Einflußfaktoren auf spektraloptische Reflexionssignaturen zur Bonitur der Biomasse und des Stickstoffstatus von Winterweizen

A.Schmid, F.X. Maidl

Lehrstuhl für Ackerbausysteme und Ökologischen Landbau, TU München,
Alte Akademie 12
85350 Freising-Weihenstephan
aschmid@wzw.tum.de
maidl@wzw.tum.de

Abstract: Hyperspectrale Reflexionsdaten (360 – 1050 nm) wurden zu fünf verschiedenen Vegetationsstadien (EC 30, 32, 37, 49 und 65) von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) in einem 3 jährigen Feldversuch gemessen. Für die nicht–destruktive Methode zur Bonitur der Weizenbestände wurde ein handgetragenes Zwei-Kanal-Spektrometer verwendet. Die Eignung verschiedener Vegetationsindizes zur Erfassung agronomisch wichtiger Parameter wie der Biomasseproduktion und des N-Status der Pflanzen [GB88], [PM72], [Re97], [Ro74], [Ta90], standen dabei im Vordergrund. Um mögliche Einflußfaktoren auf die Aussagekraft reflektionsoptischer Messungen zu untersuchen, wurden zwei A-Weizensorten mit planophiler bzw. erectophiler Blattstellung, zwei B-Weizensorten mit hohem und niedrigem Chlorophyllgehalt, sowie eine relativ hellgrüne C-Weizensorte für den Anbau gewählt. Um die spezifischen Merkmalsausprägungen bezüglich des äußeren Erscheinungsbildes der einzelnen Weizensorten zu unterstreichen, wurden vier N-Varianten mit deutlicher Düngerabstufung (N1-N4; 0/100/160/220 kg N/ha) gewählt. Der Einfluß der Bodenreflexion zur oberirdischen Blattmasse wurde sowohl durch den Zeitpunkt der Messung als auch der phenologischen (Habitus) Ausprägung, insbesondere durch die Sorten mit planophiler und erektophiler Blattarchitektur ermittelt. Physiologische (biochemische) Zustandsparameter wurden anhand sortenspezifisch unterschiedlich hoher Inhaltsstoffekonzentrationen, insbesondere der photoaktiven Pigmente untersucht. Morphologisch ausgeprägte Eigenschaften wurden durch die N-Applikationsmengen in großem Maße verstärkt. Nicht jedoch die daraus resultierenden Farbschattierungen, sonder vielmehr die epidermalen (externen) und internen Blattstrukturen wurden dabei reflexionsoptisch erfaßt. Bei der vorliegenden Datenerhebung zur Ermittlung des spektralen Informationsgehaltes wurden destruktive Beprobungsmaßnahmen von spektralen Messungen zu der Erhebung agronomisch wichtiger Parameter begleitet.

1 Einleitung

Die Fernerkundung findet in Form des Precision Farming (Präzisionslandwirtschaft) unter anderem mit sensoroptischen Verfahren zunehmend Einzug in die moderne Landwirtschaft. Dabei können mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen im sichtbaren und nah-infraroten Bereich, teilflächenspezifische Informationen über die Möglichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung, oder im Speziellen der Bestandesentwicklung und des aktuellen Stickstoffstatus von Kulturpflanzen gewonnen werden. Aus dem Reflexionsverhalten eines Pflanzenbestandes werden über die Berechnung eines Vegetationsindex, Rückschlüsse auf agronomisch relevante Parameter geschlossen. Für pflanzenbauliche Fragestellungen ist daher die Güte eines Vegetationsindex, der einerseits sensitiv gegenüber Bestandesparametern, andererseits unempfindlich gegen störende Umwelteinflüsse ist, unerläßlich.

2 Material und Methode

In den Vegetationsperioden 2002 bis 2004 wurden im oberbayrischen Tertiärhügelland Feldversuche zu Winterweizen mit den Faktoren „Sorte“ (Tab. 1) und „N-Düngermenge“ (N1-N4; 0/100/160/220 [kg N ha^{-1}]) angelegt. Die Versuchsanlage sollte besonders in frühen Vegetationsstadien bereits eine große Spanne in der Biomasseproduktion (Wuchseigenschaften) und des N-Status (N-Aneignungsvermögen) der Weizensorten abbilden.

Sorte	Habitus	Qualität
Cortez	hellgrün	C
Flair	graugrün, hoher Chlorophyllgehalt	B
Orestis	blaugrün, niedriger Chlorophyllgehalt	B
Pegassos	planophile Blattstellung	A
Xanthos	erectophile Blattstellung	A

Tab. 1: Morphologische und optische Eigenschaften sowie Qualitätseinstufung der Weizensorten

In periodischen Abständen wurden während der Vegetationsperiode zu verschiedenen Entwicklungsstadien gleichzeitig die Globalstrahlung und Remission mit einem handgehaltenen zweikanaligen Spektroradiometer (Carl Zeiss, Spektralbereich 360 bis 1050 [nm], spektrale Auflosung 3,2 [nm], Öffnungswinkel 25°) gemessen. Die Reflexionssignaturen errechneten sich aus dem Verhältnis der Remission und Einstrahlung, korrigiert um einen geräteinternen Standart ($BaSO_4$). Als Referenz dienten Biomasseschnitte, an denen der Trockenmasseertrag und die N-Konzentration in der Trockenmasse bestimmt wurden. Aus der Rückreflexion der Bestandesoberfläche ließen sich in verschiedenen charakteristischen Wellenlängen-bereichen, aus der Literatur weitgehend bekannte Vegetationsindizes berechnen (Tab. 2).

Vegetations-index	Wellenlängen /Indexgleichung	Referenz
REIP	$700+40*((R_{670}+R_{700})/2-R_{700})/(R_{740}-R_{700})$	(Guyet & Baret, 1988)
IR/G	R_{780}/R_{550}	(Takebe et al., 1990)
IR/R	R_{780}/R_{670}	(Pearson & Miller, 1972)
IRI 1	R_{740}/R_{730}	(Reusch, 1997)
IRI 2	R_{740}/R_{720}	(Reusch, 1997)
NDVI	$(R_{780}-R_{670})/(R_{780}+R_{670})$	(Rouse et al., 1974)
SAVI	(1+B)(780-670)/(780+670+B)	Huete (1988)

ab. 2: Vegetationsindizes zur Bestimmung der Biomasseproduktion und des N-Status von Pflanzenbeständen. Die Indizes werden auf Basis von 8 Wellenlängen berechnet.

3 Ergebnis und Diskussion

Die Winterweizensorten reagierten mit zunehmender N-Düngung zu allen EC-Stadien sowohl mit einem Anstieg der Biomasseproduktion als auch der N-Aufnahme. Zwischen den Sorten konnten keine signifikanten Unterschiede in Biomasse und N-Aufnahme (nicht dargestellt), jedoch Differenzierungen im Habitus und Farbintensität beobachtet werden. Als äußerst zuverlässig erwies sich dabei der REIP, der bereits ab EC 32 verläßliche Korrelationen zwischen Biomasse (Abb. 1) und N-Aufnahme (Abb. 2) mit zunehmender Bestandesdichte liefert. Vor EC 32 kommt es durch die geringeren Bedeckungsgrade zu einem Mischsignal zwischen Boden und Pflanzenbestand (Abb. 1).

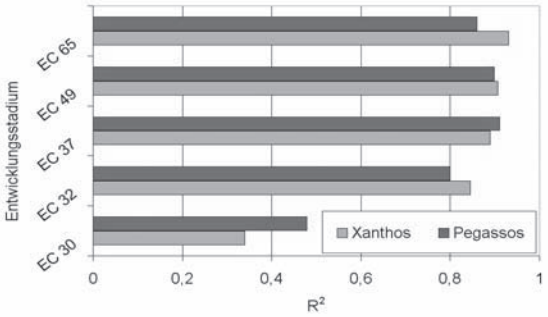

Abb. 1: R^2-Werte zwischen Biomasseproduktion und Hauptwendepunkt (= REIP), Sorten „Xanthos“ und „Pegassos“

Mitte der Blüte (EC 65) wurden ebenfalls geringere Werte detektiert (Abb. 1). Diese Beobachtung geht mit der äußeren Veränderung der Pflanzen einher. Verantwortlich sind Mischsignale zwischen Pflanzenstängel, Blatt, Ähre (Architektur, Färbung) und Pollen. Die höheren Werte der Sorte Xanthos zu späteren EC-Stadien sind in der erekophilen Blattstellung zu suchen. Diese Blattstellung ermöglicht ein tieferes Eindringen der Globalstrahlung in den Bestand und somit eine stärkere Reflexion (Abb. 1 und Tab. 3). Umgekehrt ist in frühen EC-Stadien der Bodeneinfluß höher. Pegassos erreicht dank planophiler Blattstellung zwar den schnelleren Bedeckungsgrad (Bodenreflexion wird minimiert), insbesondere vor EC 32, jedoch wird im Laufe der Vegetationsperiode nur noch die oberste Blattetage gemessen. Die unterschiedlichen Werte der Sorten Cortez, Flair und Orestis können den sortenspezifischen Inhaltsstoffekonzentrationen (Chlorophyll-Gehalt) beziehungsweise epidermalen (externen) und internen Blattstrukturen zugeschrieben werden (Tab. 1). Von den geprüften Indizes erwiesen sich der REIP und der IRI 1 am geringsten durch die unterschiedlichen Sorteneigenschaften beeinflußt (Tab. 3).

Sorte	Vegetationsindizes							
	HWP	[%]	NDVI	[%]	IRI 1	[%]	SAVI	[%]
1	724,8a	100	0,84b	100	1,40a	100	1,01a	100
2	724,7a	99,98	0,81b	96,43	1,34a	95,71	0,96a	95,05
3	724,2a	99,91	0,84ab	100	1,33a	95	0,99a	98,02
4	723,9a	99,88	0,83ab	98,81	1,32a	94,29	0,95a	94,06
5	724,6a	99,97	0,81a	96,43	1,34a	95,71	0,98a	97,03

Tab. 3: Absolut und relative Werte (in Kammer) ausgewählter Vegetationsindizes für verschiedene Winterweizensorten (Mittel über 3 Jahre, N-Stufen, EC-Stadien; verschiedene Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede, $p < 0,05$, 1 = Cortez, 2 = Flair, 3, 4 = Pegassos, 5 = Xanthos)

Der Red Edge Inflection Point (REIP) unterlag keinem Sorteneinfluß (Tab. 3), weiter konnten mit Stickstoff sehr hoch versorgte Weizensorten verläßlich unterschieden werden (nicht dargestellt). Der Index ist somit zur Erfassung unterschiedlicher Biomasseproduktion und der Stickstoffaufnahme in die Trockenmasse bestens geeignet. Die Regressionsgeraden zeigen, deutliche entwicklungs- und jahrgangsspezifische Einflüsse (Abb. 2). Ursächlich für die Einflußgrößen, sind die in den einzelnen Vegetationsjahren unterschiedliche Biomasseproduktion (nicht dargestellt) und N-Aufnahme. In frühen EC-Stadien (EC 32), ist der jahrgangsspezifische Unterschied im relevanten Bereich jedoch deutlich geringer (Abb.2). Eine stadienspezifische Eichung des oder der Indizes ist somit unumgänglich.

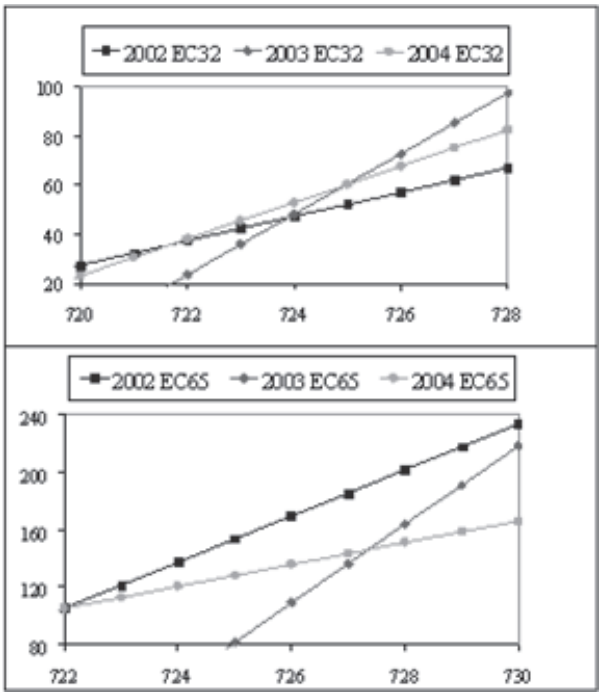

Abb. 2: Regressionsgeraden der REIP-Werte (x-Achse) und resultierende Stickstoffaufnahme [kg N ha^{-1}] (y-Achse) in den Vegetationsjahren 2002 - 2004, (Sorte Pegassos)

Der extrem unterschiedliche Habitus der im Versuch gewählten Sorten führt zu geringen Abweichungen in den REIP-Werten und dürfte bei gängigen sich im Anbau befindlichen Weizensorten noch geringer ausfallen.

Literaturverzeichnis

[GB88] Guyot, G., Baret, F.: Utilisation de la haute resolution spectrale pour suivre l´etat des couverts vegetaux. In: Proceedings of the 4th International Colloquium on Spectral Signatures in Remote Sensing. ESA SP-287, Aussois, France, April 1988:S. 279-286

[PM72] Pearson, R.L., Miller, L.D.: Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the short grass prairie. In:Procceedings of the 8th International Symposium on Remote Sensing of The Environment, Colorado, USA, S. 1357-1381

[Re97] Reusch, S.: Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation, Christian-Albrecht-Universität Kiel

[Ro74] Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A, Deering, D.W., Harlan, J.C.: Monitoring the vernal advancement of the retrogradation of natural vegetation. Final Report Type III, Greebelt, NASA-GSFC

[Ta90] Takebe, M., Yoneyama, T., Inada, I.,Murakami, T.: Spectral reflectance ratio of rice canopy for estimating crop nitrogen status. Plant and Soil, 122, 1990, 295-297