

JAHRESBERICHT 2002

Teilprojekt: WS 2 Kurztitel: Teilflächenspezifischer Wasserhaushalt und
Nitratauswaschung

Thema: Erfassung repräsentativer Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit und des
N-Haushaltes von Teilschlägen

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

Mitarbeiter: Prof. Dr. U. Schmidhalter, Dr. R. Duda, Dr. R. Gutser, Dr. T. Ebertseder,
Dipl. Ing.agr. (FH) Stefan Jungert, Dipl. Ing.agr G. Gerl

Institution: TUM, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Versuchsstation Scheyern

- I. Einleitung und Fragestellung
- II. Material und Methoden
- III. Ergebnisse und Diskussion
 - III.1 Teilflächenspezifischer Wasserhaushalt
 - III.2 Teilflächenspezifischer Biomassezustand, Ertrag und Stickstoffaufnahme
 - III.3 Teilflächenspezifische Nitratauswaschung
 - III.4 Managementmaßnahmen zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung
- IV. Schlussfolgerungen und Ausblick
- V. Publikationen

I. Einleitung und Fragestellung

Eine flächeneinheitliche Bewirtschaftung trägt den standörtlichen Gegebenheiten innerhalb eines Schlages und den dort auftretenden Unterschieden im Pflanzenwachstum nicht Rechnung. Standörtliche Ertragspotenziale werden nicht ausgenutzt und Umweltvorteile nicht erreicht. Die Landbewirtschaftung lässt sich mit teilflächenspezifischer Bewirtschaftung verbessern. Methoden zum Erkennen von Standortunterschieden und Wachstumszuständen müssen entwickelt werden, die Heterogenität bewertet werden und teilflächenspezifische Managementstrategien getestet werden.

Die standörtliche Produktivität auf dem Einzelschlag wird wesentlich durch das Angebot an Stickstoff und Wasser bestimmt und im Tertiärhügelland durch das Relief geprägt. Standortunterschiede sind ausgeprägt, aber auf der Schlagebene eher kleinräumig vorhanden.

Das relativ stabile Ertragsmuster auf verschiedenen Standorten in Scheyern kann überwiegend auf die Wasserverfügbarkeit während der Vegetation zurückgeführt werden. Für die Entwicklung geeigneter teilflächenspezifischer Strategien bedarf es eines Parameters, der die standortspezifische Wasserverfügbarkeit während der Vegetation beschreibt.

In den Bereichen, in denen die Wasserverfügbarkeit das Wachstum und den Ertrag begrenzt, kann eine suboptimale N-Düngerausnutzung zu einer erhöhten Nitratauswaschung nach der Ernte führen. In der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung versucht man, die N-Düngung der standortspezifischen Wasserverfügbarkeit anzupassen mit dem Ziel die Nitratauswaschung zu reduzieren. Ziel dieser Arbeit ist es, die Ursachen der standörtlichen Ertragsheterogenität besser zu verstehen, Methoden zur vereinfachten Erfassung der Heterogenität des Bodens und der Pflanzenbestände zu entwickeln und die Auswirkungen einer teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung auf den Ertrag und die Umwelt aufzuzeigen.

Material und Methoden

Im Jahre 2002 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.

Auf dem Schlag A16 wurde die Saatstärke und N-Düngung variiert und auf dem Schlag A17 die N-Düngung. Die durchgeführten Maßnahmen sind in Tabelle 1 und 2 angegeben.

Tab. 1: Teilflächenspezifische Variation der Saatstärke, der Stickstoffdüngung und der Chloridapplikation auf dem Maisschlag A16 im Jahre 2002.

Verfahren	V1	V2	
	flächeneinheitliche Bewirtschaftung	teilflächenspezifische Bewirtschaftung	
Aussaat	10 Pfl./m ²	Niedrigertrag 8 Pfl./m ²	Hohertrag 12 Pfl./m ²
	N- (bzw. Cl) Düngung in kg ha ⁻¹		
Zur Saat	27	27	27
03.06.02	116 (85)	86 (69)	116 (85)
Summe	143 (85)	113 (69)	143 (85)

Tab. 2: Teilflächenspezifische Variation der Stickstoffdüngung und der Chloridapplikation auf dem Winterweizenschlag A17 im Jahre 2002.

Verfahren	V1	V2	
	flächeneinheitliche Bewirtschaftung	teilflächenspezifische Bewirtschaftung	
		Niedrigertrag	Hohertrag
	N- (bzw. Cl) Düngung in kg ha ⁻¹		
EC 24	60 (46)	60 (46)	60 (46)
EC 31	70 (53)	50 (38)	60 (46)
EC 49	70 (53)	50 (38)	60 (46)
Summe	200 (152)	160 (122)	180 (138)

Die Saat und Ernte erfolgten auf dem Schlag A16 am 30.4.02 und 18.9.02 und auf dem Schlag A17 am 19.10.01 und am 31.07.02. Für die Versuche wurden die Maissorte Batz und der Winterweizen Biskay verwendet.

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

Auf dem Schlag A17 wurden in Parzellenernten (90 Standorte à 16 m²) und mit Handschnitten (12 Standorte à 4 x 0.5 m²) Korn- und Strohproben für Gesamtstickstoff-

und Chloriduntersuchungen entnommen. Basierend auf Handernten (18 Standorte à 4 x 0.5 m²) wurden auf dem Schlag A16 vergleichbare Bestimmungen in Biomasseproben zum Erntezeitpunkt durchgeführt.

Während der Vegetation wurde die Biomasse bzw. der Stickstoffstatus berührungslos mit einem am Schlepper angebrachten Sensor gemessen. Ergänzende Messungen wurden während der Gelbreife des Weizens durchgeführt. Detaillierte Untersuchungen der Biomasse und des Stickstoffstatus während der Vegetation und Ertragshebungen wurden in Zusammenarbeit mit der Forschergruppe IKB durchgeführt, um feldmaßstäbliche Vergleiche mit berührungslosen spektralen Messungen zu erhalten.

Ergebnisse und Diskussion

III.1 Teilflächenspezifischer Wasserhaushalt

Die Transpirationsleistung von Pflanzen steht in enger Beziehung zur Ertragsleistung. Diese bioindikativen Ansätze erlauben es auch Standortunterschiede zu charakterisieren und die Ertragsleistung auf diesen Standorten aufzuzeigen. Es wurden drei Ansätze untersucht zur Quantifizierung von Standortunterschieden auf dem Schlag und ihrer Beziehung zur Ertragsleistung (Duda et al., 2001). Kleinräumige Standortunterschiede und ihre Beziehung zur Biomasse lassen sich beschreiben durch die Beziehung zwischen dem Bodenmatrixpotential in 40 cm Tiefe und dem Wasserpotenzial der Pflanzen.

Mit der in den Pflanzen gemessenen Siliciumaufnahme kann integrativ die Wasseraufnahme beschrieben werden. Zur Abgrenzung von Standorten sind Unterschiede in der Transpiration von 50-100 mm erforderlich, die Kenntnis der Tiefenverteilung des Siliciumgehaltes in der Bodenlösung sowie der räumlichen und zeitlichen Aufnahme von Silicium durch die Pflanzen.

Standortunterschiede und Ertragsleistung der Pflanzen konnten insbesondere durch porometrische Untersuchungen der Transpirationsleistung im Verlauf der Vegetation beschrieben werden. Eine Gesamtzusammenfassung findet sich in der Promotionsarbeit von Regine Duda (2002).

III.2 Teilflächenspezifischer Biomassezustand, Ertrag und Stickstoffaufnahme

Mit spektralen, schlepperbasierten Reflexionsmessungen kann die Biomasse, der Stickstoffgehalt und die Stickstoffaufnahme bei Winterweizen ab BBCH 32 verlässlich erfasst werden. Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang zwischen verschiedenen spektralen Indizes und dem N-Gehalt, der Biomasse und der N-Aufnahme für Winterweizen im Entwicklungsstadium BBCH 37. Mit wenigen gezielten destruktiven Erhebungen lässt sich die Biomasse und die Stickstoffaufnahme absolut beschreiben.

Während der Abreife von Getreide durchgeführte Messungen erlauben es die relativen Erträge vorherzusagen (Abb. 2) und stellen eine alternative Methode zur gängigen Erfassung mit Ertragserfassungssystemen in Mähdreschern dar. Diese Ergebnisse bestätigen die Erfahrungen aus dem Jahre 2001 (Schmidhalter et al., 2001).

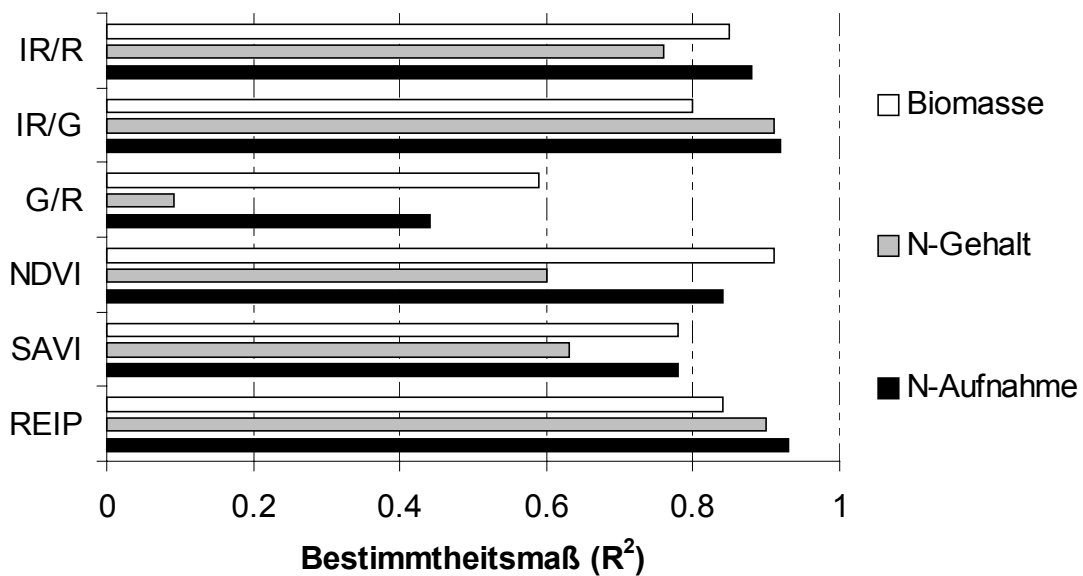


Abbildung 1. Güte der Erfassung des Stickstoffgehalts, der Biomasse und der Stickstoffaufnahme mit verschiedenen spektralen Indizes im Entwicklungsstadium BBCH 37 bei Winterweizen.

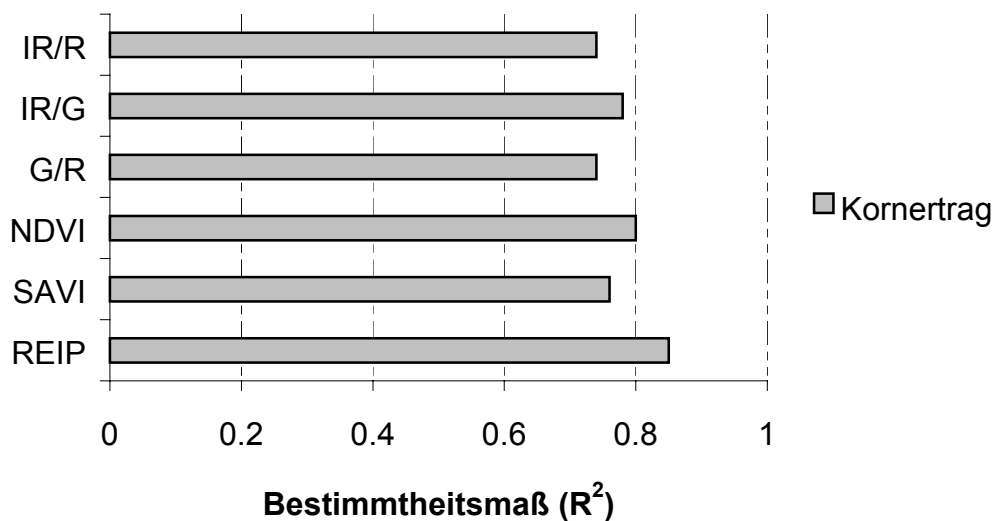


Abbildung 2. Güte der Erfassung des Kornertrags mit verschiedenen spektralen Indizes in der Abreife (BBCH 75) von Winterweizen.

III.3 Teilflächenspezifische Nitratauswaschung

Begleitend zu den teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden detaillierte Erhebungen des Nmin-Status der Böden während und nach der Vegetation durchgeführt. Bilanzierungen des Stickstoffeinsatzes durch die Düngung und der Abfuhr durch die Ernteprodukte geben Auskunft über die Stickstoffeffizienz. Eine kausale Betrachtung allfälliger Verluste und Verlustpfade lässt sich dadurch nicht

erreichen. Stickstoffflüsse im Boden lassen sich mit regelmäßigen Erhebungen des punktuell gemessenen Nitratstickstoffstatus alleine nicht beschreiben. Im Tertiärhügelland wird dies zudem noch kompliziert durch nicht bekannte laterale Zu- und Abflüsse. Als Approximation der möglichen Nitratverlagerung wurde flächendeckend und teilflächenspezifisch der Einsatz von Chlorid als konservativer Tracer und damit auch der Wasserbewegung getestet. Chlorid ermöglicht kein Abbild der Stickstoffumsätze, kann hingegen insbesondere im Herbst und Winter verlässlich genau die Stickstoffverlagerung beschreiben. Im Gegensatz zu Nitrat kann eine eindeutige Massenbilanzierung des Ein- und Austrags durchgeführt werden.

Eine Bilanzierung der schlagspezifischen Nitratauswaschung für die Schläge A16 und A17 zeigt auf, dass während der Vegetation wahrscheinlich wenig Nitrat ausgewaschen wird. Bei flächeneinheitlicher Bewirtschaftung ergaben sich auf dem Schlag A17 nach Winterweizen leicht höhere N_{min} -Werte (+ 8 kg N/ha), die potenziell abgeschätzten Verluste im Zeitraum zwischen dem 19.2. bis 9.9.02 betragen bezogen auf die eingesetzte Düngermenge bei flächeneinheitlicher Bewirtschaftung 17 % gegenüber 5 % bei teilflächenspezifischer Bewirtschaftung (Tabelle 3). Eine wesentlichere Auswaschungsgefahr besteht in der Winterperiode. Für die Winterperiode 2001/2002 ergaben sich zwar keine wesentlichen Veränderungen der N_{min} -Werte auf den Schlägen A16 (-10 kg N ha⁻¹) und A17 (+2 kg N ha⁻¹), bedingt durch relativ niedrige Reststickstoffwerte nach der Ernte, die potenzielle Auswaschung, abgeschätzt über die Chloridmassenbilanz, ergab jedoch Verluste von 60 % (-105 kg Cl ha⁻¹) bzw. 22 % (-19 kg Cl ha⁻¹) auf den Schlägen A16 bzw. A17. Der Schlag A17 weist eine deutlich höhere Verlustgefährdung auf als der Schlag A16. Ausschlaggebend ist somit die Höhe der Reststickstoffwerte nach der Ernte, wobei eine Reduktion der Auswaschung durch Zwischenfrüchte erzielt werden kann.

Tabelle 3. Auswirkungen (höhere oder niedrigere Werte) der teilflächenspezifischen N-Düngung auf den Winterweizen Ertrag und die N_{min} -Werte sowie der Chloridapplikation auf die Chloridauswaschung im Schlag A17 im Jahre 2002. Handschnitte wurden auf insgesamt je sechs Messstandorten durchgeführt, der Parzellendrusch wurde auf je 90 Standorten in beiden Verfahren durchgeführt.

	Flächeneinheitlich versus teilflächenspezifisch
N-Düngung flächeneinheitlich 200 kg ha ⁻¹	+ 20 (+30) kg N ha ⁻¹
Ertrag Messstandorte (dt ha ⁻¹)	+ 5,6 %
N-Aufnahme Messstandorte (kg ha ⁻¹)	+ 5,6 %
Ertrag Parzellendrusch (kg ha ⁻¹)	+ 1,1 %
N-Aufnahme Parzellendrusch (kg ha ⁻¹)	+ 3,5 %
N_{min} 19.02.2002 Messstandorte (kg ha ⁻¹)	- 2 kg N ha ⁻¹
N_{min} 09.09.2002 Messstandorte (kg ha ⁻¹)	+ 8 kg N ha ⁻¹
Chlorid Massenverlust der Applikation von 152 bzw. 140 kg ha ⁻¹ (in % der Chloridapplikation) im Zeitraum 19.02. – 09.09.2002	+ 19 kg Cl ⁻¹ ha ⁻¹ (17% versus 5%)

III.4 Managementmaßnahmen zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung

Während bis anhin technische Entwicklungen im Vordergrund standen, was auch dazu beitrug, dass Technik und die Umsetzung pflanzenbaulicher Maßnahmen häufig fälschlicherweise gleichgesetzt wurden, ist in den letzten Jahren deutlich geworden, dass wesentliche Kernkompetenzen in der pflanzenbaulichen Ausgestaltung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen bereit gestellt werden müssen. Im Rahmen dieser Untersuchungen werden schrittweise teilflächenspezifische pflanzenbauliche Maßnahmen weiterentwickelt und untersucht. Die Untersuchungen erfolgen im Rahmen von Streifenversuchen unter spezifischer Berücksichtigung des Standortes. Diese wurden ergänzt mit Echtzeiterfassungen von Vegetationszuständen. Die Versuchsverfahren beinhalteten eine Variation der Stickstoffdüngung bei Winterweizen sowie eine Variation der Saatstärke und Stickstoffdüngung bei Mais. Die durchgeführten Maßnahmen beinhalteten eine Reduktion der Aufwandmengen auf den ertragsschwächeren Standorten und eine teilweise Erhöhung im Sinne einer Umverteilung auf den ertragsstärkeren Standorten. Teilweise wurden auch die Aufwandmengen auf ertragsstarken, kolluvialen Standorten reduziert. Erhöhungen der Aufwandmengen auf den ertragsstärkeren Standorten haben zu einer besseren Ausnutzung der dort vorhandenen Ertragspotenziale beigetragen und zu kleineren Einbußen auf den ertragsschwächeren. Bei insgesamt etwa vergleichbarer oder reduzierter N-Düngung lassen sich positive Umweltwirkungen aufzeigen. Dies wird durch die Ergebnisse in 2002 beispielsweise auf dem Schlag A17 verdeutlicht (Tabelle 3).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die in diesem Teilprojekt durchgeführten methodischen Arbeiten haben zu einer wesentlichen Weiterentwicklung der vereinfachten flächigen Erfassung von Standortunterschieden und Biomassezuständen beigetragen. Damit stehen wertvolle Instrumente als Basis für den nächsten Schritt, die Ableitung teilflächenspezifisch differenzierter Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Verfügung. Die intensiven durchgeführten Arbeiten zeigen Optimierungsmöglichkeiten durch teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen auf, weisen andererseits auch auf gewisse Grenzen der implementierten Maßnahmen. Die eher kleinräumig strukturierte Heterogenität der Schläge in Scheyern und die komplexe Landschaftsgestaltung ermöglichen jedoch die Aussage, dass ein deutlich höheres Potenzial in auf der Schlagebene stärker strukturierten agrarischen Landschaftsräumen vorhanden ist. Präzisionslandwirtschaft kann wesentlich zu Umweltverbesserungen und damit auch zu Ressourceneinsparungen beitragen und ein zukunftsfähiges Instrument in der Verbesserung der Landnutzung darstellen. Im Tertiärhügelland sind keine wesentlichen Änderungen in der Ertragssituation zu erwarten.

Publikationen

V.2 Eigene Publikationen

DUDA, R., GUTSER, R. and SCHMIDHALTER, U. (2001a): Characterising site-specific differences in water availability. 14th. Int. Plant Nutrition Colloquium, Hannover, 27.07.-03.08.01. In: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Developments in Plant and Soil Sciences, Vol. 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. 3rd. Europ. Conference Precision Agriculture, Montpellier, 16.-20.06.01, 379-382

DUDA, R. (2002): Characterising site-specific water availability. Promotionsarbeit TU München.

SCHMIDHALTER, U., GLAS, J., HEIGL, R., MANHART, R., WIESENT, ST., 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. 3rd. Europ. Conference Precision Agriculture, Montpellier, 16.-20.06.01, 953-958