

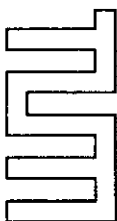
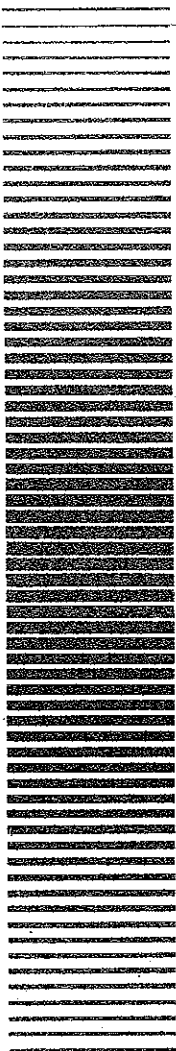
FORSCHUNGSVERBUND  
AGRARÖKOSysteme  
MÜNCHEN

## Jahresbericht 2001

FAM-Bericht 53

Herausgeber:

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



<p>FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSysteme MÜNCHEN</p> <p>JAHRESBERICHT 2001</p>	
Teilprojekt: WS2	Kurztitel: Teilflächenspezifischer Wasserhaushalt und Nitrat- auswaschung
Thema:	Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit und des N-Haushaltes von Teilschlägen
Antragsteller:	Prof. Dr. U. Schmidhalter, Dr. R. Gutscher, Dr. H.H. Becher
Mitarbeiter:	Dipl.-Ing.agr. R. Duda, Prof. Dr. U. Schmidhalter, S. Wiesent, Dr. R. Gutscher, Dipl.-Geogr. J. Kühn
Institution:	TUM, Lehrstuhl für Pflanzenernährung
I.	Einleitung und Fragestellung
	I.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit
	I.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt
II.	Material und Methoden
	II.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit
	II.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt
III.	Ergebnisse und Diskussion
	III.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit
	III.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt
IV.	Schlussfolgerungen und Ausblick
	IV.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit
	IV.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt
V.	Publikationen
	V.1 Verwendete Literatur
	V.2 Eigene Publikationen

## I. Einleitung und Fragestellung

### I.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit

Das relativ stabile Ertragsmuster, 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. Für die Entwicklung von geeigneten Strategien bedarf es eines Parameters, der die standortspezifische Wasserverfügbarkeit während der Vegetation kennzeichnet.

In Feldversuchen mit Mais (1999) und Winterweizen (2000) wurde in Scheyern die standortspezifische 'response' entwickelt. Sie ist die Reaktion der Pflanzen im Blattwasserpotential auf die Austrocknung des Bodens und korreliert signifikant mit der standortspezifischen Biomasse zur Erntereife (DUDA et al., 2001a). Mit Hilfe der 'response' können verschiedene Bereiche im Feld hinsichtlich ihrer Wasserverfügbarkeit klassifiziert werden.

Neben diesem qualitativen Ansatz wird die Möglichkeit untersucht, die Wasserverfügbarkeit über die Bestandestranspiration quantitativ für verschiedene Bereiche im Feld zu charakterisieren. Die Anwendung der Wasserhaushaltsgleichung ist in Scheyern nicht möglich, weil laterale Wasserflüsse im Boden, die die Wasserverfügbarkeit erheblich beeinflussen können (AUERSWALD et al., 1997), nur schwer quantifiziert werden können. Daher wird in diesem Projekt das Potenzial der Siliciumakkumulation in der oberirdischen Pflanzensubstanz als Schätzparameter für die Bestandestranspiration bewertet. Silicium wird von der Pflanze passiv aufgenommen, mit dem Transpirationsstrom in den Spross transportiert und in der Pflanze nicht retransloziert. In einem Klimakammerversuch im Frühjahr 2000 wurde gezeigt, dass die Bestandestranspiration aus den Veränderungen im Siliciumgehalt der Blätter abgeleitet werden kann (Duda et al., 2001b). Während der Vegetationsperiode von Winterweizen (2000) wurden an verschiedenen Standorten im A17 die Siliciumakkumulation in Blättern und anderen oberirdischen Pflanzenteilen bestimmt. Um daraus die Bestandestranspiration quantifizieren zu können, wurde auch die Si-Konzentration in der Bodenlösung bestimmt. Da es im Feld keine verlässliche Methode zur Bestimmung der standortspezifischen Bestandestranspiration gibt, wurde im Frühjahr 2001 diese Fragestellung im Gewächshaus mit drei verschiedenen Scheyerner Böden intensiv untersucht. Mit Hilfe dieser Ergebnisse konnten fundierte Aussagen über die Eignung der Siliciumakkumulation gemacht werden, um die Bestandestranspiration im Feld zu schätzen.

### I.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt

In den Bereichen, in denen die Wasserverfügbarkeit das Wachstum und den Ertrag begrenzt, könnte eine suboptimale N-Düngerausnutzung zu einer erhöhten Nitratauswaschung nach der Ernte führen. In der Teilschlagbewirtschaftung versucht man deswegen, die N-Düngung der standortspezifischen Wasserverfügbarkeit mit dem Ziel

anzupassen, bei zumindest gleichbleibenden Erträgen die Nitratauswaschung zu reduzieren. Zudem werden Erkenntnisse darüber benötigt, inwieweit langfristig eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung zur Reduzierung der Nitratauswaschung von landwirtschaftlichen Flächen beitragen kann.

## II. Material und Methoden

### II.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen des Wasserhaushalts

#### Feldversuche

Für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Silicium und Bestandestranspiration in Weizen wurden Pflanzenproben an ausgewählten Standorten im A17 (vgl. FAM-Bericht 2000) während der Vegetationsperiode 2000 genommen. Dazu wurden die Pflanzen auf 30 cm Länge in zwei Reihen über dem Boden abgeschnitten, in junge und alte Blätter sowie in Stängel und gegebenenfalls in Ähren unterteilt. Die Si-Konzentration in der Bodenlösung wurde in feldfrischen Proben mit Hilfe von Mikrosaugwurzeln (UMS, Deutschland) gewonnen. Die Si-Konzentration in den Pflanzenproben und in der Bodenlösung wurde mit einem ICP (Liberty, Varian, Australien) gemessen.

#### Gewächshausversuch

Weizen (*Triticum aestivum* L.) wurde in 18 Kisten (0,7 m<sup>2</sup> x 1,1 m), jeweils sechs gefüllt mit einem sandigen, tonigen und schluffigen Lehm Boden, angesät. Jede Kiste bekam drei Düngergaben von 30 kg N\*ha<sup>-1</sup>. Zur Bestimmung der Bestandestranspiration wurden die Kisten täglich gewogen. Zwischen EC 30 und EC 80 wurde die eine Hälfte der Kisten durchgehend bewässert (Kontrolle), während die Bewässerung bei der anderen Hälfte 3mal für 10 bis 14 Tage ausgesetzt wurde (Stressbehandlung). Die Si-Akkumulation wurde zu EC 30, EC 45, EC 60 und EC 80 bestimmt. Die Probenaufbereitung sowie die Si-Analyse erfolgten wie bei den Proben vom Feld. Die Si-Konzentration in der Bodenlösung betrug beim tonigen Lehm Boden 4 ppm und beim sandigen und schluffigen Lehm Boden 7 ppm.

### II.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt

Im Jahre 2001 wurden die Schläge A16 und A17 teilflächenspezifisch in einer Streifenversuchsanlage bewirtschaftet. Alternierend wurde ein Streifen flächeneinheitlich und der benachbarte Streifen teilflächenspezifisch bewirtschaftet. Wie in den vergangenen Jahren wurde begleitend zur Stickstoffdüngung Chlorid ausgebracht, um die potenzielle Auswaschung von Nitrat zu bestimmen. Die auf dem Schlag A16 ausgebrachten Stickstoff- und Chloridmengen sind in Tabelle 1 angegeben.

Die Böden wurden vor Vegetationsbeginn, sowie 1-2 mal während der Vegetation jeweils vor den Düngungsmaßnahmen und nach der Ernte an ausgewählten Standorten, die Niedrig- und Hochertragsstandorte charakterisieren, auf Nitrat und Chlorid untersucht.

Tab. 1: Stickstoff- bzw. Chloridfrüchtigung bei flächeneinheitlicher und teilflächenspezifischer Bewirtschaftung.

Variante	flächeneinheitliche Bewirtschaftung	teilflächenspezifische Bewirtschaftung	
		Niedrigertrag	Hochertrag
	kg N (kg Cl)/ha		
VB	60 (46)	50 (38)	80 (61)
EC 27	31 (12)	31 (12)	31 (12)
EC 32	50 (50)	50 (50)	60 (57)
EC 49	50 (38)	40 (30)	60 (46)
Total	191 (146)	171 (130)	231 (176)

Auf dem Schlag A16 wurden Korn- und Strohproben für Gesamtstickstoff- und Chloriduntersuchungen entnommen. Während der Vegetation wurde die Biomasse bzw. der Stickstoffstatus berührungsfrei mit einem seitlich am Schlepper angebrachten Sensor gemessen (SCHMIDHALTER et al., 2001). Ergänzende Messungen wurden während der Gelbreife des Weizens durchgeführt. Damit sollten Bezüge zum Ertrag ermittelt werden und Standortpotenziale abgeleitet werden. Analoge Messungen wurden auch auf dem A18 durchgeführt. Parallel zu diesen Messungen wurde auf dem A21 in Zusammenarbeit mit dipl. Ing. agr. Georg Gerl ein detaillierter Versuch mit einer Variation der Saatstärke und der Stickstoffdüngung angelegt. Detaillierte Untersuchungen der Biomasse und des Stickstoffstatus während der Vegetation und Ertragshebungen wurden durchgeführt, um Vergleiche mit berührungsfreien spektralen Messungen zu erhalten. Auf dem Schlag A16 wurden Parzellenreihen und auf dem A17 in ausgewählten Streifen Ertragshebungen zu Kartoffeln durchgeführt.

### III. Ergebnisse und Diskussion

#### III.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen des Wasserhaushalts

##### *Siliciumakkumulation im Feld*

Die Si-Gehalte in jungen Blättern steigen während der Vegetationsperiode deutlich an, während sie in alten Blättern bis zur Blüte konstant sind und dann stark zunehmen (Abb. 1). Die Stärke der Veränderungen im Si-Gehalt scheint damit von drei Einflussfaktoren abhängig zu sein. Erstens hat die Dauer der Transpiration einen entscheidenden Einfluss darauf. So stieg der Si-Gehalt am meisten von EC 30 (200 Tage nach

Aussaat) bis EC 49 (230 Tage nach Aussaat) an, während zwischen EC 49 und der Blüte (242 Tage nach Aussaat) eine Veränderung im Si-Gehalt in jungen Blättern teilweise nicht messbar war. Zweitens ist die Veränderung im Si-Gehalt abhängig von der Intensität der Transpiration. Dies könnte die großen Veränderungen in jungen und alten Blättern nach der Blüte erklären, weil in diesem Zeitraum das Sättigungsdefizit der Luft (Mittagszeit) besonders hoch im Vergleich zu den anderen betrachteten Zeiträumen war. Die geringen

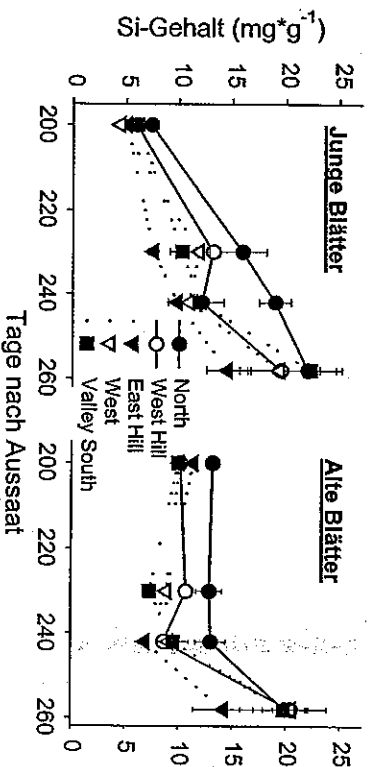


Abb. 1: Si-Gehalt in jungen und alten Blättern von Weizen an den verschiedenen Standorten im A17 während der Vegetationsperiode 2000. Symbole geben Mittelwerte und Standardabweichung an anderen zum ersten Zeitpunkt.

Veränderungen bis zur Blüte im Si-Gehalt von alten Blättern mügen dadurch bedingt sein, dass diese ein Gemisch von Blättern darstellen, die unterschiedlich lange und unterschiedlich stark transpiriert haben. Zwischen den Standorten gab es auch Unterschiede im Anstieg des Si-Gehaltes in den Blättern. Diese könnten zum einen aus Unterschieden in der Transpiration, zum anderen aus den unterschiedlichen Si-Konzentrationen in der Bodenlösung (Tab. 2) resultieren haben. In den obersten 25 cm (Ap-Horizont) unterscheidet sich die Si-Konzentration in der Bodenlösung relativ wenig. Vielmehr war die Veränderung der Si-Konzentration mit der Bodentiefe an den Standorten 'North' und 'Valley South' deutlich anders als an den anderen Standorten. Die Si-Konzentration in der Bodenlösung lag zwischen 5 und 1 ppm im Bodenprofil an den verschiedenen Standorten (Tab. 2). Sie war am höchsten in den obersten 25 cm (Ap-Horizont) und nahm mit der Tiefe ab. Die wichtigste Quelle für Silicium in der Bodenlösung ist amorphes Opal A, das im Oberboden überwiegend phylogenen Ursprungs ist. Am kolluvialen Standort 'North' sinkt daher die Si-Konzentration in der Bodenlösung mit der Tiefe weniger stark ab im Vergleich zu den anderen Standorten. Die relativ hohe Konzentration bis 100 cm am Standort 'Valley South'

könnte einerseits durch kolluviales Material in der Tiefe aus angrenzenden Bereichen erklärt werden.

Andererseits könnte sie durch eine stärkere Verwitterung infolge dynamischer Wasserbewegung bedingt sein, die sich aus den starken Wassergehaltsschwankungen in 80 und 100 cm Tiefe ableiten lässt (FAM-Bericht 2000).

Tab. 2: Silikonkonzentrationen in der Bodenlösung in verschiedenen Bodenletzen an den unterschiedlichen Standorten im A17. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Tiefen an einem Standort zum Niveau  $\alpha=0,05$  gemäss Tukey-t-Test.

Bodentiefe	Standort				
	North	West Hill	East Hill	West	Valley South
25 cm	4,5 ± 0,4 a	4,6 ± 0,4 a	2,8 ± 0,3 a	4,2 ± 0,3 a	3,1 ± 0,7 a
50 cm	4,3 ± 0,6 a	3,8 ± 1,3 a	0,98 b	1,1 ± 0,3 bc	1,2 ± 0,1 b
75 cm	3,1 ± 0,7 b	1,2 ± 0,3 b	1,1 ± 0,1 b	0,6 ± 0,1 c	1,3 ± 0,7 b
100 cm	2,5 ± 0,4 b	0,9 ± 0,3 b	1,2 ± 0,3 b	1,7 ± 0,7 b	3,3 ± 0,4 a

Wenn aus den Veränderungen im Si-Gehalt die Bestandestranspiration berechnet werden soll, könnte es die beobachtete Variabilität der Si-Konzentration im Bodenprofil notwendig machen, die Wasseraufnahme differenziert nach Bodentiefe zu bestimmen oder zu schätzen. Dazu ist zunächst wichtig abzuklären, welche Unterschiede sich in der Bodenlösungskonzentration mit der Si-Akkumulation in Blättern grundsätzlich differenzieren lassen. Die Genauigkeit der Methode wurde unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus mit drei Scheyerner Böden untersucht.

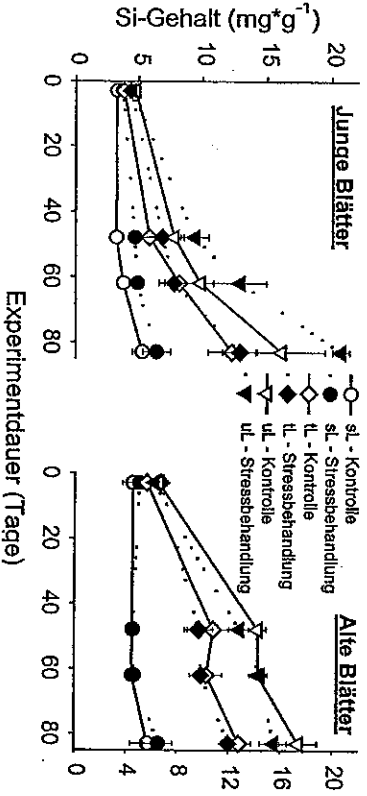


Abb. 2: Si-Gehalt in jungen und alten Blättern von Weizenpflanzen, die auf sandigem Lehm (sl), tonigem Lehm (tl) und schluffigem Lehm (ul) durchgehend bewässert (Kontrolle) oder drei Trockenperioden (Stressbehandlung) ausgesetzt waren. Symbole stellen den Mittelwert aus n=3 Wiederholungen dar. Standardabweichungen sind angegeben.

*Silikonakkumulation im Gewächshaus*

Die Si-Gehalte in jungen und alten Blättern stiegen in Pflanzen auf dem schluffigen und tonigen Leimboden an. Auf dem sandigen Leimboden hingegen veränderten sie sich nur wenig (Abb. 2). Die Si-Gehalte in den Blättern sind auf letzterem signifikant niedriger als auf den anderen Böden. Diese Beobachtung könnte anzeigen, dass es ein bodenbedingtes Aufnahmeverhalten für Silicium bei Weizen gibt, deren entscheidender Einflussfaktor bisher nicht geklärt ist. Denn sowohl die Si-Konzentration in der Bodenlösung als auch das Wachstum sowie die Transpiration der kontinuierlich bewässerten Pflanzen sind auf dem sandigen Leimboden von denen auf dem schluffigen Leimboden nicht verschieden.

Die Veränderungen der Si-Gehalte in den Blättern sind positiv linear zur Bestandestranspiration korreliert (Abb. 3).

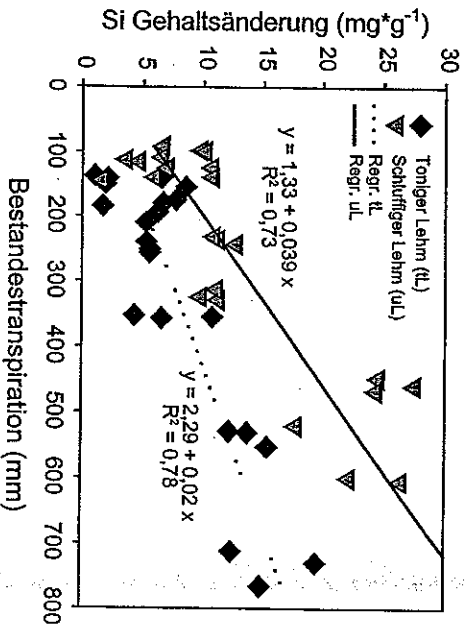


Abb. 3: Si-Gehaltsänderung ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) in Blättern in Abhängigkeit von der Bestandestranspiration (mm). Einzelne Symbole stellen Werte vom schluffigen (ul) und tonigen Leimboden (tl) aus der Kontrolle und der Stressbehandlung dar. Die Regressionsgeraden sowie das Bestimmtheitsmaß sind für beide Böden angegeben.

Dabei sind die Steigungen der Regressionsgeraden für den schluffigen und tonigen Leimboden proportional zu den Si-Konzentrationen in der Bodenlösung. Die Steigung geht durch die jeweilige Si-Konzentration ergibt einen konstanten Faktor für beide Böden: 0,005. Damit lässt sich mit Hilfe der Si-Konzentration und dieses Faktors aus der Gehaltsänderung in den Blättern die Bestandestranspiration berechnen. Die Beziehung zwischen gemessener und berechneter Bestandestranspiration entspricht weitgehend der 1:1-Winkelhalbierenden (Abb. 4). Die über die Si-Akkumulation berechnete Bestandestranspiration überschätzt leicht die tatsächliche bei einer Genauigkeit von 50 bis 100 mm. Dies entspricht der Streuung im Si-Gehalt von 2-4

mg\*g<sup>-1</sup>, abhängig von der Bodenlösungskonzentration. Da die Veränderungen im Stickstoffgehalt sich zwischen den Standortarten um maximal 5 mg\*g<sup>-1</sup> unterscheiden, ergeben sich hieraus Grenzen für die Differenzierung verschiedener Bereiche im Feld, die in der Wasserverfügbarkeit differenzieren.

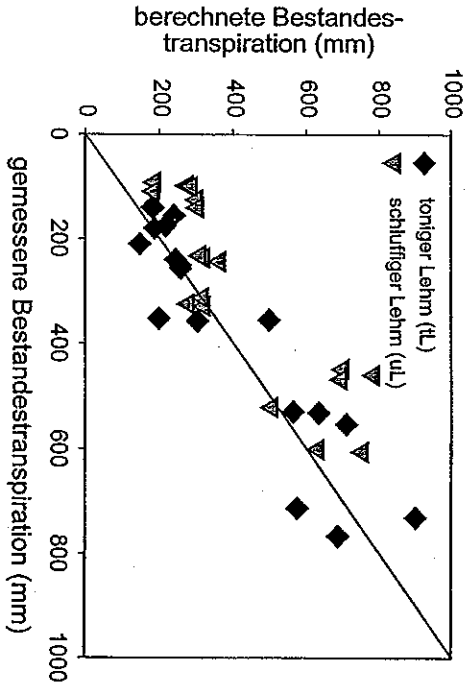


Abb. 4: Beziehung zwischen der gemessenen Bestandestranspiration (mm) und der aus der Stickstoffakkumulation in Blättern berechneten Bestandestranspiration (mm). Einzelne Symbole sind Einzelwerte von schluffigen und tonigen Lehmböden beider Behandlungen. Die eingezeichnete Gerade stellt die Winkelhalbierende dar.

### III.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt

Die Auswertungen konnten bisher für den Schlag A16 sowie den Schlag A21 durchgeführt werden. Ziel der teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen war es herauszufinden, ob der Ertrag durch die standortdifferenzierte Düngung beeinflusst wird und ob eine teilflächenspezifische Düngung die Umwelt schont.

Die vorläufigen Untersuchungen haben die Schwierigkeit aufgezeigt, relativ kleine Abstrichen in der Stickstoffdüngung vergleichend nachzuweisen. Eine im Vergleich zu den Vorjahren intensivierte Probenahme pro Standort mit bis zu acht Proben ergab ein deutlich stabileres Bild zwischen den Standorten. Einzelne hohe Werte wurden festgestellt, sind aber aufgrund der parallelen Chloriduntersuchungen nicht in jedem Fall plausibel. Abbildung 5 zeigt für verschiedene Standorte Nitratwerte zu verschiedenen Zeitpunkten in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsverfahren. Die Nitratwerte im Februar waren mäßig erhöht bedingt durch die Vorkultur Kartoffeln und betragen durchschnittlich 60 kg (Abb. 6a). Im allgemeinen waren die Werte sehr vergleichbar.

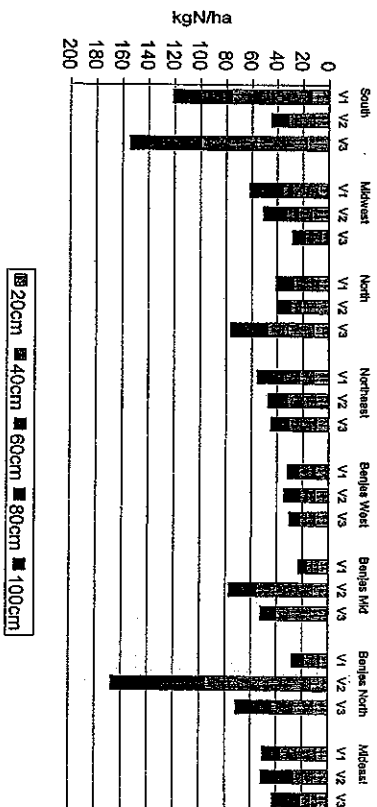
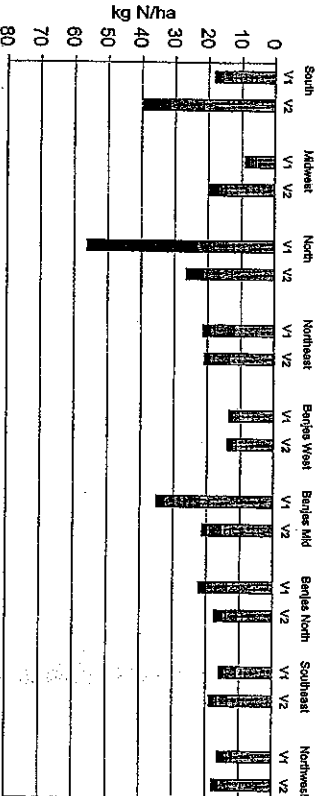


Abb. 5: Nitratwerte in 0-100 cm Bodentiefe bei flächeneinheitlicher (V1) und teilflächenspezifischer Bewirtschaftung (V2 und V3; V3 siehe Jahresbericht 2000) im Februar (Bild oben) und im August 2001 (Bild unten).



Das sehr hohe Ertragsniveau von 99 dt/ha hat zweifellos zu den niedrigen residualen Nitratwerten im August beigetragen. Verfahrensbedingte Unterschiede wurden nur vereinzelt auf einigen Standorten beobachtet. Insgesamt lassen sich standortbedingt kaum signifikante Unterschiede in den Nitratwerten der verschiedenen Verfahren aufzeigen.

Die Chloridwerte vor Vegetationsbeginn waren sehr niedrig und streuten verhältnismäßig wenig. Damit waren gute Ausgangsvoraussetzungen geschaffen für die folgenden Versuche. Düngungsbedingt erhöhten sich die Werte vom Februar von ca. 30 kg Cl auf ca. 75 kg im Mai (Abb. 6b). Die höchsten Werte fanden sich im August nach der Ernte mit durchschnittlich 175 kg Cl. Diese hohen Werte sind auf den Eintrag aus dem Getreidestroh zurückzuführen. Die durchschnittlichen Chloridwerte der zwei Verfahren sind über die drei Zeitpunkte nicht verschieden. Mit der Düngung wurden im flächeneinheitlichen Verfahren 146 kg Chlorid zugeführt und beim teilflächenspezifischen Verfahren durchschnittlich 153 kg Chlorid. Addiert man die Chloridwerte für den Februar dazu, erkennt man, dass Chlorid nahezu quantitativ im Boden nachgewiesen werden konnte. Dies lässt den Schluss zu, dass zwischen Februar und August netto kein Chlorid aus 1 m Bodentiefe ausgewaschen wurde. Analog kann gefolgert werden, dass es, über alle Standorte betrachtet, wahrscheinlich netto zu keiner Nitratauswaschung gekommen ist. Diese Feststellung ist besonders interessant, da der erste Teil des Vegetationsjahres eine relativ hohe Niederschlagsmenge aufwies. Da sich die durchschnittlichen verfahrensspezifischen Nitrat- und Chloridgehalte zu Beginn der Vegetation und nach der Ernte nicht wesentlich unterscheiden, können die Ernteträge und die darin ermittelten Inhaltsstoffe ein schlüssiges Bild der ertragswirksamen und der umweltrelevanten Auswirkungen der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung im Vergleich zur flächeneinheitlichen Düngung aufzeigen.

Der Ertrag war im Jahre 2001 auf außerordentlich hohem Niveau. Erste Auswertungen zeigen, dass die teilflächenspezifische Düngung sich vorteilhaft auf den Hohertragsstandorten auswirkte (+10 dt/ha bei Handernten; +3dt/ha im Parzellendrusch) und auf den Niedrigertragsstandorten leichte Reduktionen (-5 dt/ha bei Handernten; -3 dt/ha beim Parzellendrusch) beobachtet wurden. Bei den mehrfach angelegten Handernten ergab sich im Durchschnitt der untersuchten Standorte ein Ertragsvorteil von 2 dt/ha, während sich bei der Parzellenanteile kein signifikanter Unterschied ergab. Deutlich wird das gute Potenzial zur Förderung des Ertrages auf den Hohertragsstandorten. Das in 2001 erzielte außerordentlich hohe Ertragsniveau auf den Niedrigertragsstandorten hat sehr wahrscheinlich zu einer Nivellierung beigetragen. Diese Nivellierung konnte auch bei den residualen Nitratgehalten beobachtet werden, so dass für dieses Jahr, aufgrund der insgesamt sehr niedrigen Restnitratgehalte nach der Ernte, keine wesentlichen Unterschiede in der Nitratauswaschung auftreten sollten.

Die spektralen Analysen der Bestände wurden als Basisinformation für die Ableitung der differenzierten N-Düngung eingesetzt. Bei der Festlegung der Düngung war eine Korrektur des implementierten Düngungsalgorithmus notwendig. Der bisherige Algorithmus führt zu einer Überdüngung der weniger guten Bestände (SCHMIDHALTER et al., 2001).

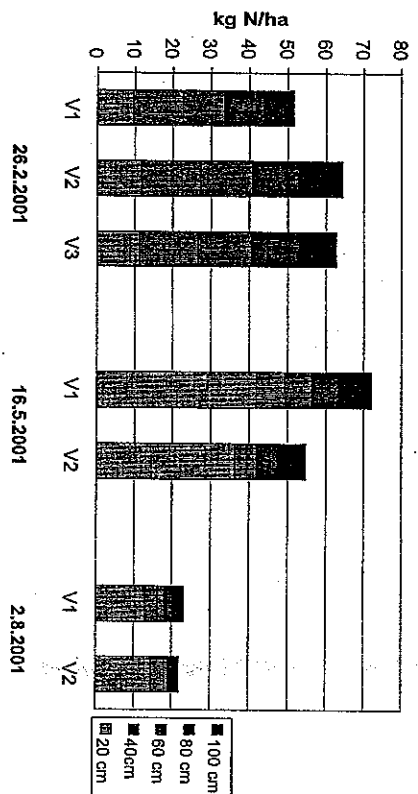


Abb. 6a: Durchschnittliche Nitratwerte im Boden des flächeneinheitlichen (V1) und des teilflächenspezifischen Verfahrens (V2).

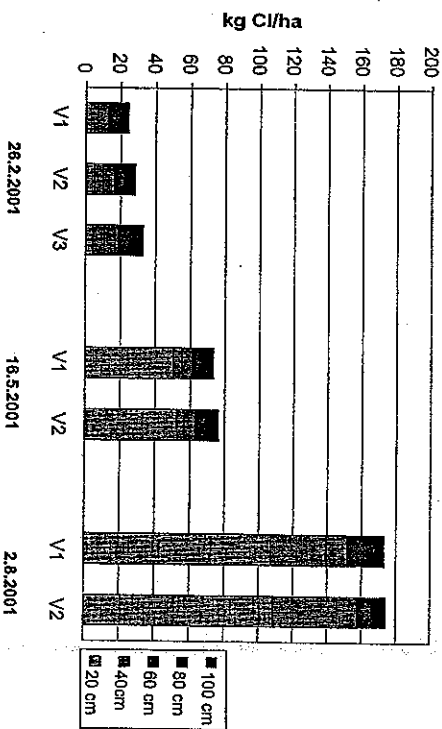


Abb. 6b: Durchschnittliche Chloridwerte im Boden des flächeneinheitlichen (V1) und des teilflächenspezifischen Verfahrens (V2).

Detaillierte Untersuchungen der Beziehung zwischen spektralen Wellenlängenbereichen und Biomasseerhebungen ergaben erste interessante Resultate. Die Güte der Übereinstimmung zwischen den spektralen Messungen und der Biomasse war

besonders eng zum Erdertrag. Interessanterweise zeigte sich auf dem Schlag A21 die engere Beziehung ( $r^2=0,62$ ) zu einem früheren Zeitpunkt (30.5.2001) als zum Zeitpunkt der Gelbreife ( $r^2=0,48$ ) (Abb. 7). Spektrale Messungen am 16.5.2001 zeigten eine sehr gute Übereinstimmung mit den aus den langfristigen Ertragskarten abgeleiteten Hoch- und Niedrigtragszonen. Die Beziehung zwischen dem mit dem Parzellenertrag bestimmten Ertrag auf A16 und den zum Zeitpunkt der Abreife durchgeführten spektralen Messungen war niedriger ( $r^2=0,42$ ). Eine starke Verunkrautung mit Windhalm beeinflusste die spektralen Messungen. Ergänzende Untersuchungen auf dem A21 zu früheren Entwicklungsstadien ergeben in einem frühen Zeitpunkt eine schlechte Übereinstimmung zwischen spektraler Messung und der Biomasse und in einem späteren Zeitpunkt (BC47) eine mäßig gute Beziehung ( $r^2=0,42$ ). Das verzögerte Auftrafen des sehr spät gesäten Weizens und der daraus resultierende relativ dünne und zum Teil lückenhafte Bestand mag dazu beigetragen haben. Die insgesamt vielversprechenden Untersuchungen werden gezielt fortgesetzt.

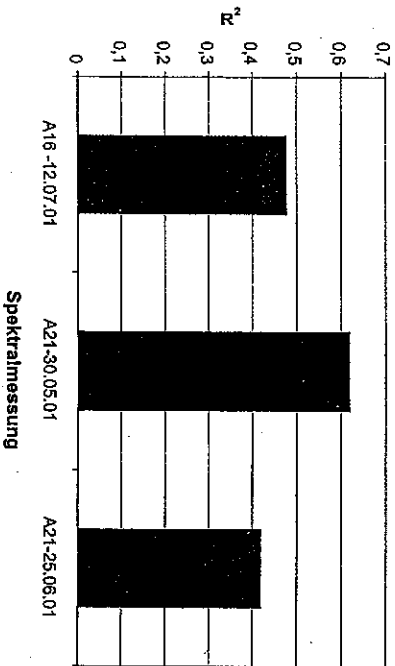


Abb. 7: Beziehung zwischen gesamtflächigen spektralen Messungen und der Biomasse auf dem A16 und A21.

#### IV. Schlussfolgerungen und Ausblick

##### IV.1 Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit

Die Ergebnisse zeigten, dass aus der Si-Akkumulation in den Blättern die Bestandestranspiration auf 50 bis 100 mm genau geschätzt werden konnte. Für die Unterscheidung verschiedener Bereiche unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit im Feld bedeutet dies, dass die Unterschiede sehr groß sein müssen, da im gemäßigten Klima Gesamtbestandestranspirationen von 200 bis 300 mm bei Weizen angenommen werden können. Die Methode könnte jedoch bei höheren Gesamtbestandes-

transpirationen, z.B. in ariden Gebieten, geeignet sein. Dennoch ist die Silikonakkumulation nur bedingt als Schätzparameter für die Bestandestranspiration geeignet. Wenn die Si-Konzentration mit der Bodentiefe variiert, muss die Wasseraufnahme aus den verschiedenen Bodenschichten bestimmt oder geschätzt werden. Zudem musste für die Anwendung der Methode im Feld noch geklärt werden, inwieweit die Si-Aufnahme durch die Pflanzen bodenbedingt begrenzt wird, wie aus den Ergebnissen auf dem sandigen Lehmboden im Gewächshaus geschlossen werden kann.

##### IV.2 Teilflächenspezifischer Stickstoffhaushalt

Verfahrensunterschiede in den Nitrat- und Chloridgehalten des Bodens lassen sich im allgemeinen nicht standortbezogen für die flächeneinheitliche und die teilflächenspezifische Bewirtschaftung aufzeigen. Die Werte können jedoch ein schlüssiges Bild der schlagspezifischen Nitratsituation bzw. der potenziellen Nitratauswaschung wiedergeben. Die durchgeführten Entwicklungsarbeiten sollten in nachfolgenden vorgesehenen Untersuchungen eine eindeutige Bewertung der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung ermöglichen.

#### V. Publikationen

##### V.1 Verwendete Literatur

AUERSWALD, K., SIPPET, R., KAINZ, M., DEMMEL, M., SCHEINOST, A., SINOWSKI, W. and MAIDL, F.-X. (1997): The crop response to soil variability in an agroecosystem. *Adv. Geocol.* 30, 30-53.

##### V.2 Eigene Publikationen

- DUDA, R., GUTSER, R. and SCHMIDHALTER, U. (2001a): Characterising site-specific differences in water availability. 14<sup>th</sup>. Int. Plant Nutrition Colloquium, Hannover, 27.07.-03.08.01. In: Klüwer Academic Publishers, Dordrecht, Developments in Plant and Soil Sciences, 92, 390-391.
- DUDA, R., GUTSER, R. and SCHMIDHALTER, U. (2001b): The response of midday leaf water potential to soil drying, an indicator of site-specific water availability during growing. 3<sup>rd</sup>. Europ. Conference Precision Agriculture, Montpellier, 16.-20.06.01, 379-382.
- SCHMIDHALTER, U., GLAS, J., HEIGL, R., MANHART, R., WIESENT, S.T., GUTSER, R. and NEUDECKER, E. (2001): Application and testing of a crop scanning instrument - field experiments with reduced crop width, tall maize plants and monitoring of cereal yield. 3<sup>rd</sup>. Europ. Conference Precision Agriculture, Montpellier, 16.-20.06.01, 953-958.