

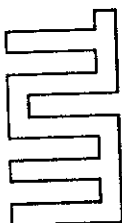
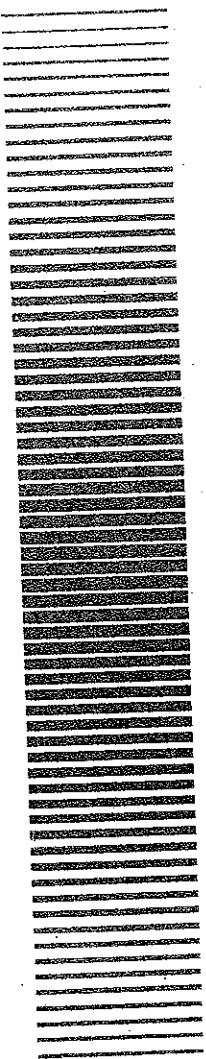
FORSCHUNGSVERBUND
AGRARÖKOSysteme
MÜNCHEN

Jahresbericht 2001

FAM-Bericht 53

Herausgeber:

P. Schröder, B. Huber, J.C. Munch (GSF)



FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSysteme MÜNCHEN	
JAHRESBERICHT 2001	
Teilprojekt: PG3	Kurztitel: Langzeitmonitoring und Indikatoren
Thema:	Flächen- und betriebsbezogene Indikatoren auf der Grundlage des Langzeitmonitorings
Antragsteller:	Dr. R. Gutser, Dr. H.J. Reents
Mitarbeiter:	Dr. U. Matthes, H. Schmid, G. Gerl (ZAI)
Institution:	TUM, Lehrstuhl für Pflanzenernährung TUM, Koordination für ökologischen Landbau
I.	Einleitung und Fragestellung
II.	Material und Methoden
	II.1 Bodeninventur 2001
	II.2 N_{min} -Dynamik an Dauermesspunkten
	II.3 Analyse landwirtschaftlicher Betriebe in der Region um Scheyern mit Hilfe von REPRO
	II.4 Überprüfung des definierten Indikatorensets
III.	Ergebnisse und Diskussion
	III.1 Erste orientierende Ergebnisse der Bodeninventur 2001
	III.2 N_{min} -Spannweiten unterschiedlicher Nutzungssysteme
	III.3 Zusammenhang zwischen Herbst- N_{min} -Werten und Nitratgehalten im Sickerwasser
	III.4 Diskussion der N_{min} -Dynamik
	III.5 Erste Bilanzierungsergebnisse landwirtschaftlicher Betriebe der Region um Scheyern mit Hilfe von REPRO
IV.	Schlussfolgerungen und Ausblick
V.	Publikationen
	V.1 Verwendete Literatur
	V.2 Eigene Publikationen

I. Einleitung und Fragestellung

Die intensive Beobachtung und Analyse wichtiger Boden- und Pflanzenparameter auf unterschiedlichen räumlichen Skalen ist Voraussetzung für eine umfassende Bewertung der Landnutzung und der Landnutzungsänderungen in den beiden Betrieben des Versuchsgutes Scheyern. In diesem Zusammenhang wurde das im Jahr 2000 innerhalb des FAM entwickelte Set an potenziellen Agrarumweltdiakatoren unter Beteiligung der Teilprojekte auf Eignung bzw. Anwendbarkeit überprüft.

Der Gedanke einer ressourcenschonenden, nachhaltigen Bodenbewirtschaftung wurde auf den Flächen des Versuchsgutes Scheyern durch verschiedene Ansätze einer konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis umgesetzt. Die Nutzungsumstellung ist mit weitreichenden Konsequenzen für den Nährstoffhaushalt verbunden. Speziell im integrierten Betrieb wurden in einzelnen Jahren erhöhte N-Salden festgestellt (ISERMANN & ISERMANN, 1997; MATTHES et al., 2002). Das dadurch indizierte erhöhte N-Verlustpotenzial konnte jedoch durch die Analyse einzelner N-Verlustpfade nicht bestätigt werden (s. FAM-Jahresbericht 2000). Danach wurden „nur“ etwa 50 % des N-Überschusses als echte Verluste in Form von NH_4 , NO_3 und N_2O nachgewiesen. Von der verbleibenden anderen Hälfte des überschüssigen Stickstoffs wurde angenommen, dass diese immobilisiert und in den organischen N-Pool des Oberbodens eingelagert worden ist. Mit Blick darauf war die in 2001 durchgeführte abschließende flächendeckende Bodeninventur unverzichtbar. Nur anhand einer repräsentativen Erhebung wichtiger physikalischer und chemischer Bodenkennwerte kann z.B. die prognostizierte Veränderung im C- und N-Status des Oberbodens abgeschätzt werden. Die mit Hilfe des Modells REPRO begonnene Bilanzierung der in Scheyern praktizierten umweltschonenden Wirtschaftsweise wurde in 2001 gezielt erweitert, indem die beiden Tierhaltungssysteme abgebildet wurden. Ergebnisse hierzu werden in den Folgerichten mitgeteilt. Darüber hinaus ist es Ziel, über das Versuchsgut Scheyern hinaus landwirtschaftliche Betriebe aus der Region um Scheyern mittels REPRO zu analysieren, um auf diese Weise die für die beiden Teilbetriebe Scheyerns erhaltenen Ergebnisse einzuordnen und die generelle Anwendbarkeit von REPRO im Tertiär-Hügelland zu überprüfen.

II. Material und Methoden

II.1 Bodeninventur 2001

Um die Vergleichbarkeit der über den 10-jährigen Nutzungszeitraum verteilten Bodeninventuren zu gewährleisten, war das methodische Konzept der Erstinventur (1991) bzw. der Zwischeninventur im Jahr 1995/96 auch für die im Zeitraum von August bis September 2001 durchgeführte abschließende Bodeninventur richtungweisend. Danach wurden an allen Rasterpunkten des 50 x 50 m Gitternetzes Mischproben aus dem Ap-Horizont und aus den ersten 10 cm des Unterbodens entnommen. An den Rasterpunkten des integrierten Betriebes wurde von diesem

ten des integrierten Betriebes wurde von diesem Vorgehen insofern abgewichen, als der Ap-Horizont nochmals unterteilt wurde in eine 10 cm mächtige Oberbodenschicht und den restlichen Ap bis zum ersten Unterbodenhorizont. Dieser Ansatz war deshalb notwendig, weil sich die prognostizierte C- und N-Anreicherung aufgrund der reduzierten Bodenbearbeitung vor allem auf die obersten cm des Ap-Horizonts konzentrierten dürfte. Unter Berücksichtigung eines unvermeidbaren laborchemischen Analysefehlers und der gemessenen an den hohen Gesamt-N-Vorräten relativ geringen N-Vorratsänderung wäre die prognostizierte N-Akkumulation (in Höhe von durchschnittlich 40-50 kg N ha⁻¹ a⁻¹) bei einer Mischprobe aus dem gesamten Ap schon vom Versuchsansatz her nicht nachweisbar.

Abweichend von den vorhergehenden Inventuren wurden neben den Rasterpunkten weitere ca. 100 Punkte in räumlicher Nachbarschaft zu den Rasterpunkten (Distanz 5 bis ca. 20 m) mit Bezug zum Relief und zu bekannten früheren Nutzungsgrenzen gezielt ausgewählt. Diese Erweiterung liefert wertvolle Informationen für die Ähnlichkeit benachbarter Proben (mathematisch im Repräsentanzindex RI ausgedrückt) und die darauf aufbauende Variogramanalyse. Die daraus errechenbare Autokorrelation benachbarter Proben ist Grundlage für realitätsgetreue räumliche Interpolationen unter Anwendung geostatistischer Verfahren.

Das gewonnene Bodenmaterial wurde anschließend luftgetrocknet, auf 2 mm gesiebt und im Labor der Hauptversuchsanstalt Weihenstephan auf folgende Parameter analysiert: C_{tot} , N_{gesamt} (beide Variablen nur in den Ap-Horizonten analysiert), P_{ex}, K_{ex} (alle Horizonte), pH (alle Horizonte) und Mg (an 15 % per Zufallsgenerator ausgewählter Oberbodenproben).

Aus den 3-5 pro Rasterpunkt entnommenen Stechzylinderproben wurden nach Trocknung bei 105° C das mittlere Trockengewicht und daraus abgeleitet die Trockendichte ermittelt. Die Abtrennung von Material mit einem Durchmesser größer 2 mm lieferte die Anteile für die Fraktionen Feinboden (< 2mm Durchmesser) und Skelettmaterial (> 2mm Durchmesser).

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SPSS, als Testverfahren zum Vergleich der Mittelwerte wurde der t-Test verwendet.

II.2 N_{min}-Dynamik an Dauermesspunkten

Der Nitrataustrag über das Sickerwasser unterhalb der Wurzelzone kann neben der Nitratauswaschung durch die potenziellen Nitratrverluste (N_{min} -Werte) beschrieben werden (STOLZE et al., 2001).

Die regelmäßige Bestimmung des Mineralstickstoffgehaltes des Bodens ist Voraussetzung für eine bedarfsgerechte, ökonomisch wie ökologisch sinnvolle Steuerung des Pflanzenwachstums über die N-Düngung. Darüber hinaus liefern N_{min} -Untersuchungen Informationen über das Stickstoffmineralisierungspotenzial des Bodens.

Im Hinblick auf die Verlagerung von Nitrat sind vor allem die Nitratvorräte vor Winterbeginn von Bedeutung, weil das gering sorptionsfähige Nitrat überwiegend während der winterlichen Hauptsickerungsperiode in das Grundwasser gelangt.

der winterlichen Hauptsickerungsperiode in das Grundwasser gelangt. Deshalb muss es Ziel eines am pflanzlichen Bedarf ausgerichteten Stickstoffmanagements sein, die pflanzenverfügbaren Restnitraten des Bodens nach der Ernte zu minimieren.

Der Indikator „potenzielle Nitratreterluste“ basiert auf dem N_{min} -Gehalt im Boden zu Beginn der winterlichen Hauptsickerungsperiode im Herbst, wobei der Saldo der N-Bilanz mit berücksichtigt wird. Dieser zweidimensionale Ansatz liegt darin begründet, dass reine N_{min} -Werte im Herbst als nur begrenzt aussagefähig hinsichtlich der Abschätzung des N-Austrags gelten (STEINMANN & GEROWITT, 2000; WALTHER, 2001). Dennoch hat die herbstliche N_{min} -Messung als Maß für die potenzielle Belastung des Grundwassers mit Nitrat insbesondere im angewandten Wasserschutz noch immer einen großen Stellenwert (BACH & FREDÉ, 1995). Voraussetzung dafür ist jedoch ein direkter Zusammenhang zwischen den Nitratgehalten am Ende der Vegetationsperiode und der Nitratauswaschung.

Die Ergebnisse der N_{min} -Untersuchungen sollten insbesondere Antworten auf folgende Fragen liefern:

Welcher zeitlichen und räumlichen Dynamik unterliegen N_{min} -Werte in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung?

Besteht ein Zusammenhang zwischen Herbst- N_{min} -Werten und der Nitratkonzentration im Sickerwasser?

Welche Veränderungen über die Zeit sind auf extensiv bewirtschafteten bzw. ungenutzten Flächen zu beobachten?

Sind Herbst- N_{min} -Werte in Verbindung mit N-Bilanz-Salden ein brauchbarer Indikator für die Beurteilung der N-Auswaschung?

Im Zeitraum von 1991 bis 2000 wurde der N_{min} -Gehalt des Bodens an insgesamt 20 ausgewählten Dauermesspunkten mehrmals pro Jahr in den Tiefenstufen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm ermittelt. Somit existieren sowohl Nitratgehalte für den Zeitpunkt vor der winterlichen Sickerungsperiode (Oktober/November) wie auch nach deren Ende (Februar/März).

II.3 Analyse landwirtschaftlicher Betriebe in der Region um Scheyern mit Hilfe von REPRO

Für die Auswahl der Referenzbetriebe (Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen) wurde darauf geachtet, dass die Vielfalt der Betriebssysteme dieses Ausschnittes des terränen Hügellandes zumindest teilweise Berücksichtigung findet (Tierhaltung, Fruchtfolgen, etc.). Ergänzend zu den beiden Betrieben der Versuchstation wurden weitere Betriebe im Umkreis von ca. 25 km von Scheyern auf Basis spezifischer Betriebsdaten, üblicher Beratungs- und Kontrollunterlagen, pauschaler Kenngrößen bzw. Faunzahlen hinsichtlich wichtiger Stoffkreisläufe untersucht und das hierzu eingesetzte Bilanzierungsmodell REPRO hinsichtlich „Praxistauglichkeit“ überprüft.

II.4 Überprüfung des definierten Indikatorensets

In enger Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt PG4 wurde das im FAM entwickelte Indikatorensystem, bestehend aus zunächst 82 potenziellen Indikatoren, anhand eines Bewertungsschlüssels auf Eignung und Anwendbarkeit überprüft. Entsprechend den definierten Oberzielen bzw. den Umweltwirkungsbereichen erfolgte eine Aufteilung der Indikatorenüberprüfung zwischen PG3 und PG4. Die hierzu gemachten Erfahrungen sowie vorläufige Ergebnisse sind dem Beitrag des Teilprojekts PG4 (in diesem Jahresbericht) zu entnehmen.

III. Ergebnisse und Diskussion

III.1 Erste orientierende Ergebnisse der Bodeninventur 2001

Erste statistische Auswertungen zeigen in den Ackerflächen beider Betriebe vergleichbare Trends (Tab. 1). Die Gehalte an P, K, C und N gehen im Mittel in beiden Betrieben zurück. Die Abnahme der C-Gehalte fällt dabei stärker aus als die der N-Gehalte, so dass daraus ein engeres C/N-Verhältnis resultiert. Die aufgrund eines positiven N-Saldos im integrierten Betrieb erwartete N-Anreicherung im Oberboden konnte dennoch nicht bestätigt werden.

Tab. 1: Veränderung von bodenchemischen und -physikalischen Parametern zwischen 1991 und 2001 (P/Ka_{cl}, Corg und N: in g kg⁻¹, TRD in kg dm⁻³ Ap-Mächtigkeit in cm)

Parameter	Integrierter Betrieb 1991	2001	Ökologischer Betrieb 1991	2001
pH	5,91	5,93	6,02	5,96
P-CAL	0,098	0,071***	0,101	0,079**
K-CAL	0,206	0,148***	0,213	0,175***
C _{org}	14,2	12,4***	15,6	13,9**
N _t	1,46	1,38*	1,60	1,50
C/N-Verhältnis	9,7	9,0***	9,8	9,3**
TRD	1,43	1,46**	1,43	1,50***
Ap-Mächtigkeit	23	23	22	25***

*, ** und ***: signifikante Veränderungen zu 1991 von 95 %, 99% bzw. 99,9 % Sicherheit

Unter Berücksichtigung der Trockenranddicke und der Ap-Mächtigkeit unterscheiden sich die Änderungen der C_{org} und N-Vorräte der Oberböden in den beiden Betrieben. Im integrierten Betrieb kommt es zu einer geringen Abnahme der C-Vorräte von 46300 kg ha⁻¹ auf 41600 kg ha⁻¹. Die N-Vorräte verringern sich von 4800 kg ha⁻¹ auf 4630 kg ha⁻¹. Im ökologischen Betrieb ist, bedingt durch einen tieferen Ap-Horizont, hingegen eine leichte Zunahme von 49000 kg ha⁻¹ auf 51125 kg ha⁻¹ für C_{org} und von 5030 kg ha⁻¹ auf 5210 kg ha⁻¹ für N festzustellen.

Tab. 2: Mittelwerte wichtiger bodenchemischer Parameter in verschiedenen Tiefen des Pflanzhorizontes Ap (P/K_{Ca}, Corg und N in g kg⁻¹).

Parameter	0-10 cm	10 cm - Untergrenze Ap
pH	5,86**	5,95
P-CAL	0,068	0,067
K-CAL	0,174***	0,128
Corg	14,4***	10,9
N	1,56***	1,25
C/N-Verhältnis	9,3***	8,6

** und ***: Signifikanzniveaus von 99 % bzw. 99,9 %

Die im integrierten Betrieb durchgeführte konservierende Bodenbearbeitung mit Verzicht auf den Pflugeinsatz bewirkt eine deutliche Differenzierung des Ap-Horizontes. Im durch Bodenbearbeitung noch gut durchmischten oberen Pflanzhorizont (0-10 cm) sind C_{org}, N- und P_{Ca}-Konzentrationen signifikant höher und der pH-Wert signifikant niedriger als in der nur gelockerten folgenden Schicht bis zur Untergrenze des Ap (s.a. WEINPURTNER et al., 2001).

III.2 N_{min}-Spannweiten unterschiedlicher Nutzungssysteme

Die in Abb. 1 dargestellten Boxplots verdeutlichen, dass die N_{min}-Gehalte über den bislang 10-jährigen Messzeitraum einer ausgeprägten, sowohl bewirtschaftungsbedingungen wie auch standortabhängigen Dynamik unterliegen. Infolge der Mineraldüngerzufuhr ist die Variabilität im integrierten System von Januar bis September deutlich höher als im ökologischen Betrieb sowie unter nicht bewirtschafteten Flächen. Im ökologischen Betrieb liegen die Herbst N_{min}-Werte überwiegend unter 45 kg N ha⁻¹ (Referenzlinie), unter Schutzflächen sogar deutlich unter 25 kg N ha⁻¹. Ein Gehalt von 45 kg N ha⁻¹ im Herbst wird nach der Baden-Württembergischen Verordnung für Trinkwasserschutzgebiete (SCHALVO) im Hinblick auf Nitratwasserbelastungen ins Sickerwasser als kritisch gesehen. Allerdings ist die undifferenzierte Übertragung eines solchen pauschalen Richtwertes auf die spezifische Situation in Scheuern problematisch, da der Richtwert weder die standörtliche Variabilität, noch die Jahreswitterung angemessen berücksichtigt werden kann.

Andererseits darf jedoch angenommen werden, dass deutlich über dem definierten Richtwert liegende Nitratgehalte ein Risiko im Hinblick auf Nitratverluste darstellen. Für die erreichten Höchstwerte bildet das um fehlerbedingte Ausreißer und Extremwerte weitgehend bereinigte 90 %-Perzentil einen aussagekräftigen Kennwert. Unter integriert bewirtschafteten Flächen liegt das 90 %-Perzentil im Bereich von 70 kg und damit über dem angegebenen Richtwert, während das 75 %-Perzentil unterhalb des Richtwertes liegt.

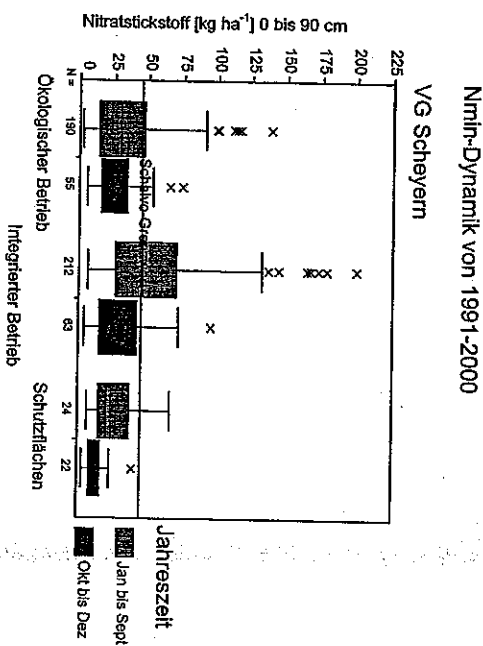


Abb. 1: Gehalte an Nitratstickstoff bis 90 cm Tiefe von 1993-2000 bei unterschiedlicher Nutzung, dargestellt in Form von boxplots (x = Extremwerte, Ausreißer).

Nach den vorliegenden Messergebnissen ist das Potenzial für Nitratverluste im ökologischen Betrieb geringer als im integrierten Betrieb. Dieser Befund wird bestätigt durch Ergebnisse einer großräumigen Modellierung der Nitratwaschung in den Wasserschutzgebieten Dänemarks (HANSEN et al., 2000) und Deutschlands. Auch die Resultate anderer Untersuchungen (HAAS et al., 1998; HEGE et al., 1998; STOLZE et al., 2000) sprechen sich dafür aus, dass ökologisch bewirtschaftete Flächen ein geringeres Auswaschungsrisko aufweisen, wobei die Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Systemen in den letzten Jahren geringer geworden sind. Gleichwohl stützen nicht alle Ergebnisse die angegebenen Befunde; in Einzelfällen war das Belastungspotenzial ökologisch bewirtschafteter Flächen sogar höher als bei integrierten Flächen.

III.3 Zusammenhang zwischen Herbst N_{min}-Werten und Nitratgehalten im Sickerwasser

Die Eignung von Herbst N_{min}-Werten als Indikator für potenzielle Nitratverluste über das Sickerwasser hängt stark von der Güte des Zusammenhangs zwischen den Boden-nitratwerten und den über das Sickerwasser abgeführten Nitratfrachten ab. Mangels zuverlässiger Daten zu standortspezifischen Sickerwasserbewegungen wurden die Nitratfrachten auf der Basis einer mittleren Sickerung in Höhe von 250 mm und den an den Schachtstandorten im Sickerwasser (1,8 m Tiefe) gemessenen Nitratgehalten am

Ende der Sickerwasserperiode (im März des auf die Herbst- N_{min} -Messung folgenden Frühjahrs) errechnet. Wie aus der nachfolgenden Abbildung (Abb. 2) ersichtlich, konnte allerdings nur eine begrenzte Anzahl an N_{min} -Werten mit Nitratrachten an Schachstandorten in Beziehung gesetzt werden. Die Streuung der Punkte verweist auf eine schwache Beziehung (Korrelationskoeffizient = 0,34) zwischen den beiden Kenngrößen, für die kein sinnvoller Modellzusammenhang beschrieben werden kann.

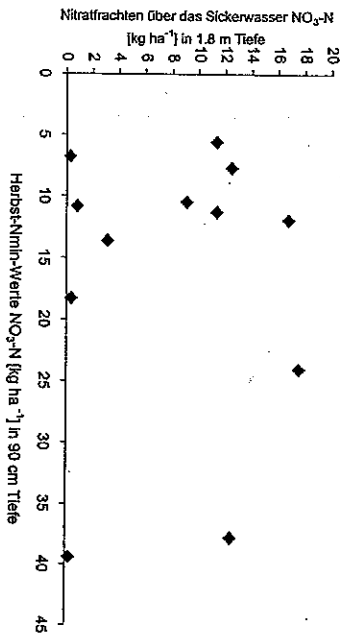


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Herbst- N_{min} -Werten und Nitratrachten

III.4 Diskussion der N_{min} -Dynamik

Die ermittelten Herbst- N_{min} -Gehalte deuten darauf hin, dass unter den ökologisch bewirtschafteten Flächen mit keinem erhöhten Nitrataustragen zu rechnen ist. Es wird deutlich, dass herbstliche N_{min} -Werte - obwohl noch häufig als Maß für die potenzielle Nitratauswaschung in das Sickerwasser herangezogen - die tatsächlichen Auswaschungsverluste bei der in Scheyern praktizierten Bewirtschaftung nicht hinreichend abbilden können. Nach den vorliegenden Ergebnissen spiegeln sich die z.T. erhöhten Nitratgehalte im Herbst im integrierten Betriebsstil nicht im Sickerwasser in 1,8 m Tiefe wider. In Verbindungen mit anderen Untersuchungen lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass im Herbst erhobene N_{min} -Werte vor allem dann kein brauchbarer Indikator für zu erwartende Nitraterlagerungen ins Grundwasser sind, wenn im Boden infolge Nutzungsumstellung kein Fließgleichgewicht zwischen auf- und abtauhenden Prozessen vorliegt.

III.5 Erste Bilanzierungsergebnisse landwirtschaftlicher Betriebe der Region um Scheyern mit Hilfe von REPRO

Die Kenndaten der bisher vollständig ausgewerteten landwirtschaftlichen Betriebe in der Region um Scheyern lässt die unterschiedliche Ausrichtung der untersuchten Be-

wirtschaftungssysteme erkennen (Tab. 3). Aufgrund des geringen Tierbestandes sind die untersuchten Betriebe letztlich als Ackerbaubetriebe mit zum Teil ergänzender schwacher tierischer Veredlung zu kennzeichnen. Die Betriebe des Versuchsgutes weisen eine deutlich höhere Tierdichte auf.

Tab. 3: Kennzahlen der analysierten Betriebe im Vergleich zu den beiden Betriebsformen in Scheyern.

Kennzahl	03		04		06		01		02		Scheyern	
	öko	öko	öko	öko	int	int	int	int	öko	int	öko	int
Betriebsform	öko	öko	öko	öko	int	int	int	int	öko	int	öko	int
Anbaufläche	53	54	209	209	50	50	92	92	32	30	30	30
Schlaggröße	2,1	2,2	4,8	4,8	2,0	2,0	4,0	4,0	1,4	4,3	4,3	4,3
Viebesatz	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,5	1,1	1,1	1,1
Fruhhartendiversität	2,16	1,78	2,73	2,73	1,79	1,79	1,64	1,64	2,63	1,45	1,45	1,45
Getreide	60	73	61	61	71	71	76	76	43	70	70	70
Öhrliche	5	5	27	27	22	22	12	12	12	12	12	12
Hackfrüchte	17	8	1	1	2	2	1	1	16	16	16	16
Körnerleguminosen	23	19	8	8	8	8	1	1	1	1	1	1
Klee gras	17	19	8	8	8	8	1	1	1	1	1	1
Untersaat	13	13	13	13	13	13	13	13	32	32	32	32
Zwischenfrüchte	33	15	13	13	15	15	15	15	24	24	24	24

Mittelwerte 1999 - 2001 (für Scheyern 1995 - 2000)

Trotz einiger Schwächen der verfügbaren Datenlage (insbesondere Schätzwerte einzelner Bilanzglieder wie z.B. Erträge von Zwischenfrüchten, Grünbindungspflanzen oder fehlender Schlaganzzeichnungen) spiegeln sich die unterschiedlichen Betriebsysteme in den N- und Humus-Salden deutlich wider (Tab. 4).

Tab. 4: Nährstoff- und Humussalden sowie Änderung des N-Bodenvorrats der analysierten Betriebe im Vergleich zu den beiden Betriebsformen in Scheyern (fahrsummiert).

Betriebsform	ME	03		04		06		01		02		Scheyern	
		öko	öko	öko	öko	int	int	int	int	öko	int	öko	int
Boden-N-Vorrat	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	11	0	0	6	-6	-9	11	11	4	4	4	4
N-Saldo	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	11	13	17	17	74	42	17	17	86	86	86	86
P-Saldo	kg P ha ⁻¹ a ⁻¹	-6	-7	-8	-8	3	3	48	48	-12	-12	-12	-12
K-Saldo	kg K ha ⁻¹ a ⁻¹	4	-10	-17	-17	27	27	39	39	-4	-4	-4	-4
HE-Saldo	HE ha ⁻¹ a ⁻¹	0,20	0,00	0,10	0,10	-0,10	-0,17	0,23	0,23	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07
Humus-Versorgungsgrad	%	129	102	114	114	89	80	121	121	94	94	94	94

Mittelwerte 1999 - 2001 (für Scheyern 1995 - 2000)
HE: 1 t Humus mit 50 kg N und 580 kg C

In ökologisch wirtschaftenden Betrieben ist in der Regel eine, wenn auch schwache Humusanreicherung festzustellen, die sich auch in einem etwas höheren Vorrat an Bodennährstoff zeigt. Unter Berücksichtigung von N-Vorrat und N-Saldo kann in ökologischen Betrieben von einer ausgeglichenen N-Bilanz ausgegangen werden. Bei integrierter Bewirtschaftung ergab sich stets ein, wenn auch schwacher Humusabbau, verbunden mit einer N-Freisetzung aus dem Bodenvorrat. Die N-Salden des integrierter Wirtschaftenden Ackerbaubetriebes liegen mit 42 kg N ha⁻¹ a⁻¹ unterhalb, die des viel-

haltenden Betriebes mit $74 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ deutlich oberhalb der diskutierten Schwellenwerte (z.B. UBA, 1999: $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$; FREDE und DABBERT 1999). Dieser vom UBA vorgeschlagene Zielwert beinhaltet als N-Verlust die NO_3 -Auswaschung, während die von REPRO ausgewiesenen N-Überschüsse auch NH_4 -Verluste miteinschließen. Die Erarbeitung geeigneter Ziel- oder Schwellenwerte für die Beurteilung von N-Salden in verschiedenen Betriebssystemen ist derzeit noch nicht abgeschlossen. Unter Berücksichtigung der relativ hohen Tierdichte scheint der im integrierten Betrieb des Versuchslandes Scheyern ausgewiesene N-Überschuss von $86 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ noch im Bereich der tolerierbaren Streubreite zu liegen (GUTSER & MATTHES, 2001).

Einzelne Betriebe haben einen deutlichen Überhang in der P- und K-Versorgung, so dass für eine nachhaltige Landbewirtschaftung eine Anpassung der P- und K-Düngung an die tatsächliche Abfuhr unter Berücksichtigung der Nährstoffversorgung der Böden zu empfehlen wäre.

IV. Schlussfolgerungen und Ausblick

In früheren Untersuchungen wurde für den integrierten Betrieb in Scheyern ein positiver N-Saldo von ca. $86 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ermittelt. Rund 50 % dieses Überschusses wurden als Verluste in Form von NH_4 , NO_3 und N_2O nachgewiesen (z.T. über Schätzmodelle). Die verbleibenden Überschüsse wurden überwiegend mit einer Anreicherung des N-Pools der Böden als Folge der konservierenden Bewirtschaftungsweise (ohne Pflüfung, ganzjährige Begrünung) in Verbindung gebracht (NIEDER et al., 1995). Diese Schlussfolgerung konnte durch die 2001 durchgeführte flächige Bodeninventur nicht bestätigt werden. Die C- und N-Pools der Krumenböden (Ap-Horizont) nahmen gegenüber 1991 keinesfalls zu, sondern blieben bestenfalls konstant oder waren sogar geringfügig rückläufig. In Konsequenz zu diesem Ergebnis wird im Folgejahr versucht, mögliche Verlustpfade für Stickstoff noch realistischer zu quantifizieren, z.B. durch

- Ermittlung der N-Verluste durch Auswaschung über die Einbeziehung jahrgangs- und schlagspezifischer Sickerungsraten, ausgewiesen durch das Modell REPRO,
- Quantifizierung der Verluste durch Denitrifikation (N_2) mittels Schätzmodellen. Arbeiten von BRAUN et al. (1997) weisen auf beachtliche N-Verluste über diesen Verlustpfad (bis zu 50 % und mehr) hin.

Eine verfeinerte Auswertung der Bodeninventur lässt für unterschiedliche Bodenformen (Textur, Grundigkeit) eine spezifische Wichtung der Bedeutung verschiedener Pfade für N-Verluste erwarten.

Für die Quantifizierung der Stoffflüsse im landwirtschaftlichen Betrieb werden bessere Kenntnisse über die Verlustgrößen im Stall benötigt. An einer genaueren Abschätzung dieser Größe, vor allem für den Nährstoff Stickstoff, ist weiterhin durch Einbeziehung des Bilanzierungsmodells REPRO zu arbeiten.

V. Publikationen

V.1. Verwendete Literatur

- BRAUN, M., PRASUHN, V. und SPIESS, E. (1997): Schätzung der diffusen Nährstoffeinträge in die Gewässer und der Wirkung von Maßnahmen in der Schweiz. Umweltundressort Wien. Workshop Stoffflüssen in der Landwirtschaft, Tagungsberichte 20, Band 20, 153-168.
- FREDE, H.-G. und DABBERT, S. (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. econed-Verlag, 451 S.
- HAAS, G., BERG, M. und KÖPKE, U. (1998): Grundwassererschonende Landwirtschaft. Schriftenreihe Institut für organischen Landbau. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität. Köster Verlag Berlin, 156 S.
- HANSEN, B., KRISTENSEN, E.S., GRANT, R. HØGH-JENSEN, F., SIMMELSGAARD, E. and OLSEN, J.E. (2000): Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems - a systems modelling approach. European Journal of Agronomy 13, 65-82.
- HEGE, U., KRESSLER, E., G. und RAUPENSTRAUCH, R. (1998): Nitrategehalte des Sickerwassers - Ergebnisse von Tiefenuntersuchungen. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongressband 1998, 573-576.
- HEGE, U., POMMER, G. und RAUPENSTRAUCH, R. (1996): Auswirkungen von Verfahren der Extensivierung im Ackerbau auf das Sickerwasser. Sub Heft 4, IV 1-VI 7.
- ISERMANN, K. und ISERMANN, R. (1997): Tolerierbare Nährstoffsaldden der Landwirtschaft ausgerichtet an den kritischen Eintragsraten und -konzentrationen der naturnahen Ökosysteme. In: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, 127-152.
- NIEDER, R., KERSEBAUM, K.C. and RICHTER, J. (1995): Significance of nitrate leaching and long term immobilization after deepening the plough layers for the N regime of arable soil in N.W. Germany. Plant and Soil 173, 167-175.
- STEINMANN, H.-H. und GEROWITT, B. (2000): Ackerbau in der Kulturlandschaft - Funktionen und Leistungen.
- STOLZE, M., PIORR, A., HÄRING, A. und DABBERT, S. (2000): The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe 6, 127 S.
- UBA (1999): Entwicklung von Parametern und Kriterien als Grundlage zur Bewertung ökologischer Leistungen und Lasten der Landwirtschaft - Indikatoriensysteme. UBA-Texte 42/99, 238 S.
- WALTHER, U. (2001): Mineralstickstoffgehalte des Bodens bei integrierter und biologischer Bewirtschaftung. Schriftenreihe der FAL 36, 24-27.

V.2. Eigene Publikationen

- GUTSER, R. und MATTHES, U. (2001): Die „gute fachliche Praxis“ der Düngung aus Sicht der Ökonomie und Ökologie. KTBL-Schrift 400, 91-102.
- MATTHES, U., GUTSER, R., GERL, G. und KAINZ, M. (2001): Stickstoffverluste durch ressourcenschonende Bewirtschaftung - dargestellt am Beispiel des Versuchslandes Scheyern. VDLUFA-Schriftenreihe 57.
- MATTHES, U., GERL, G., REINIS H.-J., DANER, H.-J. and GUTSER, R. (2002): N-balance surplus in case of environmentally sound arable land use - demonstrated at the Munich Alliance on Ecosystem Research (FAM), in prep.
- WEINURTNER, K., DREHER, P., MATTHES, U. und GERL, G. (2001): Nährstoffbilanzierung auf der Versuchsanlage Klostergut Scheyern mit Hilfe des Betriebsbilanzierungsmodells REPRO. VDLUFA-Schriftenreihe 57.