

Joachim Liebler

Feldspektroskopische Messungen
zur Ermittlung des Stickstoffstatus
von Winterweizen und Mais
auf heterogenen Schlägen



Herbert Utz Verlag · Wissenschaft
München

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugleich: Dissertation, München, Techn. Univ., 2003

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2003

ISBN 3-8316-0294-8

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
Tel.: 089/277791-00 – Fax: 089/277791-01

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Literaturübersicht.....	2
2.1	Optische Bonitur von Pflanzenbeständen	2
2.2	Agronomische Grundlagen	19
2.3	Ziel der vorliegenden Arbeit.....	28
3	Material und Methoden.....	29
3.1	Beschreibung der Versuchsstandorte.....	29
3.2	Witterung und Pflanzenentwicklung.....	31
3.3	Versuchsanlage und Versuchsdurchführung.....	33
3.4	Pflanzenanalysen.....	36
3.4.1	Pflanzenanalysen in Winterweizen	36
3.4.2	Pflanzenanalysen in Mais.....	37
3.5	Zweikanaliges Spektrolsensormesssystem.....	39
3.6	Feldspektroskopische Messungen.....	40
3.6.1	In Winterweizen.....	40
3.6.2	In Mais	41
3.7	Auswertung und statistische Verrechnung.....	42
4	Ergebnisse.....	45
4.1	Ergebnisse der Pflanzenanalysen	45
4.1.1	Biomassebildung, N-Status und Ertragsdaten Winterweizen	45
4.1.2	Biomassebildung, N-Status und Ertragsdaten Mais.....	61
4.2	Ergebnisse der feldspektroskopischen Messungen.....	84
4.2.1	Feldspektroskopische Messungen in Winterweizen.....	84
4.2.2	Feldspektroskopische Messungen in Mais.....	103
5	Diskussion	124
5.1	Reflexionsmessungen.....	124
5.2	N-Düngung und Pflanzenentwicklung auf heterogenen Schlägen	138
5.3	Eignung feldspektroskopischer Messungen zum Aufbau eines teilflächen- spezifischen Stickstoffdüngesystems.....	149
5.4	Abschließender Vergleich feldspektroskopischer Messungen in Winterweizen und Mais.....	155

6	Zusammenfassung.....	157
7	Literaturverzeichnis	159
8	Anhang.....	175

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Bodenphysikalische Kennwerte der Versuchsschläge.....	30
Tab. 2:	Bodenchemische Kennwerte der Versuchsschläge	30
Tab. 3:	Prüffaktoren und Faktorstufen der Weizenversuche Krohberg 1999.....	33
Tab. 4:	Prüffaktoren und Faktorstufen der Maisversuche Sieblerfeld 1999.....	34
Tab. 5:	Prüffaktoren und Faktorstufen des Maisversuches Mitterfeld 1999.....	35
Tab. 6:	Prüffaktoren und Faktorstufen des Weizenversuches Dürnast 2000.....	36
Tab. 7:	Schnittermine in Mais.....	38
Tab. 8:	Technische Daten des Zweikanaligen Spektorsensorsystems	39
Tab. 9:	F-Werte der Varianzanalyse für die oberirdische Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom EC-Stadium, Thalhausen 1999.....	46
Tab. 10:	F-Werte der Varianzanalyse für die N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom EC-Stadium, Thalhausen 1999.....	47
Tab. 11:	F-Werte der Varianzanalyse für die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom EC-Stadium, Thalhausen 1999.....	49
Tab. 12:	F-Werte der Varianzanalyse für die oberirdische Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom EC-Stadium, Thalhausen 2000.....	50
Tab. 13:	F-Werte der Varianzanalyse für die N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom EC-Stadium, Thalhausen 2000.....	51
Tab. 14:	F-Werte der Varianzanalyse für die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom EC-Stadium, Thalhausen 2000.....	52
Tab. 15:	Tafel der Varianzanalyse für verschiedene Leistungsmerkmale der Winterweizenversuche Thalhausen 1999.....	53
Tab. 16:	Tafel der Varianzanalyse für verschiedene Leistungsmerkmale der Winterweizenversuche Thalhausen 2000.....	54
Tab. 17:	F-Werte der Varianzanalyse für die oberirdische Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit vom Probenahmetermin, Thalhausen 1999.....	61
Tab. 18:	Entwicklung der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von N-Stufe, Saatstärke und Teilschlag, Thalhausen 1999 in dt ha ⁻¹	62

Tab. 19: F-Werte der Varianzanalyse für die N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit vom Probenahmetermin, Thalhausen 1999.....	63
Tab. 20: Entwicklung der N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von N-Stufe, Saatstärke und Teilschlag, Thalhausen 1999 in %	63
Tab. 21: F-Werte der Varianzanalyse für die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais in Abhängigkeit vom Probenahmetermin, Thalhausen 1999.....	64
Tab. 22: Entwicklung der N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais in Abhängigkeit von N-Stufe, Saatstärke und Teilschlag, Thalhausen 1999 in kg ha ⁻¹	64
Tab. 23: F-Werte der Varianzanalyse für die oberirdische Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit vom Probenahmetermin, Thalhausen 2000.....	65
Tab. 24: Entwicklung der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von N-Stufe, Saatstärke und Teilschlag, Thalhausen 2000 in dt ha ⁻¹	66
Tab. 25: F-Werte der Varianzanalyse für die N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit vom Probenahmetermin, Thalhausen 2000.....	66
Tab. 26: Entwicklung der N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von N-Stufe, Saatstärke und Teilschlag, Thalhausen 2000 in %	67
Tab. 27: F-Werte der Varianzanalyse für die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais in Abhängigkeit vom Probenahmetermin, Thalhausen 2000.....	68
Tab. 28: Entwicklung der N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais in Abhängigkeit von N-Stufe, Saatstärke und Teilschlag, Thalhausen 2000 in kg ha ⁻¹	69
Tab. 29: F-Werte der Varianzanalyse für verschiedene Leistungsmerkmale aus den Maisversuchen Thalhausen 1999.....	70
Tab. 30: F-Werte der Varianzanalyse für verschiedene Leistungsmerkmale aus den Maisversuchen Thalhausen 2000.....	70
Tab. 31: F-Werte der Varianzanalyse für verschiedene Leistungsmerkmale der Teilschläge der Maisversuche Thalhausen.....	77
Tab. 32: Kovarianzanalyse Winterweizen mit Kovariate Trockenmasse.....	85

Tab. 33: R^2 der Gegenüberstellung von gemessenen und geschätzten Werten für die oberirdische Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom Differenzierungsgrad.....	91
Tab. 34: Kovarianzanalyse Winterweizen mit Kovariate N-Konzentration.....	93
Tab. 35: R^2 der Gegenüberstellung von gemessenen und geschätzten Werten für die N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom Differenzierungsgrad.....	96
Tab. 36: Kovarianzanalyse Winterweizen mit Kovariate N-Aufnahme.....	98
Tab. 37: R^2 der Gegenüberstellung von gemessenen und geschätzten Werten für die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Winterweizen in Abhängigkeit vom Differenzierungsgrad.....	101
Tab. 38: Kovarianzanalyse Mais mit Kovariate Trockenmasse.....	104
Tab. 39: R^2 der Gegenüberstellung von gemessenen und geschätzten Werten für die oberirdische Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit vom Differenzierungsgrad.....	109
Tab. 40: Kovarianzanalyse Mais mit Kovariate N-Konzentration.....	111
Tab. 41: R^2 der Gegenüberstellung von gemessenen und geschätzten Werten für die N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit vom Differenzierungsgrad.....	115
Tab. 42: Kovarianzanalyse Mais mit Kovariate N-Aufnahme.....	116
Tab. 43: R^2 der Gegenüberstellung von gemessenen und geschätzten Werten für die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais in Abhängigkeit vom Differenzierungsgrad.....	121

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Reflexion, Absorption und Transmission von Weizenblättern (GUYOT, 1984).....	6
Abb. 2:	Reflexionssignaturen von Maisblättern in Abhängigkeit vom Wasser- und Stickstoffstatus (nach SCHEPERS et al., 1996).....	6
Abb. 3:	Reflexionssignaturen von trockenem und feuchtem Boden und grüner Vegetation (nach TUCKER und MILLER, 1977).....	10
Abb. 4:	Lage des Hauptwendepunktes in Abhängigkeit von Blattflächenindex und Chlorophyllgehalt (nach GUYOT et al., 1988).....	18
Abb. 5:	Schläge Krohberg und Sieblerfeld.....	29
Abb. 6:	Monatliche Durchschnittstemperaturen der Vegetationsperioden 1999 und 2000 sowie langjähriges Mittel der Wetterstation Weihenstephan.....	31
Abb. 7:	Monatliche Niederschlagsmengen der Vegetationsperioden 1999 und 2000 sowie langjähriges Mittel der Wetterstation Weihenstephan.....	32
Abb. 8:	Zweikanaliges Spektalsensorsystem.....	40
Abb. 9:	Meßaufbau in Weizen.....	41
Abb. 10:	Meßaufbau in Mais.....	42
Abb. 11:	Biomasseentwicklung von Winterweizen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Düngung (\bar{x} Sorten, Thalhausen 1999).....	46
Abb. 12:	Entwicklung der N-Konzentration von Winterweizen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten, Thalhausen 1999).....	47
Abb. 13:	Entwicklung der N-Aufnahme von Winterweizen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten, Thalhausen 1999).....	48
Abb. 14:	Biomasseentwicklung von Winterweizen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten, Thalhausen 2000).....	49
Abb. 15:	Entwicklung der N-Konzentration von Winterweizen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten, Thalhausen 2000).....	51
Abb. 16:	Entwicklung der N-Aufnahme von Winterweizen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten, Thalhausen 2000).....	52
Abb. 17:	Korntrag der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	55
Abb. 18:	Bestandesdichte der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	55

Abb. 19: Kornzahl pro Ähre der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	56
Abb. 20: Korndichte der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	57
Abb. 21: Tausendkornmasse der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	57
Abb. 22: N-Konzentration in der Korntrockenmasse der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	58
Abb. 23: N-Aufnahme ins Korn der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	58
Abb. 24: Harvestindex der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	59
Abb. 25: N-Harvestindex der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten).....	60
Abb. 26: N-Saldo der Weizenversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Sorten)	60
Abb. 27: Kernerträge der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	71
Abb. 28: Kornzahl je Pflanze der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	72
Abb. 29: Korndichte der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	72
Abb. 30: Tausendkornmasse der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	73
Abb. 31: N-Konzentration im Korn der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	74
Abb. 32: N-Aufnahme ins Korn der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	74
Abb. 33: Harvestindex der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	75
Abb. 34: N-Harvestindex der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	76
Abb. 35: N-Saldo der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag und N-Stufe (\bar{x} Saatstärken).....	76

Abb. 36: Körnerträge der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag, Saatstärke und N-Stufe sowie explizite Darstellung der Wechselwirkung Saatstärke x N-Stufe der Niedrigertragszone 2000	79
Abb. 37: Kornzahl je Pflanze, Korndichte, Tausendkommasse und N-Konzentration im Korn der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag, Saatstärke und N-Stufe.....	80
Abb. 38: N-Aufnahme ins Korn, Harvest-, N-Harvestindex und Korn-N-Saldo der Maisversuche Thalhausen in Abhängigkeit von Versuchsjahr, Teilschlag, Saatstärke und N-Stufe	83
Abb. 39: Reflexionssignaturen von Winterweizen in Abhängigkeit von der N-Stufe (Niedrigertrag Thalhausen 1999, EC 65, Sorte Pegassos).....	85
Abb. 40: Reflexionssignatur der trockenen Böden der Winterweizenversuche (Messungen 1999 und 2000 jeweils in EC 30).....	86
Abb. 41: Lage des Hauptwendepunktes während der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der Sorte (\bar{x} N-Stufen, Dürnast 2000).....	87
Abb. 42: Enger Zusammenhang zwischen Hauptwendepunktposition und Trockenmasseaufwuchs (Sorte Pegassos, EC 49, Dürnast 2000).....	88
Abb. 43: Weniger guter Zusammenhang zwischen oberirdischer Trockenmasse und Red Edge Position von Winterweizen (Dürnast 2000, Sorte Flair, EC 49).....	89
Abb. 44: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und oberirdischer Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Standort, Sorte und EC-Stadium	89
Abb. 45: Gegenüberstellung von geschätzter und gemessener oberirdischer Trockenmasse von Winterweizen.....	90
Abb. 46: Mittlerer Schätzfehler bei der berührungslosen Bestimmung der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und EC-Stadium.....	92
Abb. 47: Mittlerer relativer Meßfehler bei der berührungslosen Abschätzung der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und EC-Stadium.....	93
Abb. 48: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Standort, Sorte und EC-Stadium.....	94
Abb. 49: Gegenüberstellung von geschätzter und gemessener N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen.....	95

Abb. 50: Mittlerer Schätzfehler bei der berührungslosen Bestimmung der N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und EC-Stadium	97
Abb. 51: Mittlerer relativer Meßfehler bei der berührungslosen Abschätzung der N-Konzentration in der oberirdischen Biomasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und EC-Stadium	97
Abb. 52: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Standort, Sorte und EC-Stadium.....	99
Abb. 53: Regressionsgleichungen für die Hauptwendepunktposition von Winterweizen in Abhängigkeit vom Standort (Sorte Flair, EC 49).....	99
Abb. 54: Gegenüberstellung von prognostizierter und gemessener N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Winterweizen.....	100
Abb. 55: Mittlerer Schätzfehler bei der berührungslosen Bestimmung der N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und EC-Stadium.....	101
Abb. 56: Mittlerer relativer Meßfehler bei der berührungslosen Abschätzung der N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Winterweizen in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und EC-Stadium	102
Abb. 57: Reflexionssignaturen von Mais in Abhängigkeit von der N-Stufe (Dürmast 2000, Sorte Attribut, BBCH 51).....	103
Abb. 58: Reflexionssignatur der trockenen Böden der Maisversuche (Messung zu Termin 2 in den Jahren 1999 und 2000).....	105
Abb. 59: Lage des Hauptwendepunktes von Maisbeständen während der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der Sorte (Mittel über alle N-Stufen, Dürmast 2000).....	105
Abb. 60: Lage des Hauptwendepunktes von Maisbeständen während der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von Teilschlag und Saatstärke (Mittel über alle N-Stufen, Thalhausen 1999).....	106
Abb. 61: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und oberirdischer Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Standort, Saatstärke und Meßtermin (Sorte Banguy).....	107
Abb. 62: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und oberirdischer Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Standort, Sorte und Meßtermin (Saatstärke 2)	108

Abb. 63: Gegenüberstellung von prognostizierter und gemessener Trockenmasse von Mais	109
Abb. 64: Mittlerer Schätzfehler bei der berührungslosen Bestimmung der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und Meßtermin.....	110
Abb. 65: Mittlerer relativer Meßfehler bei der berührungslosen Abschätzung der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Meßtermin und Differenzierungsgrad bei der Modellinversion.....	111
Abb. 66: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Standort, Saatstärke und Meßtermin (Sorte Banguy)	112
Abb. 67: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Standort, Sorte und Meßtermin (Saatstärke 2).....	113
Abb. 68: Gegenüberstellung von prognostizierter und gemessener N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais	114
Abb. 69: Mittlerer Schätzfehler bei der berührungslosen Bestimmung der N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und Meßtermin	115
Abb. 70: Mittlerer relativer Meßfehler bei der berührungslosen Abschätzung der N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse von Mais in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und Meßtermin	116
Abb. 71: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse in Abhängigkeit von Standort, Saatstärke und Meßtermin (Sorte Banguy).....	117
Abb. 72: Steigung der Regressionsgeraden zwischen Hauptwendepunktposition und N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse in Abhängigkeit von Standort, Sorte und Meßtermin (Saatstärke 2).....	118
Abb. 73: Gegenüberstellung von prognostizierter und gemessener N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais.....	119
Abb. 74: Hauptwendepunktposition und oberirdische Trockenmasse, N-Konzentration in der oberirdischen Trockenmasse bzw. N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais, Niedrigertrag Thalhausen 1999 und 2000 (Termin 4, Saatstärke 2)	120

-
- Abb. 75: Mittlerer Schätzfehler bei der berührungslosen Bestimmung der N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais in Abhängigkeit von Differenzierungsgrad bei der Modellinversion und Meßtermin.....121
- Abb. 76: Mittlerer relativer Meßfehler bei der berührungslosen Abschätzung der N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse von Mais in Abhängigkeit von Meßtermin und Differenzierungsgrad bei der Modellinversion.....122

Verzeichnis der Abkürzungen

Ä m²	: Ähren pro Quadratmeter = Bestandesdichte
BFI	: Blattflächenindex
dt	: Dezitonne
EB	: Ertragsbereich
EUf	: Elektro-Ultra-Filtration
GV	: Großvieheinheit
ha	: Hektar
HE	: Hohertrag
HI	: Harvestindex
HWP	: Hauptwendepunkt
K m²	: Körner pro Quadratmeter = Korndichte
KD	: Korndichte
KE	: Kernertrag
kg	: Kilogramm
KZ Ä⁻¹	: Kornzahl pro Ähre
KZ P⁻¹	: Kornzahl pro Pflanze
m²	: Quadratmeter
N	: N-Stufe
NAK	: N-Aufnahme ins Korn
NE	: Niedrigertrag
NHI	: N-Harvestindex
NiK	: N-Konzentration im Korn
nm	: Nanometer
NSal	: N-Saldo
S	: Sorte
SS	: Saatstärke
T	: Termin
TKM	: Tausendkornmasse
TM	: Trockenmasse
TS	: Teilschlag
U	: Umwelt
UFD	: Unterfußdüngung
VB	: Vegetationsbeginn

1 EINLEITUNG

Die Landwirtschaft in Westdeutschland ist seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs durch einen fortlaufenden Strukturwandel gekennzeichnet. Die durchschnittliche Betriebsgröße wuchs im Früheren Bundesgebiet von 9,6 ha pro Betrieb im Jahr 1949 (BML, 1958) auf 29,1 ha im Jahr 2000 an (BMVEL, 2001). Im Zuge dieser Entwicklung stieg der Pachtanteil an der bewirtschafteten Fläche von 12 % in 1949 (BML, 1958) auf 52 % in 2001 (BMVEL, 2001). Neben der Betriebsgröße nahm aber auch die Größe der Bewirtschaftungseinheiten zu. So stieg z. B. in Bayern die durchschnittliche Schlaggröße zwischen 1994 und 2001 um über 17 % (LBA, 2002). Diese Entwicklung führte dazu, daß Landwirte oftmals nicht mehr über ein ausreichendes Erfahrungswissen über den (Teil-)Standort verfügen. Hinzu kommt, daß wegen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes und der Beschäftigung von Fremdarbeitskräften wichtige Informationen den Betriebsleiter oft nicht mehr erreichen. In der Pflanzenproduktion sind aber gerade das Erfahrungswissen über den Standort und der Rücklauf aktueller Informationen für Entscheidungen über Bewirtschaftungsmaßnahmen und deren Erfolg unverzichtbar. Dies gilt vor allem für den Pflanzenschutz und die Düngung.

Um diese Defizite auszugleichen, wurden in der Vergangenheit insbesondere für die Stickstoffdüngung zahlreiche Verfahren zur Ermittlung des Nährstoffbedarfs entwickelt. Die Erhebung der für die Verfahren nötigen Eingangsgrößen – in der Regel sind dies Boden- oder Pflanzenanalysen und Witterungsdaten – verursacht aber einen hohen Arbeitsaufwand und hohe Kosten. Für einen großflächigen Einsatz bei teilflächenspezifischer Düngemittelapplikation auf Schlägen mit großer Variabilität sind diese Methoden daher für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs ungeeignet. Ein weniger arbeits- und kostenintensives Verfahren zur Ermittlung des Nährstoffstatus war daher Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Sie verfolgte primär das Ziel, die Eignung eines berührungslosen Verfahrens zur Bestimmung des Biomasse- und des Stickstoffstatus von Pflanzenbeständen zu untersuchen. Das zur Beantwortung dieser Frage gewählte Versuchskonzept erlaubte darüber hinaus, die Einsatzmöglichkeit des Verfahrens zur Bemessung der Stickstoffdüngung in den Kulturen Winterweizen und Mais beim Anbau auf heterogenen Schlägen zu beurteilen.