

FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME
MÜNCHEN (FAM)

Erfassung, Prognose und Bewertung nutzungsbedingter
Veränderungen in Agrarökosystemen und deren Umwelt

Jahresbericht 1999

FAM- Bericht 39

Herausgeber:

M. Jimenez, P. Schröder, J.C. Munch (GSF)

GSF-Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit

Technische Universität
München/Weihenstephan

Februar 2000

475

FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME MÜNCHEN

JAHRESBERICHT 1999

Teilprojekt: WS2 Kurztitel: Teilflächenspezifischer Wasserhaushalt und
Nitrat auswaschung

Thema: Erfassung repräsentativer Kenngrößen des Wasserhaushaltes und der
Nitrat auswaschung von Teilschlägen

Antragsteller: Prof. Dr. U. Schmidhalter, Dr. R. Gutser, Dr. H. H. Becher

Mitarbeiter: Regine Duda, Stefan Bröhl

Institution: LS Pflanzenernährung, TU München - Weihenstephan

- I. Einleitung mit Fragestellung
- II. Material und Methoden
- III. Ergebnisse und Diskussion
 - III.1 Standortcharakterisierung
 - III.2 Variantenvergleich
 - III.3 Nitrat auswaschung
- IV. Schlußfolgerungen und Ausblick
- V. Verwendete Literatur

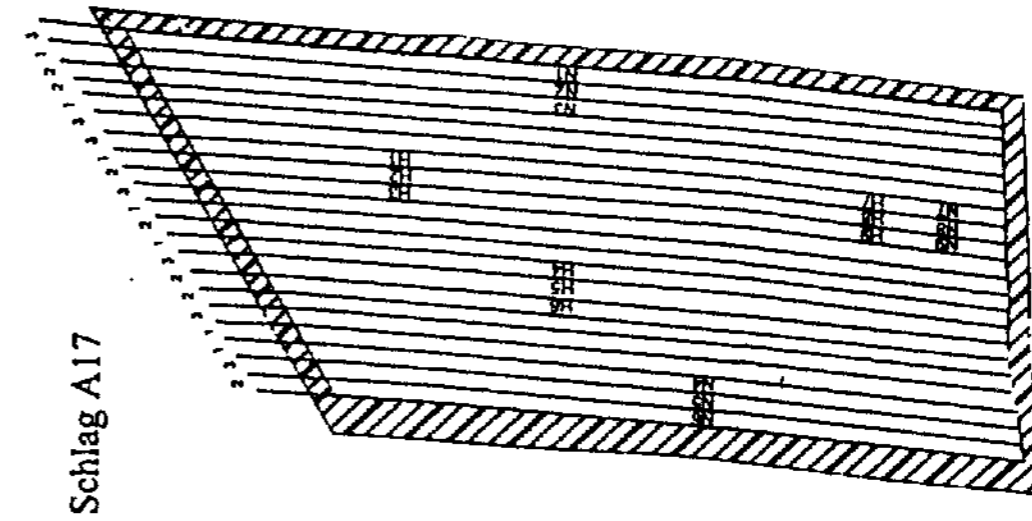
I. Einleitung

In Scheyern konnte über 3 Jahre ein relativ stabiles Muster der Ertragsverteilung in Schlägen für Weizen und Mais ermittelt werden. So konnten Schläge in Bereiche eingeteilt werden, in denen der Ertrag durchschnittlich bis überdurchschnittlich war, während er in anderen Bereichen über die 3 Basisjahre eher unterdurchschnittlich war. Dies führte zu der Idee, daß die Ertragsverteilung in einem Feld durch standortabhängige Faktoren, wie den Nährstoff- und den Wasserhaushalt, bedingt ist. In der Bodeninventur 1992 wurde jedoch eine gute bis sehr gute Versorgung der Böden mit pflanzenverfügbarem P und K festgestellt (WEINFURTNER, PERSÖNLICHE MITTEILUNG). Außerdem wurde in der Vergangenheit der Stickstoff mineralisch gedüngt. Daher mag die unterschiedliche Ertragsbildung innerhalb eines Feldes eher mit der Versorgung der Pflanzen mit Wasser im jeweiligen Bereich zusammenhängen. Die Verfügbarkeit des Wassers an einem Standort beeinflusst mittelbar auch die Nährstoffversorgung der Pflanzen. Ähnliche Schlußfolgerungen aus Ertragsunterschieden innerhalb eines Feldes wurden auch von SHAFFER ET AL. (1988) gezogen.

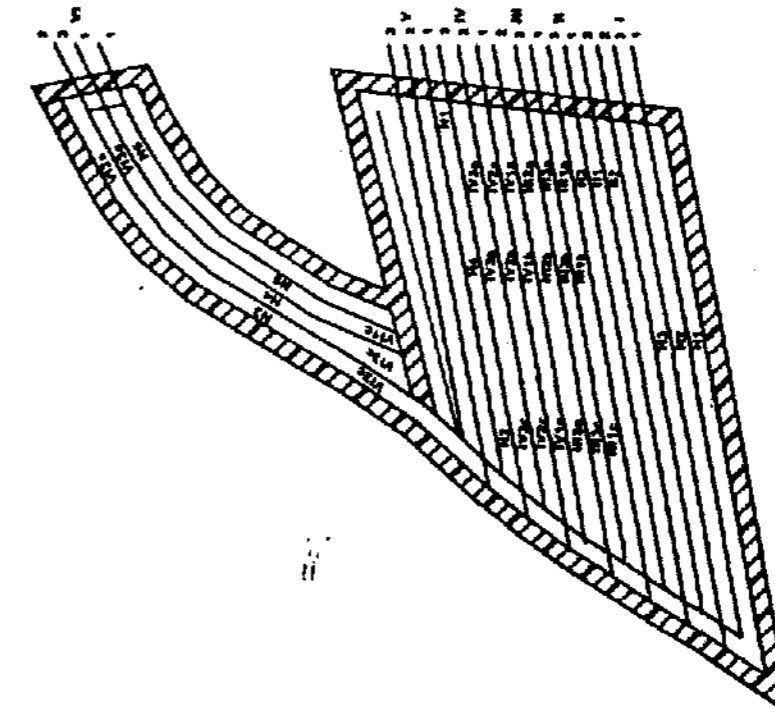
In früheren Untersuchungen von BRUNNER (1995) konnte eine Beziehung zwischen der Entwicklung der Biomasse und der nFK des Standortes gezeigt werden. Jedoch scheint die nFK nicht die einzige ertragsrelevante Größe für den standortspezifischen Ertrag zu sein, da die Muster der Ertragsverteilung und der nFK-Verteilung nicht deckungsgleich sind. Daher soll in diesem Projekt die Rolle anderer Größen des standortspezifischen Wasserhaushaltes, wie laterale Zu- und Abflüsse, untersucht werden. Diese Schlußfolgerung wird durch die Ergebnisse von AUERSWALD ET AL. (1997) unterstützt.

Wenn die Verfügbarkeit des Wassers wesentlich das Wachstum und den Ertrag in den verschiedenen Bereichen im Feld beeinflusst, wirft dies die Frage nach der Düngerausnutzung bei flächeneinheitlicher Bewirtschaftung auf. Von Standorten, an denen die Pflanzen wegen geringer Verfügbarkeit wenig Wasser und damit Nährstoffe aufnehmen, müßte nach der Ernte eine höhere Nitratauswaschung ausgehen. Dies wäre aber auch denkbar in Bereichen, in die über laterale Zuflüsse Nitrat herantransportiert wird. Daher werden in diesem Projekt zum einen der Wasserhaushalt an verschiedenen Stellen im Feld charakterisiert und zum anderen die räumliche und zeitliche Variabilität der Nitratauswaschung beschrieben.

Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen sollen der Entwicklung von Strategien für eine Teilschlagbewirtschaftung dienen. Es ist das Ziel, bei zumindest gleichbleibenden Erträgen die Nitratauswaschung zu reduzieren. Damit würden dann durch die Schonung der Ressourcen sowie durch die Einsparung von Dünger sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile erzielt. In diesem ersten Jahr der Untersuchungen wurden bereits erste Erfahrungen gesammelt. Während im Weizen (A16, Abb. 1 und A18) die N-Düngung teilschlagspezifisch variiert wurde, wurde im



Schlag A17



Schlag A16

Abb 1.: Übersichtskarten der Schläge A16 (links) und A17 (rechts). Eingekreist sind die Beprobungsparzellen dieses Teilprojektes. Im Schlag A16 liegen die Parzellen H1, H2, H3, H4 III-1b, III-2b, III-3b, IV-1b, IV-2b, IV-3b, H5, VI2a und VI3a im Hohertragsbereich. Die übrigen Standorte liegen im Bereich niedriger Erträge.

Mais (A17; Abb. 1) neben der Variation der N-Düngung auch die Saattiefe variiert (s. Kap. II). In diesem Bericht werden aufgrund noch ausstehender Analysedaten nur Teilergebnisse von den Schlägen A16 und A17 vorgestellt.

II. Material und Methoden

Auf dem 3,83 ha großen Schlag A16 wurde in der Vegetationsperiode 1999 Winterweizen der Sorte Petrus angebaut; Vorfrucht war Körnermais.

Für die Untersuchungen wurde ein Streifenversuch mit sechs Wiederholungen angelegt und zwischen drei verschiedenen Düngungsvarianten differenziert (Tab.1).

Tab.1: Eckdaten der Bewirtschaftung auf dem A16 1999

	Datum	Variante 1 Flächen- einheitliche Bewirtschaftung	Variante 2		Variante 3		
			Hohertrag	Niederertrag	Hohertrag		Niederertrag
					nFK hoch	nFK niedrig	
Aussaat	23.10.98	370 Kö/m ²	=	=	=	=	=
Harnstoff (kg/ha)	31.03.99	ca. 35	ca. 35	ca. 35	ca. 35	ca. 35	ca. 35
Harnstoff (kg/ha)	09.04.99	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 20
Rindergülle (kg/ha)	14.04.99	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 20
KAS (kg/ha)	07.05.99	60	60	40	60	50	40
KAS (kg/ha)	02.06.99	40	60	40	60	50	40
N insgesamt (kg/ha)		175	195	155	195	175	155
Ernte	21.08.99	=	=	=	=	=	=

Variante 1 diente als Kontrollvariante, unabhängig von den Standortbedingungen wurde flächeneinheitlich 175 kg/N gedüngt. In Variante 2 wurde zwischen Hoch- und Niederertragsbereich eine um 40 kg/ha variierende N-Düngung ausgebracht, in Variante 3 wurde im Hohertragsbereich zusätzlich noch einmal zwischen hoher und niedriger nutzbarer Feldkapazität (nFK) unterschieden. Es ergaben sich Düngungshöhen von 155, 175 und 195 kg/ha. Dabei wurden die beiden letzten Düngerteilgaben teilflächenspezifisch ausgebracht.

Tab. 2 zeigt die Bewirtschaftungsvarianten für den Schlag A17. Auf dem etwa 6 ha großen Schlag wurde 1999 Körnermais der Sorte Attribut angebaut.

Tab.2: Eckdaten der Bewirtschaftung auf dem A17 1999

	Datum	Variante 1	Variante 2		Variante 3	
			Hohertrag	Niederertrag	Hohertrag	Niederertrag
Aussaat	03.05.99	10 Pfl./m ²	10 Pfl./m ²	7,5 Pfl./m ²	10 Pfl./m ²	7,5 Pfl./m ²
Ammonphosphat (kg/ha)	03.05.99	40	40	40	40	40
KAS (kg/ha)	02.06.99	110	110	110	120	80
N insgesamt (kg/ha)		150	150	150	160	120
Ernte	19.09.99	=	=	=	=	=

Die Variante 1 war die Kontrollvariante, in der zehn Pflanzen pro m² flächeneinheitlich mit 150 kg/ha N gedüngt wurden. In Variante 2 variierte alleine die Saattiefe zwischen durchschnittlich 7,5 Pflanzen im Niederertragsbereich und 10 Pflanzen pro m² im Hohertrag. In Variante drei wurde zusätzlich mit der letzten Düngung die N-Menge differenziert, so daß 160 kg/ha im Hohertragsbereich 120 kg/ha im Niederertragsbereich gegenüber standen.

Für die Charakterisierung des Wasserhaushaltes im Weizen (A16) wurden zehn Standorte, für die Nmin-Beprobungen insgesamt 36 Standorte ausgewählt (Abb. 1). Im Mais wurden für beide Untersuchungen 18 Standorte ausgesucht. Bei der Auswahl der Standorte wurde nach Möglichkeit die gesamte Heterogenität des Schlages erfaßt, d.h. als Auswahlkriterien wurden sowohl die nFK, die Bodenart, das Relief als auch Hoch- und Niederertragsbereiche sowie die einzelnen Düngungsvarianten berücksichtigt.

Die Bodenproben zur gravimetrischen Bestimmung des Wassergehaltes wurden auf den Schlägen A16 und A17 in zweiwöchigem Abstand in 20 cm Schritten bis 1m Tiefe mit einem geteilten Wehrmann-Bohrstock gezogen. Aus jeweils zwei Einstichen wurde eine Mischprobe erstellt. Die Nmin-Beprobungen hatten die gleiche Tiefenauflösung wie die Wassergehaltsbestimmungen. Dabei ergaben drei Einstiche eine Mischprobe. Bis Dezember 99 wurden vier Probenahmen durchgeführt. Für die Charakterisierung des Wasserhaushaltes wurde das Bodenmatrixpotential mittels Tensiometern in wöchentlichen Abständen in 20, 40, 60, 80 und 100 cm Tiefe mit zweifacher Wiederholung an den Standorten im Schlag A16 und mit dreifacher Wiederholung an den Standorten im Schlag A17 ermittelt.

Im Mais im Schlag A17 wurde an den Standorten zwischen dem 01.07.99 bis zum 31.08.99 im wöchentlichen Abstand das Blattwasserpotential der Pflanzen mittels einer Scholanderbombe im jüngsten vollentwickelten Blatt in drei Wiederholungen bestimmt.

III. Ergebnisse und Diskussion

III.1 Charakterisierung des Wasserhaushaltes verschiedener Standorte

Bodenwasserhaushalt

Die Veränderungen im volumetrischen Wassergehalt innerhalb der Bewirtschaftungsvariante 1 deuten an, daß die Lage des Standortes im Relief sowie die Textur den größten Einfluß auf den Wasserhaushalt während der Vegetationsperiode 1999 für Weizen (Schlag A16) und Mais (Schlag A17) hatten.

Der Wasserhaushalt der Standorte in Senkenlage im Schlag A16, H1 und H5, schien besonders durch laterale Zuflüsse beeinflusst zu sein. Für den Standort H1 wurde dies durch die geringen Spannweite, in der sich die gravimetrischen Wassergehalte während der Vegetationsperiode veränderten, angedeutet. Die gravimetrischen Wassergehalte schwankten im Mittel über alle Tiefen um 2,7 %, während sie an den anderen Standorten in der Vegetationsperiode zwischen 4 und 7 % variieren. Eine Folge der lateralen Zuflüsse könnte sein, daß der Boden insgesamt bis 1 m Tiefe über die gesamte Vegetationsperiode Wasser hinzugewinnt (Abb. 2). Am Standort H5 lassen sich aus der Wasserbilanz in den Tiefen 60 und 80 cm Tiefe laterale Zuflüsse ableiten. Dies könnte somit die relativ geringen

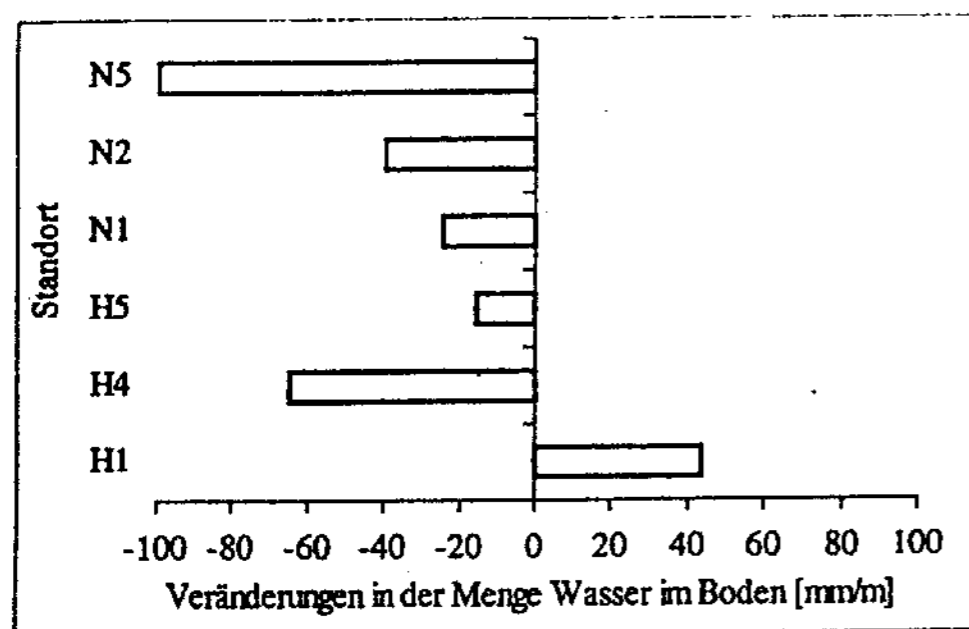


Abb. 2: Die Veränderungen in der Menge Wasser im Boden [$\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$] an verschiedenen Standorten im Schlag A16 während der Vegetationsperiode bei Weizen. Die Standorte H1, H4 und H5 liegen im Hohertragsbereich, während die Standorte N1, N2 und N5 sich im Niederertragsbereich befinden.

Wasserverluste aus dem Profil über die Vegetationsperiode (Abb. 2) und zudem die eher überdurchschnittlichen Erträge in diesem Bereich erklären.

Der Einfluß der Textur auf den Wasserhaushalt läßt sich aus den Daten zum Standort N1 sowie N5 erkennen. Am Standort N1, der am oberen Hang gelegen ist, treten

relativ geringe Wasserverluste aus dem Profil über die Vegetationsperiode auf (Abb. 2). Die relativ geringen Schwankungen im gravimetrischen Wassergehalt von 4 % deuten auf ein geringes Wasserhaltevermögen des betont sandigen Oberbodens hin. Zudem befindet sich in 80 und 100 cm Tiefe eine Kiesschicht, die, wie aus den Bodenmatrixpotentialen hervorgeht, von Pflanzen kaum durchwurzelt wird. Dies könnte erklären, warum an diesem Standort eher unterdurchschnittliche Erträge erzielt werden. Der Standort N5 liegt im unteren, nördlichen Kuppenbereich des Schlags A16. Hier schwankte die Wassermenge im Profil (0-100 cm Tiefe) stark während der Vegetationsperiode. Die Wasserbilanz dieses Standortes deutet sowohl auf Zuflüsse wie auf Abflüsse (lateral oder vertikal) an. Der Boden ist zum einen durch einen niedrigen Tongehalt, zum anderen durch einen hohen Kiesanteil in 60 und 80 cm Tiefe gekennzeichnet. Die starken Schwankungen im Wasserhaushalt könnten die eher unterdurchschnittlichen Erträge an diesem Standort erklären.

Im Schlag A17 lassen sich aus der Wasserbilanz laterale Zuflüsse zu den Standorten H2 sowie N8 ableiten, die in der Summe die geringeren Wasserverluste aus dem Profil (0-100 cm Tiefe) im Vergleich zu den anderen Standorten erklären könnten (Abb. 3). Jedoch deutet die Wasserbilanz an, daß zu Beginn der Vegetationsperiode und der Austrocknung des Bodens an denselben Standorten größere Wasserverluste aus 80 und 100 cm Tiefe möglich sind. Die niedrigeren Wasserverluste aus dem Profil (0-100 cm Tiefe) am Standort N4 könnten durch die Sandanteile im Boden und durch das somit geringere Wasserhaltevermögen des Bodens bedingt sein. Letzteres läßt sich aus der relativ geringen Spannweite der Veränderungen im gravimetrischen Wassergehalt von 5 % im Vergleich zu 7 % an den anderen Standorten ableiten.

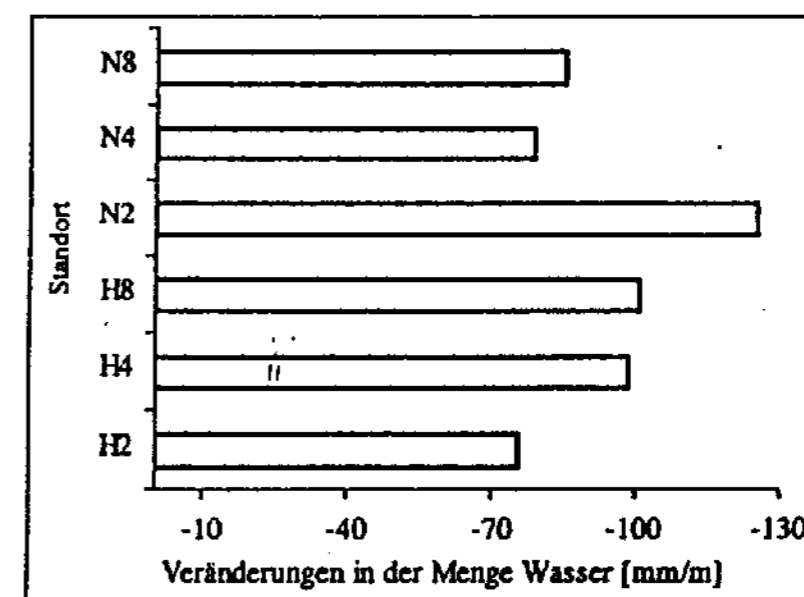


Abb. 3: Die Veränderungen in der Menge Wasser im Boden [$\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$] an verschiedenen Standorten im Schlag A17 während der Vegetationsperiode von Mais. Die Standorte H2, H4 und H8 befinden sich im Hohertragsbereich, die Standorte N2, N4 und N8 im Niederertragsbereich.

Pflanzenwasserhaushalt

Der standortspezifische Pflanzenwasserhaushalt konnte über die Korrelation zwischen dem Bodenmatrixpotential in 40 cm Tiefe und dem Blattwasserpotential, gemessen zur Mittagszeit, im Schlag A17 in Mais charakterisiert werden. Obwohl das Bodenmatrixpotential an den einzelnen Standorten in ähnlicher Weise während der Vegetationsperiode sank, fiel das Blattwasserpotential in unterschiedlichem Maß. Die Reaktion des Blattwasserpotentials auf die Bodenaustrocknung wird im folgenden als Response bezeichnet. Am Standort N4 lag die Response bei $0,1 \text{ MPa} \cdot 100 \text{ hPa}^{-1}$, während sie an den Standorten H2 sowie N8 statistisch nicht signifikant von Null verschieden war. An den übrigen Standorten, H4, N2 und H8, konnte eine Response zwischen $0,05$ und $0,08 \text{ MPa} \cdot 100 \text{ hPa}^{-1}$ ermittelt werden. Die signifikante ($\alpha=0,05$) Korrelation zwischen der Response eines Standortes sowie der dort bestimmten Biomasse (Abb. 4) deutet an, daß auch unter den relativ milden Streßbedingungen 1999 – das Blattwasserpotential sank im Durchschnitt um $0,04 \text{ MPa} \cdot \text{d}^{-1}$ – der Wasserhaushalt einen bedeutenden Einfluß auf das Wachstum von Mais hatte.

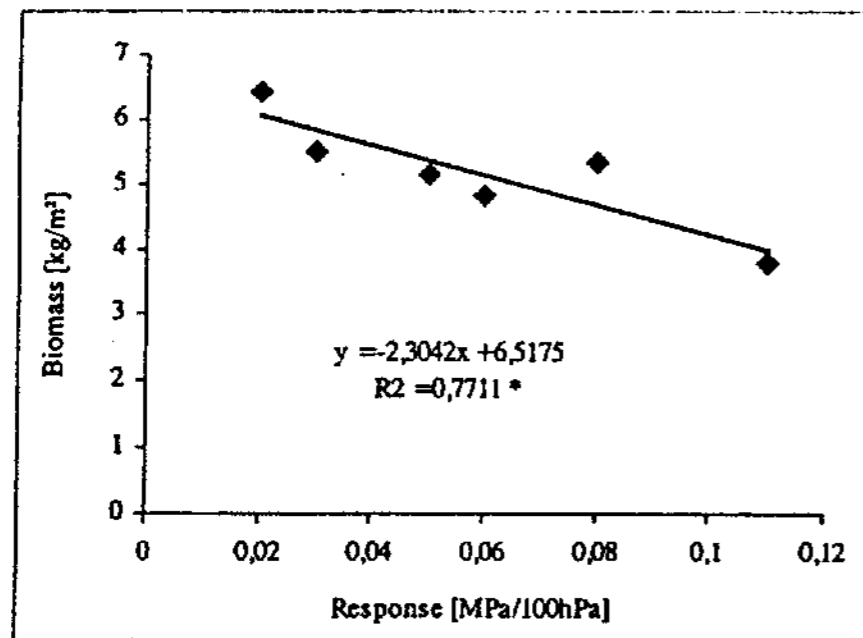


Abb. 4: Die Beziehung zwischen der Biomasse zur Siloreife und der Reaktion des Blattwasserpotentials auf ein Absinken des Bodenmatrixpotentials um 100 hPa (Response). Die Werte ergeben sich aus den Mittelwerten jedes Standortes im Schlag A17. * bezeichnet die Signifikanz bei $\alpha=0,05$.

III.2 Vergleich der Bewirtschaftungsvarianten

Ein Einfluß der Bewirtschaftungsvarianten auf den Bodenwasserhaushalt deutete sich weder im Schlag A16 noch im Schlag A17 auf der Basis der Bodenwasserbilanz an.

Im Schlag A16 schien der Einfluß des Reliefs sowie der Textur sehr viel stärker gewesen zu sein. Dies könnte auch durch die relativ hohen Niederschläge 1999 vor allem während der Vegetationsperiode von Weizen bedingt sein. Die Bedeutung des Reliefs ließ sich über die abnehmende Spannweite der gravimetrischen Wassergehalte von der höher zur tiefst gelegenen Beprobungsparzelle ableiten. Dies war auch am Verlauf der Bodenmatrixpotentiale zu erkennen. Das gleiche Phänomen trat auch an den kuppennahen Niederertragsstandorten, N3, N4 und N5, auf. Jedoch nahm hier die Spannweite zur höher gelegenen Beprobungsparzelle zu. Dies könnte durch Unterschiede in der Bodenart erklärt werden. Während in der Parzelle N5 der Boden hohe Tongehalte im Oberboden sowie höhere Kiesanteile in 60 und 80 cm Tiefe aufweist, enthält er in der tiefst gelegenen Parzelle N3 höhere Sandanteile.

Im Schlag A17 ist das Relief innerhalb eines Bereiches nicht so stark ausgeprägt wie im Schlag A16. Daher schien die Bedeutung des Reliefs beim Vergleich der Bewirtschaftungsvarianten hinsichtlich ihres Einflusses auf den standortspezifischen Wasserhaushalt nicht stark ausgeprägt. Jedoch ließ sich aus den Daten kein signifikanter Einfluß der Bewirtschaftungsvarianten auf den Wasserhaushalt ableiten.

Der Pflanzenwasserhaushalt schien bei teilflächenspezifischer Bewirtschaftung günstig beeinflusst zu sein, da die Variabilität in der Response (= die Reaktion des Blattwasserpotentials auf die Bodenaustrocknung) zwischen den Standorten in der Variante 2 und 3 im Vergleich zu der Variante 1 abnahm. Ebenso nahmen die Unterschiede zwischen den Standorten in der Biomasse ab. In den einzelnen Bewirtschaftungsvarianten wurden ähnliche Biomasserträge erzielt, obwohl die Pflanzdichte in der Variante 2 und 3 in Niederertragsbereichen reduziert war. Dies könnte dadurch erklärt werden, daß aufgrund der relativ milden Streßbedingungen 1999 und aufgrund der gewählten Unterschiede in den Standdichten in den Niederertragsbereichen die geringere Pflanzdichte durch ein stärkeres Wachstum der Einzelpflanzen kompensiert wurde.

III.3 Nitratauswaschung

Abb. 5 zeigt die Verteilung des mineralischen Stickstoffes zur Ernte. Während der Vegetationsperiode führte der Nährstoffentzug der Pflanzen dazu, daß nur wenig mineralischer Stickstoff im Profil verblieb.

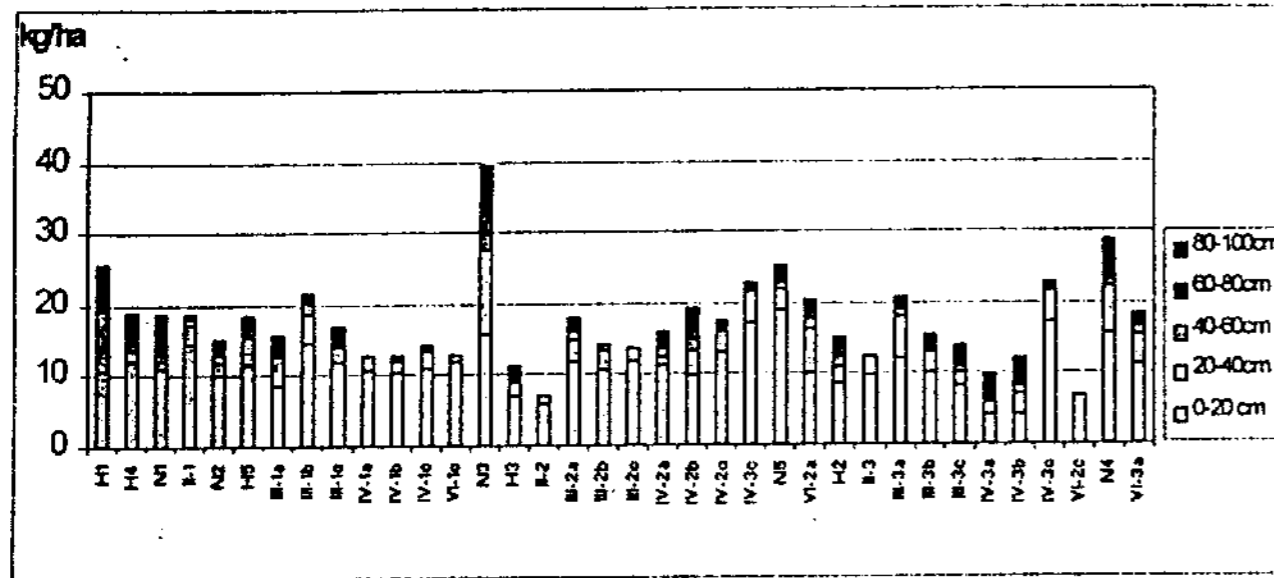


Abb.5: A16 Verteilung des mineralischen N im Bodenprofil (0-100cm) am 28.07.1999.

H1, H11, III1a, III1b, III1c, IV1a, IV1b, IV1c, VI1c, N3, H5 = Variante 1

H3, H2, III2a, III2b, III2c, IV2a, IV2b, IV2c, VI3c, N5, VI2a = Variante 2

H2, H3, III3a, III3b, III3c, IV3a, IV3b, IV3c, VI2c, N4, VI3a = Variante 3 (vergl. Abb.1)

So fanden sich im Durchschnitt der 33 Beprobungspunkte Nmin-Gehalte von lediglich 17 kg/ha. Die Spannweite reichte dabei von 7 kg/ha bis 39 kg/ha. Damit liegen die Nmin-Werte ungefähr wieder auf dem Frühjahrsniveau (17-34 kg/ha) vom März 1999.

Wie Abbildung 5 zeigt, befindet sich an allen Standorten der weit überwiegende Teil des mineralischen Stickstoffes in den ersten 40 cm des Profils, in 60-100 cm befindet sich dagegen kaum mineralischer Stickstoff. Angesichts der Tatsache, daß über den Winter Senf als Zwischenfrucht gesät wurde, kann vermutet werden, daß bis zum Frühjahr - selbst bei einer Andüngung - kaum Nitrat ausgewaschen werden wird (STENGER, 1995).

Der im Vergleich zum Unterboden höhere Nmin-Gehalt in der Ackerkrume zum Zeitpunkt der Ernte könnte auf die Mineralisation bereits abgestorbener Wurzelreste während der letzten Reifephase des Weizens zurückzuführen sein (KUHLMANN, 1989). Die letzte Düngung lag bereits zwei Monate zurück und angesichts ausreichender Niederschläge in dieser Phase war eine gute Pflanzenverfügbarkeit des ausgebrachten Düngers gegeben.

Wie Tabelle 3 zeigt, fällt es nach den bisher vorliegenden Ergebnissen schwer, eine Unterscheidung der einzelnen Standorte nach ausgebrachter Düngermenge bzw. angewendeter Düngungsstrategie zu finden.

Tab.3: Kennzahlen der einzelnen Varianten

28.7.1999	Variante1	Variante2	Variante 3	Gesamt
Nmin (kg/ha) Ø	18,8 (n=14)	15,5 (n=11)	16,4 (n=11)	17 (n=36)
Standardabweichung	6	5,6	7	6,4
Variationskoeffizient	32%	36%	42%	37%

In allen Fällen liegen die berechneten Mittelwerte und Streuungen der einzelnen Gruppen sehr nahe beieinander, so daß nicht von einem deutlichen Unterschied gesprochen werden kann. Es ist nur festzustellen, daß in der Tendenz die Nmin-Gehalte in der Gruppe „Variante 1“ - auf immer noch sehr niedrigem Niveau - ein wenig höher liegen. Es ist zu berücksichtigen, daß in dieser Gruppe der absolute Höchstwert (39 kg/ha) enthalten ist. Bleibt dieser Wert unberücksichtigt, rücken die einzelnen Gruppen entsprechend enger zusammen.

In dieser Vegetationsperiode scheinen die Unterschiede der einzelnen Varianten, insbesondere durch den Einfluß des Reliefs und des Wetters verwischt zu werden.

Auffällig sind zum Beispiel die Standorte N3, N4, N5 und VI1, VI2, VI3c. Während bei letzterem - auf einer Kuppe gelegenen Standort - unabhängig von der Düngungsstufe die niedrigsten Nmin-Gehalte ermittelt wurden, lassen sich bei ersterem, kaum 50 m hangabwärts gelegenen Beprobungspunkt, die mit großem Abstand höchsten Nmin - Gehalte finden. Angesichts der Tatsache, daß auf der Kuppe in kaum einem Meter Tiefe eine tonige Schicht ansteht, liegt es nahe, von einer laterale Verlagerung von Nitrat auszugehen. Vergleiche mit den Wasserbilanzen an diesen Standorten bestätigen diese Vermutung.

Ähnliches ist zu den Standorten H1, H2, H3 zu sagen. Unter der Berücksichtigung der Ergebnisse zum Wasserhaushalt lassen sich die höheren Nmin-Restwerte in H1 gegenüber H3 auf lateralen Zufluß von Nitrat aus dem höher gelegenen Standort zurückführen.

Auf jeden Fall muß berücksichtigt werden, daß in den meisten Fällen eine Abhängigkeit der Probestandorte gegeben war und es deshalb auf dem reliefierten Schlag - zumal in einem niederschlagsreichen Jahr - schwer fällt, bei dem insgesamt niedrigen Niveau der Nmin-Gehalte eventuelle Unterschiede in den Düngungsvarianten zu erkennen.

IV. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß der Wasserhaushalt an den verschiedenen Standorten in den Schlägen A16 und A17 durch laterale Flüsse und durch die Textur geprägt sind. Dadurch gestaltet sich die Interpretation der Nmin-Restwerte schwierig. Für eine detailliertere Betrachtung der Nitratauswaschung bedarf es der noch ausstehenden Nmin-Daten zu den anderen Beprobungsterminen sowie der Ergebnisse der flankierenden Tracerversuche mit Chlorid und ^{15}N .

Aus den Ergebnissen dieses Jahres konnte bereits eine alternative Möglichkeit zur Charakterisierung des Wasserhaushaltes eines Standortes abgeleitet werden: die standortspezifische Response, die Beziehung des Bodenmatrixpotentials in 40 cm Tiefe und dem Mittagsblattwasserpotential.

Aus den Ergebnissen dieses Jahres könnten in Zukunft modifizierte Düngungsstrategien hervorgehen, die auch das Relief und die Textur des jeweiligen Standorts berücksichtigen. Allerdings ist dazu eine Quantifizierung der lateralen Wasserflüsse im Boden notwendig. Dafür sind weitere Untersuchungen des Wasserhaushaltes an den Standorten unter möglicherweise trockeneren Bedingungen als 1999 geplant. Außerdem werden Methoden zur Quantifizierung des Pflanzenwasserverbrauchs entwickelt.

V. Publikationen

- AUERSWALD, K., SIPPEL, R., KAINZ, M., DEMMEL, M., SCHEINOST, A., SINOWSKI, W., AND MAIDL, F.-X. (1997): The crop response to soil variability in an agroecosystem. *Adv. Geoccol.* 30, 39-53.
- BRUNNER, R. (1995): Untersuchungen zu den Ursachen kleinräumiger Ertragsschwankungen auf einem Standort des Tertiärhügellandes (Scheyern). Diss. (TU München), FAM-Bericht 21, Verlag Shaker, Aachen.
- KUHELMANN, H. (1989): Stickstoffausnutzung in Abhängigkeit von N-Düngungshöhe und Pflanzenart. In *Industrieverband Agrar e.V., Stickstoffbilanz*. Frankfurt, 35-46.
- SHAFFER, M.J., SCHUHMACHER, T.E., AND EGO, C.L. (1993): Long-term effects of erosion and climate interactions on corn yield. *J. Soil Water Conserv.* 49(3), 272-275.
- STENGER, R. (1996): Dynamik des mineralischen Stickstoffes in einer Agrarlandschaft. Diss. (TU München), Verlag Shaker, Aachen.