

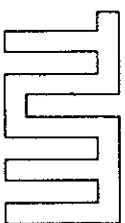
FORSCHUNGSVERBUND
AGRARÖKOSYSTEME
MÜNCHEN

Jahresbericht 2000

FAM-Bericht 48

Herausgeber:

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



<p>FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME MÜNCHEN</p> <p>JAHRESBERICHT 2000</p>	
<p>Teilprojekt: WS2 Kurzziel: Teilflächenspezifischer Wasserhaushalt und Nitratauswaschung</p>	
<p>Thema: Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit und des N-Haushaltes von Teilschlägen</p>	
<p>Antragsteller: Prof. Dr. U. Schmidhalter, Dr. R. Gaiser, Dr. H. H. Becher</p> <p>Mitarbeiter: Regine Duda, Urs Schmidhalter, Stefan Bröhl, Thomas Festner, Stefan Wiesent</p> <p>Institution: LS Pflanzenernährung, TU München - Weihenstephan</p>	
<p>I. Einleitung mit Fragestellung</p> <p>II. Material und Methoden</p> <p>II.1 Feldversuch</p> <p>II.2 Klimakammerversuch</p> <p>III. Ergebnisse und Diskussion</p> <p>III.1 Dynamik des Wasserhaushaltes – Feldversuch 2000</p> <p>III.2 Silicium als Tracer für die Bestandestranspiration</p> <p>III.3 Dynamik des teilflächenspezifischen Stickstoffhaushaltes – Feldversuche 2000</p> <p>IV. Schlussfolgerungen und Ausblick</p>	

1. Einleitung

Das relativ stabile Muster der Ertragsverteilung, das über 3-jährige Ertragskarten für Weizen und Mais auf verschiedenen Schlägen in Scheyern ermittelt wurde, kann überwiegend auf die Wasserverfügbarkeit während der Vegetation zurückgeführt werden. Dabei spielen zum einen Unterschiede in der Bodentextur (BRUNNER 1995), zum anderen laterale Zu- und Abflüsse (AUERSWALD ET AL. 1997) eine wichtige Rolle. Die verschiedenen Einflüsse auf die standortspezifische Wasserverfügbarkeit werden in diesem Projekt einerseits über die Dynamik des Wasserhaushaltes, andererseits über die tatsächliche Bestandstranspiration erfasst. Die Dynamik des Wasserhaushaltes kann mit der Bilanzierung von Bodenwassergehalten und mit dem Verlauf des Bodenmatrixpotentials sowie des Blattwasserpotentials beschrieben werden. Während der Vegetationsperiode 1999 jedoch zeigte sich in unserer Untersuchung, dass keiner dieser Parameter separat dazu geeignet war, die standortspezifische Wasserverfügbarkeit abzubilden. Hingegen unterschieden sich die Standorte im A17 in der Beziehung zwischen dem Bodenmatrixpotential in 40 cm Tiefe und dem Mittagsblattwasserpotential von Silomais. Die Steigung der Regressionsgeraden, auch als standortspezifische 'response' bezeichnet, war signifikant zur Biomasse korreliert und wurde deswegen als Kennzahl zur Charakterisierung der standortspezifischen Wasserverfügbarkeit vorgeschlagen.

Die Bestandstranspiration wurde im Feld bisher über die Wasserhaushaltsgleichung geschätzt (EHLERS 1997). Dabei konnten jedoch laterale Zu- und Abflüsse ausgeschlossen werden (ROTH ET AL. 1997). Da diese auf den Schlägen in Scheyern jedoch als eine wichtige Komponente in Betracht gezogen werden müssen, wird in diesem Projekt die Bestandstranspiration über die Siliciumanreicherung in der oberirdischen Pflanzensubstanz geschätzt. Silicium wird von der Pflanze passiv aufgenommen, mit dem Transpirationsstrom in den Spross transportiert und in der Pflanze nicht retranzloziert.

Im Versuchsjahr 2000 sollten in einem Klimakammerversuch zunächst der generelle Zusammenhang zwischen der Siliciumanreicherung in der oberirdischen Pflanzensubstanz und der Bestandstranspiration überprüft werden. Zusätzlich wurden im Feld Proben für die Bestimmung der Siliciumanreicherung genommen. Schwerpunkt im Feld mit Winterweizen war jedoch die Verifizierung der Ergebnisse zur 'response' von 1999 mit Silomais.

Die in 1999 begonnenen detaillierten Untersuchungen des teilflächenspezifischen N-Haushaltes wurden in 2000 fortgesetzt. Im Vordergrund stand die Entwicklung einer Methodik, die bei der vorgegebenen Streifenversuchsanlage die vegetationsbegleitende Dokumentation des Stickstoffstatus des Bodens und der Pflanzen in Abhängigkeit der durchgeführten teilflächenspezifischen N-Düngungsmaßnahmen zu Getreide und Kartoffeln ermöglichen sollte. Der Nachweis der möglichen umweltrelevanten Vorzüglichkeit einer teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung hängt sehr stark auch von der Präzision ab, mit der die Ernteprodukte erfasst werden. Da bestehende Systeme Schwachstellen aufweisen, wurde der Versuch

unternommen mit einem alternativen nichtdestruktiven Verfahren die teilflächenspezifischen Erträge aufzuzeigen. Im Vordergrund der Arbeiten standen die weiterführenden Entwicklungsarbeiten zum Nachweis der teilflächenspezifischen Umweltrelevanz differenzierter Stickstoffdüngungsmaßnahmen.

II. Material und Methoden

II.1 Feldversuch

Auf dem etwa 6 ha grossen Schlag A17 wurde in der Vegetationsperiode 2000 Winterweizen der Sorte Petrus angebaut; Vordrucht war Silomais. Für die Untersuchungen wurde ein Streifenversuch mit sieben Wiederholungen angelegt und zwischen drei verschiedenen Düngungsvarianten differenziert. Variante 1 diente als Kontrollvariante, d.h. unabhängig von den Standortbedingungen wurde flächeneinheitlich 170 kgN * ha⁻¹ gedüngt. In der Variante 2 wurde die Düngung zwischen 3 Ertragsbereichen differenziert. Dabei wurden N-Niveaus von 135, 170 und 205 kgN * ha⁻¹ erreicht. In der Variante 3 wurden die gleichen Ertragsbereiche zugrunde gelegt. Jedoch wurden die Düngermengen vor jeder mineralischen Teilgabe je nach aktuellem Zustand des Bestandes bemessen. Die Mengen variierten zwischen 170, 190 und 195 kgN * ha⁻¹. Detaillierte Eckdaten zur Bewirtschaftung sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: N-Düngung und Cl-Gaben (in Klammern) zu Winterweizen (A17) während der Vegetationsperiode 2000.

Variante	Ertragsbereich	I2 Mapping			I3 Online Approach mit Mapping Overlay			
		flächeneinheitliche Bewirtschaftung	Niedrig	Mittel	Hoch	Niedrig	Mittel	Hoch
N-Düngung in kg je ha	Ertrags- Erwartung	75 dt/ha	60 dt/ha	75 dt/ha	90 dt/ha	60 dt/ha	75 dt/ha	90 dt/ha
	VB	50(28)	35(20)	50(28)	65(37)	50(28)	50(28)	35(20)
	EC 27		20 kg Ammoniumstickstoff aus Gülle					
	EC 32	60(34)	50(28)	60(34)	70(40)	60(34)	70(40)	80(45)
	EC 49	40(23)	30(17)	40(23)	50(28)	40(23)	50(28)	60(34)
	Summe	170(85)	135(65)	170(85)	205(105)	170(85)	190(96)	195(99)

Für die Charakterisierung des Wasserhaushaltes wurden sechs Standorte (vgl. FAM-Bericht 1999) mit einer Parzelle in der Variante 1 ausgewählt. An den Standorten 'North' und 'West' wurden die Untersuchungen auch in Parzellen der Varianten 2 und 3 durchgeführt. Hingegen wurden die Nmin- und Chlorid-Beprobungen an jedem Standort in allen Varianten durchgeführt. Damit sollten varianten- und teilflächenspezifische Informationen der durchgeführten differenzierten

Stickstoffdüngungsmaßnahmen gewonnen werden. Für die Auswahl der Standorte wurden die Kriterien nFk, Bodenart, Relief, Ertragsbereich sowie Düngungsvariante berücksichtigt. Die Methoden der Datenerhebung sind im FAM-Bericht 1999 beschrieben.

II.2 Klimakammerversuch

Weizen (*Triticum aestivum* L.) wurde in sechs Kisten (0,7m² x 0,6m), gefüllt mit einem lehmigen Boden, angesät. Jede Kiste bekam zwei Düngerteilgaben KAS mit umgerechnet 50 kgN*ha⁻¹. Die Pflanzen wurden zunächst im Gewächshaus angezogen. Zu EC 23 wurden die Pflanzen in die Klimakammer transferiert und bei 12°C/16°C Tag/Nacht Temperatur, 60%/70% relativer Luftfeuchte und 750 µmol*m⁻²*s⁻¹ PAR kultiviert. Nach 8 und nach 22 Tagen in der Klimakammer wurde die Bewässerung in drei Kisten für jeweils neun Tage unterbrochen (Stressbehandlung), während die anderen Kisten durchgehend bewässert wurden (Kontrolle). Der Siliciumgehalt wurde vor der 1. Trockenperiode und jeweils am Ende der beiden Trockenperioden in der oberirdischen Pflanzsubstanz bestimmt. Die Transpiration des Bestandes wurde über Wiegen der Kisten täglich bestimmt.

III. Ergebnisse und Diskussion

III.1 Dynamik des Wasserhaushaltes – Feldversuch 2000

An den verschiedenen Standorten im A17 sank der volumetrische Wassergehalt im Boden bis in 1 m Tiefe um 140 bis 330 mm während der Vegetationsperiode. Dabei konnten die Standorte in 3 Gruppen unterteilt werden. Am Standort ‚North‘ veränderte sich der Bodenwassergehalt mit 332 mm am meisten. Ein mittlerer Entzug (≈ 177 mm) kann den Standorten ‚West Hill‘ und ‚Valley (South)‘ zugeordnet werden. Die niedrigste Wassermenge (≈ 144 mm) wurde dem Boden an den Standorten ‚West‘ und ‚East Hill‘ entzogen. Die unterschiedlichen Höhen in den Gesamtentzügen liessen sich aus der Anzahl der Perioden mit deutlichen Wasserverlusten (≥ 30 mm) aus dem Profil erklären (Abb. 1). An den Standorten ‚West‘ und ‚East Hill‘ gab es 2 Perioden und an den Standorten ‚West Hill‘ und ‚Valley (South)‘ 3 Perioden mit Entzügen ≥ 30 mm. Am Standort ‚North‘ übersteigen die Wasserverluste in vier Perioden 30 mm, davon in zwei Perioden mit Wasserverlusten über 120 mm. Dabei sind die Wasserentzüge aus dem Boden bis 1 m Tiefe nur z.T. auf die Wasseraufnahme von Pflanzen zurückzuführen. Das deutliche Absinken der volumetrischen Wassergehalte zu Beginn der Vegetationsperiode (Periode 1) am Standort ‚North‘ kann eher auf Versickerung oder laterale Abflüsse zurückgeführt werden, da der Bestand zu EC 30 noch keine so hohe Transpiration hatte, besonders im Vergleich zu den anderen Standorten. Ähnlich können die deutlich höheren Wasserverluste an den Standorten ‚West Hill‘ und ‚Valley (South)‘ während Periode 4 erklärt werden. Hingegen mag das Absinken der volumetrischen Wassergehalte in Periode 6 am Standort ‚North‘ eher durch die länger andauernde Bestandstranspiration in diesem Teil des Feldes bedingt sein, da die Pflanzen hier länger als an den anderen Standorten grün blieben.

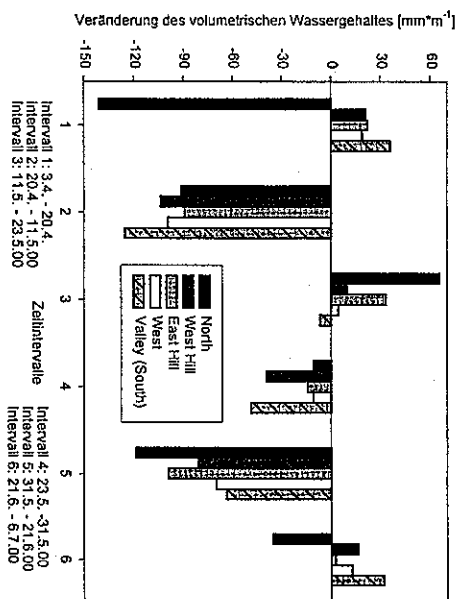


Abb. 1: Veränderungen im volumetrischen Bodenwassergehalt bis 1 m Tiefe an verschiedenen Standorten im A17 während der Vegetationsperiode von Winterweizen.

Diese tendenziellen Unterschiede, die aus den Veränderungen der volumetrischen Bodenwassergehalte abgeleitet wurden, konnten durch den Verlauf der Bodenmatrixpotentiale nur wenig nachvollzogen werden. Auf der Basis der Bodenmatrixpotentiale schienen die Standorte sich nur wenig und nicht konsistent hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit zu unterscheiden. Ebenso konnte nicht von den Mittagsblattwasserpotentialen allein auf die Wasserverfügbarkeit an den verschiedenen Standorten geschlossen werden. Hingegen unterschieden sich die Standorte in ihren Beziehungen zwischen dem Bodenmatrixpotential in 40 cm Tiefe und dem Mittagsblattwasserpotential (Abb. 2).

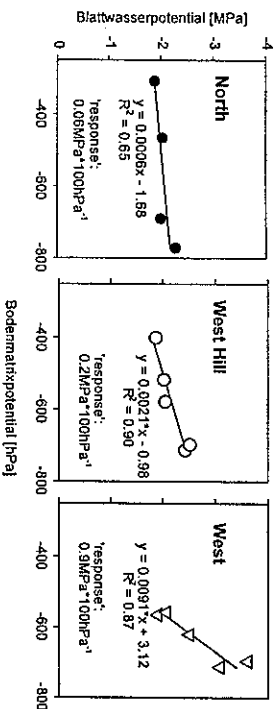


Abb. 2: Beziehung des Mittagsblattwasserpotentials von Winterweizen [MPa] zum Bodenmatrixpotential [hPa] in 40 cm Tiefe an 3 Standorten im A17. Angegeben sind die Gleichung der Regressionsgeraden, das Bestimmtheitsmass sowie die standortspezifische ‚response‘, kennzeichnet eine von 0 signifikant verschiedene Steigung der Regressionsgerade zur $P \leq 0,05$.

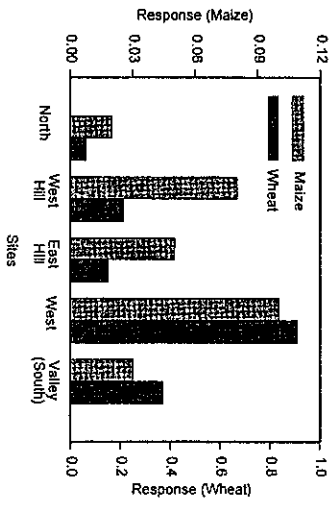


Abb. 3: Standortsspezifische 'response' im A17 für die Vegetationsperiode 1999 in Silomais (linke Säule) und für die Vegetationsperiode 2000 in Winterweizen (rechte Säule).

Wie im Jahr 1999 war auch im Jahr 2000 die in Winterweizen ermittelte standortsspezifische 'response' signifikant zur Biomasse korreliert (Abb. 4).

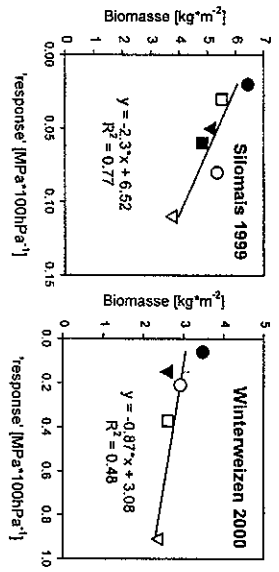


Abb. 4: Beziehung zwischen der standortsspezifischen 'response' und der oberirdischen Biomasse in Silomais 1999 (links) und in Winterweizen 2000 (rechts). Angegeben sind die Gleichung der Regressionsgerade, das Bestimmtheitsmass. * Kennzeichnet die Signifikanz der Regression zu $\alpha=0.05$.

III.2 Silicium als Tracer für die Bestandestranspiration
 In den durchgehend bewässerten Pflanzen (Kontrolle) wurde sowohl bei 14 Tagen als auch bei 31 Tagen Experimentdauer mehr Silicium in der oberirdischen Pflanzensubstanz angereichert als in den Pflanzen, die 2 Stresszyklen ausgesetzt waren (Stressbehandlung) (Abb. 5).

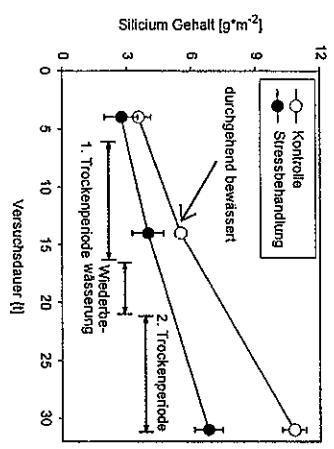


Abb. 5: Siliciumgehalt [$g \cdot m^{-2}$] in der oberirdischen Trockensubstanz in Weizen in der Kontrolle und in der Stressbehandlung.

Der Unterschied zwischen den beiden Behandlungen war jedoch nach der 2. Trockenperiode grösser als nach der 1. Trockenperiode.

Die kumulative Transpiration des Bestandes war in der Kontrollbehandlung deutlich höher als in der Stressbehandlung während der beiden Trockenperioden, wie aus Tab. 2 hervorgeht. Im Gegensatz zur Siliciumanreicherung war der Unterschied zwischen den beiden Behandlungen nach der 1. Trockenperiode deutlicher.

Tabelle 2: Kumulative Transpiration des Bestandes [mm] in der Kontrolle und in der Stressbehandlung während verschiedener Phasen des Klimakammerversuchs. Die relative Transpiration ist das Verhältnis der Transpiration der Stressbehandlung zu der der Kontrolle, ausgedrückt in [%].

	Experimentdauer	
	0-7 Tage	8-17 Tage
Kontrolle	Keine Trockenheit	1. Trockenperiode
Stressbehandlung	30,1 ± 1	84,2 ± 9,6
Relative Transpiration [%]	27,7 ± 5,9	46,5 ± 2,5
		53%
		77%

Der Anstieg des Siliciumgehaltes in der oberirdischen Pflanzensubstanz war signifikant mit der Transpiration des Bestandes korreliert (Abb. 6).

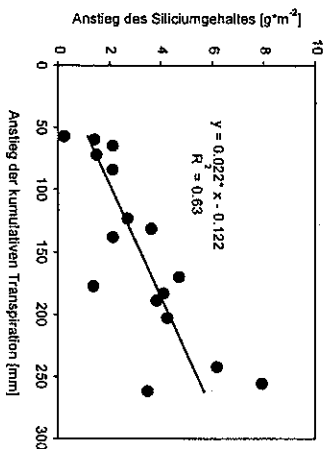


Abb. 6: Beziehung zwischen dem Anstieg der kumulativen Transpiration und dem Anstieg im Siliciumgehalt in der oberirdischen Trockensubstanz von Weizen.

Die Transpiration schien somit einen bedeutenden Einfluss auf die Siliciumanreicherung zu haben. Bedingt durch die Streuung in der Beziehung könnten somit auf der Basis des Siliciumgehaltes der oberirdischen Pflanzensubstanz Standorte hinsichtlich der Transpiration differenziert werden, solange die Bestandestranspiration sich an den verschiedenen Standorten um 50-100 mm unterscheidet.

III.3 Dynamik des teilflächenspezifischen Stickstoffhaushalts – Feldversuche 2000

Die in 1999 begonnenen Abklärungen zur teilflächenspezifischen Nitratauswaschung wurden in 2000 auf den Schlägen A16, A17 und A18 fortgesetzt. Die Untersuchungen beinhalteten zu Vegetationsbeginn und vegetationsbegleitend bzw. nach vegetationsende gezielte Untersuchungen der Nitratkonzentrationen auf repräsentativen Standorten, die sich in der Bodenart und im langjährigen Ertrag unterschieden. Parallel zu den durchgeführten Stickstoffdüngungsmaßnahmen wurde eine teilflächen-spezifisch äquivalente Menge, die der Hälfte des mineralischen Stickstoffs entsprach, als Chlorid gedüngt. Dieser Tracer sollte vor allem nach vegetationsende den Nachweis einer teilflächenspezifischen Auswaschung von Nitratstickstoff aufzeigen. Zugleich sollte auch die Wahrscheinlichkeit der Auswaschung von Nitratstickstoff während der Vegetation in den drei Bewirtschaftungsvarianten untersucht werden. Um die Düngergaben für die Variante 3 zu ermitteln, wurde durch das Teilprojekt WS2 erstmals der Hydro-N-Sensor vegetationsbegleitend auf den Schlägen A16 und A17 eingesetzt. Mit diesem konnte vegetationsbegleitend auf der gesamten Fläche der Stickstoffstatus der Vegetation gekoppelt mit der Biomasse dokumentiert werden. Dafür musste eine spezifische Trägervorrichtung für den Sensor entwickelt werden, der erfolgreich zum Einsatz gebracht werden konnte. Die gewonnene spektrale Information wurde jedoch nicht in Echtzeit in eine Düngung umgesetzt, da sich bei der Analyse der Daten zeigte, dass der von Hydro-agri entwickelte Düngungsalgorithmus zu einer Überdüngung schwachwüchsiger Standorte führt. Die gewonnene Information wurde

somit a posteriori in eine korrigierte Düngungsmaßnahme umgesetzt. Mit den durchgeführten Entwicklungsarbeiten zur flächigen Bestimmung der Biomasse und des Chlorophyllgehaltes konnte zum ersten Mal überhaupt die Möglichkeit aufgezeigt werden, dass sich mit der spektralen Information des N-Sensors auch die Ertragsituation beschreiben lässt. Eine endgültige Bewertung liegt jedoch noch nicht vor, aber es kann eindeutig der Schluss gezogen werden, dass die Ertragskartierung mittels Mahdrescher und Ertragsfärrungseinheit ein sehr viel größeres Rauschen aufweist als die spektrale Information des Sensors. Letztere scheint die Kontinuität des Biomasseaufwachses viel präziser widerzuspiegeln. Die Entwicklungen werden fortgeführt und dürfen in 2001 die Aussage erlauben, ob mit dem N-Sensor ein neue billige und störungsunanfällige Methodik der Ertragsfärrung bei kleinkörnigen Getreiden zur Verfügung steht. Sofern sich diese erfreuliche Entwicklung bestätigt, ergibt sich hier für zukünftige Anwendungen ein enormes Einsatzfeld.

Die intensiven Untersuchungen des mineralischen Bodenstickstoffs und der Chloridmarkierung konnten für den Schlag A17 vollständig abgeschlossen werden, während für den Schlag A16 und A18 noch weitere Analysen im Gange sind. Die Erfahrungen aus dem Vorjahr haben gezeigt, dass sich Chlorid sehr gut eignet, um die potentielle Verfügbarkeit von Nitrat aufzuzeigen. Dies ergibt sich auch aus den entsprechenden sehr geringen Hintergrundwerten, die beispielsweise auf dem A16 gefunden wurden. Die Chloridgehalte der drei untersuchten Varianten waren über alle Standorte gemittelt zu Vegetationsbeginn sehr ähnlich und lagen bei ca. 60 kg * ha⁻¹ Chlorid. Die Werte sind bei der Vorkultur Getreide im Gegensatz zur Vorkultur Mais, bei der ca. 10-20*ha⁻¹ kg Chlorid gemessen wurden, erhöht. Chlorid wird weitgehend in die vegetativen Organe aufgenommen. Bei Getreide bleiben diese auf dem Feld, wodurch es zu einer Chloridanreicherung nach vegetationsende kommt. Bei Mais wird eine bedeutende Menge weggeführt. Die Untersuchungen zeigten, dass die ausgebrachten Chloridmengen annähernd quantitativ bei den drei Varianten und über alle Standorte gemittelt wiedergefunden werden konnten. Nach vegetationsende betragen die durchschnittlichen Chloridmengen 130 kg*ha⁻¹, was bei der Variante 2 der zu Vegetationsbeginn vorhandenen und der gesamten ausgebrachten Chloridmenge entsprach (vgl. Tab. 1), bei der Variante 1 fanden sich 13 kg*ha⁻¹ und bei der Variante 3 ca. 24 kg*ha⁻¹ Chlorid weniger. Die durchschnittlich mit der Düngung ausgebrachte Chloridmenge variierte bei den drei Varianten über alle Standorte betrachtet zwischen 80-90 kg*ha⁻¹. Die Befunde deuten daraufhin, dass, wenn überhaupt, eine eher kleine Menge aus der aktuellen Düngung stammendes Chlorid und damit auch Nitrat während der Vegetationsperiode ausgewaschen wird. Die Betrachtung ist mit mehr Schwierigkeiten verknüpft, wenn die Einzelstandorte unterschiedlicher Varianten betrachtet werden. Die dort vorhandene kleinräumige Variabilität macht eine Einzelbetrachtung schwierig. Die Faktoren, die zu dieser Variabilität beitragen sind die folgenden: Die relative kleine Streifenversuchsanlage mit Streifenbreiten von 7,5 m ist nicht optimal, da Nachbareffekte nicht ausgeschlossen werden können. In 2000 konnte erstmals eine standorttreue Anlage konzipiert werden, d.h. aber dass unterschiedliche Gehalte des vergangenen Jahres sich noch nachgewirkt haben. Aufgrund der

aufwendigen Beprobung konnte nur mit einer maximalen Wiederholung von $n=2$ pro Standort gearbeitet werden. Diese Probenzahl ist in Anbetracht der nicht zu unterschätzenden kleinräumigen Variabilität als zu gering einzustufen. In 2001 wird deshalb ein präziser Nachweis auf zwei ausgewählten Schlägen durchgeführt, mit welcher Probenzahl eine verlässliche Genauigkeit gefunden werden kann, die es erlaubt, die durchgeführten Maßnahmen zu differenzieren. Im Vergleich zur flächeneinheitlichen Variante ergab sich eine maximale Spannweite der Differenzierung der Stickstoffbindung bzw. der Chloridmarkierung von $\pm 40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ bzw. $\pm 20 \cdot \text{ha}^{-1} \text{ kg}$ Chlorid, das heißt, dass im Durchschnitt die Unterschiede noch deutlich geringer waren. Im Jahre 2001 soll die Hypothese nun untersucht werden, ob es möglich ist, dass mit einer noch akzeptablen Probenzahl von 4-6 ein verlässlicher Nachweis der Differenzierung erfolgen kann. Bei der ersten durchgeführten Stickstoff- und Chloridbindung ergaben sich zudem Schwierigkeiten in der präzisen Ausbringung des kombinierten Stickstoff-/Chloridbinders. Diese technischen Schwierigkeiten sind jetzt gelöst.

Es zeigt sich somit die Notwendigkeit der weiteren Verfeinerung der Methode, um die insgesamt Kleinen verfahrensabhängigen Unterschiede nachzuweisen. Der Nachweis einer geringeren Belastung der Umwelt bei der teilflächenspezifischen N-Düngung gestaltet sich im tertären Hügelland zur Zeit noch schwierig. Grundsätzlich lässt sich die Vorteilhaftigkeit auch über die Betrachtung der durchgeführten Düngungsmaßnahmen und der mit den Ernteprodukten abgeführten N-Mengen durchführen. Der kausale Nachweis geringerer N-Verluste bei teilflächenspezifischer N-Düngung läßt sich damit aber nicht durchführen, da dies in jedem Fall die Untersuchung des Bodens auf relevante Stickstoffflüsse erfordert. Wir sind jedoch optimistisch, dass die weitführenden Arbeiten es erlauben eine verlässliche Methodik bereitzustellen, die eine eingehende Charakterisierung der möglichen Vorzüge einer Reduktion der Nitratauswaschung durch teilflächenspezifische N-Düngung aufzeigt. Die Weiterentwicklung dieser Methode sieht vor, dass größere Standorteinheiten, ortsfest und variantentreu bewirtschaftet werden müssen. Grundsätzlich muss auch bei teilflächenspezifischen Maßnahmen, die allfällige Umweltvorteile aufzeigen sollen, eine langfristige Betrachtung gefordert werden. Dieses Projekt soll auch in Zusammenarbeit mit der Forschergruppe IKB und auch als Forschungsleistung des Betriebes gezielt weiterverfolgt werden. Zur Erreichung dieser Zielsetzung wird aber auch das Postulat erhoben, dass die teilflächenspezifische Ertragskartierung verlässlicher werden muss. Unsere neuen Entwicklungsarbeiten in diese Richtung könnten auch zu einer wesentlich höheren Datenqualität beitragen.

IV. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die diesjährigen Ergebnisse zeigen, dass die Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode an den verschiedenen Standorten auf der Basis der Veränderung im volumetrischen Wassergehalt nur grob eingeschätzt werden kann. Hingegen scheint die standortspezifische 'response' die verschiedenen Einflüsse (Relief, Textur) auf die

Wasserverfügbarkeit an einem Standort besser zu aggregieren. Sie könnte somit als qualitatives Relativmaß für die Wasserverfügbarkeit während der Vegetation dienen. Potenzial für eine quantitative Unterscheidung der Standorte mag die Siliciumanreicherung in der oberirdischen Pflanzensubstanz bieten. Jedoch müssten dafür zum einen Möglichkeiten der Streunungsreduktion in der Beziehung zwischen der kumulativen Transpiration des Bestandes und der Siliciumanreicherung in der oberirdischen Pflanzensubstanz gefunden werden, um die Trennschärfe abzusichern und evtl. zu erhöhen. Zum anderen bleibt noch zu zeigen, inwieweit Unterschiede in der Bodentextur die Höhe der Siliciumanreicherung beeinflussen. Im Jahre 2000 konnte erstmals vegetationsbegleitend der N-Status der Biomasse von zwei Schlägen flächendeckend und variantenspezifisch mit einer neu entwickelten Trägervorrichtung in Kombination mit einem Echtzeit-N-Sensor dokumentiert werden. Die Entwicklungsarbeiten haben zudem die grundsätzliche Möglichkeit einer alternativen flächendeckenden Ertragskartierung aufgezeigt. Es sind somit weitere gute Voraussetzungen zur besseren Charakterisierung des teilflächenspezifischen N-Haushalts geschaffen worden. Es konnte im weiteren der grundsätzliche Nachweis der Eignung der vorgeschlagenen Methodik zum Nachweis der teilflächenspezifischen Nitratauswaschung erbracht werden. Eine Schwachstellenanalyse hat weitere Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt, die in 2001 detailliert überprüft werden sollen, und zur definitiven Entwicklung einer Methode beitragen sollen, mit der umweltrelevante Vorteile teilflächenspezifischer N-Düngung bzw. teilflächenspezifischer Saatstärken erbracht werden können.

Dankagung

Wir bedanken uns bei Monika Staffler für die unermüdete Hilfe bei den Versuchen im Feld und in der Klimakammer. Ihre Anregungen zur Lösung der praktischen Problemen haben viel zum Erfolg der Versuche beigetragen. Weiterhin danken wir Katrin Deiglmayr für die Auswertung der N_{min} und Cl^{-} -Daten.

V. Publikationen

- AUERSWALD, K., SIPP, R., KAINZ, M., DEMMEL, M., SCHEINOST, A., SINOWSKI, W., AND MAIDL, F.-X. (1997): The crop response to soil variability in an agroecosystem. *Adv. Geocool.* 30, 30-53.
- BRUNNER, R. (1995): Untersuchungen zu den Ursachen kleinräumiger Ertragschwankungen auf einem Standort des Tertärhügellandes (Scheven).
Diss. (TU München), FAM-Bericht 21, Verlag Shaker, Aachen.
- EHLERS, W. (1997): Zum Transpirationskoeffizienten von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. *Pflanzenbauwissenschaften* 1, 97-108.
- ROTH, D., GÜNTHER, R., AND KNOBLAUCH, S. (1997): Wasserbilanz sowie Wasserverbrauch und Bodenausschöpfung landwirtschaftlicher Fruchtarten auf einem tieferliegenden Lössstandort. *Agricol. Res.* 50, 271-278.