ist. Dieses Problem tritt teils auch bei den konventionellen Betrieben auf, bleibt dort allerdings im Gegensatz zu den ökologischen Betrieben im zweiten Laktationsdrittel nicht bestehen.

Diese vorläufigen Ergebnisse und die bisherigen Auswertungen der BCS-Beurteilung lassen den Schluss zu, dass eine den sich stetig ändernden Bedürfnissen der Milchkuh angemessene Rationsgestaltung im ökologischen Landbau offensichtlich schwieriger zu realisieren ist. Dies deckt sich mit den Feststellungen des Teilprojektes A. Hinsichtlich der BCS-Bonitierung lässt sich feststellen, dass auf den ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetrieben eine größere Streuung im Vergleich zu den konventionellen Betrieben vorhanden ist. Insbesondere im Spätsommer 2006 fanden sich auf den ökologischen Betrieben vergleichsweise viele überkonditionierte Tiere. Auch dies deutet auf die

Schwierigkeiten einer angemessenen Nährstoffversorgung im ökologischen Landbau hin.

Fehler und Mängel in der Futtermittelration können sich auf die Tiergesundheit auswirken. Die wichtigsten Abgangsursachen sind in Tabelle C4 vergleichend mit der Selbsteinschätzung der einzelnen Betriebe aufgeführt. Euterkrankheiten stellen das Hauptproblem dar, sind jedoch nicht in erster Linie fütterungsbedingt. Auf die Fütterung zurückzuführende Stoffwechselerkrankungen treten nicht gehäuft auf. Probleme mit der Fruchtbarkeit, wie sie vor allem im ökologischen Bereich erwähnt werden, können jedoch durchaus durch unzureichende Nährstoffversorgung ausgelöst werden.

### Schlussfolgerungen

Insgesamt deuten die bislang vorliegenden Daten darauf hin, dass keine systematischen Unterschiede in der Tiergesundheit zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben vorliegen. Von größerer Bedeutung als die Wirtschaftsweise ist offensichtlich die Qualität der Tierbetreuung durch den Betriebsleiter.

Tabelle C3

Ergebnisse der Harnstoffuntersuchungen im Februar 2007 (Datenquelle: Milchleistungsprüfungen durch den LKV Schleswig-Holstein). Grau unterlegt: ökologische Betriebe.

Betrieb	10.-100. Laktationstag	101.-200. Laktationstag	> 200. Laktationstag
19	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen
27	Energie- und Rohproteinmangel	Energemangel	Ration ausgeglichen
20	Energemangel	Rohprotein-Überhang	Ration ausgeglichen
28	Energemangel	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen
22	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen
30	Eiweiß- und Harnstoffmangel	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen
24	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen
32	Energemangel	niedriger Eiweißgehalt*	Ration ausgeglichen
21	Energemangel	Ration ausgeglichen	Ration ausgeglichen

\* = nur begrenzte Aussagefähigkeit durch geringe Tierzahl

Tabelle C4

Abgangsgründe und Hauptprobleme (Selbsteinschätzung). Grau unterlegt: ökologische Betriebe.

Betrieb	häufigste Abgangsgründe (LKV)	Hauptprobleme (Selbsteinschätzung)
19	Verkauft zu Zucht- und Nutzzwecken, Erkrankungen der Gliedmaßen, sonstige Ursachen	Euterkrankheiten
27	Sonstige Ursachen, Unfruchtbarkeit, Euterkrankheiten	Unfruchtbarkeit, Euterkrankheiten
20	Sonstige Krankheiten, Unfruchtbarkeit, Erkrankungen der Gliedmaßen	Klauen, aktuell: Leistungsrückgang
28	Euterkrankheiten, verkauft zu Zucht- und Nutzzwecken, sonstige Ursachen	Unfruchtbarkeit, Verkaltungen, Euterkrankheiten
22	sonstige Ursachen	Unfruchtbarkeit, Euterkrankheiten
30	Euterkrankheiten, Unfruchtbarkeit, sonstige Ursachen	Euterkrankheiten, Unfruchtbarkeit
24		Klauen, Euterkrankheiten, Unfruchtbarkeit
32	Unfruchtbarkeit, Euterkrankheiten, sonstige Ursachen	Euterkrankheiten, Unfruchtbarkeit
21	Euterkrankheiten, Unfruchtbarkeit, sonstige Ursachen	Euterkrankheiten

## Vorkommen von Antibiotika aus der Rinderhaltung in der Gülle und im Sickerwasser

Mehr als 50 Veterinärpharmazeutika bzw. deren Rückstände sind in Oberflächengewässern, zunehmend aber auch im Grundwasser und vereinzelt auch im Trinkwasser nachgewiesen worden. Die größte Gefahr für die menschliche Gesundheit liegt in der Resistenzentwicklung verschiedener pathogener Bakterien. Hinzu kommt, dass manche Antibiotika allergenes Potential besitzen. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, einen ersten Überblick über die Rückstandssituation von Veterinärantibiotika in Gülle und Sickerwasser schleswig-holsteinischer Praxisbetriebe zu erhalten, und sich entwickelnde Resistenzen gegen die eingesetzten Antibiotika bei natürlich vorkommenden Bakterien abzuschätzen. In den Wintern 2004/05 und 2005/06 wurden mit Saugkerzen entnommene Sickerwasserproben von Grünland- und Maisflächen zweier konventioneller und zweier ökologischer Milchvieh-Futterbaubetriebe zur Rückstandsanalytik verwendet. Zum Einsatz veterinärmedizinischer Mittel in den einzelnen Betrieben wurden anhand von Fragebögen genaue Angaben von den Landwirten aufgenommen.

Untersucht wurde auf mehr als 20 antibiotisch wirksame Stoffe. International gültige Grenzwerte für Rückstände von Veterinärantibiotika im Boden und in der Umwelt allgemein existieren derzeit nicht. Auch die Gehalte an Antibiotika in der ausgebrachten Gülle wurden festgestellt. Zur Testung der phänotypischen Resistenzausbildung gegen die eingesetzten Antibiotika wurden aus Kotproben der Rinder coliforme Indikatorkeime wie *Escherichia coli* isoliert und zunächst auf Microbank bis zur weiteren Bearbeitung eingefroren. Die Resistenztestungen im Labor dauern zurzeit noch an.

### **Ergebnisse: Anwendung von Antibiotika**

Die Erfassung der auf den Betrieben angewandten Antibiotika zeigte, dass sich die konventionellen Betriebe von den ökologischen weder in der Palette der verwendeten Antibiotika noch im Umfang der durchgeführten Behandlungen stark unterschieden. Die Behandlung erfolgte in der Regel nach diagnostizierten Mastitiden oder Kälberdurchfällen. Von den in der Laboranalyse untersuchten Antibiotika kamen Amoxicillin, Ampicillin, Benzylpenicillin, Cloxacillin, Sulfadimidin, Chlortetracyclin, Doxycyclin, Oxytetracyclin und Tetracyclin im Untersuchungszeitraum zur Anwendung. Des Weiteren wurden Cephalosporine (Ceftiofur, Cefapirin, Cefazolin) und Enrofloxacin angewandt, die jedoch nicht in Gülle und Sickerwasser untersucht wurden.

### **Antibiotika in der Gülle**

In den analysierten Gülleproben wurden die Bestimmungsgrenzen der untersuchten Substanzen nicht überschritten. In zwei Proben der Sickerwasserperiode 2004/05 von konventionellen Betrieben wurden Spuren von Sulfadimidin gefunden, die jedoch unterhalb der Bestimmungsgrenzen, aber noch oberhalb der Nachweisgrenze lagen und so quantitativ nicht bestimmt werden konnten.

### **Antibiotika im Sickerwasser**

Die untersuchten Antibiotika waren in keiner Sickerwasserprobe nachweisbar. Dies ist insofern nicht erstaunlich, da auf den Betrieben der Einsatz von Antibiotika nur mit moderatem Aufwand betrieben wurde und schon in den Gülleproben kein Nachweis von antibiotischen Substanzen möglich war.

### **Fazit**

**Aufgrund der langen Halbwertszeiten in Gülle (für einige Substanzen >90 Tage) ist eine lange Lagerung für den Abbau von Veterinärantibiotika besonders wichtig, wobei Lagerzeiten von 180 Tagen offensichtlich ausreichend für den Abbau der meisten Wirkstoffe sind. Es gibt aus der Forschung jedoch auch Hinweise darauf, dass Pflanzen in der Lage sind, Antibiotika aus ausgebrachter Gülle aufzunehmen und somit einen möglichen Weg in die menschliche Nahrungskette darstellen. Auch sind die Fragen nach Bildung biologisch aktiver Metaboliten und das Problem der hohen Mobilität von Sulfonamiden im Boden sowie die mögliche Bildung von gebundenen Rückständen in Gülle und Böden bisher unbeantwortet.**

**Die negativen Untersuchungsergebnisse sind mit großer Wahrscheinlichkeit auf Umbau- und Sorptionsprozesse während der Güllagerung zurückzuführen, welche die Bioverfügbarkeit minimieren. Im Vergleich zur Schweine- oder Geflügelhaltung hält sich der Antibiotikaeinsatz in der Rinderhaltung, zumindest in den beprobten Betrieben in Schleswig-Holstein, in Grenzen. Im Zeitrahmen des Projektes wurden wenige Antibiotika eingesetzt, die für ihr hohes Akkumulationspotential bekannt sind, wie beispielsweise Tetrazykline. Bei diesen stark akkumulierenden Substanzen ist nicht davon auszugehen, dass sie sich im Sickerwasser wieder finden, da sie aufgrund der starken Sorption an Feststoffen in der Gülle und im Boden gebunden sind. Da im vorliegendem Projekt die Konzentrationen aller analysierten Antibiotika schon in der Gülle unter den Nachweisgrenzen blieben, ist eine relevante Beeinträchtigung der bodenmikrobiologischen Umwelt nicht zu erwarten.**



*Braunkehlchen (Saxicola rubetra)*

*„In den letzten Jahren ist in manchen Gebieten des Getreidebaus im Osten Schleswig-Holsteins eine Verminderung der Zahl an Feldlerchen auffällig. Ob dies mit den jetzt üblichen Giftbestäubungen der Felder zusammenhängt?“*

*Karl-Otto Beckmann (1964):  
Feldlerche *Alauda arvensis* L. In: Die Vogelwelt Schleswig-Holsteins.  
Karl Wachholtz Verlag, Neumünster.*

# 5

## Projekt AVI-LAND: Artenschutz

Helge Neumann

### **Brutvögel und Wildpflanzen auf Ackerflächen**

*Eine umfassende Bewertung der ökologischen Effekte von Landnutzungssystemen beinhaltet nicht nur die Analyse der Auswirkungen auf Parameter der unbelebten Umwelt, sondern berücksichtigt auch Effekte auf wildlebende Tier- und Pflanzenarten. Auf einer Auswahl der Betriebspaare des COMPASS-Projektes wurden deshalb in den Jahren 2005 und 2006 zusätzlich Untersuchungen zum Einfluss der konventionellen und ökologischen Ackerbewirtschaftung auf die Diversität und Häufigkeit von Brutvögeln und Wildpflanzen durchgeführt. Die Erfassungen waren Bestandteil des Projektes AVI-LAND, welches im Rahmen des Interreg IIIa-Programms der Europäischen Union durchgeführt wurde.*

*Die Untersuchungen zur Vielfalt an Brutvogelarten ergaben keine Unterschiede zwischen konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen. Differenzen zeigten sich jedoch in der Siedlungsdichte einzelner Vogelarten. So traten die Feldlerche und der Fasan im Mittel der beiden Untersuchungsjahre häufiger auf den ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen auf. Die Schafstelze wurde hingegen zahlreicher auf den konventionellen Schlägen nachgewiesen. Die Untersuchungen zum Vorkommen von Ackerwildpflanzen ergaben deutlichere Unterschiede als die Vogelerfassungen. Die Anzahl an Wildpflanzenarten war auf den ökologisch genutzten Äckern signifikant höher als auf den Vergleichsflächen. Pflanzenarten, die aus Naturschutzsicht als besonders wertvoll gelten, wurden jedoch auch auf den ökologisch bewirtschafteten Feldern nicht gefunden.*

### **Hintergrund**

Viele Vogelarten, die heute als „charakteristisch“ für die Agrarlandschaft gelten, haben sich vermutlich erst in Folge von Waldrodung und Landbewirtschaftung verstärkt in Mitteleuropa ansiedeln können. Es kann davon ausgegangen werden, dass erst durch die Tätigkeit des Menschen großflächig offene Lebensräume entstanden sind, die den Steppenlandschaften ähneln, aus denen viele Feldvogelarten wahrscheinlich ursprünglich stammen. Durch die Entwicklungen in der Landwirtschaft des letzten Jahrhunderts, insbesondere die Änderungen der Produktionstechnik und Anbauverfahren nach 1950, haben sich die Lebensbedingungen für zahlreiche Vogelarten in der Agrarlandschaft jedoch wieder verschlechtert.

Im Rahmen des Deutsch-Dänischen Forschungsvorhabens AVI-LAND wurde auf einigen Betrieben des COMPASS-Projektes in den Jahren 2005 und 2006 untersucht, ob und wie der ökologische Landbau, der im allgemeinen als besonders naturverträgliche Form der Landnutzung angesehen wird, zum Schutz von Brutvögeln auf Ackerflächen beitragen kann. Als Ergänzung zu den Feldversuchen des COMPASS-Teilprojektes B wurden auf ausgewählten Schlagpaaren der Betriebe zusätzlich Erhebungen zum Vorkommen von Ackerwildpflanzen durchgeführt.

### **Untersuchungen**

Für die Vogeluntersuchungen wurden 40 Ackerschlagpaare der COMPASS-Betriebe ausgewählt. Die Paare wurden so zusammengestellt, dass sie sich in der Art der Bewirtschaftung unterschieden (konventionell, ökologisch), im Hinblick auf sonstige Parameter, die das Vorkommen von Brutvögeln beeinflussen können (z. B. Flächengröße, Heckendichte), jedoch vergleichbar waren. Bei der Paarbildung wurde zusätzlich darauf geachtet, dass die Anbaufrüchte der Äcker repräsentativ für die jeweilige Wirtschaftsweise waren. Im Rahmen der Brutvogelkartierungen wurden alle Vögel erfasst, die sich auf den Äckern aufhielten und deren Verhalten auf eine Brut hindeutete (so genannte „Revierkartierung“). Die Untersuchungen zur Ackervegetation erfolgten auf 12 (2005)

bzw. 8 (2006) Paaren von Wintergetreidefeldern (konventionell, ökologisch), die auf denselben Betrieben lagen, auf denen die Vogelerfassungen erfolgten. Die Vegetationsaufnahmen wurden kurz vor der Ernte des Getreides durchgeführt. Auf jedem Schlag wurde an zehn Stellen auf einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> die Anzahl an Wildpflanzenarten sowie die Bestandesdichte des Getreides (Anzahl Ähren) bestimmt.

## Ergebnisse: Brutvögel

Auf den Schlagpaaren traten je nach Untersuchungsjahr maximal

fünf bzw. sechs Vogelarten auf (Abbildung D1). Die Art der Ackerbewirtschaftung (konventionell, ökologisch) hatte keinen Einfluss auf die Artenvielfalt. Die Brutvogelgemeinschaften wurden unabhängig von der Wirtschaftsweise stark von der Feldlerche dominiert, deren Brutbestände in Schleswig-Holstein als gefährdet gelten. Neben der Feldlerche kamen lediglich die Arten Schafstelze, Kiebitz und Fasan auf einer größeren Anzahl an Äckern vor. Die Feldlerche und – weniger stark ausgeprägt – der Fasan erreichten auf den ökologisch bewirtschafteten Äckern signifikant höhere Dichten als auf den konventionell genutzten Flächen. Die Schafstelze trat hingegen im Mittel der Jahre häufiger auf den konventionellen Feldern auf (Abbildung D2).

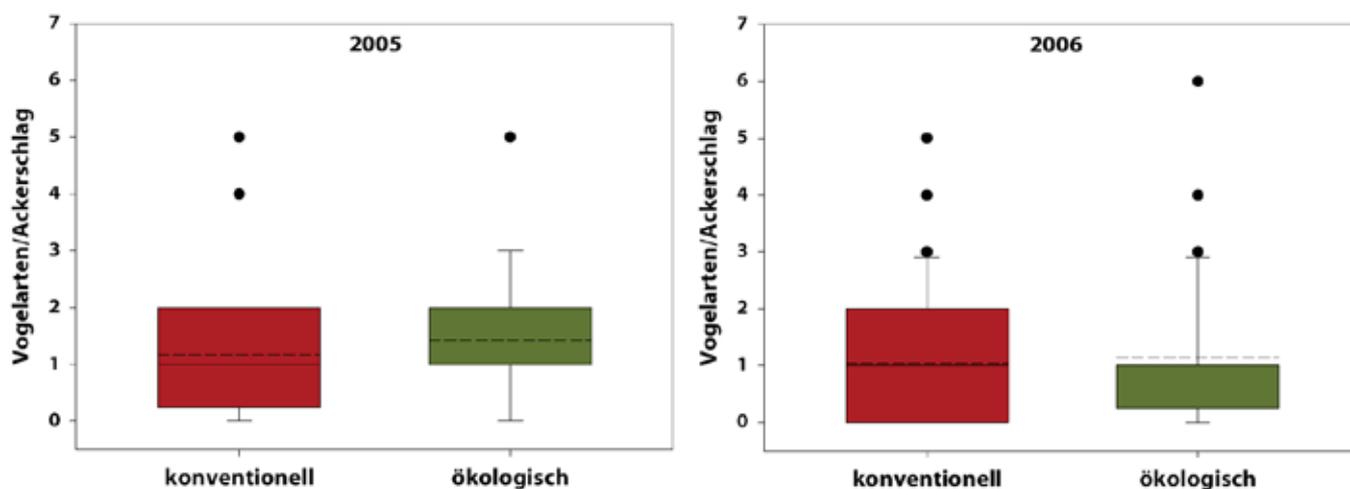


Abbildung D1: Anzahl an Brutvogelarten auf den untersuchten konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen in den Jahren 2005 (Abb. links) und 2006 (Abb. rechts). n=40 Schlagpaare. Darstellung als „Box-Whisker-Plots“: das Rechteck markiert den Bereich, in dem 50% aller Werte liegen, die gestrichelte Linie kennzeichnet das arithmetische Mittel und die durchgezogene Linie den Median, der die Stichprobe in zwei Hälften teilt.

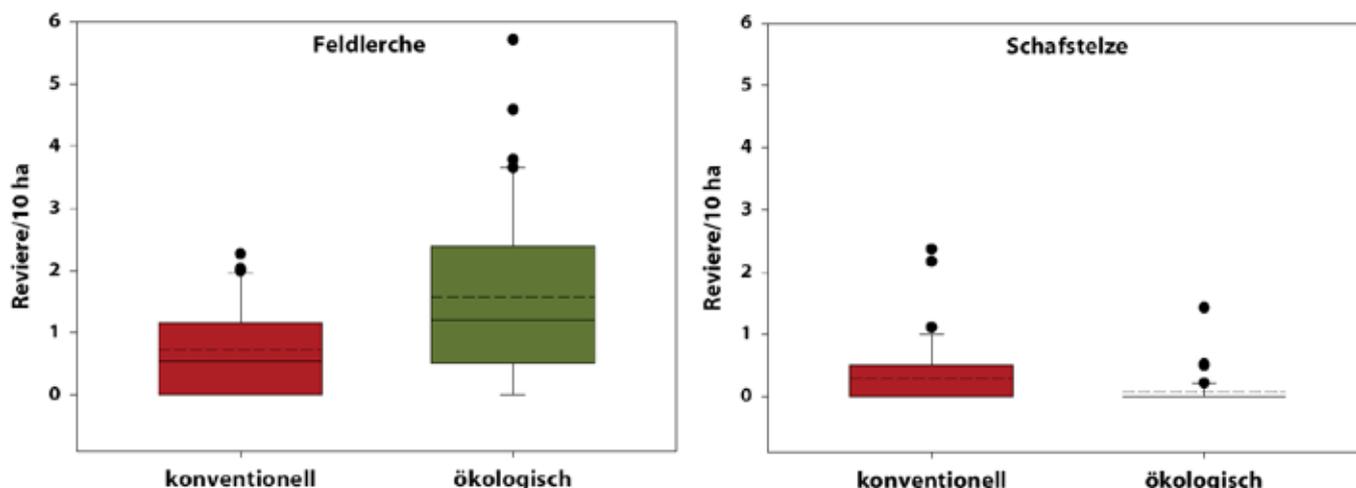


Abbildung D2: Siedlungsdichte (Reviere/10 ha) der Feldlerche (Abbildung links) und der Schafstelze (Abbildung rechts) auf den untersuchten konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen. n=40 Schlagpaare, Mittel der Jahre 2005 und 2006; Erklärungen zur Darstellung: siehe Abbildung D1.

## Ergebnisse: Ackerwildpflanzen

In beiden Untersuchungsjahren wurden auf den ökologisch bewirtschafteten Äckern deutlich mehr Wildpflanzenarten als auf den konventionell genutzten Schlägen gefunden (Abbildung D3). Die Bestandesdichte des Wintergetreides war hingegen auf den ökologisch bewirtschafteten Äckern signifikant geringer (ohne Abbildung). Auf den konventionellen Getreideflächen traten im Mittel der Schläge lediglich 1,0 (2005) bzw. 1,2 (2006) Wildpflanzenarten je m<sup>2</sup> auf. Auf den ökologisch genutzten Wintergetreidefeldern lag die mittlere Artenzahl hingegen bei 6,8 (2005) bzw. 7,7 (2006) Arten/m<sup>2</sup>. Ackerwildpflanzen, die in Schleswig-Holstein aus Naturschutzsicht als besonders wertvoll gelten („Rote Liste-Arten“), wurden weder auf den konventionell, noch auf den ökologisch genutzten Äckern gefunden.

## Mögliche Ursachen

Aus der Literatur ist bekannt, dass das Vorkommen von Feldlerchen auf Ackerflächen maßgeblich von der Vegetationsstruktur der Anbaufrüchte bestimmt wird. Für die konventionell genutzte Agrarlandschaft wurde in zahlreichen Studien gezeigt, dass Feldlerchen zur Brutzeit bevorzugt lichte und niedrige Kulturpflanzenbestände besiedeln, während Flächen mit einer dichten und/oder hohen Pflanzendecke gemieden werden. Das häufigere Auftreten von Feldlerchen auf den ökologisch bewirtschafteten COMPASS-Betrieben könnte sich ebenfalls durch Unterschiede in der Vegetationsstruktur erklären. Bedingt durch den häufigeren Anbau von Sommerungen sowie das geringere Stickstoffdüngungsniveau waren auf den Ökobetrieben auch dann noch offene Flächen mit einer vergleichsweise lichten

Vegetationsstruktur vorzufinden, wenn auf den konventionell bewirtschafteten Betrieben vielfach bereits geschlossene und sehr dichte Pflanzenbestände vorherrschten (Winterraps, Winterweizen, Wintergerste). Die unterschiedliche Anbaustruktur der beiden Wirtschaftsweisen könnte auch eine Erklärung dafür sein, dass Schafstelzen häufiger auf den konventionell genutzten Äckern nachgewiesen wurden. Nach den bisher aus Europa vorliegenden Untersuchungen scheinen Schafstelzen auf Ackerflächen im Gegensatz zu Feldlerchen auch höhere Pflanzenbestände zu besiedeln. Schafstelzen treten seit mehreren Jahren zunehmend in konventionell bewirtschafteten Wintersaaten auf, so dass die Schafstelzenbestände in Schleswig-Holstein aktuell nicht akut gefährdet sind. Auf ökologisch bewirtschafteten Äckern ist die Vegetationsbedeckung für Schafstelzen im Zeitraum der Revierbesetzung (April/Mai) in den meisten Kulturarten u.U. noch zu gering, als dass die Flächen als Bruthabitat akzeptiert werden.

Die höhere Vielfalt an Wildpflanzenarten auf den ökologisch bewirtschafteten Wintergetreideäckern dürfte v.a. darauf zurückzuführen sein, dass auf den ökologisch genutzten Äckern keine chemisch-synthetisch hergestellten Herbizide angewendet wurden. Auch wenn im ökologischen Anbau stattdessen vielfach mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen zum Einsatz kamen, so war deren Effektivität doch geringer als die Wirksamkeit der Herbizide im konventionellen Anbau (siehe auch COMPASS-Teilprojekt B). Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die Wildpflanzen auf den ökologisch bewirtschafteten Feldern weniger stark mit den Kulturpflanzen um Licht konkurrierten, da die Bestandesdichten bzw. Erträge der Kulturfrüchte im Vergleich zum konventionellen Anbau deutlich geringer waren (siehe auch COMPASS-Teilprojekt A).

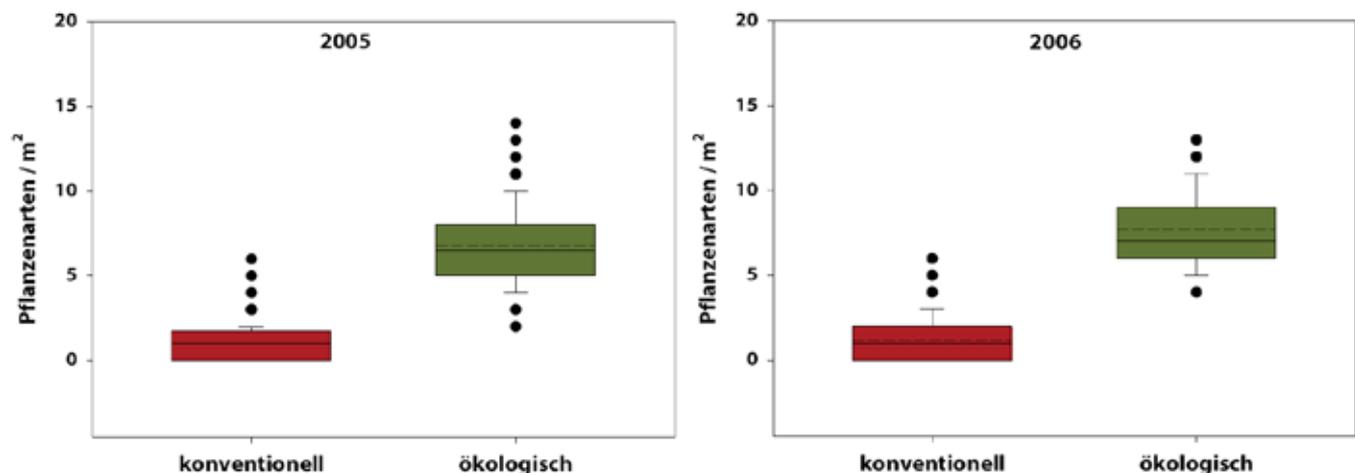


Abbildung D3: Anzahl an Wildpflanzenarten auf den untersuchten konventionell und ökologisch bewirtschafteten Wintergetreideäckern in den Jahren 2005 (Abbildung links) und 2006 (Abbildung rechts). Erklärungen zur Darstellung: siehe Abbildung D1.





Feldlerche (Jungvogel)  
(*Alauda arvensis*)

Standort- und Produktionsbedingungen jedoch auch im Ökolandbau nur schwer möglich, wenn keine speziellen Artenschutzmaßnahmen, wie z.B. die Ansaat seltener Arten, durchgeführt werden.

Die Untersuchungen zur Vielfalt an Pflanzenarten auf ausgewählten Dauergrünlandflächen der COMPASS-Betriebe (siehe Teilprojekt A) ergaben im Gegensatz zu den Kartierungen der Ackervegetation keinen signifikanten Einfluss der Bewirtschaftungsart (Abbildung D5). Während die Bestandesführung im konventionellen und ökologischen Getreideanbau deutliche Unterschiede aufwies, war die Bewirtschaftung des Dauergrünlandes bei beiden Wirtschaftsweisen vergleichsweise ähnlich. Die Düngermengen und die Beweidungsintensitäten fielen auf den konventionellen Grünlandflächen zwar höher aus als im Ökolandbau, die Nutzungsintensität (Schnittanzahl und -termine) war auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen jedoch ähnlich hoch

wie im konventionellen Anbau (siehe COMPASS-Teilprojekt A). Die Pflege der Grünlandbestände erfolgte auch auf den konventionellen Betrieben ausschließlich mechanisch, d. h. Herbizide wurden nicht eingesetzt.

Die Vogelerfassungen ergaben im Gegensatz zu den Untersuchungen zur Ackervegetation keine Unterschiede in der Artenvielfalt auf den konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen. Da Ökobetriebe zumeist isoliert inmitten der konventionell genutzten Agrarlandschaft liegen, profitieren Vögel, die vergleichsweise große Raumannsprüche aufweisen, u.U. weniger stark von der ökologischen Wirtschaftsweise als Ackerswildpflanzen, die direkt von der Art der Flächennutzung beeinflusst werden. Im Hinblick auf den Schutz einzelner Vogelarten deuten die Ergebnisse jedoch darauf hin, dass der ökologische Landbau insbesondere zum Bestandsschutz der Feldlerche beitragen könnte. Um diese Schlussfolgerung zu überprüfen, sind Vergleichsuntersuchungen zum realen Bruterfolg notwendig.

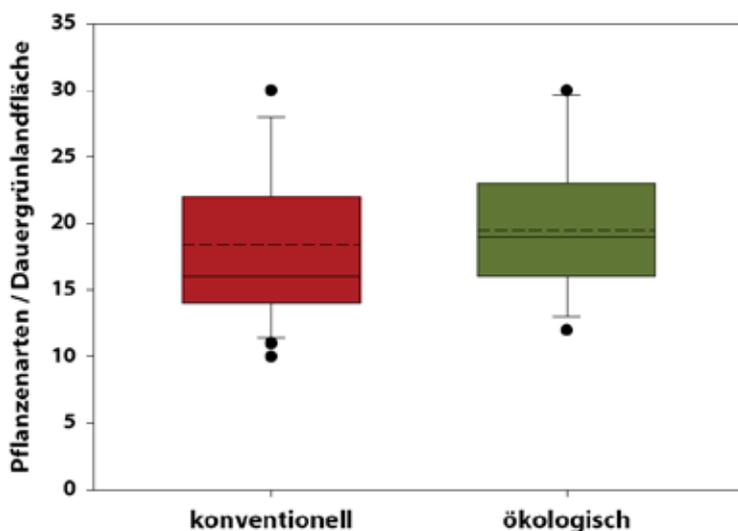


Abbildung D5:  
Anzahl an Pflanzenarten auf den im Projekt COMPASS untersuchten konventionell und ökologisch bewirtschafteten Dauergrünlandflächen. Mähweiden; n=23 Flächenpaare, maximale Artenzahlen der Untersuchungsjahre 2005 und 2006. Weitere Erläuterungen siehe COMPASS-Teilprojekt A. Erklärungen zur Darstellung: siehe Abbildung D1.



### **Empfehlungen zum Schutz von Feldvögeln**

Wie die Analysen zum potenziellen Bruterfolg der Feldlerche auf den ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen zeigen (Abbildung D4), sind insbesondere für intensiv mechanisch gepflegte Hackfrüchte sowie die Schnittnutzung von Klee grasbeständen Konfliktlösungen gefordert. Wenn auf mechanische Pflegemaßnahmen während der Brutzeit nicht verzichtet werden kann, so sollten die Bearbeitungen zumindest so früh wie möglich im Jahr abgeschlossen werden, so dass Feldvögeln, die trotz der Störungen weiter auf der Fläche verbleiben, bis zur Ernte der Anbaufrüchte noch möglichst viel Zeit für eine (Ersatz-)Brut verbleibt. Die Konflikte der Klee grasbewirtschaftung lassen sich auf Ökobetrieben, auf denen Klee grasflächen primär zu Gründüngungszwecken in die Fruchtfolgen integriert werden, leichter entschärfen als auf Vieh haltenden Betrieben, auf denen dem Klee gras eine zentrale Bedeutung bei der Futtergewinnung zukommt. Für Gründüngungsbestände ist aus Vogelschutzsicht zu empfehlen, während der Hauptbrutzeit (Anfang April bis Ende Juni) auf Pflege- bzw. Mulchschnitte zu verzichten. In zweijährigen Untersuchungen auf dem Versuchsbetrieb Lindhof der Universität Kiel hatte eine Reduktion der Mulchintensität von drei Schnitten im Zeitraum Mai bis August auf einen Pflegeschnitt im Juli keine negativen Effekte auf den Ertrag und die Qualität der Folgefrucht Sommer- bzw. /Winterweizen. Das einmalige Mulchen war allerdings mit

einer erhöhten Stickstoff-Auswaschung im folgenden Winter verbunden, da die reduzierte Nutzung der Klee grasbestände eine starke Akkumulation von Rotklee-Sprossmasse und damit eine Erhöhung der Rest-Stickstoff-Menge im Herbst zur Folge hatte. Für auswaschungsgefährdete Standorte ist als alternative Nutzung ein möglichst früher erster Pflegeschnitt zu empfehlen, auf den in einem Abstand von mindestens 7 Wochen dann lediglich ein weiteres Mal gemulcht wird. Auch wenn der erste Nutzungstermin in den Zeitraum von Erstbruten fallen sollte (April/Mai, siehe Abbildung D4), so gewährleistet der Abstand bis zu dem folgenden Mulchschnitt, dass Feldlerchen (und ggf. weiteren Vogelarten), die nach einem Verlust der Erstbrut auf der Fläche verbleiben, ausreichend ungestörte Zeit für den Abschluss einer Ersatzbrut verbleibt. Die futterbauliche Klee grasnutzung lässt sich im Gegensatz zur Mulchwirtschaft hingegen nur auf die Anforderungen des Vogelschutzes abstimmen, wenn wirtschaftliche Einbußen ausgeglichen werden. Alternative Nutzungskonzepte, die von der derzeitigen Praxis (Schnitttermine, Mähtechnik) abweichen, sind i.d.R. mit deutlichen Einbußen der Futterqualität und/oder -quantität verbunden. Da der Klee grasanteil in ökologischen Fruchtfolgen jedoch begrenzt ist, dürften alljährlich nur einige ausgewählte Betriebsflächen von den genannten Konflikten betroffen sein. Auf den Ökobetrieben des COMPASS-Projektes nahmen futterbaulich genutzte Klee grasbestände im Mittel der Jahre und Betriebe ein Viertel der Betriebsflächen ein (Minimum 5,1 %, Maximum 59,5 %, Median 22,2 %; n=8 Betriebe, Jahre 2004 und 2005).

Aus den höheren Feldlerchendichten auf den ökologisch bewirtschafteten COMPASS-Betrieben kann abgeleitet werden, dass die Lebensraumqualität konventionell bewirtschafteter Ackerflächen für Feldlerchen durch einen verstärkten Anbau von Sommerungen sowie dünnere Kulturpflanzenbestände verbessert werden könnte. Da beide Maßnahmen im Vergleich zu der derzeit üblichen Praxis starke Ertrags- und damit Einkommenseinbußen zur Folge haben, ist eine freiwillige Umsetzung ohne entsprechend hohe Ausgleichszahlungen jedoch unrealistisch. Eine alternative Schutzmaßnahme, die sich ohne größeren Aufwand in die bestehenden Fruchtfolgen und Betriebsabläufe integrieren lässt, könnte die künstliche Anlage von Fehl- bzw. Kahlstellen darstellen. In Großbritannien, wo diese Maßnahme für den konventionellen Wintergetreideanbau entwickelt und auch erfolgreich erprobt wurde, wird die Anlage derartiger „Feldlerchenfenster“ im Rahmen der staatlichen Agrarumweltprogramme finanziell gefördert. Die Fehlstellen werden angelegt, indem während der Getreideansaat kleine Ackerbereiche ausgespart werden. Die Größe der Fehlstellen ist je nach Arbeitsbreite variabel (z. B. 6m x 6m). Das Aussetzen der Drillmaschine stellt die einzige Bewirtschaftungsaufgabe dar, die „Feldlerchenfenster“ können ansonsten wie der Restschlag bewirtschaftet werden. Bei dem Einsatz von Herbiziden sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Fehlstellen nicht vollkommen frei von Ackerwildpflanzen sind, da eine gewisse Vegetationsbedeckung als Deckung für Vögel bzw. Nester vorhanden sein sollte. Des Weiteren ist die Maßnahme aufgrund der Lebensraumsprüche der Feldlerche nur auf Ackerflächen sinnvoll, die eine gewisse Mindestgröße aufweisen (> 5 ha) und die zudem möglichst frei von vertikalen Randstrukturen (Hecken, Wälder, Gebäude) sind. Da aus Schleswig-Holstein bisher keine Erfahrungen zur Effektivität der Anlage von „Feldlerchenfenstern“ vorliegen, sollte wissenschaftlich überprüft werden, ob die in England entwickelten Bewirtschaftungsaufgaben auch unter den hiesigen Standort- und Anbaubedingungen die gewünschten Erfolge erzielen.

„Man sollte sich darüber im Klaren sein, dass noch so präzise und begründete Vorschläge zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Kulturlandschaftsfauna nur Aussicht auf Verwirklichung haben, wenn sie den berechtigten Interessen der Landwirtschaft nicht zuwiderlaufen.“

Paul Blaszyk (1966): *Moderne Landwirtschaft und Vogelwelt*. Internationaler Rat für Vogelschutz. Deutsche Sektion, Bericht Nr. 6.

## Ausblick

Die Vogeluntersuchungen werden im Jahr 2007 in einer dritten Brutsaison wiederholt. In den Wintern 2005/06 und 2006/07 wurden auf den Ackerschlagpaaren zusätzlich Rastvogelzählungen durchgeführt, so dass zum Abschluss des Projektes „AVI-LAND“ eine umfassende Analyse der Auswirkungen der konventionellen und ökologischen Ackerbewirtschaftung auf Vögel möglich sein wird.

Schafstelze  
(*Motacilla flava*)

# 6

## Ausblick: was zu tun bleibt

Dem Wissenstransfer von der Forschung in die Praxis gebührt oberste Priorität bei der Gestaltung landwirtschaftlicher Produktionssysteme, die ökologisch wie betriebswirtschaftlich nachhaltig sind und sich durch eine hohe Qualität der erzeugten Produkte bei gleichermaßen hohem Ertragsniveau auszeichnen. Dies dokumentieren die Ergebnisse des COMPASS-Projektes sowie viele Gespräche mit den am Projekt teilnehmenden Betriebsleitern.

### Leistungen im COMPASS-Projekt

Unter dem Strich bleibt eine Reihe von Leistungen, die im COMPASS-Projekt erzielt worden sind:

#### Netzwerk von Pilotbetrieben

Ein Netzwerk von 32 systematisch und repräsentativ ausgewählten Pilotbetrieben wurde im Land Schleswig-Holstein etabliert. Die Zusammenarbeit mit den Betriebsleitern und Betriebsleiterinnen gestaltete sich stets konstruktiv und partnerschaftlich. Ohne diese hervorragende Zusammenarbeit wären die erzielten Ergebnisse nicht möglich gewesen. Es ist zu wünschen, dass dieses Netzwerk von Betrieben auch zukünftig für eine dauerhafte und nachhaltige Verzahnung von Forschung und Praxis in Schleswig-Holstein erhalten bleibt.

#### Netzwerk von Institutionen

Im COMPASS-Projekt wurde auch auf der Ebene von Forschung, Beratung und Politik ein lockeres Netzwerk an beteiligten und interessierten Personen und Institutionen aufgebaut. Hierunter fallen:

- **Forschung**

Interdisziplinäre Zusammenarbeit von drei Instituten der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

- **Beratung**

Austausch mit der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, dem Ökoring (Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Schleswig-Holstein e.V.), Vereinen der Rinderspezialberatung und Privatunternehmen.

- **Politik**

Einbeziehung des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt

und ländliche Räume (MLUR) des Landes Schleswig-Holstein sowie des Landesamtes für Natur und Umwelt (LANU) in den Wissenstransfer.

### Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit

Auf mehreren Workshops mit den am Projekt teilnehmenden Landwirten sowie Vertretern aus Beratung und Politik wurden die Zwischen- und Endergebnisse vorgestellt und diskutiert. Hierbei wurde auf die Partizipation aller Beteiligten stets größter Wert gelegt.

Einem breiten Fachpublikum wurden auf der öffentlichen Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel in den Jahren 2006 und 2007 die Ergebnisse des COMPASS-Projektes vorgestellt.

Die allgemeine Öffentlichkeit hatte auf den jährlich stattfindenden Tagen der offenen Tür des CAU-Versuchsgutes Lindhof Gelegenheit, sich über das COMPASS-Projekt und vieles mehr zu informieren.

### Fachliche Ergebnisse

Die auf systematisch und repräsentativ ausgewählten Betrieben gewonnenen Daten erlauben eine genaue Bewertung und Schwachstellenanalyse landwirtschaftlicher Produktionssysteme. Die erhobenen Parameter umfassen die Pflanzenproduktion (Marktfrüchte, Futter) und die Milchviehhaltung mit ihren jeweiligen qualitativen und quantitativen Leistungen und potenziellen ökologischen Belastungen. Diese umfassende Datenbasis stellt eine wertvolle Beurteilungs- und Entscheidungsgrundlage für Praxis, Beratung, Forschung und Politik dar.

Aus den in dieser Broschüre dargestellten Ergebnissen der wissenschaftlichen Untersuchungen lassen sich folgende verallgemeinerte Aussagen ableiten:

- In jeder Betriebsgruppe (Ackerbau, Milchvieh-Futterbau, konventionell, ökologisch) gibt es Betriebe, die ein exzellentes Management aufweisen. Dies zeigt sich, bei einem gegebenen hohen Ertragsniveau in der Pflanzen- und Tierproduktion, vor allem in der weitgehenden Abwesenheit vermeidbarer Belastungen des Ernteguts, der natürlichen Ressourcen, und der Tiergesundheit. Andere, vergleichbare Betriebe fallen in Bezug auf die Managementqualität z.T. deutlich ab, wodurch das in der Praxis vorhandene Optimierungspotenzial klar aufgezeigt wird.

### **Schwachstellen sind in erster Linie in folgenden Bereichen vorhanden:**

- **Düngeplanung:**  
Bemessung der Höhe der notwendigen N-Düngung, Anrechnung von Nährstoffen aus Wirtschaftsdüngern, Zeitpunkt der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern.
- **Anbaugestaltung/Pflanzenschutz:**  
Gestaltung zentraler Anbauparameter (z.B. Saatzeitpunkt), Terminierung und Form der eingesetzten Herbizide und Fungizide unter Berücksichtigung der individuellen Befallsituation, Wirkungsgrad der mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Landbau.
- **Kleegrasmanagement im ökologischen Landbau:**  
Form und Umfang des Kleegrasanbaus, Zeitpunkt des Kleegrasumbruchs.
- **Qualität der Tierbetreuung in der Milchviehhaltung.**
- **Fütterung:**  
Einstellung einer ausgewogenen Ration (Protein/Energie-Verhältnis, betrifft v.a. ökologische Milchviehfutterbaubetriebe), Art und Höhe des Kraftfuttereinsatzes (betrifft v.a. konventionelle Milchvieh-Futterbaubetriebe).

### **Konsequenzen**

Die aufgedeckten Schwachstellen in den untersuchten Produktionssystemen verursachen erhebliche negative Auswirkungen für die landwirtschaftlichen Betriebe selbst sowie für die Gesellschaft insgesamt.

#### **Für die Betriebe:**

- höhere Produktionskosten durch ineffizienten Einsatz von Produktionsmitteln (mineralische Düngemittel, Wirtschaftsdünger, Pflanzenschutzmittel, Diesel, Kraftfutter) sowie Defizite in der Tiergesundheit
- unterdurchschnittliche Erträge sowie nicht zufriedenstellende Qualitäten des Ernteguts aufgrund nicht optimalen Anbau- und Pflanzenschutzmanagements

#### **Für die Gesellschaft:**

- vermeidbare Belastungen von Grundwasser, Oberflächengewässern und der Atmosphäre; potenzielle Rückstände im Erntegut
- negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt von Flora und Fauna.

### **Die nächsten Schritte**

Aus ungezählten Forschungsarbeiten aus Pflanzenbau, Tierproduktion, Agrarökonomie und Umweltwissenschaften liegt ein großer Fundus an Wissen vor, der zur Gestaltung ökologisch wie ökonomisch nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktionssysteme herangezogen werden kann. Diese bisherigen Erkenntnisse wurden im COMPASS-Projekt in der Breite praxistypischer Produktionssysteme verschiedener Spezialisierungsrichtungen und Intensitäten validiert, wodurch Schwachstellen der jeweiligen Produktionssysteme aufgedeckt und neue Erkenntnisse dazu gewonnen werden konnten.

Dies bedeutet nicht, dass es in diesen Themengebieten nichts mehr zu erforschen gäbe. Im Gegenteil: zukünftige Forschungsprojekte sollten sich viel stärker als bisher damit befassen, Forschung und Wissenstransfer zu verzahnen, und der interdisziplinären Forschung einen größeren Stellenwert zuweisen. Beispielsweise wäre durch die Implementierung der gewonnenen Erkenntnisse in Pilotbetriebe gewährleistet, dass die Verknüpfung unterschiedlicher Maßnahmen zur Optimierung des Managements unter realistischen Bedingungen auf der Ebene eines gesamten Betriebes untersucht und eine Feinabstimmung vorgenommen werden kann. Zusätzlich wird ein Demonstrationseffekt erzielt, der für die Akzeptanz neuer Strategien in der landwirtschaftlichen Praxis von essentieller Bedeutung ist.

Auch sollten sich die Hochschulen stärker als bisher aktiv am Wissenstransfer beteiligen. Dies ist zwar nicht deren originäre Aufgabe, da in Bezug auf Praxisberatung und Wissenstransfer vor allem die Privat- und Officialberatung in der Verantwortung steht. Entscheidende Impulse können allerdings oft nur von den Hochschulen ausgehen, da nur hier die Voraussetzungen für anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungsprojekte gegeben sind. Als Beispiele seien die an der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel entwickelten Modelle IPS (Integrierte Pflanzenschutzmodelle für den Weizen-, Raps- und Zuckerrübenanbau), MAISPROG (Erntezeitprognose für Silomais) oder die Reifeprüfung Grünland genannt. Diese Expertenmodelle stehen der landwirtschaftlichen Praxis im Internet sowie in der Fachpresse jederzeit aktuell zur Verfügung. Auch die vorliegende Broschüre stellt einen direkten Wissenstransfer aus einem aktuellen, gerade abgeschlossenen Forschungsprojekt in die landwirtschaftliche Praxis, die Beratung und die Politik dar.

Im Sinne von Landwirtschaft, Verbrauchern sowie der belebten und unbelebten Umwelt bleibt zu wünschen, dass die Ergebnisse des COMPASS-Projektes wichtige Impulse zur Gestaltung nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktionssysteme geben können.





*Das Projekt COMPASS wurde finanziell gefördert vom Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein und von der Landwirtschaftlichen Rentenbank Frankfurt/Main. Die abschließende aggregierte Bewertung der Projektergebnisse sowie der Druck der vorliegenden Broschüre erfolgten mit der finanziellen Unterstützung der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft.*

*Ein Literaturverzeichnis sowie der ausführliche Abschlussbericht zum COMPASS-Projekt können bei den Autoren angefordert werden.*

*Die vorliegende Broschüre steht als pdf-Datei zum Download zur Verfügung:  
[www.uni-kiel.de/compass](http://www.uni-kiel.de/compass)*

**Fotos:**

***h. dietrich habbe:***

*S. 2 (m.), S. 4 (o.), S. 14, S. 17, S. 22/23, S. 40/41, S. 61*

***Hinrich Hüwing:***

*S. 4 (u.), S. 53*

***Michael Kelm:***

*S. 2 (l., r.), S. 35*

***Helge Neumann:***

*S. 6, S. 26, S. 36, S. 37, S. 42, S. 62, S. 68, S. 73, S. 74, S. 75*

***Valtra Vertriebs-GmbH (mit freundlicher Genehmigung):***

*S. 9, S. 10/11, S. 21, S. 28, S. 29, S. 44, S. 52, S. 64, S. 78/79*

***Fotolia:***

*S. 59*

## Impressum

### Herausgeber

Prof. Dr. Friedhelm Taube  
Dr. Michael Kelm  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Herrmann-Rodewald-Straße 9  
24118 Kiel  
Fon 0431. 880 2134 (F. Taube), -3275 (M. Kelm)  
Fax 0431. 880 4568  
[www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de](http://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de)

Prof. Dr. Joseph-Alexander Verreet  
Institut für Phytopathologie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Herrmann-Rodewald-Straße 9  
24118 Kiel  
Fon 0431. 880 2996  
Fax 0431. 880 1583  
[www.uni-kiel.de/phytomed](http://www.uni-kiel.de/phytomed)

### Autoren

Dr. Michael Kelm  
Prof. Dr. Friedhelm Taube (Vorwort)  
M.Sc. agr. Hinrich Hüwing (Teilprojekt B)  
Dr. Nicole Kemper (Teilprojekt C)  
Dr. Helge Neumann (Projekt AVI-LAND)

### Satz, Layout + grafische Gestaltung

Dr. Michael Kelm,  
Sascha Szkaradkiewicz  
werbung+design, Molfsee  
Fon 0431. 69 13 834  
GSM 0151.11 359 426  
Fax 0431.260 28 58  
[sascha.szk@gmx.de](mailto:sascha.szk@gmx.de)

### Herstellung

Druckerei Breitschuh & Kock GmbH, Kiel

### Datum des Erscheinens

16. Mai 2007

### ISBN

3 - 9811625 - 0 - 9

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
– Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau –  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Herrmann-Rodewald-Straße 9  
24118 Kiel  
Fon 0431 . 880 2133  
Fax 0431 . 880 4568  
[www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de](http://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de)

Institut für Phytopathologie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Herrmann-Rodewald-Straße 9  
24118 Kiel  
Fon 0431 . 880 2996  
Fax 0431 . 880 1583  
[www.uni-kiel.de/phytomed](http://www.uni-kiel.de/phytomed)