

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



Abschlussbericht zum Projekt 1.1.1.

**Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft
am Oberrhein.**

**Analyse und Interpretation der Variabilität
von Ackerflächen in der Rheinebene.**

Projekt gefördert durch die EU-Gemeinschaftsinitiative INTERREG II 'Oberrhein Mitte-Süd'

ITADA-Sekretariat: 2 allée de Herrlisheim, F-68000 COLMAR
Tel.: 00333 89229550 Fax: 00333 89229559 eMail: itada@wanadoo.fr www.itada.org

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft

**Das Aktionsprogramm II^{bis} des ITADA untersteht der Trägerschaft des
Conseil Régional d'Alsace und wird kofinanziert durch:**

Europäischer Regionalentwicklungsfonds (INTERREG Programm II Oberrhein Mitte-Süd)

Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg

Conseil Régional d'Alsace

Agence de l'Eau Rhin Meuse

Landwirtschaftliche Berufsverbände des Elsass

Schweizer Eidgenossenschaft

Kantone Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Aargau

Projekt 1.1.1

**Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft
am Oberrhein.**

**Analyse und Interpretation der Variabilität
von Ackerflächen in der Rheinebene.**

wurde durchgeführt von:

Projektleitung: Dr. Reinhold Vetter, Dr. Ivika Rühling (IfuL)

Projektpartner: Didier Lasserre (ITCF)

Abkürzungen

ACT	Agrar Computer Terminal (GPS-Empfänger und Bordcomputer der Fa. Agrocom)
AEZ	Agro-Ecological Zone; AEZ steht für ein Verfahren, das Satellitenbildinformation mit einem agrarmeteorologischen Modell zur Berechnung von Erträgen verschiedener Fruchtarten koppelt
AGPM	Association Générale des Producteurs de Maïs
ALLB	Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur
AMA	Agromap Auftrag (Software zum Datentransfer der Fa. Agrocom)
AMB	Agromap Basic (Software zu Datenverwaltung u. Kartenerstellung der Fa. Agrocom)
AMP	Agromap Professional (GIS der Fa. Agrocom basierend auf ArcView von ESRI)
ATB	Institut für Agrartechnik Bornim e.V., D-Potsdam
AVIS	Airborne Visible and Infrared Spectrometer – Flugzeuggestütztes Abbildendes Spektrometer der Universität München
B	Bestimmtheitsmaß r^2
BBZ	Badische Bauernzeitung, D-Freiburg
BLHV	Badischer Landwirtschaftlicher Hauptverband, D-Freiburg
BLW	Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, München
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BW	Baden-Württemberg
BEE	Besondere Ernteermittlung
CEMAGREF	Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et Forêts (F)
CETIOM	Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains (Frankreich)
CH	Schweiz
D	Deutschland
DBG	Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Oldenburg
DGPS	Differential Global Positioning System; satellitengestütztes Navigationssystem zur Bestimmung der Position. DGPS ist GPS mit korrigierendem Referenzsignal und höherer Genauigkeit der Positionsbestimmung
DGM	Digitales Geländemodell
DLZ	dlz - agrarmagazin, München
EL	Elektrische Leitfähigkeit
ENESAD	Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agricole de Dijon
ENITA	Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles (Bordeaux)
ENSA	Ecole Nationale Supérieure Agronomique (Montpellier)
F	Frankreich
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, D-Braunschweig-Völkenrode
FAL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-Zürich-Reckenholz
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FE	Fernerkundung
FEW	Freiburger Energie- und Wasserversorgung
FK	Feldkapazität
GPS	Global Positioning System; satellitengestütztes Navigationssystem zur Bestimmung der Position
GIS	Geographisches Informationssystem; digitale Datenbank mit räumlichen Bezügen
IfuL	Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim

IKONOS	Satellitensensor mit 4 spektralen Kanälen und 4 m Auflösung
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
ITADA	Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique; Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landbewirtschaftung (CH-D-F).
ITCF	Institut Technique des Céréales et Fourrages (Frankreich)
K	Kalium
k.A.	keine Angabe
KSZ	Kernsanierungszone
KTBL	Kuratorium für Technik und Betriebswirtschaft in der Landwirtschaft, D-Darmstadt
KVR	Russische schwarz-weiß-Kamera mit einer räumlichen Auflösung von 2 m, die auf dem COSMOS Satelliten angebracht ist.
LAI	Leaf Area Index; grüne Blattfläche [m ² /m ²]
LAP	Landesanstalt für Pflanzenbau Baden-Württemberg (D-Rheinstetten-Forchheim)
LBS	Landwirtschaftliches Bussystem
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LEL	Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume Baden-Württemberg (D-Schwäbisch Gmünd)
LU	Lohnunternehmer
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (D)
LVVG	Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, D-Aulendorf
Mg	Magnesium
MLR	Ministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Ländlichen Raum, Baden-Württemberg
N	Stickstoff
nFK	nutzbare Feldkapazität
NID	Nitratinformationsdienst: Bestimmung des zum Düngetermin im Boden vorhandenen pflanzennutzbaren Nitratstickstoffgehaltes (später NID beim Mais Ende Juni)
N _{min}	mineralischer Stickstoff = Nitrat (und Ammonium)
P	Phosphat, Phosphor
PWP	Permanenter Welkepunkt
RP FR	Regierungspräsidium Freiburg
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsleistungsverordnung des Landes BW
StaLA	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
SZ	Sanierungszone
TM (TS)	Trockenmasse (Trockensubstanz)
TZW	Technologiezentrum Wasser (D-Karlsruhe)
VK	Variationskoeffizient
VDLUFA	Verband der Deutschen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten
WSG	Wasserschutzgebiet
ZG	Raiffeisen-Zentralgenossenschaft Karlsruhe

Projektstruktur:**Projektleitung**

Dr. Reinhold Vetter, Dr. Ivika Rühling (ab 01.11.1999)
Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung (IfuL)
Auf der Breite 7, D-79379 Müllheim, Tel. 07631/3684-0

Projektpartner

Didier Lasserre, Institut Technique des Céréales et Fourrages (ITCF),
F-68127 Sainte-Croix-en-Plaine

Zusammenarbeit und Beratung

Lohnunternehmen Herbert und Josef Binder GmbH, D-Forchheim am Kaiserstuhl (a.K.) ,.
Lohnunternehmen Guy Dutter, F-Witternheim
U. Zehner, Fa. Zehneck, Büro für Umwelt und Geowissenschaften, D-Buggingen
Landwirte aus den Gemeinden Weisweil und Forchheim a.K. (D) sowie aus dem
Departement Bas-Rhin (F)
Dr. Heike Bach, Fa. Vista, Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, D-München
Fa. Agrocom, D-Bielefeld

Kontakte

Projekt ‚Virtuelle Flurbereinigung‘; Lorenz Riegger, Riegger Landtechnik GmbH,
D-Riedhausen

Koordination und Übersetzungen

ITADA-Sekretariat, F-Colmar

Projektlaufzeit

01.11.1999 bis 31.12.2001

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
2	Zielsetzungen des Projekts	14
3	Stand der Präzisionslandwirtschaft in den am Projekt beteiligten Ländern	15
3.1	Baden-Württemberg	15
3.2	Frankreich (Elsass)	20
3.2.1	Aktueller Stand der Präzisionslandwirtschaft in Frankreich	20
3.2.2	Technisch-wirtschaftliche Bedeutung der intraparzellären Modulation	21
4	Strukturelle Ausgangssituation	23
4.1	Südbadische Rheinebene	23
4.2	Elsässische Rheinebene	24
5	Untersuchungsgebiete und Standorte	26
5.1	Südbaden: Weisweil (D)	26
5.1.1	Rahmenbedingungen im Wasserschutzgebiet Weisweil - Sanierungsprojekt	26
5.1.2	Untersuchungsgebiet – Auswahl und Charakterisierung	29
5.1.3	Auswahl der Rasterbeprobungs-Schläge	32
5.1.4	Betriebs- und Standortdaten	33
5.2	Elsass	35
5.2.1	Wahl der Flächen	35
5.2.2	Bewirtschaftungsmaßnahmen	36
6	Methoden	36
6.1	Regionalisierungsmaßstäbe	36
6.2	GPS-gestützte Rasterbeprobung von Boden und Pflanze	37
6.3	Boden- und Pflanzenanalytik	39
6.4	Kontinuierliche, GPS-gestützte Verfahren	40
6.4.1	Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit	40
6.4.2	Messung der Ernteerträge (Online-Ernte)	42
6.4.3	(Bemerkungen zur) Interpretation der Daten	44
6.5	Datentransformation	44
6.5.1	Datentransfer	44
6.5.2	Datenauswertung und Messwertkartenerstellung	45
6.6	Nutzung der Leistungen von Lohnunternehmern und Landwirten	46
7	Ergebnisse und Bewertungen	47
7.1	Felduntersuchungen und Interpretation der Variabilität	47
7.1.1	Lokale Ebene: Variabilität der Raster-Schläge	47
7.1.1.1	Boden	47
7.1.1.2	Erträge	51
7.1.1.3	Vergleich von Erträgen, Ertragskomponenten, Nährstoffgehalten und Bodeneigenschaften	75
7.1.1.4	Kornfeuchte beim Online-Mähdrusch	76
7.1.2	Gemeinsame Schlussfolgerungen zur Variabilität von Boden und Pflanzeigenschaften auf den untersuchten Schlägen:	77
7.1.3	Gebietsebene: Ertragskartierung und Satellitenbildauswertung	78
7.2	Nutzung d. Lohnunternehmerleistungen u. Einschätzung des Systems d. Landwirte	82
7.2.1	Südbaden	82
7.2.2	Elsass	84
7.3	Voraussetzungen für die Kooperation von Bewirtschaftern und Lohnunternehmern	84
7.3.1	Rechtliche Voraussetzungen	84
7.3.2	Vertragliche Regelung	85

7.4	Praxiserfahrungen in weiteren Projekten	85
8	Fazit und Ausblick	87
9	Zusammenfassung	88
10	Literatur	90
11	Anhang	93
A 1	Publikationen, Schriften und Poster im Rahmen des Projekts	94
A 2	Projektbezogene Termine und Öffentlichkeitsarbeit	94
A 3	Messwertkarten Rasterschläge Weisweil	97
A 4	Datentabellen	118
A 5	Literatur zu Präzisionslandwirtschaft und geocodierter Datenverarbeitung	127

Abbildungen:

Abb. 1: Managementsysteme und Einsatzgebiete von DGPS in der Landwirtschaft.	13
Abb. 2: Teilprojektgruppen und Informationsflüsse im Verbundprojekt pre agro (2001).	19
Abb. 3: Landwirtschaftliche Betriebe und ihre Flächen nach Betriebsgrößenklassen im Dienstbezirk des Amts für Landwirtschaft Emmendingen.	23
Abb. 4: Links- und rechtsreinische Untersuchungsgebiete am Oberrhein 1:200.000	25
Abb. 5: Das Wasserschutzgebiet Weisweil mit Schutzzonen und Bewirtschaftungsvorgaben	27
Abb. 6: Sanierungsfruchtfolgen im WSG Weisweil und Bewirtschaftungsvorgaben in der KSZ	28
Abb. 7: Das Wasserschutzgebiet Weisweil mit Flurstücksgrenzen auf einem KVR-Satellitenphoto mit Kernsanierungszone	31
Abb. 8: Rasteranlage zur Boden- und Pflanzenprobenahme auf den Raster-Schlägen in der KSZ des WSG Weisweil.	38
Abb. 9: GPS-gestützte Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit mit dem ‚Veris 3100‘ im März 2001 in der KSZ Weisweil.	41
Abb. 10: Erhebungsdichte der elektrischen Bodenleitfähigkeit mit GPS (geocodiert) mit 1389 Messpunkten (Schlag I1).	41
Abb. 11: Rohdaten aus der Ertragsmessung mit GPS-Mähdrescher - Online-Erträge und Fahrstrecke mit Messpunkten (Positionen) auf Schlag 3 1998 und 1999.	43
Abb. 12: Menü ‚Meßwertkarte erstellen‘ im Programm ‚Agromap Basic‘ (Agrocom 2000) mit einem Suchradius von 40 m – Registerkarte ‚Verfahren‘.	45
Abb. 13: Regression der Phosphatgehalte der drei Schläge im WSG Weisweil der W- und O-Proben über alle Rasterpunkte (n=30) und einem Bestimmtheitsmaß von $r^2=68$.	50
Abb. 14: Regression der Magnesiumgehalte der drei Schläge im WSG Weisweil der W- und O-Proben über alle Rasterpunkte (n=30) und einem Bestimmtheitsmaß von $r^2=95$.	50
Abb. 15: Online-Ertragskarten (86 % TS) der Körnermais- und Winterweizen-Erträge (1999) auf den drei Raster-Schlägen in der KSZ des WSG Weisweil von 4 Jahren.	51
Abb. 16: Histogramme der Online-Erträge von Körnermais und Winterweizen der drei Rasterschläge.	52
Abb. 17: Regression der Online-Erträge auf Schlag I 2 im Jahr 2000 gegenüber 1999.	53
Abb. 18: Körnermaisertrag (dt/ha bei 15% Feuchte) - Maschinenernte - Witternheim 2000	56
Abb. 19: Biologischer Ertrag Witternheim 2000 (dt/ha bei 15% Feuchte)	57
Abb. 20: Zusammenhang von Bodenmächtigkeit und nutzbarer Feldkapazität - Witternheim	57
Abb. 21: Zusammenhang v. biologischem Ertrag und nutzbarer Feldkapazität - Witternheim	58
Abb. 22: Zusammenhang zw. nutzbarer Feldkapazität und Bodenmächtigkeit - Witternheim	59

Abb. 23: Zusammenhang zw. biologischem Ertrag und Bodenmächtigkeit – Witternheim	59
Abb. 24: Witternheim - kiesige Zonen	60
Abb. 25: Bodengehalte an K ₂ O, P ₂ O ₅ , MgO, Zn, Humus und pH-Wert – Witternheim 2000	61
Abb. 26: Anzahl Pflanzen und Kolben je Hektar – Witternheim 2000	62
Abb. 27: Ganzpflanzenertrag (TM) - Witternheim 2000	62
Abb. 28: Kartierung von Tausendkorngewicht und Kornzahl/m ² – Witternheim 2000	63
Abb. 29: Kartierung der Stickstoffaufnahme von Körnermais – Witternheim 2000	63
Abb. 30: Kartierung der Messergebnisse des Hydro-N-Testers – Witternheim 2000	64
Abb. 31: Körnermaisertrag (dt/ha bei 15% Feuchte) - Maschinenernte - Ebersheim 2000	65
Abb. 32: Gebildeter biologischer Ertrag von Körnermais (Handernte)- Ebersheim 2000	66
Abb. 33: Kartierung von Gründigkeit und nutzbarer Feldkapazität – Ebersheim 2000	66
Abb. 34: Zusammenhang Bodenmächtigkeit – nutzbare Feldkapazität; Ebersheim 2000	67
Abb. 35: Zusammenhang 'biologischer Ertrag' – nutzbare Feldkapazität; Ebersheim 2000	68
Abb. 36: Zusammenhang 'biologischer Ertrag' – Bodenmächtigkeit; Ebersheim 2000	68
Abb. 37: Bodengehalte an K ₂ O, P ₂ O ₅ , MgO, Zn, Humus und pH-Wert – Ebersheim 2000	70
Abb. 38: Kartierung der Anzahl Kolben und Pflanzen/ha – Ebersheim 2000	71
Abb. 39: Kartierung des Biomasseertrags von Körnermais – Ebersheim 2000	71
Abb. 40: Kartierung von Tausendkorngewicht und Kornzahl/m ² – Ebersheim 2000	72
Abb. 41: Kartierung der Stickstoffaufnahme von Körnermais – Ebersheim 2000	72
Abb. 42: Zusammenhang zwischen N-Aufnahme und biologischem Ertrag – Ebersheim	73
Abb. 43: Kartierung der Messergebnisse des Hydro-N-Testers – Ebersheim 2000	73
Abb. 44: Raster-Meßwertkarten: Körnermais-Erträge (86% TS, 2000), Schluffgehalte (2000) und elektr. Leitfähigkeit (2001) auf den drei Raster-Schlägen in der KSZ des WSG Weisweil.	75
Abb. 45: Raster-Meßwertkarten der Elektr. Leitfähigkeit 0-30cm und 0-90cm in der KSZ des WSG Weisweil (2001), Legenden siehe Karten im Anhang (vorläufig).	75
Abb. 46: Online-Erträge (86% TS normiert) im WSG Weisweil 2000	80
Abb. 47: Modellierter Kornertrag der Maisfelder des WSG-Weisweil unter Verwendung des AEZ-Verfahrens und der IKONOS (12.8.2000) und AVIS-Daten (8.9.2000)	81
Abb. 48: Vergleich der Eingangsdaten und Ertrags-Ergebnisse exemplarisch für einen Schlag; die DGPS gestützte Ernte erfolgte Mitte Oktober.	82

Tabellen:

Tab. 1: Übersicht der Projekte zu Präzisionslandwirtschaft und Gewannebewirtschaftung	16
Tab. 2: Darstellung der Kosten und der notwendigen Einsparungen oder Ertragssteigerungen bis zur Kostendeckung bei verschiedenen Betriebsgrößen	17
Tab. 3: Investitionskosten der Präzisionslandwirtschaft für verschiedene Betriebsgrößen	17
Tab. 4: Dienstleistungskosten für Präzisionslandwirtschaft (Auswahl)	18
Tab. 5: pre agro Projektübersicht (Stand 2001)	19
Tab. 6: Simulation der ökonomischen Effekte von Präzisionslandwirtschaft bei typischen Betrieben dreier französischer Ackerbauregionen (ITCF, 2000)	22
Tab. 7: Betriebs- und Anbaustruktur im Elsass 1998	24
Tab. 8: Lage und Ausdehnung des Wasserschutzgebietes Weisweil	26
Tab. 9: Nährstoffgaben zu Körnermais auf den Raster-Schlägen im WSG Weisweil:	34
Tab. 10: Nährstoffgaben zu Körnermais auf den Raster-Schlägen im Elsaß:	35
Tab. 11: Felduntersuchungen im WSG Weisweil auf den Raster-Schlägen	39
Tab. 12: Zusammenstellung der Bodenuntersuchungsverfahren (Wagner und Degen 1998)	39
Tab. 13: Zusammenstellung der Untersuchungsverfahren auf Pflanzen-Nährstoffgehalte	40
Tab. 14: Bodenkennwerte und Nährstoffversorgung der Raster-Schläge im WSG Weisweil	47
Tab. 15: Variationskoeffizienten von Bodenkennwerten und Nährstoffversorgung differenziert nach den Raster-Schlägen im WSG Weisweil	48
Tab. 16: Variationskoeffizienten von Bodenkennwerten und Nährstoffversorgung der drei Schläge im WSG Weisweil differenziert nach W- und O-Probe (Nahbereich) über alle Rasterpunkte	49
Tab. 17: Beziehung der Online-Erträge 1998 bis 2000 untereinander dargestellt durch Korrelationskoeffizienten	53
Tab. 18: Durchschnittliche Online-Erträge und Parzellenerträge [dt/ha] des Jahres 2000 im Vergleich	54
Tab. 19: Durchschnittliche Online- und Parzellen-Erträge (86 % TS) der drei Rasterschläge aus den Messwertkarten (interpolierte Werte) und nichtinterpolierte Parzellenerträge	54
Tab. 20: Ertragserwartung, N-Bedarf, N-Düngungsbedarf und N-Gabe auf zwei Schlägen in den Jahren 2000 und 2001 (Werte nach NID)	55
Tab. 21: Vergleich der gravimetrischen Kornfeuchte mit der beim Online-Mähdrusch mit Sensor bestimmten Kornfeuchte	77

1 Einleitung

Die Agrarforschung befasst sich bereits seit Jahrzehnten mit den Arbeitsgebieten Umweltwirksamkeit und Einkommensstabilisierung in der Landwirtschaft. Im Zuge immer knapper werdender Ressourcen wird im Sinne ‚Nachhaltiger Landbewirtschaftung‘ nach Entwicklungsmöglichkeiten für landwirtschaftliche Managementsysteme und Technologien gesucht, die diese Eingangsbedingungen berücksichtigen. Im konkreten Fall heißt das, Betriebsmittel (ökonomische Zielsetzung) effizienter einzusetzen. Das kann auch die Ressourcen Boden, Wasser und Klima etc. beeinflussen. Dementsprechend muss die Entscheidung über den Betriebsmitteleinsatz am Ziel einer möglichst geringen Beeinträchtigung natürlicher Ressourcen ausgerichtet werden (ökologische Zielsetzung).

Seit ca. 15 Jahren gibt es das Bestreben, die Heterogenität von Standorten der Entscheidung über den Betriebsmitteleinsatz im Rahmen der teilflächenspezifisch arbeitenden Technik zugrunde zu legen. Die technische Entwicklung von Maschinen, die mit dieser Heterogenität ‚umgehen‘ können, ist schnell fortgeschritten. Erst seit wenigen Jahren werden Handlungsanweisungen für den wirtschaftlichen Umgang mit diesen ‚High-Tech‘-Möglichkeiten entwickelt. Das Zusammenwirken von teilflächenspezifisch arbeitender Technik, Bewirtschaftungsentscheidungen und -zielen sowie Verfahrenslösungen und Handlungsanweisungen, die die Heterogenität von Standorten berücksichtigen, kann als Präzisionslandwirtschaft bezeichnet werden. Entscheidungsregeln verknüpfen ortsspezifische landwirtschaftlichen Verfahren und bestimmen den Einsatz ihrer Instrumente.

Das Prinzip dieses kleinräumig praktizierten Acker- oder Pflanzenbaus ist die positionsgebundene Anwendung von Bewirtschaftungsmaßnahmen, Betriebsdaten und Standorteigenschaften bzw. standortbezogenen Eigenschaften (z.B. Daten aus der Fernerkundung, Bodendaten, Digitale Geländemodelle etc.) mit einer größeren als der schlagbezogenen Auflösung, also mit ‚teilflächenspezifischer‘ oder ‚ortsspezifischer‘ Genauigkeit. Das System aus eingesetzten Instrumenten (Maßnahmen und Maschinen) und Entscheidungsregeln (Bewirtschaftungsentscheidungen) kann sich auch auf die einzelne Bewirtschaftungsmaßnahme beziehen, wie beispielsweise die Düngung oder die Ernte. Erfolgen diese Maßnahmen ortsspezifisch (geocodiert), sind sie Maßnahmen der Präzisionslandwirtschaft, auch als ‚Orts- oder Teilflächenspezifischer Pflanzenbau‘ oder ‚Lokales Ressourcenmanagement‘ bezeichnet (analog im Englischen: ‚Precision Farming‘, ‚Precision Agriculture‘, ‚Site Specific Farming‘, frz. ‚agriculture de précision‘).

Virtuelle Flurbereinigung oder Gewannebewirtschaftung sind ebenfalls Technologien, die sich des gleichen Instrumentariums wie die Präzisionslandwirtschaft bedienen. Die Bewirtschaftungsentscheidungen können schlagbezogen oder intra-schlagbezogen gehandhabt werden (Abb. 1). Es sind zunächst Maßnahmen zur Veränderung der Flächenstruktur bzw. Flächenzusammenlegung nötig, um größere oder effizientere Bewirtschaftungseinheiten (Schläge) zu schaffen. Dabei können ebenfalls die technischen Instrumente der Präzisionslandwirtschaft zur effizienteren Bewirtschaftung der Ackerflächen eingesetzt werden.

Eines der Instrumente, welches zu Verbreitung und Praktikabilität von Präzisionslandwirtschaft beigetragen hat, ist die schnelle Positionsermittlung mittels ‚(Differential) Global Positioning System‘ (Abb. 1), also der Ortung und Navigation mittels Satelliten. Seit mehr als 15 Jahren

wird GPS auch in der Landwirtschaft eingesetzt, um Flächen oder Probenahmepunkte einzu-messen und um die aktuelle Position von GPS-ausgestatteten Maschinen errechnet zu be-kommen bzw. mit diesen Maschinen Ziele anzusteuern. Dieser Zeitraum war eine intensive Entwicklungsphase, insbesondere in der Entwicklung der teilflächenspezifisch arbeitenden Ma-schinenteknik, in Verbindung mit Ortung und Navigationstechnik sowie darauf abgestimmten Agrarcomputersystemen (Erhebung und Verarbeitung geocodierter¹ Daten).

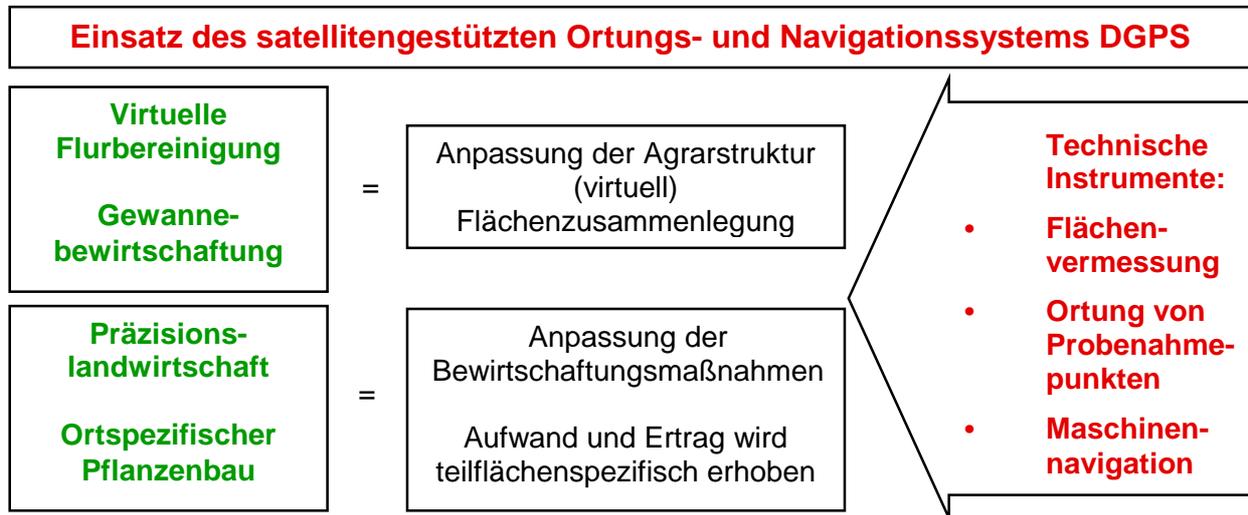


Abb. 1: Managementsysteme und Einsatzgebiete von DGPS in der Landwirtschaft.

Inzwischen ist die Maschinen- und Sensortechnik soweit entwickelt, dass kontinuierliche, geocodierte Ertragsmessung bei Drusch- und Hackfrüchten, Düngung, Pflanzenschutz, Aussaat und Bodenbearbeitung ortsangepasst praktiziert werden können.

Mit den raumbezogen erhobenen Daten ist die Weiterverarbeitung mittels Geographischer Informationssystemen (GIS) und Geosoftware, wie Programme zur digitalen Kartenerstellung und geostatistische Auswertungen möglich. In der landwirtschaftlichen Praxis überwiegt die raumbezogene Datenverarbeitung in Form von Diagnose- und Applikationskarten.

Entscheidend für den Betriebserfolg sind die Maßnahmen zum Erreichen des Bewirtschaftungsziels. Im Pflanzenbau sind dies standortangepasste Maßnahmen der Bodenbearbeitung, Aussaat, Bestandespflege, Pflanzenschutz und Düngung. Der Landwirt und Betriebsleiter legt die Maßnahmen fest, mit denen dieses Ziel erreicht werden soll. Die bisher geschilderte Technologie ist nur sinnvoll einzusetzen, wenn wie o.g. entsprechende Entscheidungsregeln deren Einsatz steuern. Zur Umsetzung von Bewirtschaftungsregeln, insbesondere für die teilflächengerechte Kalkulation von Düngergaben, sind bereits entsprechende Rechenvorschriften (Algorithmen) entwickelt worden (Sommer und Voßhenrich 2000, Brozio et al. 2000, Dammer und Ehlert 2000) bzw. es wird in Großprojekten daran gearbeitet (Werner et al. 2000). Dadurch ist innerhalb eines Schrages die Umsetzung eines teilflächenspezifischen Nährstoffbedarfs in die entsprechende Nährstoffgabe und Düngermenge möglich. Dieses Verfahren erfordert die raumbezogenen Grund-Nährstoffgehalte des Bodens, die man durch geocodierte Bodenproben erhält. Anhand dieser Datensätze bzw. der daraus erstellbaren raumbezogenen Nähr-

¹ Geocodierung: Parameter mit Angabe der Position (Koordinaten).

stoffkarten (Diagnosekarte), entscheidet der Bewirtschafter nach dem gewünschten Zielertrag über die auszubringende Menge entsprechend dem je Teilfläche ermittelten Versorgungsgrad. Die Applikationskarte zeigt die Verteilung der Düngermenge innerhalb des Schlages, und in digitaler Form steuert sie im Düngerstreuer die Ausbringungsmenge je Teilfläche. Die dafür entwickelte Software ist eine wesentliche technische Voraussetzung. Die Bewirtschaftungsentscheidung hat nach wie vor der Landwirt.

Erste Ergebnisse und Auswertungen zum Abgleich von ‚DGPS-Erträgen‘, BEE und Bodendaten mit Fernerkundungsdaten in BW finden sich im Bericht zum Pilotprojekt des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg: *‚Erprobung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zur Reduzierung / Optimierung des Düngeaufwandes in Wasserschutzgebieten für eine grundwasserschonende Bewirtschaftung und eine optimale Standortnutzung mit Einsatz der DGPS-Technik und Fernerkundung.‘* (Bach und Rühling 2001). Dieses Pilotprojekt ist ein Beitrag zur grundwasserschonenden Bewirtschaftung in einem Wasserschutzgebiet.

Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse des Projekts *‚Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft am Oberrhein: Analyse und Interpretation der Variabilität von Ackerflächen in der Rheinebene‘* vom November 1999 bis Dezember 2001 am IfuL Müllheim im Rahmen des Interreg II – Programms. Dieses hat die grenzüberschreitende Zusammenarbeit von Frankreich, Deutschland und der Schweiz in der Region Oberrhein zum Ziel, welche durch das grenzüberschreitende Institut zur rentablen, umweltgerechten Landbewirtschaftung (ITADA) koordiniert wird.

2 Zielsetzungen des Projekts

Die Hauptaufgabenstellung des Projekts bestand in der

1. Untersuchung der Variabilität von Ackerschlägen:
Welche Heterogenität der Standorte und der Erträge muss bei der Bewirtschaftung berücksichtigt werden?
2. Nutzbarmachung der ‚GPS-Technik‘, einzelbetrieblich‘ oder ‚überbetrieblich‘:
Wie ist der Einsatz dieser Technik zu organisieren?
Welche Anforderungen sind an die Datenerhebung und –verarbeitung zu stellen?

Auswahl der Projektpartner:

Die Projektpartner sollten Fachinstitutionen oder –personen angrenzender Regionen der Länder Deutschland (Südbaden), Frankreich (Elsass) und der NW-Schweiz sein. In der Schweiz hatte die FAT Tänikon versuchstechnische Erfahrungen mit der Online-Ertragsmessung. Es waren keine konkret projektbezogenen Einsätze seitens der Schweiz geplant. Daraufhin wurde ein informeller Austausch vereinbart.

In der Sichtungsphase des Projektes war mit Frankreich aufgrund der technischen und projektbezogenen Voraussetzungen ein gemeinsames Untersuchungs- und Analyseprogramm abgesprochen worden. Dessen Ergebnisse werden in diesem Bericht vorgestellt.

3 Stand der Präzisionslandwirtschaft in den am Projekt beteiligten Ländern

3.1 Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg existieren zur Zeit 2 Projekte, in denen sich Landwirte zusammengeschlossen haben, um mittels Flächenzusammenlegung Gewannebewirtschaftung zu betreiben (Tab. 1). Das Projekt Etleben im Raum Schweinfurt besteht seit 2000 (Friedl 2001, Anonymus 2001a): Um eine virtuelle Flurbereinigung durchzuführen haben sich zunächst 11 Landwirte zusammengeschlossen und auf 313 ha freiwillig Flächen getauscht und neu geordnet (vgl. Kap 7.4). Weitere 168 ha wurden innerhalb bestehender Wege zusammengelegt. An den Besitz- und Pachtverhältnissen ändert sich bei der Flächenzusammenlegung zu größeren Bewirtschaftungseinheiten nichts. Die Flächenzusammenlegung wurde mit Hilfe eines GIS von einer Firma als Pilotprojekt innerhalb von 8 Monaten durchgeführt. Ebenes Gelände und geringe Unterschiede in der Bodenbonität haben zur Vereinfachung der Umsetzung beigetragen.

Wichtige Schritte, die bei der virtuellen Flurbereinigung zur Gewannebewirtschaftung durchzuführen sind (Auernhammer und Mayer 2000):

1. Gewannedefinition:
Einigung zu gemeinsamer Bewirtschaftung und Zusammenlegung der Flächen eines Betriebes oder der beteiligten Bewirtschafter.
2. Grenzsicherung:
Sind Grenzsteine vorhanden, sind die Koordinaten zu sichern. Fehlen sie, muss die Ausgangssituation mit Luftbildern oder mit ggf. GPS-gestützter Einmessung dokumentiert werden.
3. Grenzsteinabsenkung:
Nach Absenkung können magnetische Hilfen die Wiederauffindung erleichtern.
4. Gemeinsamen Fruchtfolge definieren:
Einigung der Landwirte, bei Monokultur nicht nötig.
5. Bewirtschaftungsziele festlegen:
 - ertragsorientiert (ökonomisch):
 - besitzorientiert
 - nach einem gemeinsamen Ertragsziel
 - teilflächenorientiert
 - umweltorientiert (ökologisch):
 - erosionsmindernd
 - Landschafts-erhaltend

Im Projekt Riedhausen (vgl. Kap. 7.4) werden darüber hinaus die zusammengelegten Flächen mit Präzisionslandwirtschaft bewirtschaftet (Anonymus 2000, Süß 1999, Lenge 2000).

Tab. 1: Übersicht der Projekte zu Präzisionslandwirtschaft und Gewannebewirtschaftung:

<p>Einzelne Pilotprojekte, Aktivitäten und Forschung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Virtuelle Flurbereinigung, Projekt Etleben, gemeinsame Flächenbewirtschaftung, • Gewannebewirtschaftung, Riedhausen unter der wiss. Betreuung der FH Nürtingen, Prof. Mohn: Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit, • ZG Karlsruhe: Teilflächenspezifische Bodenbeprobung und –untersuchung in Zusammenarbeit mit der Uni Hohenheim; Diplomarbeit: ‚GPS - Ein Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in kleinstrukturierten Ackerbauregionen‘ ? (Schreiber 2000). <p>Verbundprojekt pre agro :</p> <p>Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Landwirtschaft und zur Förderung ihrer Umweltleistungen.</p> <p>Projektleitung: Dr. A. Werner, ZALF e.V. Müncheberg, Öffentlichkeitsarbeit: Dr. E. Kloepfer, KTBL Darmstadt Teilprojekt ‚Ökonomie‘ Uni Hohenheim (Dabbert und Kilian 2000).</p>
--

Einzelne Lohnunternehmer bieten bisher verschiedene Dienstleistungen und Maschinentchnik vom Flächenaufmaß mittels GPS, über die geocodierte Online-Ertragsmessung bis hin zur räumlich variablen Düngerausbringung an. Welche Kosten für Investitionen bzw. Dienstleistungen anfallen, zeigen die folgenden Übersichten (Tab. 2, 3 und 4).

Im Folgenden werden auch Zahlen über Baden-Württemberg hinaus dargestellt, um die Spannweite der Kosten für Präzisionslandwirtschaft zu erfassen.

Die jährlichen Kosten (Tab. 2) wurden nach der Annuitätsmethode (Zeddies 1998 in Schreiber 2000) berechnet. Durch den Einsatz eines zweiten ACT steigen die Investitionskosten auf dem 800 ha Betrieb auf 50.000 € an. Sonst wurde ein mittlerer Wert zwischen 30.000 und 35.000 € für die Nachrüstungskosten für Ernte-, Sä-, Dünge- und Pflanzenschutztechnik, LBS und DGPS sowie PC-Ausstattung für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung angesetzt (Ostheim 2000, Schreiber 2000). Reparatur-, Wartungs- und Arbeitskosten wurden nicht einbezogen. In die Anbaufläche gingen neben Weizen, Zuckerrüben, Kartoffeln und Raps nur 4,4% Körnermais ein.

Tab. 2: Darstellung der Kosten und der notwendigen Einsparungen oder Ertragssteigerungen bis zur Kostendeckung bei verschiedenen Betriebsgrößen

		Anbaufläche in Hektar			
Kennzahl	Einheit	100	200	400	800
Kosten					
Investitionskosten	€	35.000	35.000	35.000	47.500
Jahreskosten (Zinssatz 8 %) Abschreibung 5 Jahre	€/Jahr	8.766	8.766	8.766	11.897
Jahreskosten pro ha	€/ha	87,66	43,83	21,92	14,87
Notwendige Ertragssteigerungen oder Betriebsmitteleinsparungen					
notwendige Erhöhung des Naturalertrages bis Kostendeckung	%	9,7	4,9	2,4	1,7
notwendige Reduktion einzelner variabler Kostenpositionen bis zur Kostendeckung					
Saatgut	%	101,1	50,6	25,3	17,2
Handelsdünger	%	77,9	39,0	19,5	13,2
Pflanzenschutz	%	86,7	43,3	21,7	14,7
Summe Saatgut, Handelsdünger, Pflanzenschutzmittel	%	29,2	14,6	7,3	5,0

Quelle: Schreiber (2000) verändert nach Wagner (1999)

An diesen Modellrechnungen (vgl. auch Tab. 3) zeigt sich, dass ein hoher Mehrertrag von fast 10 % für Betriebe von 100 ha Größe erforderlich ist, um die hohen Investitionskosten von 175 DM/ha oder mehr zu decken. Für die Strukturen in Baden-Württemberg mit kleineren Betrieben wären bei einzelbetrieblicher Ausstattung Investitionskosten in dieser oder höherer Dimension zu erwarten.

Tab. 3: Investitionskosten der Präzisionslandwirtschaft für verschiedene Betriebsgrößen

Betriebliche Ausstattung	Investitionskosten [DM] [€]	Anbaufläche [ha]	Kosten [DM/ha] [€/ha]	Quelle
2 Düngerstreuer 1 Feldspritze 1 Einzelkornsämaschine 3 Mährescher DGPS Ertragsmeßsystem	192.300 98.321	3900	49 25	Schmerler, J. und Großkopf, M. (1999): Weniger Betriebsmittel und höhere Erträge, DLZ Sonderheft 10, 92-95.
	75.000 38.347	100	188 96	Wagner, P. (1999): Besseres Management, DLZ Sonderheft10, 96-98.
Ertragskartierung			50 26	Agrosat Consulting GmbH, Baasdorf

Entscheidet sich der Betriebsleiter, die für Präzisionslandwirtschaft erforderlichen Maßnahmen und Systeme als Dienstleistungen einzusetzen, ist im Einzelnen mit folgenden Kosten zu rechnen (Tab. 4). Zu ähnlichen Zahlen kommen auch andere Verfasser (Ostheim 2000).

Tab. 4: Dienstleistungskosten für Präzisionslandwirtschaft (Auswahl)

Maßnahme	Kosten [€/ha*a]	Quelle
Flächenaufmaß	1,5 - 5	AgriCon, Jahna, R. Schwaiberger
Bodenprobenahme	7,5 - 18	Agrolab, Oberhummel
Ertragskartierung	6	Wimex GmbH, Baasdorf, Wagner; U.
Ertragsermittlung mit FE	2,5	Wimex GmbH, Baasdorf, Wagner; U.
Softwareanwendung	3	Landwirtschaftsberatung Greifswald
Applikationserstellung/-technik	4	Wimex GmbH, Baasdorf, Wagner; U.
Gesamt (durchschnittlich)	23	Wimex GmbH, Baasdorf, Wagner; U.

In der o.g. Diplomarbeit (Schreiber 2000) wurden in der Region Baden 42 Betriebe, die Technologien der Präzisionslandwirtschaft bisher noch nicht einsetzen, befragt. Die Auswahl erfolgte unter folgenden Einschränkungen. Es sind über 5 Jahre hinaus zukunftsfähige Betriebe mit einer Mindestgröße von 20 ha' zu befragen. Diese wurden aus der Gesamtkundenkartei der ZG-Karlsruhe durch deren Gebietsleiter ausgewählt. Die Betriebsleiter erteilten Auskunft über ihr Interesse an teilflächenspezifischer Bewirtschaftung und weiteren Voraussetzungen, wie EDV-Einsatz im Betrieb und überbetriebliche Zusammenarbeit. Als entscheidend für die Bereitschaft teilflächenspezifisch zu wirtschaften hat sich die Vereinfachung der technischen Voraussetzungen, wie z.B. Bedienung der eingesetzten Geräte bis zur Datenverarbeitung sowie die überbetriebliche Zusammenarbeit, um die Anbaufläche in kleinstrukturierten Gebieten zu vergrößern, erwiesen. Wenn hier eine entsprechende überbetriebliche Unterstützung durch Industrie, Handel etc. gegeben wäre, wird der Einstieg in die teilflächenspezifische Bewirtschaftung als lohnende Investition angesehen.

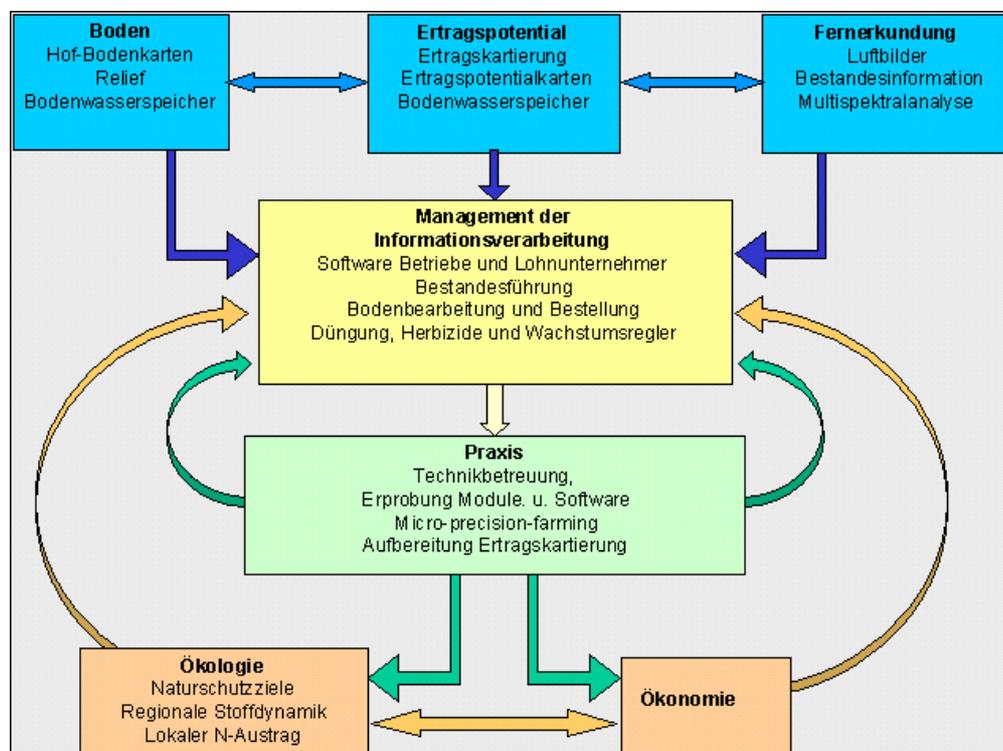
Das größte Projekt zur Untersuchung und Anwendung von Präzisionslandwirtschaft bundesweit ist das Verbundprojekt ‚preagro‘ (Tab. 1, 5; Abb. 2) mit Teilprojekten in den einzelnen Bundesländern, so auch Baden-Württemberg (Uni Hohenheim: Ökonom. Analyse) (Quelle: Projektübersicht pre agro, Stand 2001):

Im Teilprojekt ‚Ökonomie‘ werden die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der teilflächenspezifischen Maßnahmen auf den Projektflächen dargestellt. Bisher liegen die Ergebnisse eines Versuchsjahres und einer Kulturart (Winterweizen) vor. Daher können zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine generellen Schlussfolgerungen zur Rentabilität von Präzisionslandwirtschaft gemacht werden. Auch sind ‚optimale‘ teilflächenspezifische Maßnahmen nicht von einjährigen Versuchsreihen abzuleiten. Der Grund liegt in jahresspezifischen Schwankungen räumlicher Variabilität. Mit den bisher im Projekt durchgeführten Versuchen konnten bisher noch keine höheren Deckungsbeiträge durch teilflächenspezifische Bewirtschaftung erzielt werden.

Tab. 5: pre agro Projektübersicht (Quelle: Projektübersicht pre agro, Stand 2001)

- BMBF-gefördert von 1.1.1999 bis 31.12.2002.
- 22 Teilprojekte (Institutionen) die zu 6 Teilprojektgruppen plus einem Gesamtprojekt zusammengefasst sind, in 5 Projektbereichen mit 16 landwirtschaftlichen Betrieben, 3 landwirtschaftlichen Lohnunternehmern (LU) und einem Maschinenring sowie 17 Projektpartnern aus Wissenschaft, Industrie und Dienstleistungsunternehmen.
Projektbereiche:
 1. Praxiserprobung
 2. Standort- und Bestandesanalyse
 3. Management der Informationsverarbeitung
 4. Wirkungsanalyse
 5. Koordination
- Projektstandorte und Praxisbetriebe:

in Bayern:	in weiteren Bundesländern:
- Zeilitzheim	- Raesfeld (NRW)
- 6,9 ha Zuckerrüben- gewanne	- Groß Twülpstedt (NS)
- 6 Teilschläge	- Baasdorf (SA)
- Ertragskartierung Zuckerrüben noch problematisch	- Raguhn (SA)
- Landshut	- Thumbby (S-H)
	- Kassow (M-V)

Abb. 2: Teilprojektgruppen und Informationsflüsse im Verbundprojekt pre agro. Quelle: <http://www.preagro.de/index.php3> (2001).

3.2 Frankreich (Elsass)

3.2.1 Aktueller Stand der Präzisionslandwirtschaft in Frankreich

Die Anwendung der Präzisionslandwirtschaft in Frankreich begann bei den Pionieren dieser neuen Technologie im Jahre 1996. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Jahr 2001 sind 150 Landwirte und Lohnunternehmer mit einem GPS-gestützten Ertragserfassungssystem ausgerüstet. Daneben befinden sich etwa 20 Geräte (hauptsächlich Düngestreuer) im Einsatz, die den Betriebsmitteleinsatz modulieren können.

Der relative Rückstand von Frankreich gegenüber dem restlichen Nordeuropa und den Vereinigten Staaten lässt sich mit den Vorbehalten der Landwirte gegenüber neuen Technologien bzw. deren hohen Kosten erklären. Hinzu kommen weitere Gründe wie das Fehlen von Informationen über den wirtschaftlichen Nutzen sowie die fehlende Unterstützung durch Forschungs- und Beratungseinrichtungen.

Von den 150 Landwirten, die den ersten Schritt getan haben, indem sie einen Ertragssensor und ein GPS-System gekauft haben, sind viele unsicher und erwarten eine Betreuung, sowohl was den Gebrauch als auch was die Entwicklung von Entscheidungshilfsmitteln angeht.

Damit befasste Strukturen und Organisationen in Frankreich

- Die Forschungs- und Bildungseinrichtungen zeigen ein zunehmendes Interesse an diesen Verfahren: Die INRA engagiert sich zunehmend. Die landwirtschaftlichen Hochschulen von Montpellier (ENSA) und Bordeaux (ENITA) haben eine Spezialisierung (agroTIC) geschaffen, bei der die Präzisionslandwirtschaft eine beherrschende Rolle spielt. Die landwirtschaftliche Hochschule Dijon (ENESAD) und das landtechnische Forschungsinstitut CEMAGREF haben eine spezialisierte gemeinschaftliche Forschungsgruppe für Präzisionslandwirtschaft geschaffen.
- Auch die landwirtschaftliche Beratung ist interessiert: Das ITCF engagiert sich seit 10 Jahren, seit 3 Jahren arbeitet die AGPM mit dem ITCF zusammen. Das CETIOM interessiert sich seit 2 Jahren und auch das Weinbauinstitut wird ein Programm Präzisionslandwirtschaft starten. Für das Zuckerrübeninstitut stellt sie noch keine Priorität dar, doch auch dort interessiert man sich für neue Technologien wie GPS.
- Die Unternehmen und insbesondere die französischen Hersteller forschen und entwickeln, äußern sich jedoch noch sehr zurückhaltend zu dieser Thematik. Die Betriebsmittelfirmen stellen sich Fragen und bewegen sich langsam, während die Zahl der Fernerkundungsfirmen zunimmt.
- Zahlreiche Genossenschaften haben Ansätze in Richtung Präzisionslandwirtschaft auf den Weg gebracht (Forschungs- und Entwicklungsprogramme, technische Vorführungen) und einige bieten auch schon Dienstleistungen wie Ertragskartierung oder geocodierte Beprobung an.

Laufende Präzisionslandwirtschaftsprojekte am ITCF

Die Aktivitäten des ITCF auf diesem Gebiet umfassen 3 Ebenen:

1. Informationssammlung

- Betreuung eines Untersuchungsnetzwerks zur intraparzellären Variabilität (seit 1998 werden in Frankreich 9 Parzellen begleitet) mit dem Ziel, die intraparzelläre Variabilität bezüglich Boden und Kulturen an verschiedenen Standorten zu charakterisieren und ein geostatistisches Verfahren für die mit den ökonomischen Rahmenbedingungen der Landwirtschaft kompatible Beprobung zu entwickeln.
- Evaluierung von Sensoren (Sensoren für Ertrag, Unkraut, Eiweiß, online-N-sensor und elektrischer Bodenwiderstand).

2. Kulturführung

Ziel ist, den Anwendern Instrumente für den Gebrauch von Ertragskarten zur Verfügung zu stellen. Es wird ein Multikriterien-Programm für die Zusammenführung der Daten, die der Landwirt mit verschiedenen Sensoren sammelt entwickelt. Außerdem werden agronomische Modelle angepasst, um zu einer intraparzellären Modulation zu kommen.

3. Umsetzung der intraparzellären Modulation

Das ITCF betreut Gruppen, die diese Technik verwenden und testet gleichzeitig die verschiedenen auf dem Markt angebotenen Geräte.

Präzisionslandwirtschaft im Elsass

Die Situation im Elsass unterscheidet sich nicht wesentlich von der auf nationaler Ebene: Es gibt im Jahr 2000 lediglich 4 Anwender und der Betreuungsbedarf ist klar erkennbar. Derzeit befinden sich alle Anwender in der Phase der Datengewinnung und betreiben praktisch ausschließlich Ertragskartierung.

3.2.2 Technisch-wirtschaftliche Bedeutung der intraparzellären Modulation

Zu dieser Thematik wurden mehrere Untersuchungen durchgeführt.

Zwei Landwirte, die 1998 mit der Ertragskartierung begonnen haben, haben sich Maschinen angeschafft, mit denen sie die Saatstärke bei Weizen sowie die Stickstoff- und Grunddüngung modulieren können. Die Steuerung der Saatstärke erfolgt in Abhängigkeit vom Tongehalt des Bodens in einem Raster von 1 Probe/ha (150 geocodierte Bodenproben). Die Stickstoffgabe zu Raps wird nach dem CETIOM-Schieber moduliert (geocodierte Wiegung von Pflanzen mit durchschnittlich 1 Probe/ha), die zu Weizen mit dem N-Sensor (online-Messung des Chlorophyllgehalts der Pflanzen) bei der 3. Gabe. Die Landwirte schätzen die Einsparungen auf 30 kg/ha Saatgut auf einer Fläche von 70 ha und stellen fest, dass die Stickstoffdüngung bei Raps von gewöhnlich 210 kg N/ha auf 178 kg N/ha im Jahre 2001 gesenkt werden konnte. Insgesamt schätzen die Landwirte die Einsparung im Betrieb auf durchschnittlich 23 €/ha (9 bzw. 15 €/ha bei Stickstoff in Weizen bzw. Raps, 30 bis 38 €/ha bei P und K, 7,5 bis 9 €/ha bei Weizensaatgut), auch wenn sie einräumen, dass die Bewertung nicht einfach ist (France Agricole, 27.04.2001).

In den Jahren 1998 und 1999 hat das ITCF eine Untersuchung durchgeführt mit dem Ziel, zu ermitteln, ob die Stickstoffdüngung zu Weizen auf heterogenen Parzellen variiert werden sollte. Diese Studie wurde auf einer bezüglich der Tiefgründigkeit stark heterogenen Parzelle in Boigneville durchgeführt. Nach den 2 Jahren hat das ITCF festgestellt, dass Ertragsunterschiede von bis zu 30 dt/ha auf einer Parzelle nicht unbedeutende Differenzierungen in der Stickstoffdüngung (50 – 80 kg N/ha) zwischen extremen Zonen der Parzelle (1998 und 1999) rechtfertigen können.

Es ist zwar relativ einfach, die Höhe der Stickstoffdüngung mit der Bilanzmethode zu bestimmen. Die Beschreibung der Heterogenität der Parzelle ist schon wesentlich schwieriger. Für die Entscheidung über die Modulation der Stickstoffdüngung gibt es Instrumente zur Echtzeitdiagnostik (Perspectives Agricoles; 12/00).

Diese Ergebnisse scheinen eine nicht vernachlässigbare Bedeutung der intraparzellären Modulation auf technischem und ökologischem Gebiet erkennen zu lassen. Der ökonomische Teil wird jedoch nur wenig berücksichtigt. Das ITCF hat deshalb im Jahr 2000 eine Simulation der Bedeutung der Präzisionslandwirtschaft in Frankreich vorgenommen. Diese Simulation wurde auf 3 Beispielsbetrieben durchgeführt, von denen jeder für eine Ackerbauregion stand. Für jeden Fall wurde der Deckungsbeitrag konventionell und mit Präzisionslandwirtschaft verglichen. Zwei Fälle wurden simuliert:

1. Modulation der Grunddüngung,
2. Modulation von Grunddüngung, Saat und Unkrautbekämpfung.

Die Ergebnisse werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tab. 6: Simulation der ökonomischen Effekte von Präzisionslandwirtschaft bei typischen Betrieben dreier französischer Ackerbauregionen (ITCF, 2000)

Region	Poitou	Champagne	Landes
Fläche	90 ha	200 ha	600 ha
Kulturen	Weizen, SGerste, Mais, Erbsen, Sonnenblumen	Weizen, Zuckerrüben, Luzerne, WGerste, Erbsen, Sonnenblumen, SG, Raps	Mais
Deckungsbeitrag	338 €/ha	512 €/ha	486 €/ha
Betriebsmittelaufwand	269 €/ha	319 €/ha	425 €/ha
Δ Deckungsbeitrag			
Fall 1	- 24 €/ha	13 €/ha	38 €/ha
Fall 2	- 12 €/ha	30 €/ha	56 €/ha

Zusammenfassend kann man sagen, dass bei dieser Technik, obwohl sie einen Beitrag zum Umweltschutz sowie zur Rückverfolgbarkeit der Produktion leistet, die möglichen Gewinne doch begrenzt bleiben, begrenzt auf Betriebe mit großen Flächen und hohem Betriebsmittelaufwand sowie auf eine Ertragsverbesserung.

4 Strukturelle Ausgangssituation

4.1 Südbadische Rheinebene

In der Region Südbaden (Oberrhein) ist die Landwirtschaft von kleinräumigen Bewirtschaftungseinheiten geprägt. Am Beispiel des Dienstbezirks Emmendingen nördlich vom Kaiserstuhl, in dem das Untersuchungsgebiet Weisweil liegt, soll der strukturelle Wandel, den die landwirtschaftliche Betriebe binnen 16 Jahren vollzogen haben, veranschaulicht werden (Abb. 4.1).

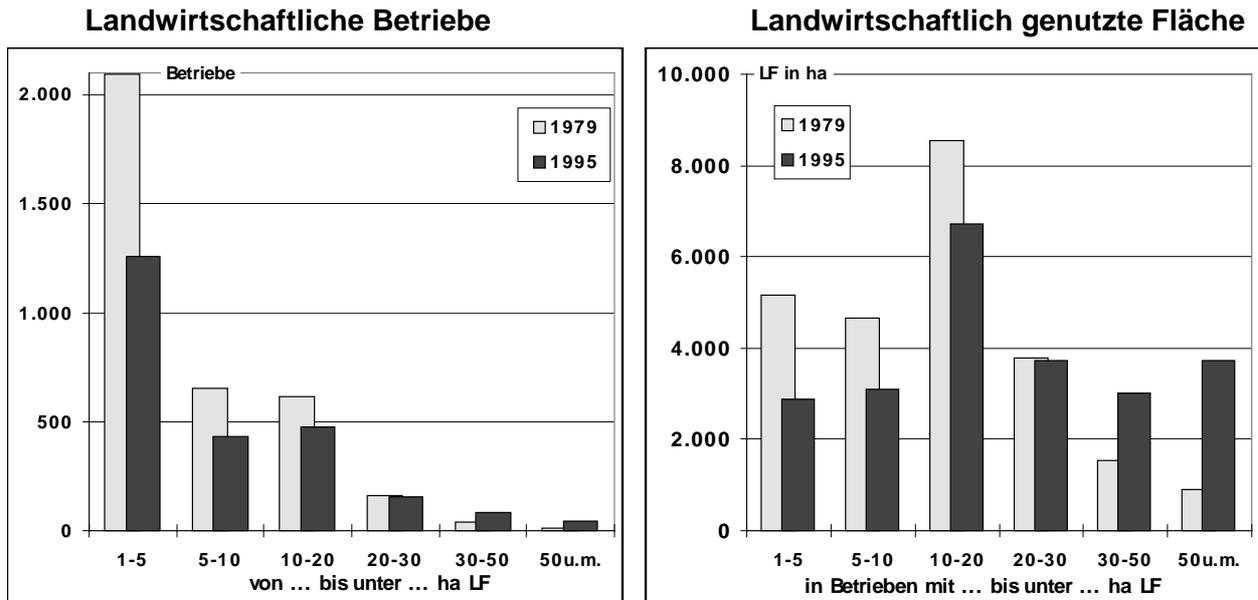


Abb. 3: Landwirtschaftliche Betriebe und ihre Flächen nach Betriebsgrößenklassen im Dienstbezirk des Amts für Landwirtschaft Emmendingen. Quelle: Stat. Landesamt, Stuttgart, Bearbeitung: LEL Abt. 3, Schwäbisch Gmünd, 1998 (Infothek 2001).

Die Zahl und Fläche von Betrieben ab 30 ha Größe hat sich etwa verdoppelt. Bei landwirtschaftlichen Betrieben bis 20 ha Größe war eine starke Abnahme zu verzeichnen. Betroffen waren vor allem Betriebe unter 5 ha, die Landwirtschaft im Haupterwerb betrieben. Ihre Zahl ging um etwa ein Drittel zurück.

Die zweite Graphik in der Abbildung zeigt, dass der weitaus größte Flächenanteil von Betrieben mit 10 bis 20 ha bei abnehmender Tendenz genutzt wird. Diese Abnahme geht zu Gunsten der Betriebe über 30 ha, deren Zahl zunimmt (Graphik ‚Landwirtschaftliche Betriebe‘) und daher auch die durch Betriebe dieser Größe genutzte landwirtschaftliche Fläche (Graphik ‚Landwirtschaftlich genutzte Fläche‘). In den Gemeinden Endingen, Wyhl und Weisweil liegt der Anteil Nebenerwerbsbetriebe mit im Schnitt 84% um 15% höher als im Durchschnitt Baden-Württembergs.

Die durchschnittliche Betriebsgröße in den 5 Kreisen der südbadischen Rheinebene (OG, EM, FR, Brsg.-Hochschw., LÖ) lag im Jahr 2001 bei 10,5 ha, im gesamten Regierungsbezirk Freiburg bei 15 ha.

Die wichtigste Ackerkultur im Dienstbezirk Emmendingen ist der Körnermais mit 40 % der Ackerflächen insgesamt und noch höherem Anteil im Rheintal. Seit 1979 bis 1995 hat sich die Anbaufläche verdoppelt, bei abnehmender Tendenz des Getreidebaus. Diese Veränderung ging z.T. auch zu Lasten des Silomaisanbaus, dessen Anbaufläche von 1084 auf 691 ha abnahm. Ein Grund ist die zurückgehende Tierhaltung und damit ein geringerer Futterbedarf. Fördernd auf den Anbau wirkt sich die Ertragssicherheit von Mais bei vergleichsweise geringem Bewirtschaftungsaufwand, aber hohen Kornerträgen und Deckungsbeiträgen aus. Diese strukturellen Vorgaben mit einer Zunahme größerer Betriebe bestimmen wesentlich die Betriebsentscheidungen sowie die Möglichkeiten und Grenzen der Flächennutzung. Das im Folgenden näher beschriebene Wasserschutzgebiet Weisweil weist diese kleinräumige Flurstruktur mit einer durchschnittlichen Flurstücks- bzw. Schlaggröße von unter 1 ha auf. Hier wird überwiegend Körnermais auf ca. 75 % der Flächen im WSG angebaut (Stöcklin 1998).

4.2 Elsässische Rheinebene

Die elsässische Ebene ist, trotz einer starken Abnahme während der letzten Jahre, gekennzeichnet durch eine große Zahl von Betrieben und eine durchschnittliche Betriebsgröße um die 22 ha. Diese geringe Betriebsfläche trifft oft noch auf eine große Flurzersplitterung, was zu einer sehr geringen durchschnittlichen Parzellengröße führt. Was die Kulturen angeht, so stehen Getreide und mehr noch Mais im Vordergrund: Der Mais belegt 40% der LN im Unterelsass und 43% im Oberelsass. Er hat in den letzten Jahren auf Kosten von (Stroh-)Getreide deutlich zugenommen, im Unterelsass stabilisiert sich die Situation jedoch gegenwärtig. Im Süden der elsässischen Ebene und entlang des Rheins bedeutet Maisanbau auch systematische Beregnung.

Die Gesamtheit der Merkmale (siehe Tab. 7) führt dazu, dass sich die Präzisionslandwirtschaft nur sehr langsam entwickelt, vor allem wegen der Flurzersplitterung und den kleinen Schlägen. Investitionen in GPS oder innerparzelläre Modulation werden deshalb bislang nur in Grossbetrieben oder im Rahmen einer Maschinengemeinschaft getätigt. Man kann sie jedoch ins Auge fassen für die Erzeugung von einheitlichen Partien im Rahmen einer Flurbereinigung oder eines einfachen Flächentauschs. Dadurch ließen sich gewisse Anbaumaßnahmen auf homogeneren Flächen rationalisieren oder optimieren.

Tab. 7: Betriebs- und Anbaustruktur im Elsass 1998

	Bas – Rhin	Haut – Rhin	Alsace
Zahl der Betriebe	8730	6790	15 520
mittlere Fläche (ha)	22,5	21	22
prämienberechtigte Fläche (ha)	112 500	97 700	210 200
Körnermais (ha)	76 000	60 700	136 700
WWeizen (ha)	24 200	15 000	39 200
Raps (ha)	1 820	2 550	4 370
Stillegung (ha)	12 600	9 000	21 600

Einen Überblick über die Region Oberrhein mit Unterelsass und Südbaden gibt folgende Karte, in die gleichzeitig auch die Untersuchungsregion eingezeichnet wurde (Abb. 4).

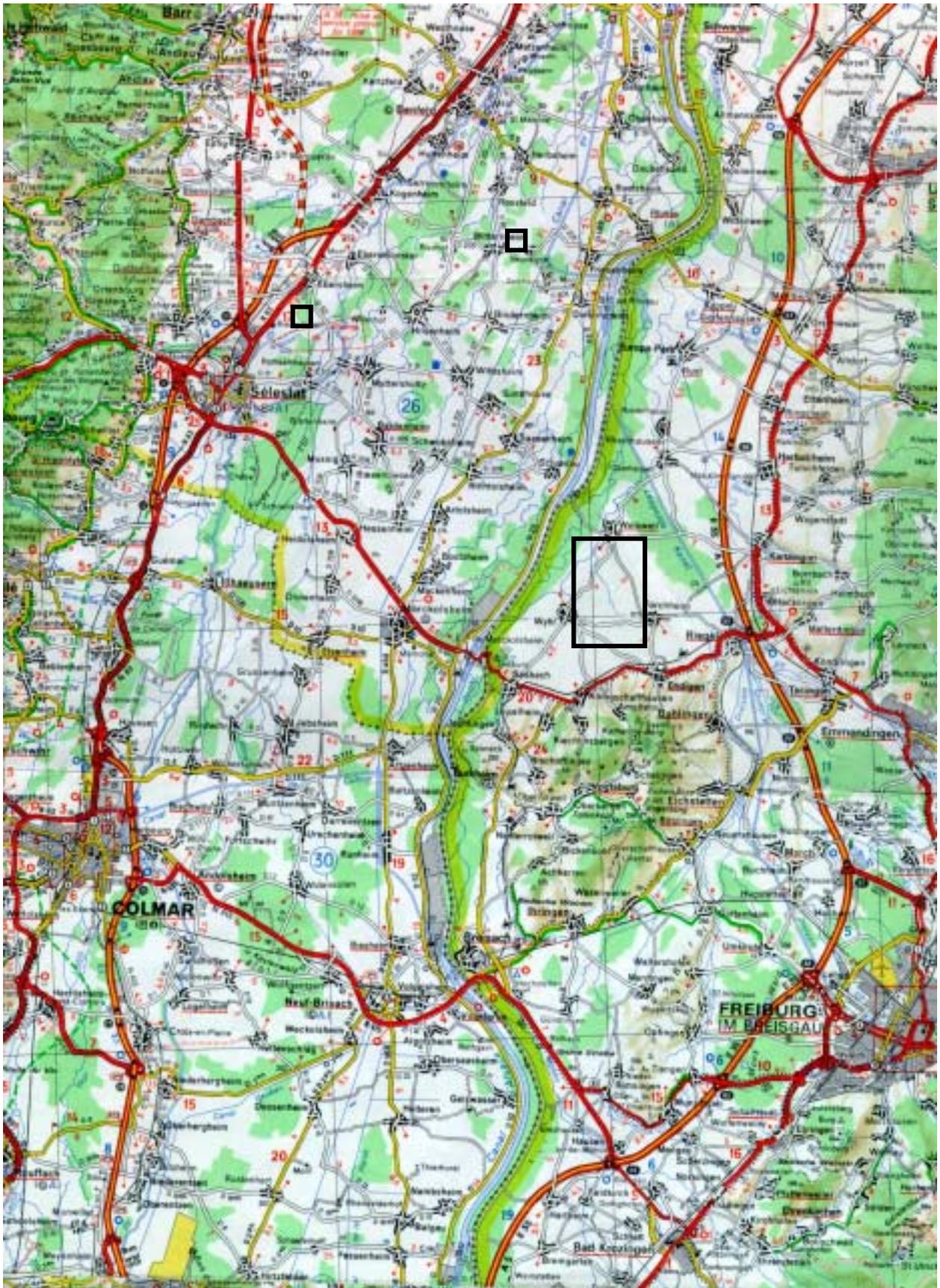


Abb. 4: Links- und rechtsreinische Untersuchungsgebiete am Oberrhein 1:200.000 (Michelin 1993)

5 Untersuchungsgebiete und Standorte

5.1 Südbaden: Weisweil (D)

5.1.1 Rahmenbedingungen im Wasserschutzgebiet Weisweil - Sanierungsprojekt

Die Grundwasserneubildung erfolgt im wesentlichen über das Sickerwasser. Die Gemeinde Weisweil erhält ihr Trinkwasser aus oberflächennahen Grundwasserschichten über einen Tiefbrunnen (Anonymus 2001b). Im Gebiet dieser und angrenzender Gemeinden (Tab. 8) hatten sich seit 1984 Nitratgehalte von 60 – 65 mg/l im Trinkwasser etabliert. Diese Werte über dem Nitratgrenzwert von 50 mg/l nach der Trinkwasserverordnung von 1986 gefährdeten die Trinkwassernutzung. Der Gemeinde Weisweil war daher in Verbindung mit einer Ausnahmegenehmigung für die Trinkwassernutzung (vorläufige Anordnung) die Auflage für ein „Konzept zur grundwassersanierenden Landbewirtschaftung“ sowie wasserwirtschaftlichen Maßnahmen vom Landratsamt Emmendingen erteilt worden. Dieses Konzept ist im Rahmen eines allgemeinen Sanierungskonzepts 1994 erarbeitet worden (Rohmann und Rödelsperger 1994) und sieht gebiets- sowie nutzungsbezogene Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratauswaschung vor. Das 1993 mit 20 ha dafür vorgesehene erweiterte Wasserschutzgebiet Weisweil wurde 1995 mit rund 550 ha entsprechend dem potentiellen Wassereinzugsgebiet ausgewiesen (Rohmann und Rödelsperger 1994). Der Grundwasserzufluss zum Brunnen Weisweil erfolgt in S-N-Richtung. Der Grundwasserleiter bestimmt die Schutzgebiets-Ausdehnung und die Einteilung in folgende Schutzzonen innerhalb der betroffenen Gemarkungen (Tab. 8 und Abb. 5):

Tab. 8: Lage und Ausdehnung des Wasserschutzgebietes Weisweil (Rohmann und Rödelsperger 1994)

Zone	Fläche [ha]	Gemarkungen
I und II	ca. 4	Weisweil
III a	ca. 210	Weisweil, Wyhl und Forchheim
III b	ca. 340	Wyhl, Forchheim und Endingen
Kernsanierungszone KSZ	ca. 100	Weisweil, Wyhl, Forchheim
WSG gesamt	ca. 550	Wyhl, Forchheim und Endingen

Die Grundlage für die Ausweisung der Kernsanierungszone ist das Mischungsmodell. Das Sickerwasser der Kernsanierungszone mischt sich mit dem des restlichen WSG. Dadurch sollten die Nitratgehalte im Grundwasser auf unter 50 mg/l gesenkt werden (Anonymus 2001b). Unter diesen hydrogeologischen Ausgangsbedingungen wurden die Zonen des WSG mit Bewirtschaftungsauflagen versehen (Abb. 5), die in einer Kernsanierungszone zur Sanierung des Grundwasserleiters über die SchALVO-Auflagen hinaus gingen (Abb. 6).

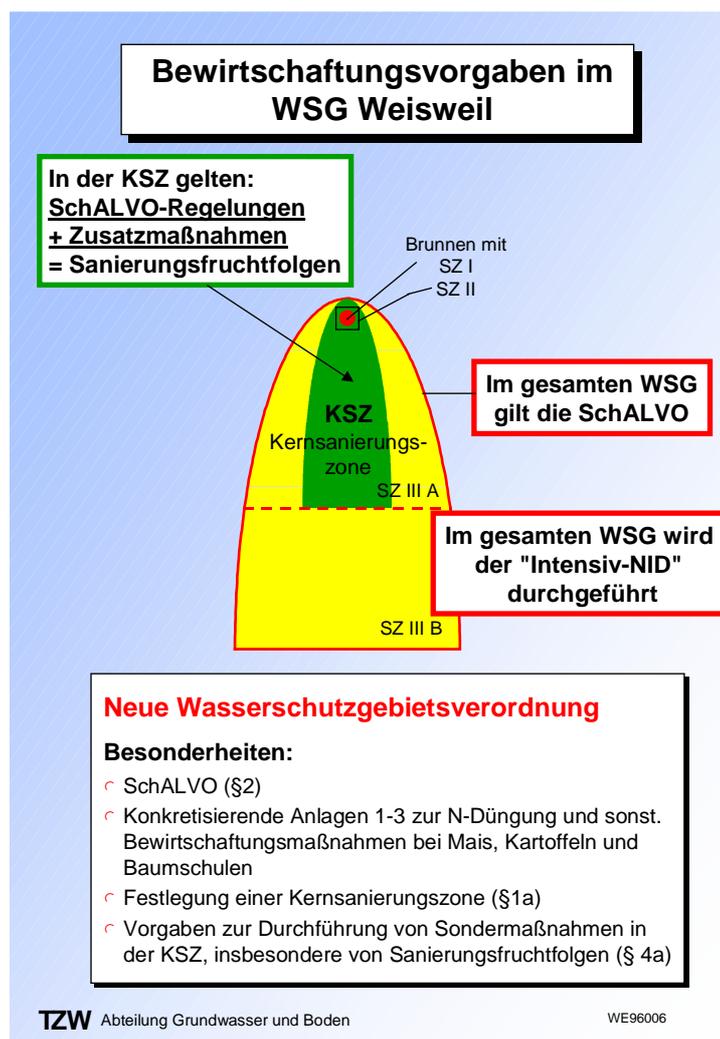


Abb. 5: Das Wasserschutzgebiet Weisweil mit Schutzzonen und Bewirtschaftungsvorgaben (Quelle: TZW Karlsruhe, Ball 2001).

Zur Verhinderung jedes vermeidbaren Nitratreintrages in das Grundwasser sollten folgende Bewirtschaftungsmaßnahmen in einem Sanierungszeitraum von 10 bis 12 Jahren im gesamten WSG praktiziert werden:

- Grundwasserentlastende Fruchtfolgen = "Sanierungsfruchtfolgen"
- Weitgehende Bodenbedeckung durch Begrünungsmaßnahmen ("System Immergrün")
- Bodenruhe im Herbst-Winter-Zeitraum zur Unterdrückung von Mineralisierungseffekten
- Konservierende Bodenbearbeitung (Option!)
- Streng bedarfsgerechte und gezielte Stickstoff-Düngung vorwiegend nach dem Messprinzip ("Intensiv-NID")

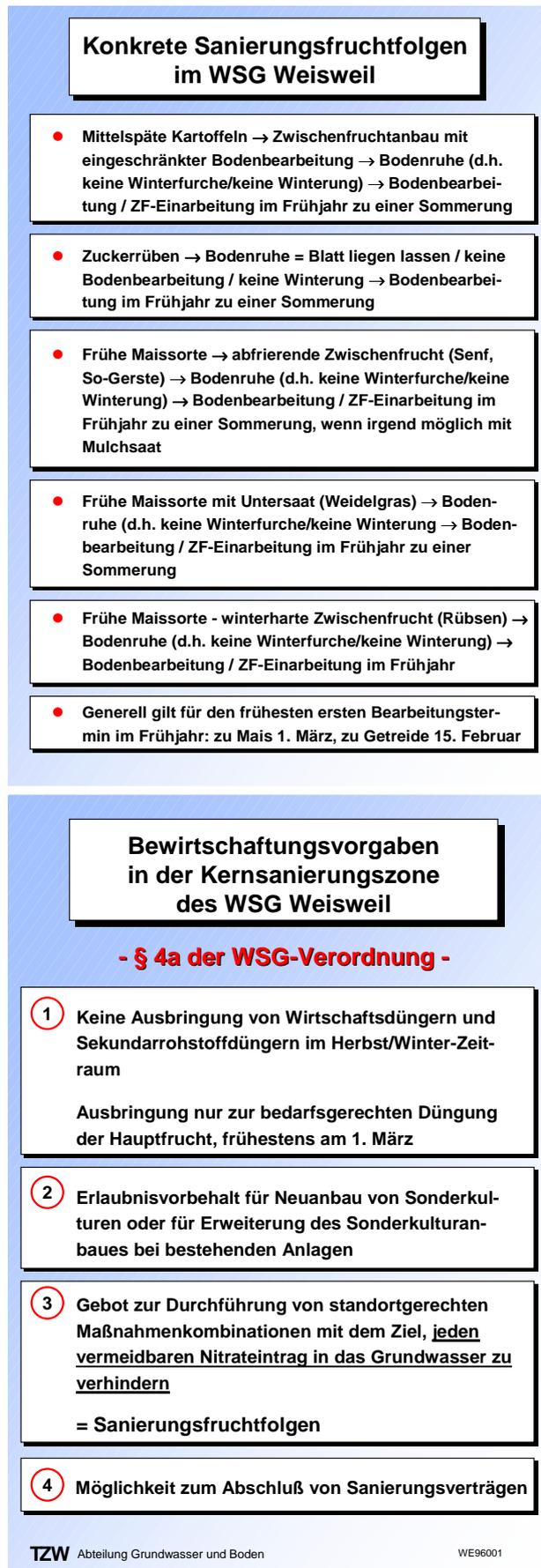


Abb. 6: Sanierungsfruchtfolgen im WSG Weisweil und Bewirtschaftungsvorgaben in der KSZ (Quelle: TZW, Karlsruhe 2001).

Da es sich hierbei um neue Bewirtschaftungsverfahren handelt, hat das Land den Bewirtschaftern Verträge angeboten, in denen Bewirtschaftungsauflagen und Ausgleichszahlungen für Ertragsverluste und Mehraufwendungen von 350 DM/ha² (179 €/ha) als Pauschalausgleich vereinbart wurden. Einzelausgleich konnte ohne Begrenzung erfolgen. Die Verträge verpflichten die Bewirtschafter zu den in §4 Abs.3 der WSG-Verordnung festgelegten Maßnahmen und zusätzlich zur überbetrieblichen Düngung von Mais. Von 1997 bis 1999 war der Anbau früher Maissorten und ‚Drusch bis 15. September‘ verpflichtend.

Nach jüngsten Angaben des RP Freiburg wird dieses Sanierungskonzept im WSG Weisweil nicht weitergeführt. Es wurde bereits westlich des WSG Weisweil unter einem Waldgebiet ein neuer Brunnen gebohrt, mit dem die Wasserversorgung des Gebietes gesichert werden soll. Die Grundwasserneubildung im bisherigen WSG war zu gering, um den Nitratgrenzwert einhalten zu können. Im Zuge dieser Entwicklung werden die Bewirtschaftungsverträge mit den Landwirten nicht verlängert und gelten bis zum Jahr 2001. Wurden keine Verträge abgeschlossen, gilt die SchALVO.

5.1.2 Untersuchungsgebiet – Auswahl und Charakterisierung

Das Untersuchungsgebiet Weisweil umfasst u.a. landwirtschaftliche Nutzfläche in den Gemeinden Weisweil, Wyhl, Forchheim und Eendingen und orientiert sich an den Grenzen des WSG Weisweil (Abb. 7). Es wurde 1995 ausgewiesen. Basierend auf den Untersuchungen, die im WSG Weisweil bereits stattgefunden hatten und den Auflagen zur grundwasserschonenden Bewirtschaftung, wurde dieses Gebiet auch zur Untersuchung der Variabilität von Ackerflächen und der GPS-gestützten Online-Ertragserhebung herangezogen.

Das Wasserschutzgebiet Weisweil wird ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Es dominiert Ackerbau mit Körnermais, ferner wird Getreide angebaut. Ebenfalls verbreitet sind Sonderkulturen (Gemüse, Baumschule). Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf den ebenen bis flachwelligen schwemmlößbedeckten Niederterrassen nördlich des Kaiserstuhls (Schuler 1991): Diese Bodengesellschaft umfasst durch tiefergreifende Kulturmaßnahmen stark veränderte Böden. In der KSZ sind im Wesentlichen Parabraunerden mit Pararendzinen vergesellschaftet. Erstere bestehen aus 4 bis 8 dm mächtigem Lehm auf kalkreichem Schluff über kalkreichem sandigem Kies. Der südliche Grenzbereich der Kernsanierungszone ist durch Auenböden und –gleye markiert, mit 4 bis 6 dm schwach kiesigem Schluff oder Lehm über Kies. Die Grundwasserstände liegen hier bei 9 bis 13 dm unter Flur oder tiefer. Im südlichen Wasserschutzgebiet finden sich außerdem Gleye mit Lehm (3 bis 6 dm) auf Schluff über Sand und Kies. Die Böden sind in der mittleren und nördlichen Kernsanierungszone mit den Parabraunerden und –rendzinen äußerst fruchtbar mit Ackerzahlen zwischen 80 und 100. Die südliche KSZ und das südwestliche WSG ist stärker mit Auenböden und Gleyen durchsetzt. In diesen Flächen dominieren Ackerzahlen zwischen 60 und 80 (Schuler 1991). Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt etwa 700 mm (1984 – 1993, Rohmann und

²) Die übliche Wasserschutzpauschale betrug 310 DM/ha (158,50 €/ha)

Rödelsperger 1994) und der Flurabstand des Grundwassers liegt im Mittel bei 4 m. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 10°C.

Die Untersuchungen zu diesem ITADA-Projekt konnten im Jahr 2000 beginnen. Es lagen bereits Daten aus den Jahren 1998 und 1999 für das Wasserschutzgebiet Weisweil vor. Ergebnisse sind in dem Bericht zum „Pilotprojekt zur Erprobung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zur Reduzierung / Optimierung des Düngaufwandes in Wasserschutzgebieten für eine grundwasserschonende Bewirtschaftung und eine optimale Standortnutzung mit Einsatz der DGPS-Technik und Fernerkundung“, festgehalten, der vom Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (MLR) Baden-Württemberg in Auftrag gegeben wurde. Ziel des MLR-Pilotprojektes war die Erreichung einer grundwasserschonenden Bewirtschaftung und optimalen Standortnutzung in einem landwirtschaftlich genutzten Wasserschutzgebiet.

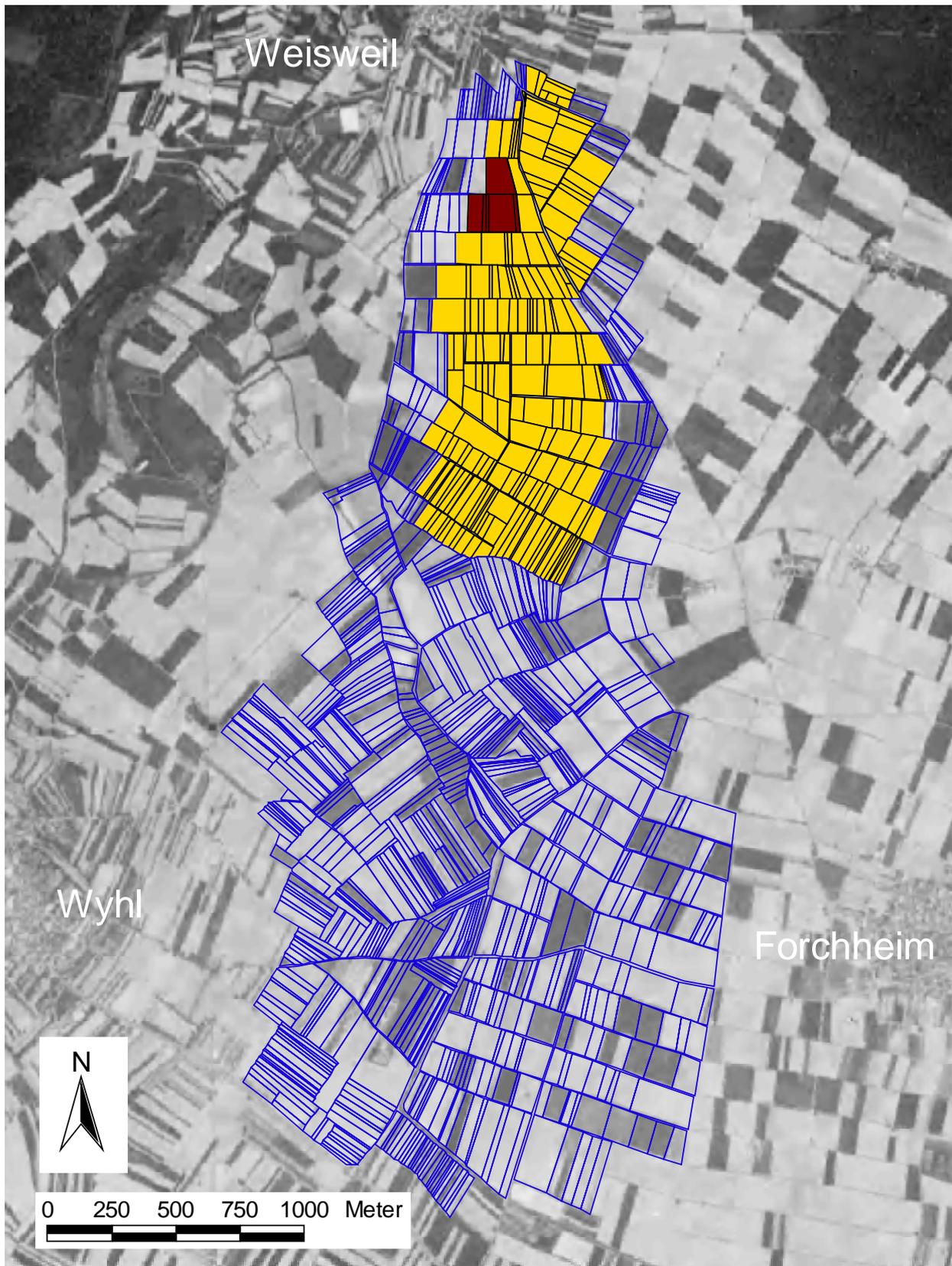


Abb. 7: Das Wasserschutzgebiet Weisweil mit Flurstücksgrenzen auf einem KVR-Satellitenphoto mit Kernsanierungszone (Bach³ und Rühling 2001). Rasterbeprobungsschläge sind dunkel ausgefüllt dargestellt im Norden der KSZ.

³ aus dem GIS Weisweil der Fa. Vista (2001)

5.1.3 Auswahl der Rasterbeprobungs-Schläge

Folgende Untersuchungen bzw. Datenerhebungen hatten im WSG Weisweil 1998 und 1999 stattgefunden:

- Geocodierte Online-Ertragsmessung auf 10 bis 20 Schlägen.
- Erhebung von Ertragskomponenten und Bodenbeprobung auf einem der Raster-Schläge nach ertragsklassen-orientiertem Beprobungsschema in Winterweizen (Kernsanierungszone); 1999 Beprobung von 16 Punkten nach der Ertragskarte des Vorjahres. An diesen Punkten wurde die Boden-Grunduntersuchung sowie die Erhebung von Ertragskomponenten zur Ernte durchgeführt.
- Teilflächenspezifische N-Düngung auf 6 Schlägen mit zwei Ertragszielen (Nivellierung bzw. Ertragspotentialförderung auf je drei Schlägen).

Um die Ertragsstruktur von Standorten zu ermitteln, sind mehrjährige raumbezogene schlagspezifische Ertragsermittlungen erforderlich (Auernhammer 2001). Wenn räumlich angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen bzw. die Düngung nicht direkt in Verbindung mit der Messung des Bedarfs durchgeführt werden, wie z.B. mittels N-Sensor (online), sind sie erst nach der Erfassung der Ertragsstruktur möglich. Daher werden möglichst mehrjährige geocodierte teilflächenspezifische Ertragsdaten als wichtiges Auswahlkriterium zugrundegelegt.

Zur Untersuchung der Variabilität von Ackerflächen wurden in Absprache mit den französischen Projektpartnern und den drei Bewirtschaftern drei Schläge ausgewählt. Sie werden im Folgenden als Raster-Schläge I1, I2 und I3 bezeichnet.

Auswahlkriterien:

1. Beerntung mit DGPS-Mähdrescher durch den Lohnunternehmer,
2. nach Möglichkeit Vorhandensein von geocodierten Ertragsdaten aus den Jahren 1998 und 1999,
3. Anbau einer Mähdruschfrucht in allen Untersuchungsjahren,
4. bisher keine Anwendung schlagspezifisch räumlich variabler Düngung,
5. möglichst große Flächen.

Auf den 3 genannten Schlägen (6 Flurstücke) mit einem Flächeninhalt zwischen 1,1 und 1,4 ha wurde im Jahr 2000 eine Rasterprobenahme von Boden- und Pflanzenparametern durchgeführt. Des Weiteren wurde im März 2001 die Leitfähigkeit gemessen.

5.1.4 Betriebs- und Standortdaten

Weisweil (D): Schlag I 1

1998

Aussaat:		23.04.98
Bodenbearbeitung:	Grubber	22.04.98
	Kreiselegge	23.04.98
	Hacke	04.06.98
Sorte/Saatstärke:	Körnermais ‚Helix‘ mit 105.000 Pfl./ha	
Düngung:	60er Kali: 180 kg/ha K ₂ O	27.03.98
	DAP: 31 kg/ha N, 78 kg/ha P ₂ O ₅	23.04.98
	Harnstoff: 100 kg/ha N	04.06.98
Pflanzenschutz:	5 l/ha Harpun	26.04.98
Ernte:		16.09.98

1999

Aussaat:		04.11.99
Sorte/Saatstärke:	Winterweizen ‚Soissons‘ mit 200 kg/ha	
Düngung:	400 kg/ha Phosphatkali (18+10): 72 kg/ha P ₂ O ₅ , 40 kg/ha K ₂ O, 130 kg/ha N (3 Gaben)	
Ernte:		22.07.99
Bodenbearbeitung:	Pflug und Kreiselegge nach Ernte	
Zwischenfrucht:	Senf nach Ernte	

2000

Aussaat:		18.04.00
Bodenbearbeitung:	Pflug	12.03.00
	Kreiselegge	12.03.00
	Kultiegge	14.03.00
	Kreiselegge	17.04.00
Sorte/Saatstärke:	Körnermais ‚Marista‘ mit 85.000 Pfl./ha	
Düngung:	60er Kali: 180 kg/ha K ₂ O	28.03.00
	DAP (18/46): 31 kg/ha N, 78 kg/ha P ₂ O ₅	18.04.00
	Harnstoff, 69 kg/ha N	24.05.00
Unkrautbekämpfung:	Mikado-Motivell 0,8 l/ha+ 0,8 l/ha Banvel 4S 0,2 l/ha	
Zünslerbekämpfung:	Baythroid 50 0,75 l/ha	
Ernte:		16.10.00

2001

Aussaat:		01.05.01
Bodenbearbeitung:	Kreiselegge	01.05.01
Sorte/Saatstärke:	Körnermais Benicia mit 85.000 Pfl./ha	
Düngung:	DAP (18/46): 78 kg/ha P ₂ O ₅ 180 kg/ha K ₂ O 100 kg/ha N	2-3 Tage vorm 01.05.
Unkrautbekämpfung:	Mikado-Motivell Banvel 4S 0,3 l/ha	
Ernte:		18.10.2001

Weisweil (D): Schlag I 2**2000**

Aussaat:		22.04.00
Bodenbearbeitung:	Kreiselegge	03.03.00 2mal
Sorte/Saatstärke:	Körnermais ‚Marista‘	
Düngung:	170 kg/ha DAP (18/46): 78 kg/ha P ₂ O ₅ , 31 kg/ha N Unterfuß	22.04.00
	300 kg/ha 60er Kali: 180 kg/ha K ₂ O Harnstoff durch LU	25.03.00
Pflanzenschutz:	1 l/ha Mikado + 1 l/ha Motivell Banvel 4S 0,3 l/ha	19.05.00
Ernte:		16.10.00

2001

Aussaat:		01.05.01
Sorte/Saatstärke:	Körnermais ‚Peso‘	
Bodenbearbeitung:	Pflug	12.03.01
	Abschleppen der Furche	12.03.01
	Kreiselegge	13.03.01 2mal
Mineraldüngung:	170 kg/ha DAP (18/46): 78 kg/ha P ₂ O ₅ , 31 kg/ha N Unterfuß	01.05.01
	300 kg/ha 60er Kali: 180 kg/ha K ₂ O	03.04.01
	250 kg Harnstoff: 115 kg/ha N	05.06.01
Org. Düngung	ca. 200 dt/ha Stallmist (Schwein) mit ca. 40 kg N/ha	10.03.01
Pflanzenschutz:	1 l/ha Mikado + 1 l/ha Motivell	30.05.01
Ernte:		16.10.01

Die Düngergaben enthielten folgende Nährstoffmengen (Tab. 9). Magnesium wurde nicht (mineralisch) gedüngt.

Tab. 9: Nährstoffgaben zu Körnermais auf den Raster-Schlägen⁴ im WSG Weisweil:

[kg/ha]	Schlag I 1				Schlag I 2	
	1998	1999 ^{*)}	2000	2001	2000	2001
N	131	130	100	131	110 ^{**)}	147 (+40)
P ₂ O ₅	78	72	78	78	83	83 (+20)
K ₂ O	180	40	180	180	180	180 (+70)

^{*)} Winterweizen

^{**)} aus NID (+ aus Stallmist)

Mit den ausgebrachten Nährstoffmengen lässt sich die hohe, z.T. überoptimale Grundnährstoffversorgung der Standorte erklären (vgl. Kap. 7.1).

Die Düngergaben, die ausgebracht wurden, lieferten umgerechnet folgende Nährstoffmengen (Tab. 10).

⁴ Soweit die Landwirte Angaben gemacht haben, wurden sie hier und in der vorangestellten Liste der Bewirtschaftungsmaßnahmen aufgeführt.

Tab. 10: Nährstoffgaben zu Körnermais auf den Raster-Schlägen im Elsass:

[kg/ha]	Witternheim		Ebersheim	
	2000	2001	2000	2001
N	230	234	220	230
P ₂ O ₅	75	56	92	70
K ₂ O	150	126	120	90

5.2 Elsass

5.2.1 Wahl der Flächen

Die Auswahl der Flächen wurde im Jahr 1999 vorgenommen. Der ausgewählte Landwirt, Herr Dutter (gleichzeitig Lohnunternehmer), war bereits mit dem für die Erstellung von Ertragskarten erforderlichen Material ausgestattet. Die ausgewählten Parzellen liegen in der Nähe von Witternheim bzw. Ebersheim in einem Gebiet mit fast ausschließlichem Anbau von Körnermais mit Beregnung. Im Bereich Ebersheim spielt wegen Viehhaltung aber auch der Weizen noch eine bedeutende Rolle.

Die Parzelle Witternheim:

Diese Herrn Dutter gehörende Parzelle umfasst insgesamt 20 ha, wovon aus Gründen der Bewältigbarkeit der Messungen aber nur 5 ha untersucht wurden. Dieser Schlag wurde ausgewählt, weil dort bereits 1998 eine Ertragskartierung vorgenommen wurde und die ausgewählte Zone eine starke Variabilität der Erträge aufwies. Die Heterogenität dieser Parzelle war für Herrn Dutter der Anlass, sich mit GPS auszurüsten.

Der Boden ist kiesig, flachgründig (30-40 cm) und kalkhaltig auf kiesigen Ablagerungen des Rheins. Er ist durch eine geringe Feldkapazität gekennzeichnet, die eine Beregnung erforderlich macht. Der Grundwasserabstand beträgt 3 bis 5 m. Der Steinanteil ist hoch, insbesondere in den 'Heuschienen' genannten Bereichen. Auf diesem Boden muss die Stickstoffdüngung in drei Gaben verabreicht werden und es kann Spurenelementmangel auftreten. Während der Projektlaufzeit wurde auf dieser Parzelle Mais in Monokultur mit Pivot-Beregnung angebaut.

Die Parzelle Ebersheim:

Diese Parzelle gehört Herrn Rohmer, einem Kunden des Lohnunternehmens von Herrn Dutter. Sie wurde ausgewählt, weil es sich um einen interessierten Freiwilligen handelt, der einen Schlag von 2,9 ha an einem andersartigen Standort besitzt, welcher jedoch geringere Anzeichen von Heterogenität aufweist.

Beim Boden handelt es sich um einen tiefgründigen Sand auf Ablagerungen des Giessen. Er entspricht dem sandig-kiesigen Alluvialkegel des Giessen. Die meisten Ablagerungen sind jedoch sandig oder lehmig-sandig. Darüber kann örtlich noch Loess liegen. Dieser Boden ist gekennzeichnet durch eine Neigung zur Verdichtung und eine geringe Hydromorphie. Eine tonige Schicht von geringer Durchlässigkeit in unterschiedlicher Tiefe (70-130 cm) bremst die Wasserversickerung. Unter günstigen Bedingungen trocknet der Boden dennoch in 2-3 Tagen ab.

Auf diesem Boden ist die Stickstoffdüngung in 2 Gaben aufzuteilen. Um den pH-Wert in einem Bereich von 6,5 – 7 zu halten sind Kalkgaben unerlässlich.

Auf dieser Parzelle wird während der Projektlaufzeit eine Fruchtfolge Körnermais-Winterweizen gefahren. Bei Bedarf wird mit dem Trommelregner beregnet (hauptsächlich Mais).

5.2.2 Bewirtschaftungsmaßnahmen

Schlag Witternheim (F)

Aussaat: 25.04.2000
 Sorte/Saatstärke: Körnermais ‚Clarica‘ mit 100.000 Korn/ha
 Düngung: 230 kg/ha N in Form v. gepulvertem Harnstoff (46 kg z. Saat; 184 kg im 6-Blatt-Stadium)
 75 kg/ha P₂O₅ (vor der Saat)
 150 kg/ha K₂O
 Unkrautbekämpfung: 5 l/ha Lasso (Alachlor) + 1,5 l/ha Prowl (Pendimethalin) + 750 g/ha Atrazin
 Beregnung:
 Ernte: Mitte Oktober

Schlag Ebersheim (F)

Aussaat: 17.04.2000
 Sorte/Saatstärke: Körnermais ‚DK 312‘ mit 98.000 Korn/ha
 Grunddüngung: 220 kg/ha N
 92 kg/ha P₂O₅
 120 kg/ha K₂O
 Unkrautbekämpfung: 4 l/ha Lasso MT (Alachlor) + 2 l/ha Prowl (Pendimethalin) + 1 kg/ha Atrazin
 Zünslerbekämpfung: 0,8 l/ha Cypermethrin (mit Stelzenschlepper)
 Beregnung: 35 mm am 15.06.01
 35 mm am 02.06.01
 Ernte: Mitte Oktober

6 Methoden

6.1 Regionalisierungsmaßstäbe

Die im Rahmen des Projekts im Gebiet Weisweil untersuchten Flächen sind in grundsätzlich zwei Maßstäben (Regionalisierungsebenen) erhoben worden:

1. Lokale Ebene:
 Auf drei Schlägen (zu Bewirtschaftungseinheiten zusammengefasste Flurstücke) wurden geocodiert in Rastern (2000) die ertragsbestimmenden Komponenten bzw. Bodenparameter und in GPS-gestützten Online-Verfahren kontinuierlich Erträge und elektrische Bodenleitfähigkeiten gemessen.
2. Gebietsebene:
 Im gesamten WSG Weisweil und in den angrenzenden Gemarkungen wurde auf Schlägen die Online-Ertragserhebung durchgeführt. Dadurch wurde auf bis zu ca. 80 Schlägen die intraschlagspezifische Variabilität der Erträge erfasst. Die so schlag-spezifisch erfassten Ertragsdaten wurden in mit aus Satellitenszenen (1997 bis 2000)

abgeleiteten Erträgen ebenfalls teilflächenspezifisch in Beziehung gesetzt und für das durch die Satellitenszenen abgedeckte Gebiet (incl. WSG) bewertet (Bach und Rühling 2001).

Mit diesen Verfahren sollte die Variabilität auf Schlagebene erkundet werden und gesicherte Aussagen über die Heterogenität der Standortpotentiale in einem Gebiet möglich werden.

Gebietsdatenerhebung:

Die Reichsbodenschätzung lag zu Projektbeginn für das Gebiet Weisweil (Blatt Kenzingen) als analoge Karten vor und wurden digitalisiert (Fa. Vista 1999). Für einen Ausschnitt von ca. 2 km², in dem die gesamte Kernsanierungszone enthalten ist, liegen Bodenart, Zustandsstufe Ackerland, Ackerzahl, Bodenzahl, Entstehungsart und die Wasserverhältnisse vor (siehe Bach und Rühling 2001).

6.2 GPS-gestützte Rasterbeprobung von Boden und Pflanze

Neben der kontinuierlichen Ertragsmessung mittels DGPS-Mähdrescher wurden Bodenbeprobungen und eine Parzellenernte durchgeführt (Tab. 11). Entsprechend folgenden Kenntnissen wurde der Probenahmeabstand von 40 m festgelegt:

- Reichweiten räumlicher Beziehung (Haneklaus et al. 1997, Rühling 1999) der zeitlich wenig variablen Bodeneigenschaften wie Textur, nFK und Humusgehalte und der Grundnährstoffversorgung, die z.T. zeitlich hoch variabel ist, wie beispielsweise der mineralische Stickstoffgehalt des Bodens,
- den neueren LUFA-Empfehlungen für die Grundnährstoffinventur mit Probenahmeabständen von 30 bis 50 m (Boysen et al. 2000),
- vorliegenden Standortkenntnissen (keine besonderen bodenbürtigen Heterogenitäten).

Der Probenahmeabstand wurde an den Reihenabstand der Körnermaissaat und an die Ausrichtung der Drillreihen angepasst. Daraus ergaben sich für die drei Schläge mit Flächen von 1,1 bis 1,4 ha Rasterpunktabstände von überwiegend 39 m (Abb. 8). Dies entspricht einer Probenahmedichte von 4 Proben pro ha.

Die Grenzlinienerfassung erfolgte ebenfalls wie die Punkteinmessung durch Umgehen des Feldes mit dem mit Rucksack getragenen GPS-Empfänger (ACT) mit Antenne und einer Autobatterie (12 V) zur Stromversorgung. Die Daten wurden mit dem ACT auf Chipkarte aufgezeichnet und analog den Ertragsdaten vom Mähdrusch am PC bzw. mit dem Laptop ausgelesen.

An jedem Rasterpunkt wurde je eine Mischprobe an der westlichen und östlichen (Seite W und O, im Folgenden Parallelproben genannt) aus je bis zu 10 Einstichen in einem Halbkreis von 1 m Radius um den Rasterpunkt genommen. Mit den Mischproben im kleinen Radius um die Rasterpunkte kann man Mikrovariabilität, d.h. die Variabilität, die durch Störungen wie beispielsweise das Einstechen des Bohrstockes in eine Nährstoffakkumulation (zusammenliegende Düngemittel-Körner oder sonstig verursachte Nährstoffanreicherung, organische Substanz etc.) auftreten kann, minimieren. Durch die Parallelproben kann die Nahbereichsvariabilität dargestellt werden.

An den Bohrstock-Proben des Oberbodens (bis 30 cm Tiefe) wurde eine Grunduntersuchung vorgenommen. Die Körnungsanalyse wurde aus Kostengründen nur an den W-Proben vorgenommen.

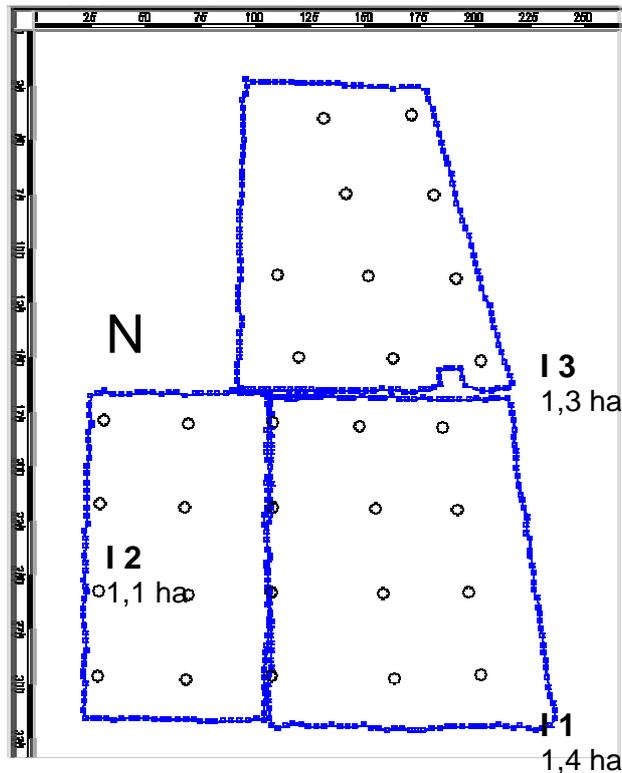


Abb. 8: Rasteranlage zur Boden- und Pflanzenprobenahme auf den Raster-Schlägen in der KSZ des WSG Weisweil.

An diesen Rasterpunkten wurden ebenfalls Ganzpflanzenproben durch Handbeerntung eines Quadratmeters zur Bestimmung von Ertragskomponenten und Nährstoffentzügen entnommen. Es wurde je 1,33 m Länge vom Rasterpunkt aus Richtung S geerntet. Bei 0,75 m Reihenabstand entspricht das 1 m².

Die Wahl des Beprobungsrasters

Jede Parzelle ist mit einem Beprobungsraster von 10 Punkten/ha überzogen. Mit diesem vorher festgelegten fixen Beprobungsraster lässt sich eine Kartierung beginnen, wenn noch keine Informationen von einem Sensor vorliegen. In der Mitte jedes Rasterfeldes liegt ein Punkt, um den herum die Proben von Hand entnommen werden (Bodenuntersuchungen, Ertragskomponenten,...). In Ebersheim gibt es demnach 29 und in Witternheim 49 Beprobungspunkte.

Im Laufe der Zeit wird dieses Verfahren abgelöst durch eine gezielte Beprobung (smart sampling) auf Grundlage der bereits vorliegenden Kartierung. Dann genügen bereits wenige Punkte pro Hektar.

6.3 Boden- und Pflanzenanalytik

In den o.g. Rastern wurden folgende Probenahmen und Analysen durchgeführt (Tab. 11):

Tab. 11: Felduntersuchungen im WSG Weisweil auf den Raster-Schlägen

Untersuchungen im Raster		Mähdrusch mit ‚DGPS-Mährescher‘
Boden	Pflanze	Kornertrag
<ul style="list-style-type: none"> - Grunduntersuchung des Bodens: P, K, Mg, pH, Humusgehalt. - Bodenart (Fingerprobe und Schlämmanalyse) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pflanzen/m² - Nährstoffgehalte bzw. Nährstoffentzug (N, P, K Mg) - Kornfeuchtegehalte - Ertragskomponenten: <ul style="list-style-type: none"> - Kolben: Anzahl je Pflanze - Kornzahl je Kolben - TKG - Körnergewicht je Kolben 	<ul style="list-style-type: none"> - geocodierte Ertragsmessung - Kornfeuchtegehalte, stichprobenartig (Korn-tank)

Die Bodenanalytik der deutschen und französischen Proben wurde von der LUFA Augustenberg durchgeführt. In Baden-Württemberg werden folgende Bodenuntersuchungsmethoden angewendet (Tab. 12).

Tab. 12: Zusammenstellung der Bodenuntersuchungsverfahren (Wagner und Degen 1998)

Bodenmerkmal	Untersuchungsverfahren
Bodenart	routinemäßig bestimmt durch Fingerprobe; hier zusätzlich physikalische Korngrößenbestimmung durch Schlämmanalyse
pH-Wert	Messung in Calciumchlorid-Lösung, in stark sauren Böden zusätzlich in Calciumacetat-Lösung
Phosphor-, Kaliumgehalt	Extraktion mit Calcium-Acetat-Lactat Lösung (CAL-Methode)
Magnesium-, Natriumgehalt	Extraktion mit Calciumchlorid-Lösung
Gesamt-Stickstoff-Gehalt	trockene Verbrennung mit photometrischer Bestimmung
Humus	trockene Verbrennung mit photometrischer Bestimmung

Die Pflanzen wurden nach Korn und Restpflanze (Spross) differenziert gewogen und die Trockensubstanz (Kornfeuchtegehalt) durch Ofentrocknung (105°C) bestimmt. Das Tausendkorngewicht wurde mittels Zählmaschine an 2 bis 3 Parallelproben mit 500 bzw. 200 Körnern und Wiegung dieser Einzelproben ermittelt. Die Analytik auf Grundnährstoffe für die Entzugsberechnung erfolgte ebenso differenziert nach LUFA-Methoden (Tab. 13). Die Restpflanzen wurden ebenfalls auf die Gehalte der genannten Nährstoffe und TS untersucht. Die Nährstoffanalytik der deutschen und der französischen Proben wurde von der LUFA durchgeführt.

Tab. 13: Zusammenstellung der Untersuchungsverfahren auf Pflanzen-Nährstoffgehalte (Michels 2001)

Pflanzennährstoff	Untersuchungsverfahren
N	Bestimmung von Gesamt-N: Verbrennungsmethode; Methodenbuch VDLUFA Band II (1995), Abschnitt 3.5.2.7
P K Mg	Aufschluss mit Salpetersäure angelehnt an Methodenbuch VDLUFA Band VII (1996) Abschnitt 2.1.2, Messung mit ICP-OES

6.4 Kontinuierliche, GPS-gestützte Verfahren

6.4.1 Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit

Die geocodiert gemessene elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EL) ist ein kontinuierliches Messverfahren mit großer Flächenleistung zur Ermittlung von Bodenunterschieden. Es kann mit hoher Geschwindigkeit und somit mit geringen Kosten durchgeführt werden (Domsch und Wartenberg 2000).

Zum Messverfahren hat man folgende Kenntnisse: Die EL ist positiv abhängig vom Tonmineral-, Wasser- und Salzgehalt des Bodens bei Feldkapazität sowie der Temperatur. Eine Untersuchung mit einer EM38 Sonde (Geonics Limited, Ontario) hat allerdings keine Beziehung der EL zum Salzgehalt in der Bodenlösung ermitteln können, aber zur nFK (Schmidhalter und Zintel 1999). Von den mineralischen Bestandteilen hat Ton die größte Leitfähigkeit, gefolgt von Schluff und Sand. Daher können mittels EL wechselnde Bodenarten und ihre Verteilungsmuster in der jeweils untersuchten Schicht identifiziert werden (Domsch, Lück und Eisenreich 1999). Körnungsbedingte Verdichtungen durch höhere Tongehalte in bestimmten Schichten durch Einlagerung können so beispielsweise aufgezeigt werden. Als Folge der Beziehung der EL zur Korngrößenverteilung kann auf die Wasserkapazität des Bodens geschlossen werden. Mit dem Tongehalt steigt die Wasserkapazität bei Feldkapazität⁵ des Bodens bis zu einer bestimmten Korngrößenverteilung (Scheffer et al. 1984).

Die Messanordnung des ‚Veris 3100‘ sind ‚Scheibensech-Elektroden‘, die wenige Zentimeter in den Boden eindringen (Abb. 9). Die Abschwächung des durch den Boden geleiteten Stroms wird per Spannungsabfall gemessen (elektromagnetische Induktion). Das elektrische Feld kann dabei einige Dezimeter tief in den Boden eindringen. Mit der Zugmaschine wird das Sech durch den Boden gezogen, wodurch die kontinuierliche Messung in [mS/m] erfolgt. Mittels der auf dem Sensor angebrachten GPS-Antenne und dem GPS-Empfänger auf dem Zugfahrzeug (ACT) wird zu jedem Messwert die Position ermittelt und aufgezeichnet.

⁵ Bei Feldkapazität ist der Boden soweit mit Wasser gesättigt, dass er es gegen die Schwerkraft noch halten kann.



Abb. 9: GPS-gestützte Messung der elektrischen Bodenleitfähigkeit mit dem ‚Veris 3100‘ im März 2001 in der KSZ Weisweil.

Mit dem Gerät ‚Veris Bodensensor 3100‘ wurde am 10.03.2001 mit einem Messwert pro Sekunde die elektrische Leitfähigkeit der Schläge in zwei Schichten 0-30 cm und 0-90 cm simultan erkundet. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h entspricht das einer Messdichte von ca. einem Wert alle 2 bis 3 Meter entsprechend ca. 860 bis 960 Werten pro ha (Abb. 10). Das ergibt eine Flächenleistung von ca. 4 ha pro Stunde ohne Rüstzeiten.

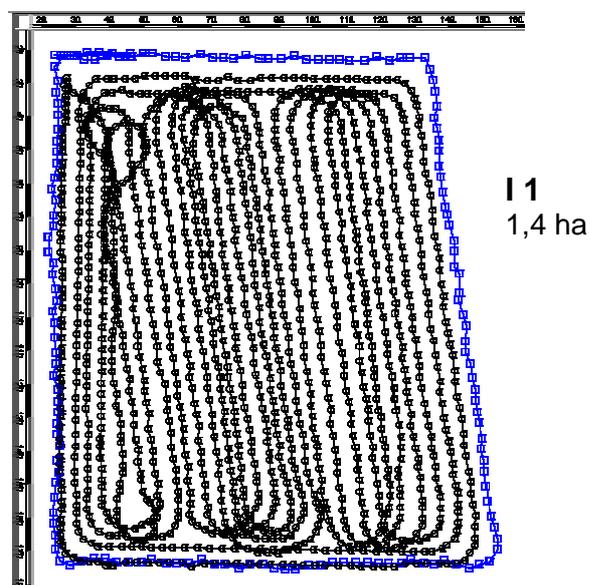


Abb. 10: Erhebungsdichte der elektrischen Bodenleitfähigkeit mit GPS (geocodiert) mit 1389 Messpunkten (Schlag I1).

In anderen Untersuchungen, in denen das Messgerät EM38 (ebenfalls gezogenes Messgerät) eingesetzt wurde, hat man die Bodenleitfähigkeit mit wesentlich geringeren Erhebungsdichten von 75 bis 100 Punkten pro ha entsprechend 150 ha Tagesleistung gemessen (Behnken et al. 2000). Die Erhebungsdichte reduziert sich in den hier durchgeführten Versuchen durch Eliminierung fehlerbehafteter Werte: Negative Werte wurden bei der Datenauswertung entfernt; ebenso Werte, die außerhalb der Feldgrenze lagen.

6.4.2 Messung der Ernteerträge (Online-Ernte)

Im Jahr 1998 hat das Lohnunternehmen Herbert und Josef Binder GbR einen Claas-Mähdrescher Lexion 480 mit 6 m Schnittbreite und Raupenfahrwerk beschafft. Dieser Mähdrescher ist ebenso wie der im Jahr 2000 eingesetzte Lexion 480 mit Navigationssystem (DGPS), Ertrags- und Kornfeuchtesensor sowie mit einem Agro Computer Terminal (ACT) der Firma Agrocom zur kontinuierlichen, geocodierten Ertragsmessung („DGPS-Erträge“) ausgestattet. Seit 1998 wurde dieses System im WSG Weisweil zur Ertragsermittlung eingesetzt. Nach Auskunft der Herstellerfirma sind die Maschinen dieses Lohnunternehmens die einzigen mit Ertragsmeßsystem, die für den Drusch von Körnermais in Deutschland eingesetzt werden. Der Messfehler für Erträge liegt bei 2 bis 5 % (Rolf 2000, Fa. Agrocom). Im Jahr 2000 wurde erstmals eine größere Anzahl Schläge (ca. 80) in den Gemarkungen Weisweil, Wyhl und Forchheim ertragskartiert. Derzeitig wird die Online-Ertragserhebung auf ca. 50 ha eigenen Flächen des Lohnunternehmers in Körnermais durchgeführt. Dadurch erhält man für viele Schläge wertvolle Informationen über die Entwicklung der intraspezifischen Ertragsheterogenität.

Die Ertragserhebung wurde anbaubedingt überwiegend in Körnermais im September und Oktober durch den Lohnunternehmer auf eigenen Schlägen und denen kooperationsbereiter Landwirte durchgeführt. Die Erträge wurden geocodiert mit dem ACT auf Chipkarte aufgezeichnet. Die Aufzeichnung erfolgte in möglichst schlagbezogenen Aufträgen (Dateien), die zuvor am PC erstellt wurden. Bei korrektem Aufruf und Abschluss dieser Aufträge vor Beginn und Ende des Drusches eines Schlages werden Koordinaten, Erträge, Kornfeuchte, Datum, Zeit sowie weitere technische Parameter in jeweils eine Datei geschrieben. In 5 Sekunden-Intervallen wird ein gemittelter Ertragswert in Verbindung mit der Position (geocodiert) aufgezeichnet (Abb. 11).

Die Auflösung der DGPS-Erträge (Rohdaten) ergibt sich aus der Arbeitsbreite des Mähdreschers von 6 m und der zurückgelegten Distanz im Aufzeichnungsintervall von 5 sec beim Drusch. In 5 bis 10 m zurückgelegter Distanz wird ein Ertragswert aufgezeichnet (Abb. 11). Das ergibt Messdichten von ca. 200 Ertragswerten pro Hektar in ca. 26 – 27 Minuten reiner Arbeitszeit. Durch Eliminierung fehlerbehafteter Werte reduziert sich diese Erhebungsdichte um ca. 10 bis 30 % bei Schlaggrößen von ca. 1 ha. In der oberen Graphik der Abb. 11 sind solche mit hoher Wahrscheinlichkeit fehlerbehaftete Werte als kontinuierlich niedrige Ertragswerte (vielfach Nullwerte) dunkel abgehoben. Sie entstehen vorwiegend im Anfahr- oder Wendebereich, wenn das Korn im Elevator den Sensor noch nicht erreicht hat. Das volumetrische System (Claas Quantimeter) misst bei geringen Durchsätzen (< 19 dt/ha) zu hohe Werte. Dieser Fehler ist bei Durchsätzen < 13 dt/ha noch größer (Isensee und Krippahl 2001). Bei dem Claas-System konnte dieser Fehler bei Durchsätzen von > 20 dt/ha, also Fahrgeschwindigkeiten nahe 4 km/h, entsprechend 5,5 m zurückgelegter Strecke, ausreichend minimiert werden. Des weiteren kann hoher Grünbesatz zu Messfehlern führen. Diese Fehlerquellen machen häufiges Kalibrieren durch Gegenwiegen der abgetankten Ladungen erforderlich.

Auch nach aktuellsten Auskünften von Agrocom ist die Bereinigung der Ertrags-Rohdatensätze nur in der nachträglichen ‚automatisierten‘ Bearbeitung in AMB durch Setzung des Wertebereichs (Minimumfilter) für die Erstellung der Ertragskarte aus interpolierten

Werten möglich (vgl. Kap. 6.5.2). Es wird an intelligenteren Filtern gearbeitet bzw. daran, wenigstens grundsätzlich die ersten zwei Werte, die beim Anfahren gemessen werden, zu eliminieren. Als weitere Aufbereitungstechnik ist noch die manuelle Eliminierung der Fehlwerte aus den einzelnen Rohdatensätzen möglich (individuelle Filtersetzung).

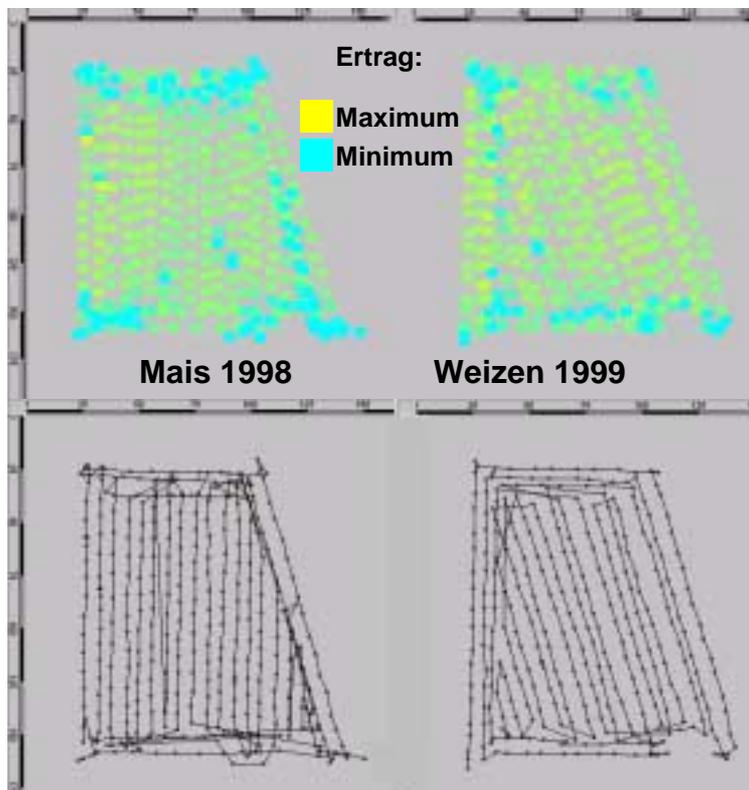


Abb. 11: Rohdaten aus der Ertragsmessung mit GPS-Mähdrescher - Online-Erträge und Fahrstrecke mit Messpunkten (Positionen) auf Schlag 3 1998 und 1999.

Kornfeuchtemessung:

Bis 1999 zeigten die Kornfeuchtemesswerte große Spannweiten. Die mittleren online gemessenen Kornfeuchtwerte wichen um mehr als 5 % von den bei Ablieferung des Kornes (Wägung) gemessenen Kornfeuchten ab. Beim 'Lexion 480', Baujahr 1998, war der Kornfeuchtesensor an der Korntankwand angebracht. Die Messung erfolgte bei 70 % Korntankfüllung. Daraus ergibt sich auf ca. 7 t Druschgut ein Messwert. Im Folgejahr wurde ein kontinuierlich messender Kornfeuchtesensor eingesetzt, mit geänderter Anbringung im Mähdrescher (Elevator) und erhöhter Messfrequenz und daher größerer Messgenauigkeit.

Der Mähdrescher, der 2000 zum Einsatz kam (Lexion 480, Bj. 2000), ist gegenüber dem in den Vorjahren eingesetzten "Lexion 480" mit verbesserter Kornfeuchtemesstechnik ausgestattet. Die Bestimmung der Kornfeuchte erfolgt durch Leitfähigkeitsmessung mit dem im Elevator nahe dem Ertragssensor angebrachten Feuchtesensor. Die Leitfähigkeit des Druschgutes wird in einer Messkammer (Bypass-Lösung) zwei- bis dreimal pro Minute gemessen (Claas 2000). Je Tankfüllung errechnen sich daraus bei ca. 8 - 12 Minuten Druschdauer 16 bis 36 Kornfeuchtemessungen. Man erhält dadurch eine größere Messwertdichte und somit eine höhere Aussagegenauigkeit.

Zur Überprüfung der Mährescherfeuchtemessungen wurden auf einigen Schlägen beim laufenden Drusch Kornproben aus dem Korntank zur späteren Kornfeuchtebestimmung mittels Ofentrocknung (105°C) entnommen. Dies wurde in einem Zeitprotokoll vermerkt. Bei der Online-Ernte der drei ITADA- oder Rasterschläge in Weisweil wurde je Korntankfüllung eine Kornprobe aus dem Tank entnommen. Demnach hat man bei wenigstens drei Korntankfüllungen je Feld, drei Kornproben mit gravimetrischer Feuchtebestimmung erhalten. Der gravimetrische Feuchtwert wurde dem Feuchtwert aus der Sensormessung gegenübergestellt um die Online-Kornfeuchtemessung zu überprüfen.

6.4.3 (Bemerkungen zur) Interpretation der Daten

a) Ertrag der maschinellen Ernte und biologischer Ertrag

Das Endergebnis eines jeden der Schläge ist der Ertrag der maschinellen Ernte mit dem Mährescher. Gleichzeitig liegt auch der sogenannte 'biologische Ertrag' vor, der auf Grundlage der um die Beprobungspunkte ermittelten Ertragskomponenten Bestandesdichte, Körner/Kolben und Tausendkorngewicht berechnet wird. Diese beiden Ertragskarten 'maschinell' und 'biologisch' sind der Ausgangspunkt für die Interpretation der Daten. Dabei geht es darum, Erklärungen für die auf den Schlägen beobachteten Ertragsunterschiede zu finden.

b) Die Korrelationen

Für jedes potentielle Erklärungselement werden zunächst die Karten mit den Ertragskarten verglichen. Stellt man eine gewisse Ähnlichkeit in der räumlichen Verteilung fest, so berechnet man den Korrelationskoeffizienten zwischen den beiden Faktoren. Fürs erste wird nur der biologische Ertrag benutzt, da dieser für dieselbe Anzahl von Punkten vorliegt wie die gemessene Variable (/Erklärungselement). Nach mehrjähriger Informationserhebung wird es auch möglich sein, Korrelationsuntersuchungen bei interpolierten Karten vorzunehmen.

6.5 Datentransformation

Die Rohdaten wurden mit der Interpolationssoftware 'Spatial Analyst' zu einer Karte verarbeitet. Bei der Interpolation der Bodenuntersuchungsergebnisse kam die 'Inverse Distance-Methode' zur Anwendung. Die Karte basiert auf 6 dem Untersuchungspunkt nächstgelegenen Messwerten.

Die interpolierten Ertragskarten wurden durch Filterung der Rohdaten erstellt: Sie resultieren aus dem Mittelwert der 8 umgebenden Zellen jeder Messung. Mit diesem Verfahren können fehlerhafte Messwerte eliminiert werden (vor allem beim Anfahren). Dieses Verfahren wird angewandt für die kontinuierlich gemessenen Daten.

6.5.1 Datentransfer

Die auf Chipkarte geschriebenen Aufträge wurden mit der Software 'Agromap Auftrag' (Agrocom 2000) in ein ASCII-Format ausgelesen. Diese Datensätze werden im Folgenden als 'Ertragsrohdaten' bezeichnet. Mit 'Agromap Basic' (AMB) kann eine Verwaltung der Aufträge erfolgen. Die Aufträge wurden entsprechend der vorhandenen Datenbankstruktur zunächst systemgesteuert Bewirtschaftern zugeordnet. AMB verfügt über ein Modul, mit dem

die Umrechnung der GPS-Koordinaten in Gauß-Krüger-Koordinaten möglich ist. Dies ist die Voraussetzung für die Integration in ein GIS. Sowohl die Koordinaten der Rohdatensätze als auch die daraus erstellten Messwertkarten wurden auf diese Weise umgerechnet.

6.5.2 Datenauswertung und Messwertkartenerstellung

Aus Rohdaten der Rasterbeprobung des Bodens und der Parzellenernte wurden zur übersichtlichen Darstellung und vor allem für einen Bezug auf ein einheitliches Raster Messwertkarten erstellt. Diese schlagbezogenen Isolinien-Karten entstanden durch Anwendung eines räumlichen Interpolationsverfahrens (Kriging) auf die Messwerte in AMB. In Abstimmung mit der Satellitenbildauflösung (Bach und Rühling 2001) wurde auf ein 10 m-Raster interpoliert. Im Menü ‚Messwertkarte erstellen‘ wurde folgende Berechnungsgrundlage gewählt:

Auflösung: 40 m,

Legende und Wertebereich: 5 bis 15 t/ha Spannweite (Körnermais),

Feuchte: Normierung auf Lagerfeuchte 14 %,

Faktor für Verluste: 1,3 % (seit 2001 in AMB vorgesehen).

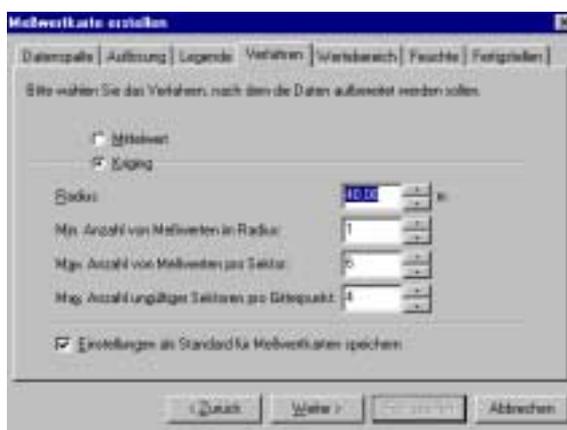


Abb. 12: Menü ‚Messwertkarte erstellen‘ im Programm ‚Agromap Basic‘ (Agrocom 2000) mit einem Suchradius von 40 m – Registerkarte ‚Verfahren‘.

Die Rohdatenbereinigung (siehe Kap.6.4.2) erfolgte bei der Messwertkartenerstellung durch Festlegung der Spannweite der Ertragswerte. Es wurden Ertragsminimum und -maximum bei 5 und 20 t/ha für Körnermais festgelegt. Eine weitergehende Aufbereitung würde bei zusätzlichen Informationen zu ertragsbeeinflussenden Faktoren (z.B. ‚Unkrautnester‘) den Fehler verringern können, ist allerdings aus arbeitstechnischen Gründen nicht möglich. Diese Spannweite wurde empirisch aus den beim Anfahren des Mähdeschers zu niedrig ausfallenden Ertragswerten im Vergleich zu den beim laufenden Drusch auftretenden Ertragschwankungen und den Häufigkeitsverteilungen der Erträge ermittelt. Bei diesen Werten handelt es sich um Frischerträge, die durch Berücksichtigung der Kornfeuchte auf 14% Lagerfeuchte (86% Trockensubstanz) normiert wurden.

Seitens des Programms AMB ist bei den Rohdaten keine Errechnung der Häufigkeitsverteilung möglich. Daher fehlt hier der Vergleich der Histogramme von Rohdaten und interpolierten Datensätzen. Ebenfalls werden programmseitig für die Online-Erträge keine Maxima und Minima, sondern nur Mittelwerte je Schlag (vgl. Tab. 18), errechnet.

Um die Ausprägung von Erträgen, Ertragskomponenten, Nährstoffentzügen und ihre Beziehung zu den Nährstoffgehalten des Bodens sowie wenig veränderlichen Bodeneigenschaften wie Körnung und nFK bewerten zu können, wurden Korrelationsrechnungen (Pearsonkoeffizient) zu allen Boden- und Pflanzenparametern durchgeführt und die Signifikanzen angegeben (Anhang).

Die Online-Erträge (Rohdaten) wurden so aufbereitet, dass die bei der Messwertkartenerstellung (.mwk-Datei aus .aft-Datei) entstehenden interpolierten Koordinaten der 4 Ertragsjahre miteinander abgeglichen wurden. Positionen (Koordinaten) und der zugehörige Ertragswert, die nicht für alle 4 Jahre bei der Messwertkarten-Erstellung errechnet worden sind, wurden entfernt. Damit haben sich die Rohdatensätze um etwa 5 % reduziert.

6.6 Nutzung der Leistungen von Lohnunternehmern und Landwirten

Der Einsatz eines ‚DGPS-Mähdruschers‘ mit Ertragssensor und Ertragskartierung wird als Zusatzleistung zum Mähdrusch vom Lohnunternehmen Binder seit 1998 angeboten. Der Einsatz des Systems und die nötigen Vorarbeiten werden vom Lohnunternehmer derzeit mit 10 €/ha bewertet. Diese Leistung umfasst die Arbeitsschritte von kontinuierlicher, geocodierter Ertragsmessung bis zur Datenauswertung und Messwertkartenerstellung (Ertragskartierung). Letzteres muss neben dem Lohndrusch durch mindestens eine zusätzliche Arbeitskraft am PC durchgeführt werden.

Die teilflächenspezifische Düngung erfordert eine noch weitergehende Vorbereitung: Die Düngerapplikationskarte ist aus der Ertragskarte und, wenn vorhanden, weiteren Messwertkarten (Bodenparameter, Ertragskomponenten etc.) abzuleiten und anschließend der Auftrag auf den entsprechenden Bewirtschafter und Schlag zu schreiben (siehe Kapitel 6.4.2).

Auf eine Darstellung des 10 seitigen Fragebogen ‚GPS – ein Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in kleinstrukturierten Ackerbauregionen‘ (von Schreiber 2000 entwickelt) wird hier verzichtet, da nur ein Bewirtschafter bereit war, Auskunft zu erteilen. Die französischen Projektpartner planen, eine solche Befragung in einem folgenden Projektjahr durchzuführen.

7 Ergebnisse und Bewertungen

7.1 Felduntersuchungen und Interpretation der Variabilität

7.1.1 Lokale Ebene: Variabilität der Raster-Schläge

7.1.1.1 Boden

Die Bodenkennwerte und Nährstoffversorgung (Tab. 14) der drei untersuchten Schläge liegen für diese (mittel)schweren Auenlehme nach Düngeempfehlung (Deller et al. 1999) im normalen bis überversorgten Bereich. Die Spannweiten der Einzelwerte finden sich im Anhang (Tab. A1-3). Der Kalkversorgungszustand ist gut, so dass nur eine Erhaltungskalkung notwendig ist (pH-Werte im leicht alkalischen Bereich). Die Phosphat- und Kalium-Versorgung ist mehr als ausreichend, so dass eine Düngung z.T. unterbleiben kann, wie es die Versorgungsstufe E zeigt. Die Magnesiumversorgung liegt im Versorgungsbereich C. Daher ist eine Erhaltungsdüngung bei der Mehrzahl der Punkte ausreichend.

Der Oberboden ist mit 1 bis 2% Humus schwach humos (AG Boden 1996), was für Pflughorizonte von Ackerböden charakteristisch ist. Korngrößenverteilung und Bodenart unterscheiden sich ebenfalls auf allen drei Schlägen nicht deutlich. Größere Unterschiede wären nur bei einem Bodentyp-Wechsel innerhalb dieser Flächen zu erwarten. Die nFK liegt, da die Bodenart sehr einheitlich schluffiger Lehm ist, bei 150-169 mm/m, für eine mittlere Rohdichte von 1,45 bis 1,65 g/cm³ (AG Boden 1996). Dies entspricht einer mittleren Feldkapazität des effektiven Wurzelraums.

Tab. 14: Bodenkennwerte und Nährstoffversorgung der Raster-Schläge im WSG Weisweil

		I 1	I 2	I 3
Humus	[%]	1,8	1,7	1,7
N _{gesamt}	[%]	0,111	0,110	0,105
pH-Wert		7,4	7,5	7,4
Kalkstufe		E	E	E
P ₂ O ₅	[mg/100g]	31,7	36,9	30,3
P - Versorgungsstufe		D-E	(C)-D-E	(C)-D-E
K ₂ O	[mg/100g]	33,7	37,5	34,3
K - Versorgungsstufe		D-E	D	D-E
MgO	[mg/100g]	9,3	8,2	8,4
Mg - Versorgungsstufe		B-C	B-C	B-C
Ton (T)	[%]	25,3	26,1	23,5
Schluff (U)	[%]	54,1	50,2	52,5
Sand (S)	[%]	20,6	23,7	24,0
Bodenart		uL	uL	uL

Nahbereichsvariabilität:

Ein einfaches Maß für die Variabilität sind die Variationskoeffizienten (VK = Standardabweichung dividiert durch den Mittelwert; vgl. Tab. 15 und 16 sowie A 3 bis A 4). Diese statistische Maßzahl wurde gewählt, da sie anders als die Standardabweichung den Vergleich der Bodeneigenschaften untereinander ermöglicht, obwohl diese verschiedene Dimensionen haben. Da hier aus zeitlichen Gründen keine geostatistische Analyse erfolgen kann, sind die VK neben der kartographischen Darstellung und Bewertung der Daten eine weitere Information über die Heterogenität des Oberbodens dieser Ackerstandorte.

Der weitaus größte Anteil des Gesamtfehlers eines Analysen-Wertes entfällt mit mehr als 80% auf die Probenahme und der größere Teil des Rests auf die chemische Analyse (Vermeulen 1960). ‚Fehler‘ ist in diesem Fall auch der Anteil der Heterogenität einer Probe, der auf die Variabilität des Substrats zurückzuführen ist. Durch Verbesserung der Analytik hat sich dessen Anteil am Fehler bis heute sicher verringert. Der in der Probe und Probenahme liegende ‚Fehler‘ wird nicht wesentlich geringer liegen.

Insgesamt zeigen die hier untersuchten Bodenparameter in ihren VK eine vergleichsweise niedrige Variabilität. Absolut betrachtet unterscheidet sich die Heterogenität (VK) einiger Parameter dieser Standorte nicht wesentlich von der auf anderen Standorten gemessenen (Rühling et al. 1997, Rühling 1999). Beispielsweise sind die pH-Werte im Allgemeinen die am geringsten variierenden Bodenparameter.

Hier werden die VK der Schläge (Tab. 15) und die der Proben aller Rasterpunkte der Parallelproben W gegenüber O (westlich und östlich an jedem Rasterpunkt genommene Probe) einander gegenübergestellt (Tab. 16).

Tab. 15: Variationskoeffizienten von Bodenkennwerten und Nährstoffversorgung differenziert nach den Raster-Schlägen im WSG Weisweil

VK [%]	Schlag I 1	Schlag I 2	Schlag I 3
Rasterpunktzahl (= n)	12	8	10
Humus	6	9	5
Gesamt-N	4	8	1
pH-Wert	1	1	1
P ₂ O ₅	15	9	24
K ₂ O	10	8	13
MgO	13	20	13
Ton	5	9	6
Schluff	4	4	6
Sand	9	8	10

Damit soll abgeschätzt werden, ob sich die Variabilität der einzelnen Bodeneigenschaften in geringem Beprobungsabstand von der Variabilität zwischen den drei Schlägen, also größe-

rem Probenabstand, unterscheidet. Für diese Unterscheidung ist nicht die absolute Höhe der VK entscheidend, sondern deren Differenz.

Die VK der Schläge lassen sich grob in eine Gruppe geringer variierender Parameter der pH-Werte, der Körnung und der organischen Substanz (Humus, N-Gehalte) und die Gruppe der Nährstoffgehalte mit höheren VK einteilen (Tab. 15 und 16). In letzterer Gruppe variieren die Phosphatgehalte (P_2O_5) vergleichsweise stark zwischen den Schlägen. Die räumlich ‚homogenen‘ Boden-Parameter sind zumeist auch zeitlich invariabel (Haneklaus et al., Rühling et al. 1997, Rühling 1999).

Tab. 16: Variationskoeffizienten von Bodenkennwerten und Nährstoffversorgung der drei Schläge im WSG Weisweil differenziert nach W- und O-Probe (Nahbereich) über alle Rasterpunkte

	W-Probe VK [%]	O-Probe VK [%]	W- und O- probe $B=r^2$
n	30	30	30
Humus	8	7	0,48
Gesamt-N	6	7	0,55
pH-Wert	1	1	0,81
P_2O_5	21	19	0,68
K_2O	14	11	0,47
MgO	13	14	0,95

Da die Probenzahl je Schlag zu gering ist, wurden die VK der W- und O-Proben (Nahbereich) über alle drei Schläge errechnet (Tab. 16) und nicht je Schlag differenziert. Vergleicht man die schlagbezogenen VK (Tab. 15) mit den Nahbereichs-VK (Tab. 16), zeigen sich besonders bei den Nährstoffgehalten größere Unterschiede zwischen den Schlägen. Daraus ist zu schließen, dass mit größerem Beprobungsabstand die Variabilität besonders der Nährstoffgehalte an P_2O_5 und MgO stärker zunimmt, als bei den anderen Bodenparametern.

Das Bestimmtheitsmaß r^2 beschreibt die Stärke des Zusammenhangs zweier Größen. Es ist umso höher, je enger die Beziehung der Größen, hier die zwischen den beiden dicht beieinander genommenen Mischproben ist (Tab. 16). Die engste Beziehung mit 97 bzw. 81 % Übereinstimmung findet sich bei den Magnesium-Gehalten bzw. pH-Werten des Bodens. Dem Bestimmtheitsmaß nach sind die MgO-Gehalte im Nahbereich gering variabel ebenso wie die pH-Werte. Dies findet sich in den kaum unterschiedlichen oder identischen VK wieder. Demnach ist bei diesen Parametern die Bodenvariabilität vergleichsweise gering.

Exemplarisch für die untersuchten Parameter ist die Beziehung der P_2O_5 -Gehalte der beiden Parallelproben W und O durch ein Polynom zweiten Grades recht gut beschrieben (Abb. 13). Das bedeutet, dass 68 % der Höhe des P_2O_5 -Gehaltes der W-Probe mit der O-Probe übereinstimmen. Eine noch höhere Übereinstimmung von 95 % wiesen die MgO-Gehalte der westlich und östlich der Rasterpunkte genommenen Parallelproben mit einem linearen Ver-

lauf auf ⁶. Dies findet sich in den nahezu identischen VK der Parallelproben-Paare wieder (s. Tab. 16).

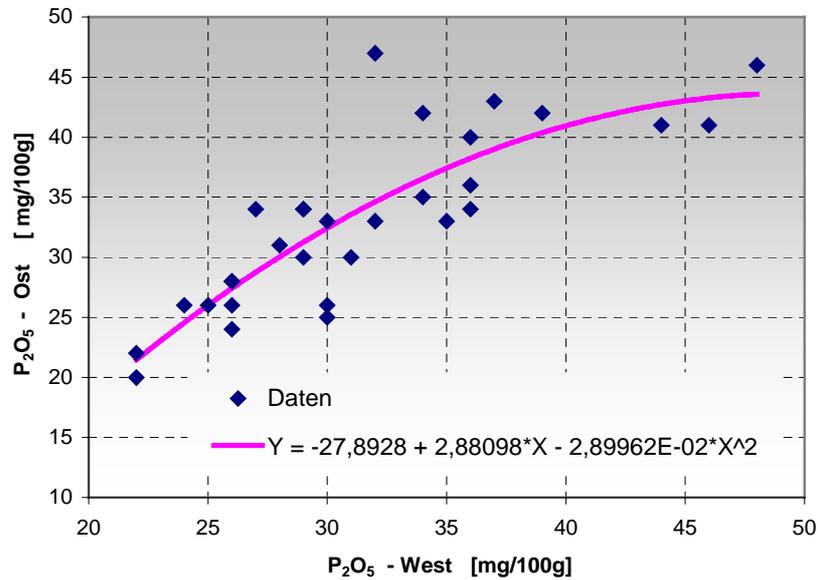


Abb. 13: Regression der Phosphatgehalte der drei Schläge im WSG Weisweil der W- und O-Proben über alle Rasterpunkte (n=30) und einem Bestimmtheitsmaß von $r^2=68$.⁷

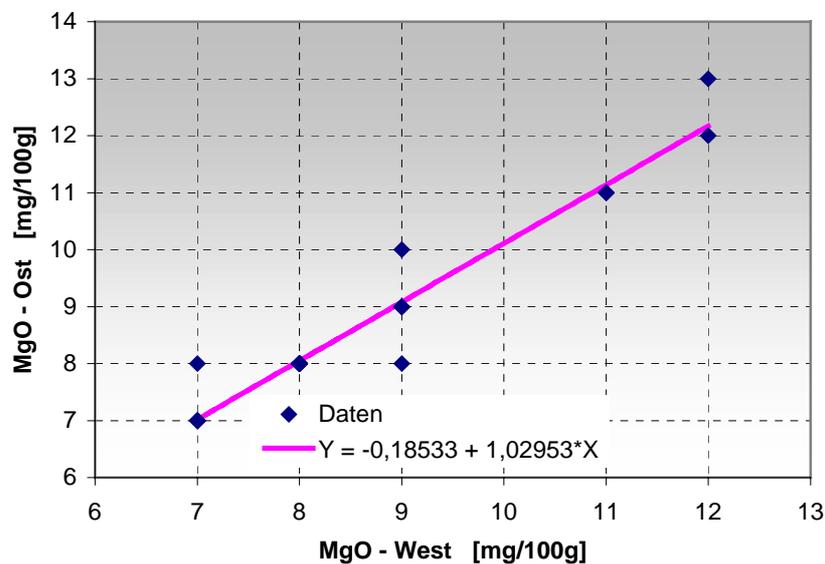


Abb. 14: Regression der Magnesiumgehalte der drei Schläge im WSG Weisweil der W- und O-Proben über alle Rasterpunkte (n=30) und einem Bestimmtheitsmaß von $r^2=95$.

⁶ Da viele identische Wertepaare übereinander liegen, wirkt die Zahl der Wertepaare (Punkte) reduziert.

⁷ Obwohl hier keine einseitige Abhängigkeit der Proben voneinander besteht, wurde zur Beschreibung der Beziehung und Anpassung einer Funktion (Kurve) die Regressionsrechnung durchgeführt.

7.1.1.2 Erträge

7.1.1.2.1 Baden

Nach dem Sanierungskonzept für das Wasserschutzgebiet Weisweil bestand die Verpflichtung bis 1998 beim Körnermais frühe Sorten anzubauen, mit FAO-Zahlen zwischen 200 und 220. Bis Mitte September musste geerntet worden sein, um eine Zwischenfrucht zu ermöglichen. Dadurch wurde mit Mindererträgen von ca. 10 bis 15 dt/ha gerechnet (Stöcklin 2000). Diese wurden pauschal mit 783 DM/ha (400 €/ha) und bei Nachweis mit maximal 1000 DM/ha (511 €/ha) vergütet. Daher ist auf den drei Raster schlägen bis 1999 die frühe Sorte Helix angebaut worden (Abb. 15).

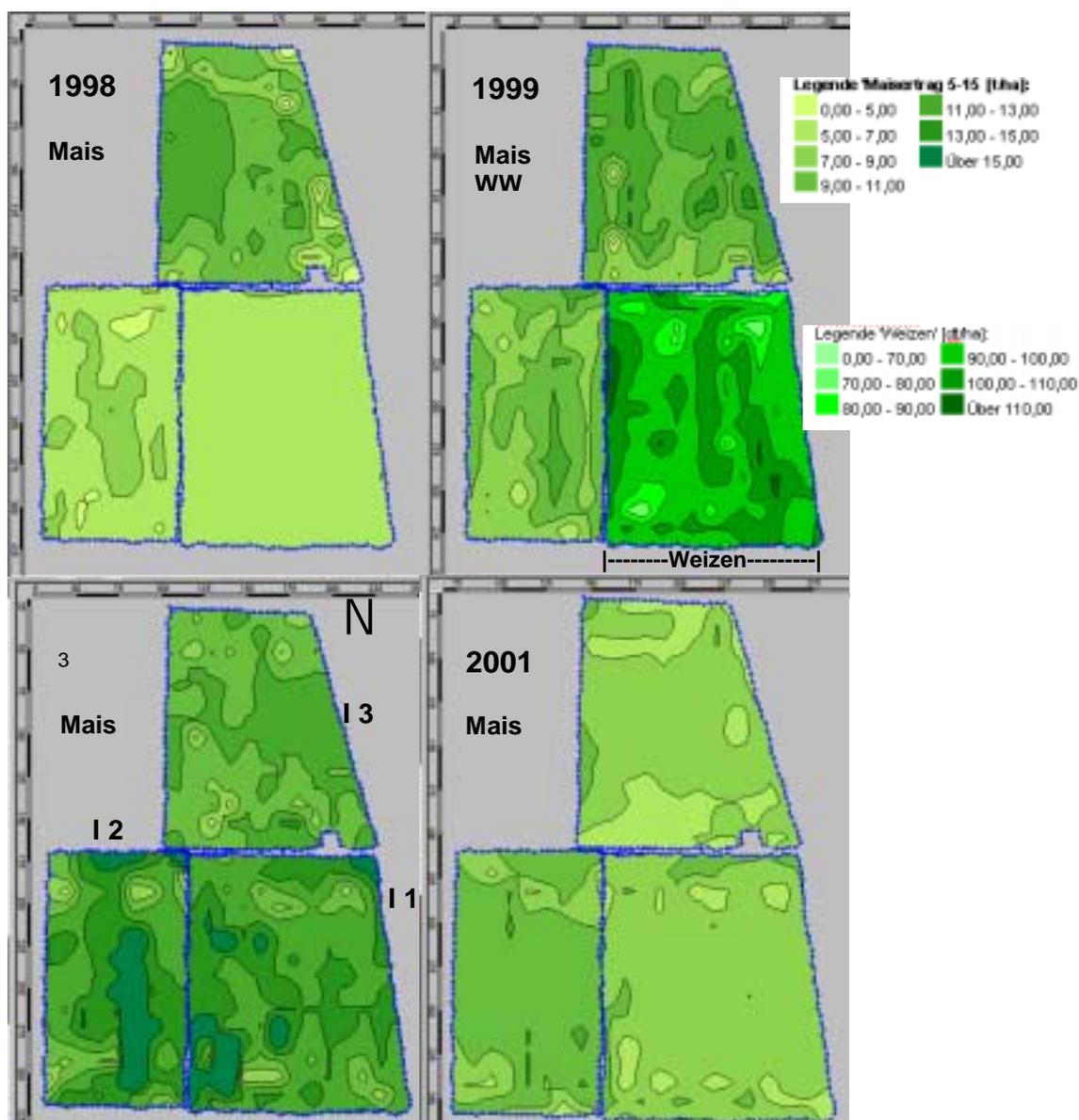


Abb. 15: Online-Ertragskarten (86 % TS) der Körnermais- und Winterweizen-Erträge (1999) auf den drei Raster-Schlägen in der KSZ des WSG Weisweil von 4 Jahren.

In den Ertragskarten (Abb. 15) fällt insbesondere die Häufung niedriger Erträge im Vorgebendebereich auf. Beim Anfahren oder Wenden des Mähdreschers werden i.d.R. zu niedrige Werte gemessen, die nicht vollständig entfernt werden können (vgl. Kap. 6.4.2). Die in die-

sem Bereich anfallenden Werte können nicht von den oft durch die Bewirtschaftung bedingt niedrigeren Erträgen im Vorgewende differenziert werden.

Im Jahr 2000 standen die Sorten Benicia (I 3) und Marista (I 1, I 2) sowie 2001 ‚Peso‘ auf Schlag I 2 und ‚Benicia‘ auf den beiden anderen Schlägen. Man findet eine ansteigende Tendenz der mittleren Erträge von 1998 bis 2000 (Tab. 17), die nicht nur sortenbedingt ist, sondern auch auf günstige Vegetationsjahre zurückzuführen ist. 2001 hat der außergewöhnlich niederschlagsreiche und kühle September nach nasskaltem Frühjahr bei diesen spätreifen Sorten zu einer schlechteren Abreife und somit geringeren Erträgen beigetragen (Tab. 18, 19). Diese Effekte finden sich in den Ertragskarten und den Histogrammen über die Jahre wieder (Abb. 15 und 16).

In Jahren mit geringeren Erträgen ist die Spannweite und entsprechend die Klassenzahl geringer; die Häufigkeitsverteilung hat weniger Klassen. Die Verteilung der Erträge 1998 ist bis auf Schlag I 3 vergleichsweise homogen auf niedrigem Niveau, ähnlich wie auch 2001. 1998 und 2001 lassen sich die geringeren Erträge durch ein allgemein schwächeres Ertragsjahr und 1998 zusätzlich durch die frühen Sorten zu erklären. Diese Häufigkeitsverteilung ist in den vergleichsweise homogenen Ertragskarten wiederzufinden.

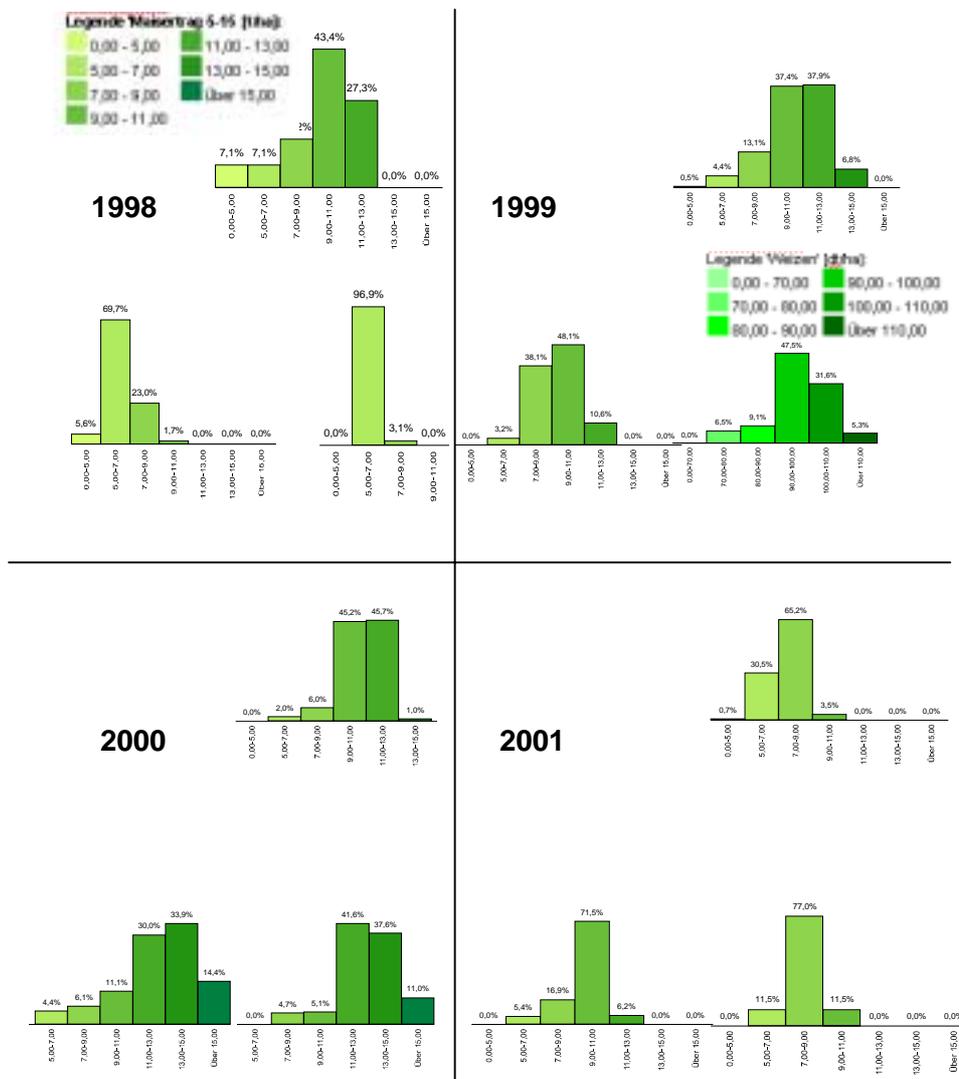


Abb. 16: Histogramme der Online-Erträge von Körnermais und Winterweizen der drei Rasterschläge.

Sehr gut sind in den Ertragskarten schlagübergreifende Strukturen in der Ertragsverteilung innerhalb der Schläge zu erkennen. Auf Schlag I 2 kehrt über die Jahre ein Ertragsmaximum im östlichen Teil wieder. Durch seine ortskonstante Lage kann man auf den Standorteinfluss schließen, der lokal zu überdurchschnittlichen Erträgen führt. Dies wird durch die Korrelationskoeffizienten bestätigt (Tab. 17). Über alle Jahre ist auf diesem Schlag eine enge positive Beziehung der Erträge von einem Jahr zum anderen vorhanden, was auf eine gewisse Kontinuität des räumlichen Ertragsmusters hinweist.

Tab. 17: Beziehung der Online-Erträge 1998 bis 2000 untereinander dargestellt durch Korrelationskoeffizienten

r Signifikanz	1999	2000	2001	1999	2000	2001
	Schlag I 1, 2 und 3 n=344			Schlag I 3 n=113		
1998	-0,51 0,000	-0,24 0,000	-0,27 0,000	0,24 0,004	0,06 0,262	0,14 0,066
1999		0,18 0,000	-0,10 0,039		0,01 0,446	0,23 0,007
2000			0,38 0,000			0,16 0,045
	Schlag I 2 n=87			Schlag I 1 n=144		
1998	0,37 0,000	0,39 0,000	0,50 0,000	0,01 0,462	0,09 0,129	0,25 0,001
1999		0,57 0,000	0,32 0,001		-0,06 0,223	0,02 0,408
2000			0,26 0,007			0,24 0,002

Die schwach positive Beziehung der Erträge auf Schlag I 2 zwischen 1999 und 2000 wird durch ein Polynom ersten Grades mit $r^2=0,32$ recht gut beschrieben (Abb. 17). D.h. etwa 32 % des Zusammenhangs können durch diese Gleichung erklärt werden.

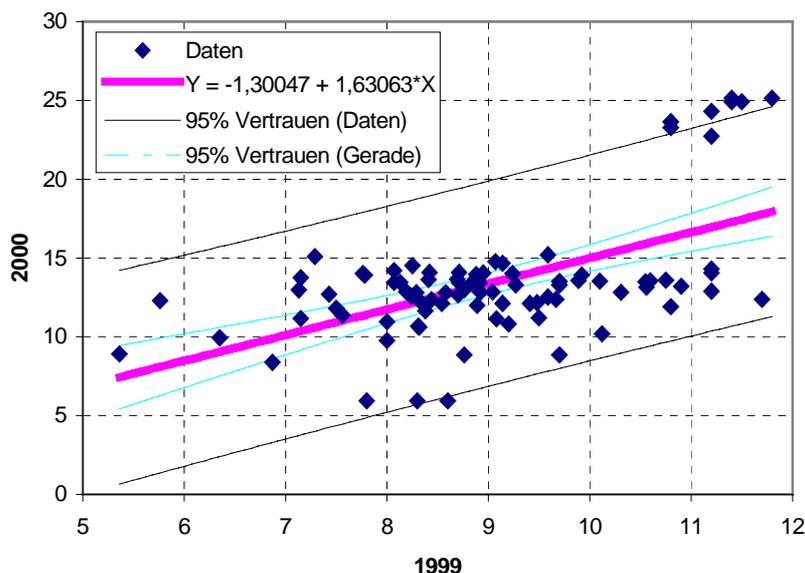


Abb. 17: Regression der Online-Erträge auf Schlag I 2 im Jahr 2000 gegenüber 1999.

Die Variabilität der Online-Erträge ist erwartungsgemäß höher als die der Parzellenerträge, wie es der Variationskoeffizient VK zum Ausdruck bringt (Tab. 18).

Tab. 18: Durchschnittliche Online-Erträge und Parzellenerträge [dt/ha] des Jahres 2000 im Vergleich (vgl. Tab. T 4):

2000	Online-Erträge			Parzellen-Erträge			
	I 1	I 2	I 3	I 1	I 2	I 3	I 1.2.3
Schlag							
Mittelwert	133	124	118	141	137	137	138
Min	66	55	57	114	111	101	101
Max	149	150	149	169	169	167	169
Standardabw.	19	26	17	19	21	17	19
VK [%]	14	21	14	13	16	13	14
n	138	73	229	12	8	10	30

Trotz geringerer Probenahmedichte verhalten sich die VK der Parzellenerträge im Vergleich der einzelnen Schläge erwartungsgemäß gleichläufig, aber nicht proportional: Auf Schlag I 2 liegt der VK im Vergleich zu Schlag I 1 und I 3 beim Online-Ertrag höher als der VK des Parzellenertrags auf Schlag I 2 in Relation zu den beide anderen Schlägen. Möglicherweise ist dies durch die etwas geringere Schlaggröße und damit häufigeres Wenden und somit mehr fehlerhaften Messwerten zu begründen.

Tab. 19: Durchschnittliche Online- und Parzellen-Erträge (86 % TS) der drei Rasterschläge aus den Messwertkarten (interpolierte Werte) und nichtinterpolierte Parzellenerträge

Erträge, Durchschnitt		Jahr	Schlag I 1	Schlag I 2	Schlag I 3
Fläche [ha]			1,8	1,2	1,5
1. Online (interpol.)	[dt/ha]	1998	59,9	64,1	99,5
2. Online (interpol.)	[dt/ha]	1999	(97,3*)	92,3	106,7
3. Online (interpol.)	[dt/ha]	2000	129,3	133,1	106,0
4. Online (interpol.)	[dt/ha]	2001	81,1	96,9	73,4
5. Parzellen. (interpol.)	[dt/ha]	2000	141,8	142,1	134,1
6. Parz.-Online Differenz (interpol.)	[dt/ha]	2000	- 13	- 9	- 28
7. Parz.-Online Differenz (interpol.)	[%]	2000	- 9	- 6	- 21
8. Parz.-Online Differenz	[dt/ha]	2000	- 8	- 13	- 19
9. Parz.-Online Differenz	[%]	2000	- 6	- 9	- 14

(*Weizenertrag)

Die Mittelwerte der interpolierten Online-Erträge 2000 (Tab. 19, 3.) fallen deutlich niedriger aus, als die Mittelwerte der Parzellenerträge 2000 (5.), wie es durch die absolute Differenz (6.) und die relative Differenz (7.) ausgedrückt ist. Diese große Differenz ist z.T. durch die Datenfilterung mit der Entfernung aller Werte kleiner als 5 t/ha und größer als 15 t/ha zu erklären. Durch diesen Filter werden auch wahrscheinlich mit geringerem Fehler behaftete Werte entfernt, so dass durch deren Eliminierung die Differenz zu den Parzellenerträgen groß ausfällt. Geringer fällt die Differenz der Parzellenerträge zu den Online-Erträgen bei Vergleich der nicht interpolierten Rohdatensätze aus (8. und 9.). Grundsätzlich wird ein Teil

dieses Unterschiedes auch auf die geringe Erhebungsdichte der Erträge aus der Handernte (Parzellenerträge) gegenüber den kontinuierlich erhobenen Erträgen (Online-Erträge) zurückzuführen sein. Bei der Parzellenernte sind nahezu keine Ernteverluste zu erwarten, im Gegensatz zur Online-Ernte.

Durch die Interpolation von Messwerten werden die nicht gemessenen Werte, die in der Fläche zwischen den Messwerten liegen, berechnet. Dadurch ergeben sich Abweichungen zwischen den Mittelwerten der gemessenen Daten (hier Ertragswerte) und den Mittelwerten der interpolierten Daten (Tab. 19).

Der Durchschnitts-Ertrag auf Schlag I 2 im Jahr 2001 übersteigt die Erträge der beiden anderen Schläge noch deutlicher als im Jahr 2000 (Abb. 15 und Tab. 19). Hier hat besonders die zusätzliche N-Gabe durch Stallmist von 187 kg N/ha zum höheren Ertrag beigetragen (vgl. Nährstoffangaben in Tab. 9). Der Nmin-Vorrat des Bodens im Mai 2001 auf Schlag I 2 ist nicht deutlich höher als auf Schlag I 1 und ist damit nicht für den Ertragsunterschied verantwortlich (Tab. 20, siehe auch Anhang K 12 –15). Ein weiterer möglicher Grund für den deutlich höheren Ertrag ist das unterschiedliche Ertragspotential der Sorten (auf Schlag I 2 ‚Pesso‘, auf den anderen Schlägen ‚Benicia‘).

Um den tatsächlichen N-Bedarf zu bestimmen, wurden folgende Berechnungs-Varianten gegenübergestellt (Tab. 20 und im Anhang Tab. T 10):

Tab. 20: Ertragserwartung, N-Bedarf, N-Düngungsbedarf und N-Gabe auf zwei Schlägen in den Jahren 2000 und 2001 (Werte nach NID und vgl. Tab. 9, T 8 u. T 10 Anhg.)

Quelle	Größe	Einheit	Schlag I 1		Schlag I 2	
			2000	2001	2000	2001
NID	Ertragserwartung Mais	[dt/ha]	110	105	110	105
	N-Bedarf (entsprech. N-Entzug)	[kg/ha]	262	251	262	251
	N _{min} Ende Mai, 0-90cm	[kg/ha]	106	44	45	48
	N-Düngungsbedarf	[kg/ha]	69	137	110	133
Berechnung IfuL	N-Düngungsbedarf (Berücksichtigung d. Stallmistgabe)	[kg/ha]				(93)
Angabe Landwirte	N-Düngung	[kg/ha]	100	131	110	187
	Differenz N-Düngung Landw. – N-Düngungsempfehlung NID (Berücksichtigung d. Stallmistgabe)	[kg/ha]	+ 31	+ 6	± 0	+ 54 (+ 94)

Der N-Bedarf bei NID ist der N-Entzug durch die Gesamtpflanze (zu erntender Anteil) zuzüglich 20 kg N/ha für nicht zu erntende Restpflanze. Bis 2001 war im Wasserschutzgebiet 20 % Risikoabschlag von der N-Düngung nach guter landwirtschaftlicher Praxis erforderlich (Tab. 20 und im Anhang Tab. T 10).

7.1.1.2.2 Elsass

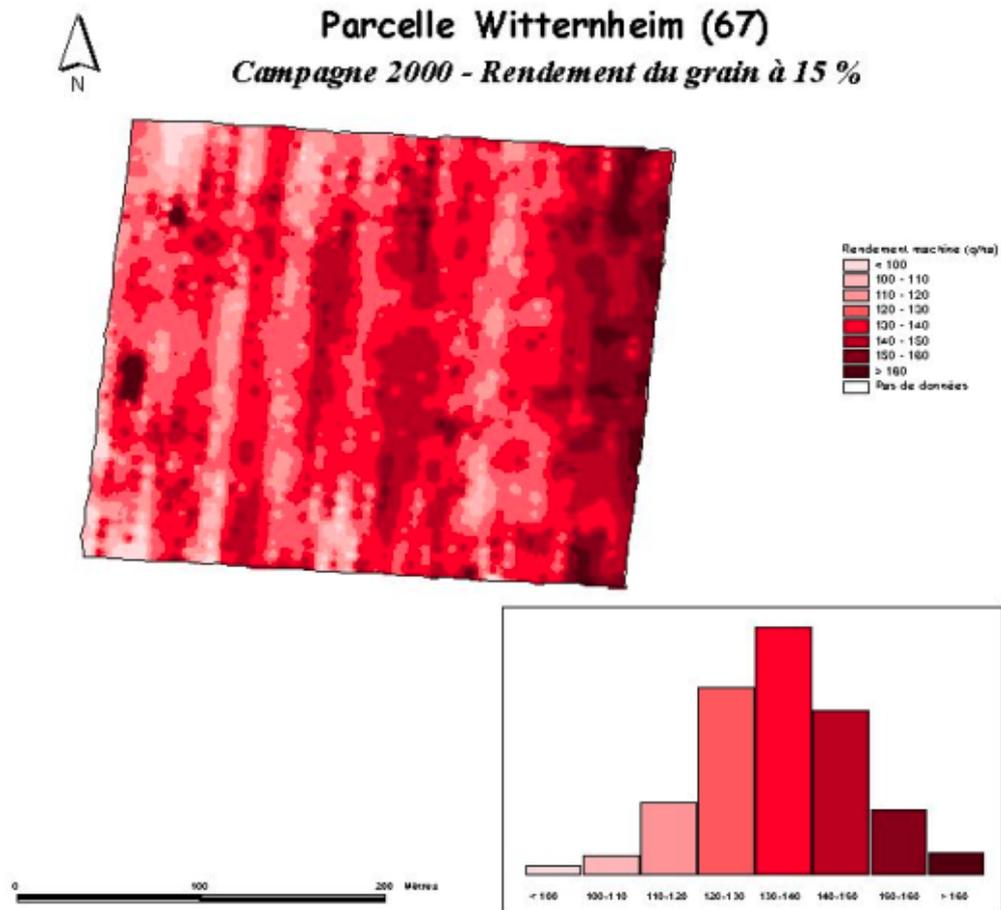
Schlag Witternheim**a) maschineller Ertrag (Mähdrusch)**

Abb. 18: Körnermaiserertrag (dt/ha bei 15% Feuchte) - Maschinenernte - Witternheim 2000

Der Ertrag der Mähdrescherernte liegt im Jahr 2000 im Mittel bei 133,6 dt/ha. Die Erträge schwanken dabei zwischen den Teilflächen von 100 bis 160 dt/ha. Das Balkendiagramm zeigt, dass der größte Teil der Ergebnisse in der Klasse 120 - 150 dt/ha liegt, mit einem Maximum bei 130 - 140 dt/ha. Die mit dem Mähdrescher erstellte Karte zeigt höhere Erträge im Osten und niedrigere im Westen (10 – 20 dt/ha Unterschied). In Nord-Süd-Richtung lässt sich außerdem eine Verteilung erkennen, die mit der Richtung der Bodenbearbeitung, der Saat und der Ernte korrespondiert. Zu bemerken ist noch, dass sich der Verankerungspunkt des Pivot-Regners in westlicher Richtung außerhalb des Untersuchungsschlages befindet. Die Streifen unterschiedlicher Erträge könnten auf die von den Regnerdüsen überstrichenen Flächen zurückzuführen sein?

b) biologischer Ertrag (Handernte auf Beprobungsflächen)

Die Erträge reichen von 89 bis 161 dt/ha bei einem Mittelwert von 130,3 dt/ha. Die Kartierung der 49 Punkte zeigt, dass der östliche Teil ertragreicher ist als der westliche Teil (15 – 30 dt/ha Unterschied), was mit der vorgenannten Feststellung bei der Mähdruschernte übereinstimmt. Auch in Nord-Südrichtung gibt es eine Ertragsdifferenzierung.

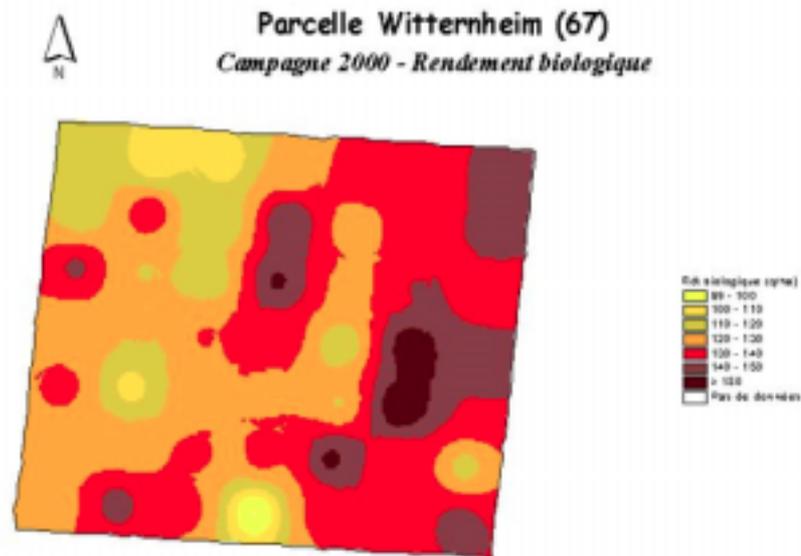


Abb. 19: Biologischer Ertrag Witternheim 2000 (dt/ha bei 15% Feuchte)

c) Bodenmächtigkeit und nutzbare Feldkapazität

Die Gründigkeit des Bodens wird bei Bodenuntersuchungen mit dem Bohrstock gemessen. In Abhängigkeit der Merkmale jedes Bodenhorizonts und mit Hilfe des Bodenartendreiecks wird der Wert für die nutzbare Feldkapazität geschätzt.

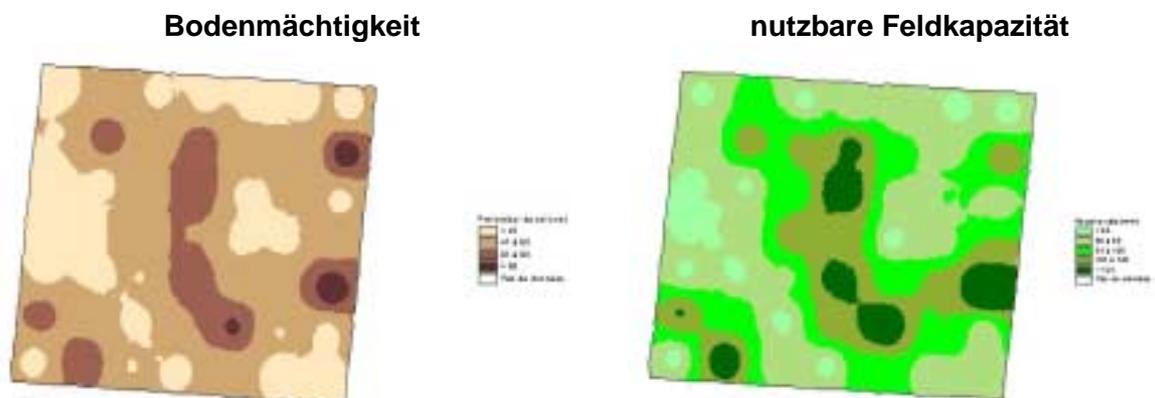


Abb. 20: Zusammenhang von Bodenmächtigkeit und nutzbarer Feldkapazität - Witternheim 2000

Vergleicht man die beiden Karten, so ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Tiefgründigkeit des Bodens und nutzbarer Feldkapazität (nFK). Dies wird auch aus der graphischen Darstellung sowie aus dem Korrelationskoeffizienten von $r^2 = 0,92$ ersichtlich.

Dagegen lässt sich zwischen dem Ertrag und der Tiefgründigkeit des Bodens bzw. der nutzbaren Feldkapazität kein engerer Zusammenhang erkennen. Dies dürfte auf den Umstand zurückzuführen sein, dass der Schlag auf den kiesigsten Teilflächen optimal berechnet wird. Die Wasserversorgung ist auf dem ganzen Schlag nicht ertragsbegrenzend und verwischt eventuell von Natur aus zu erwartende Wasserdefizite.

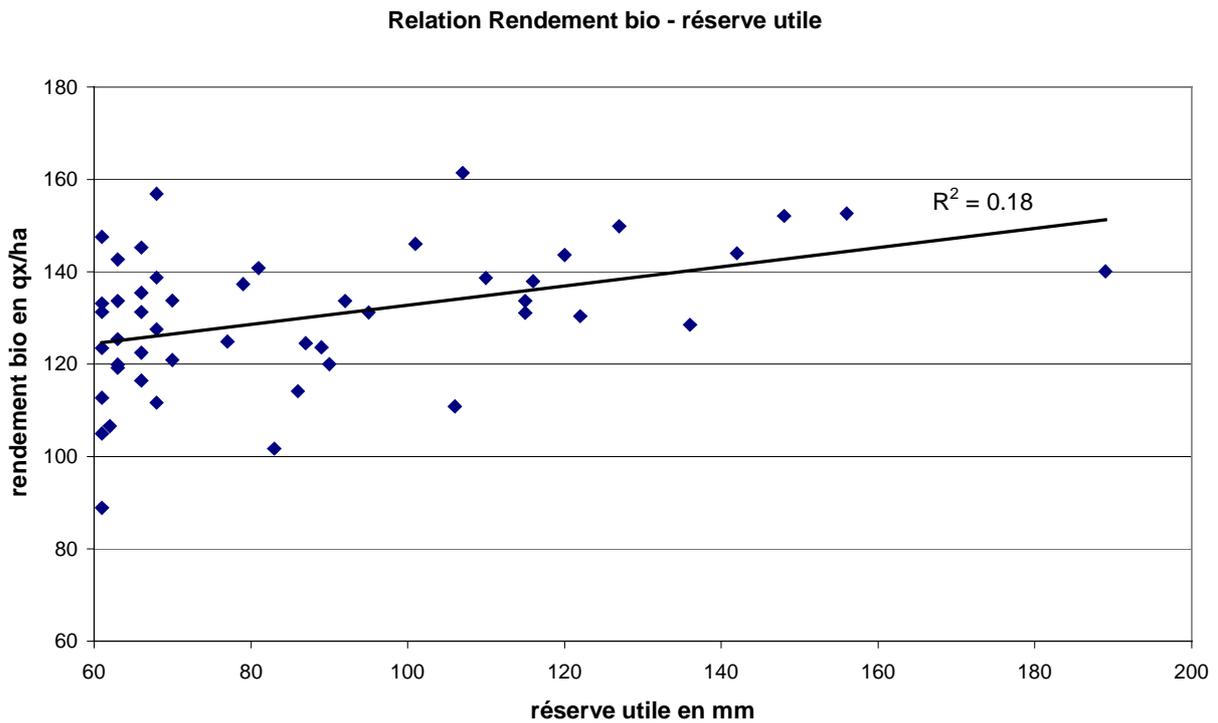


Abb. 21: Zusammenhang von biologischem Ertrag und nutzbarer Feldkapazität – Witternheim 2000

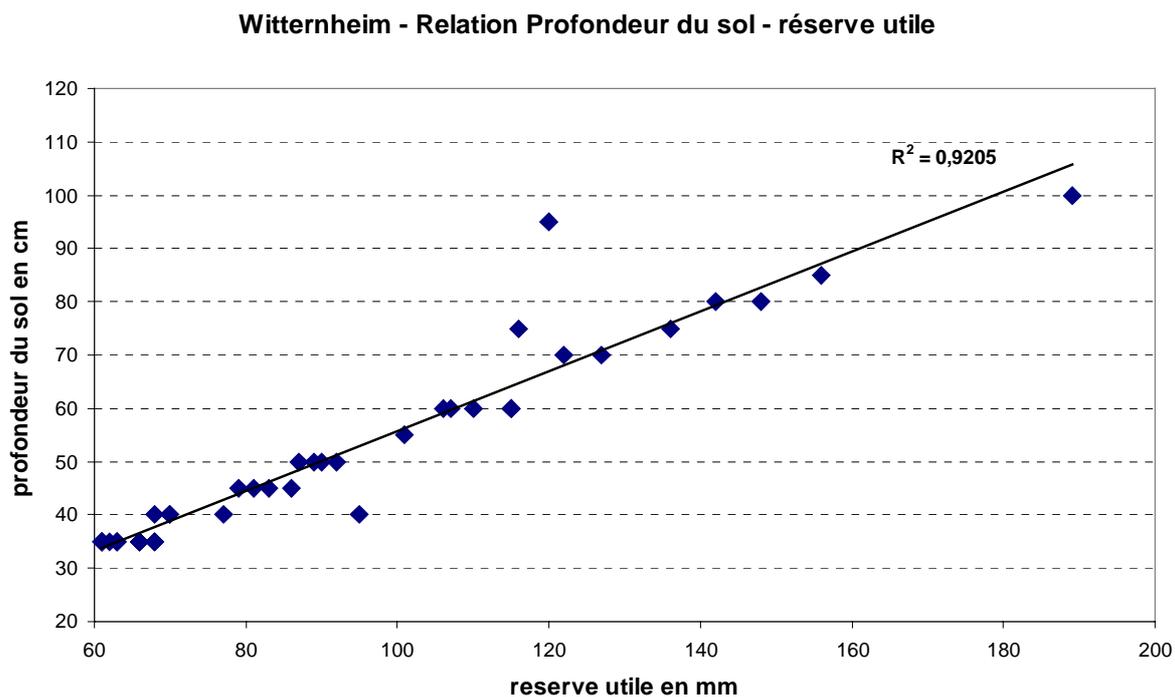


Abb. 22: Zusammenhang zwischen nutzbarer Feldkapazität und Bodenmächtigkeit - Witternheim 2000

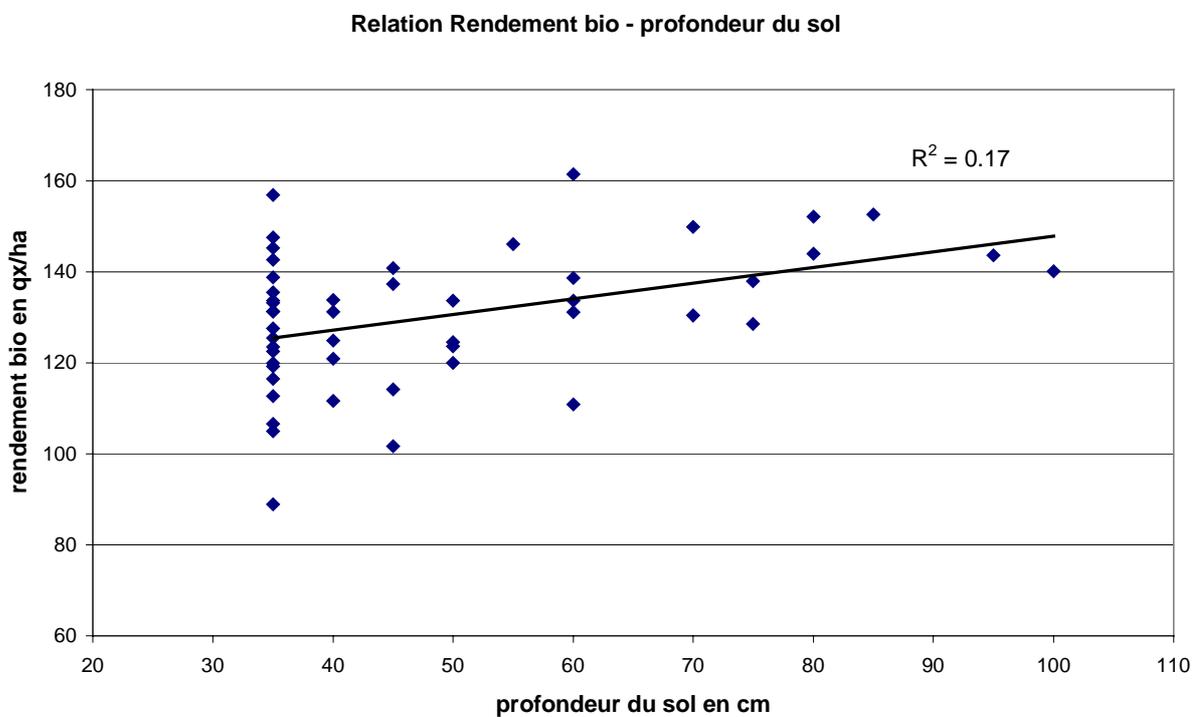


Abb. 23: Zusammenhang zwischen biologischem Ertrag und Bodenmächtigkeit – Witternheim 2000

d) Steingehalt

An der Bodenoberfläche lassen sich kiesige Zonen erkennen. In diesen Bereichen ist der Boden flachgründiger und er trocknet leichter aus. Diese Zonen wurden mit dem tragbaren GPS-Gerät des IfuL möglichst genau kartiert.

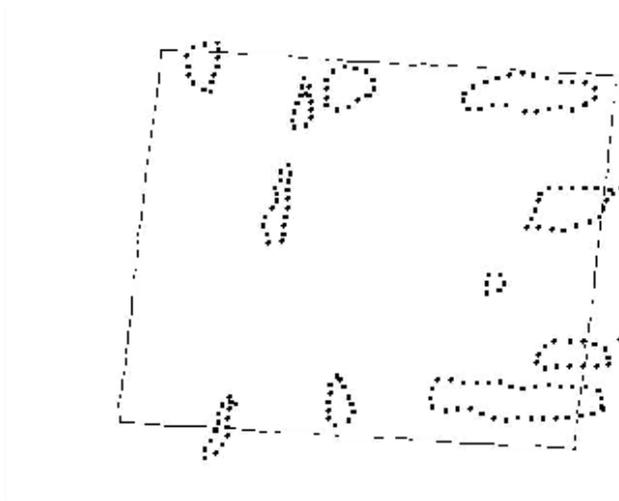


Abb. 24: Witternheim - kiesige Zonen

Vergleicht man diese Karte mit der der Bestandesdichte (s. 7.1.1.2.2 g1), so wird deutlich, dass die kiesigen Zonen mit den Bereichen der niedrigsten Bestandesdichte (mit Ausnahme der Sudost-Ecke) zusammenfallen. Dies wird in den kommenden Jahren noch zu bestätigen sein.

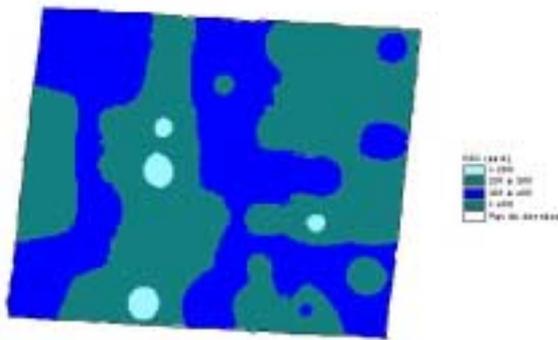
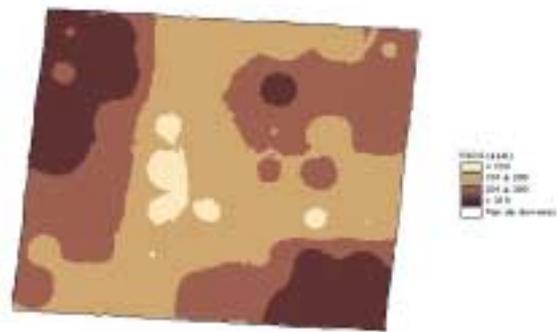
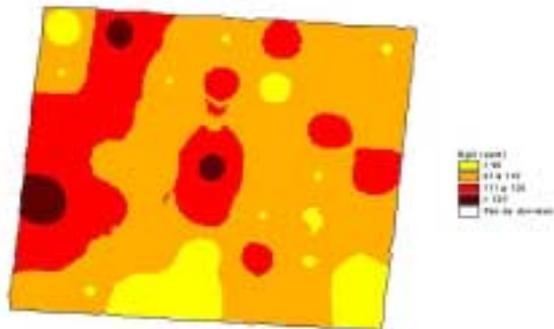
e) Chemische Untersuchung des Oberbodens

Die Kaligehalte sind laut Bodenuntersuchung mittel (170 ppm) bis hoch (bis zu 510 ppm) und können eigentlich nicht für signifikante Ertragsunterschiede ursächlich sein.

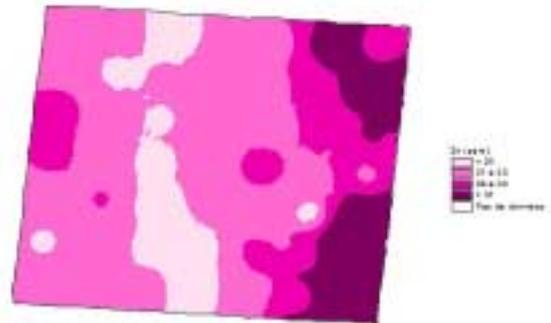
Die Phosphatgehalte sind im Mittel ebenfalls erhöht (217 ppm), weisen aber eine größere Schwankungsbreite auf (60 bis 430 ppm). Auch hier können die gemessenen Gehalte die Ertragsunterschiede nicht erklären.

Für Magnesium scheint die Kartierung einen gegenüber den Erträgen inversen Gradienten anzugeben. Die statistische Auswertung ergibt jedoch keine Korrelation zwischen diesen beiden Faktoren (r^2 nahe bei 0). Dieselbe Feststellung lässt sich beim Zinkgehalt treffen. Festzuhalten bleibt, dass die gemessenen Magnesium- und Zinkgehalte ebenso wie die Kali- und Phosphorgehalte auf dem gesamten Schlag nicht ertragsbegrenzend sind, wenn man sich an den für diesen Bodentyp gültigen Grenzwerten orientiert.

Der Humusgehalt (% OS) und der pH-Wert unterscheiden sich zwischen den einzelnen Be-
probungspunkten nicht sehr stark. Der Humusgehalt schwankt zwischen 2,4 und 4,5% bei einem Mittelwert von 3%. Der pH-Wert reicht von 6,0 bis 7,3 bei einem Mittelwert von 7,0. Bei solchen Werten gibt es keine Beeinflussung des Ertrages von Körnermais.

Kalium K_2O :Phosphor P_2O_5 :Magnesium MgO :

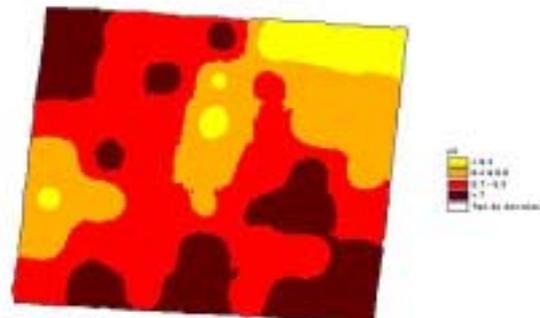
Zink Zn:



% Humus:



pH:

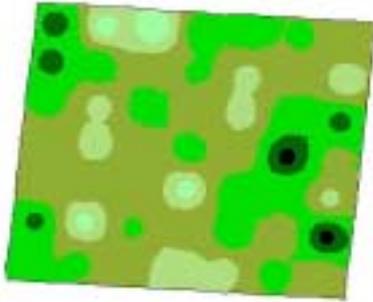
Abb. 25: Bodengehalte an K_2O , P_2O_5 , MgO , Zn, Humus und pH-Wert – Witternheim 2000

f) Die Ergebnisse des Jahres 2000

f1) Bestandesdichte (Pflanzen/ha) und Kolben/ha

Die Dichten dieser beiden Faktoren sind in den verschiedenen Beprobungsbereichen recht unterschiedlich, ohne dass dies einen direkten Einfluss auf den Ertrag zu haben scheint. Dies wird bestätigt von der statistischen Auswertung, die zwischen keinem der Faktoren und dem Ertrag einen Zusammenhang sieht ($r^2 < 0,1$). Deshalb muss die Erklärung für die Ertragsunterschiede bei den anderen Ertragsfaktoren gesucht werden.

Pflanzen / ha:



Kolben / ha:

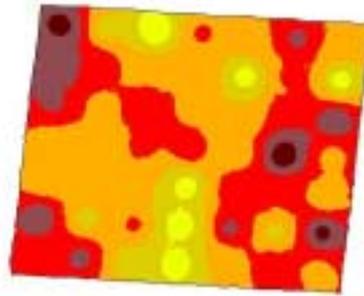


Abb. 26: Anzahl Pflanzen und Kolben je Hektar – Witternheim 2000

f2) Biomasse zum Zeitpunkt der Reife

Vergleicht man die Karten des biologischen Kornertrags (dt/ha bei 15% TS) und der Biomasse (t TS/ha), so stellt man eine gewisse Ähnlichkeit der Zonierung fest.

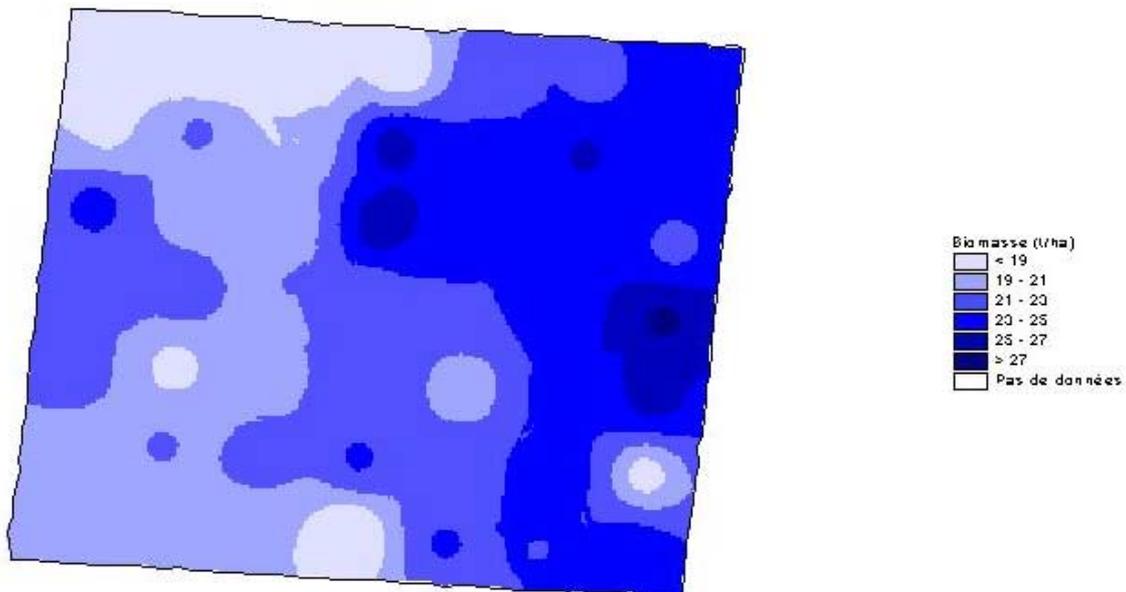


Abb. 27: Ganzpflanzenertrag (TM) von Körnermais - Witternheim 2000

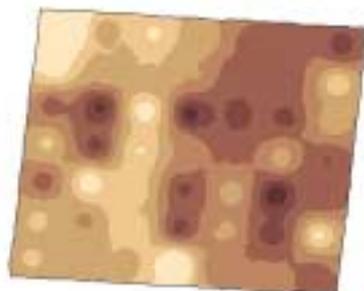
Die Graphik bestätigt eine gewisse Beziehung zwischen diesen beiden Faktoren ($r^2 = 0,62$), was ziemlich logisch ist, da der Kornertrag zu einem guten Teil (mindestens 50%) in den Trockenmasseertrag eingeht.

f3) Weitere Ertragskomponenten

Betrachtet man eine Ertragskomponente nach der anderen, so stellt man fest, dass alle mehr oder weniger mit dem endgültigen Ertrag in Beziehung stehen, was logisch ist. Die Anzahl Körner/m² ist ziemlich gut mit dem Ertrag korreliert. Dasselbe gilt für das Tausendkorngewicht (TKG). Die Multiplikation der beiden ergibt den biologischen Kornertrag. Was das TKG

angeht, so ist dies im Ostteil des Schlages am höchsten (bis zu 317 g bei der Sorte DK 312 im Jahr 2000). Im selben Bereich ist auch die Bestandesdichte, obwohl nicht mit dem Ertrag korreliert, am höchsten. Man hätte vermuten können, dass die Körner dort infolge eventueller Konkurrenz zwischen den Pflanzen kleiner sind. Dies ist nicht der Fall. Die Körner sind in diesem Teil des Schlages sehr gut gefüllt. Dies bedeutet, dass sich die Ertragskraft des östlichen Teils der Parzelle günstig auf die verschiedenen Komponenten ausgewirkt hat und die Differenzierung zwischen den Zonen voreilig war. Während der Kornfüllungsphase scheint es in keiner der Zonen Probleme gegeben zu haben.

TKG:



Körner / m²

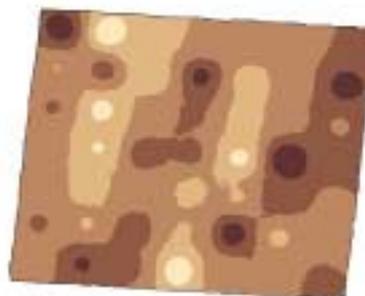


Abb. 28: Kartierung von Tausendkorngewicht und Kornzahl/m² – Witternheim 2000

f4) Die Pflanzenentzüge

Die von den Pflanzen aufgenommenen Mengen an Stickstoff, Kali, Phosphor und Magnesium wurden im September 2000 gemessen. Lediglich die Karte der Stickstoffaufnahme scheint mit der Ertragskarte korreliert zu sein. Die statistische Auswertung ergibt jedoch nur eine schwache Beziehung zwischen diesen beiden Faktoren. Für die drei anderen Nährstoffe ergibt sich kein klarer Zusammenhang mit dem Ertrag.

Stickstoffaufnahme in kg/ha (2000)

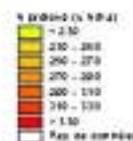
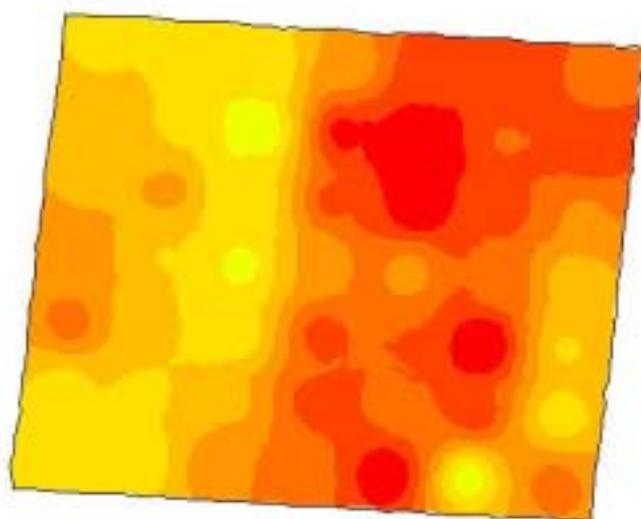


Abb. 29: Kartierung der Stickstoffaufnahme von Körnermais – Witternheim 2000

f5) Der Stickstoffernährungszustand

Von den Verfahren und Instrumenten zur Ermittlung des Stickstoffernährungszustands der Maispflanzen wurde wegen seiner einfachen Handhabbarkeit der Hydro-N-Tester ausgewählt. Dabei wird mittels einer mit photoelektrischen Zellen ausgestatteten Zange die Lichttransmission der Maisblätter gemessen. Der ermittelte Wert ist mit dem Chlorophyllgehalt der Blätter korreliert, welcher wiederum von der Stickstoffernährung der Pflanzen abhängt. Die Versuche der letzten Jahre haben gezeigt, dass eine im Zeitraum zwischen der männlichen und weiblichen Blüte durchgeführte Messung auf dem Kolbenblatt eine Aussage über einen Stickstoffüberschuss oder -mangel zulässt.

Hydro-N-Tester Mais 2000 (jeder 2. Punkt)

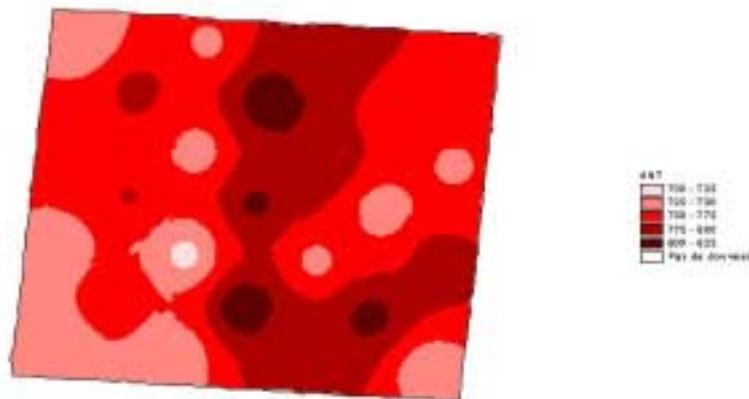


Abb. 30: Kartierung der Messergebnisse des Hydro-N-Testers – Witternheim 2000

Die Analyse zeigt keinen Zusammenhang zwischen den Messwerten des Hydro-N-Testers und den Erträgen des Jahres 2000.

f6) Blattflächenindex

Die Blattfläche korrespondiert mit der Fähigkeit der Pflanzen zur Lichtinterzeption und bedingt die Funktionsfähigkeit der Photosynthese. Je grösser die Blattfläche (der Blattflächenindex), desto höher die Ertragsfähigkeit eines Hektar Maises. Um diese Größe zu ermitteln misst man entweder die Fläche eines jeden Blattes einer Pflanzenprobe oder aber man verwendet eine indirekte Methode. Mit Picquélios, das bei schönem Wetter die Lichtinterzeption durch das Blattwerk misst, wurde letztgenanntes gewählt.

g) Erste Schlussfolgerungen zum Schlag Witternheim

Die Beobachtungen zeigen:

- Eine gute Übereinstimmung von 'Maschinenertrag' und 'biologischem Ertrag'
- Eine Korrelation zwischen dem biologischen Ertrag und der erzeugten Biomasse
- Keine deutliche Korrelation zwischen dem Ertrag und den weiteren Ertragskomponenten
- Eine gewisse Inkohärenz zwischen Stickstoffernährungszustand (Stickstoffaufnahme und N-Tester-Index) und Ertrag.

Das relativ feuchte Jahr 2000 war relativ günstig für die Vegetation. Wenn die Versuchsparzelle dann noch beregnet ist versteht man, dass diese Umstände die Auswirkungen der intraparzellären Heterogenität verwischen konnten. Nach einer Messperiode verfügen wir noch nicht über ausreichendes Datenmaterial, um die intraparzelläre Variabilität aufzuzeigen und vor allem erklären zu können.

Schlag Ebersheim

a) Ertrag der maschinellen Ernte (Mähdrusch)

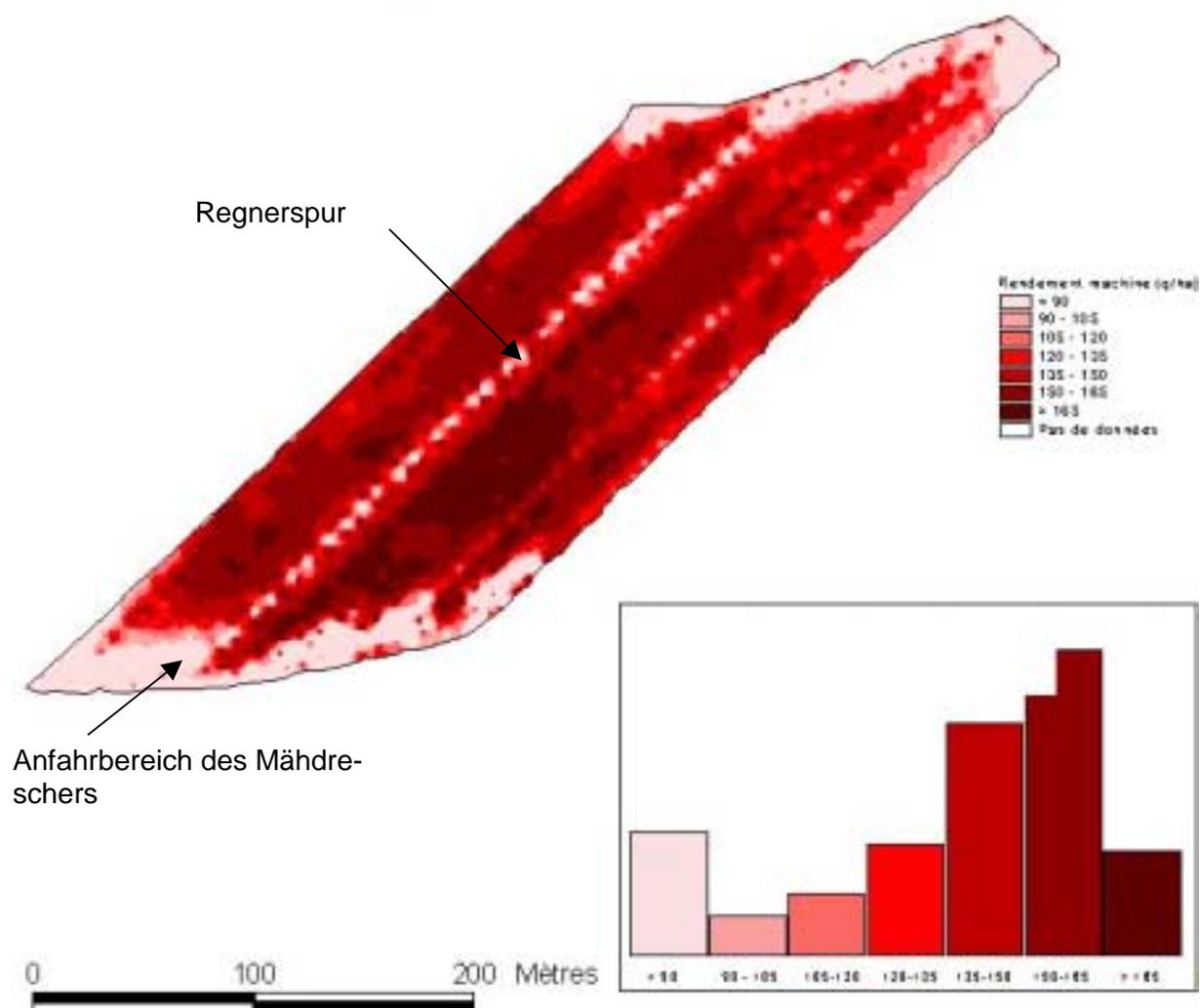


Abb. 31: Körnermaisertrag (dt/ha bei 15% Feuchte) - Maschinenernte - Ebersheim 2000

Der Ertrag des Jahres 2000 liegt im Mittel bei 126,6 dt/ha. Die Einzelergebnisse der verschiedenen Zonen reichen von 100 bis 150 dt/ha. Das Balkendiagramm der Ertragsklassen zeigt, dass die Mehrzahl der Ergebnisse über 140 dt/ha liegt und ein großer Teil davon sogar über 150 dt/ha. Die vom Mähdescher erstellte Karte zeigt Zonen niedrigen Ertrags im Norden und im Süden des Schlags. Dies kann auf die in diesen Bereichen liegenden Vorgewende zurückzuführen sein (verdichteter Boden, weniger ertragreiche Pflanzen ...), aber auch

auf die Zeit bis zur Ankunft der Körner am Sensor im Mähdrescher, was die Ergebnisse der Ertragsmessung am Anfang einer Spur verfälschen kann. Man kann auch einen in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Streifen erkennen, der der Spur des Trommelregners entspricht. In dieser Spur fehlen im Allgemeinen 2,5 m Mais. Ausserdem gibt es östlich davon einen schmälere Streifen, der möglicherweise auf die letzte Fahrspur des Mähdreschers zurückzuführen ist, bei der keine volle Arbeitsbreite mehr erfasst wird. Eine weniger ertragreiche Zone liegt auch quer zur Bearbeitungsrichtung im nördlichen Teil des Schlages.

b) biologischer Ertrag (Handernte auf Beprobungsflächen)

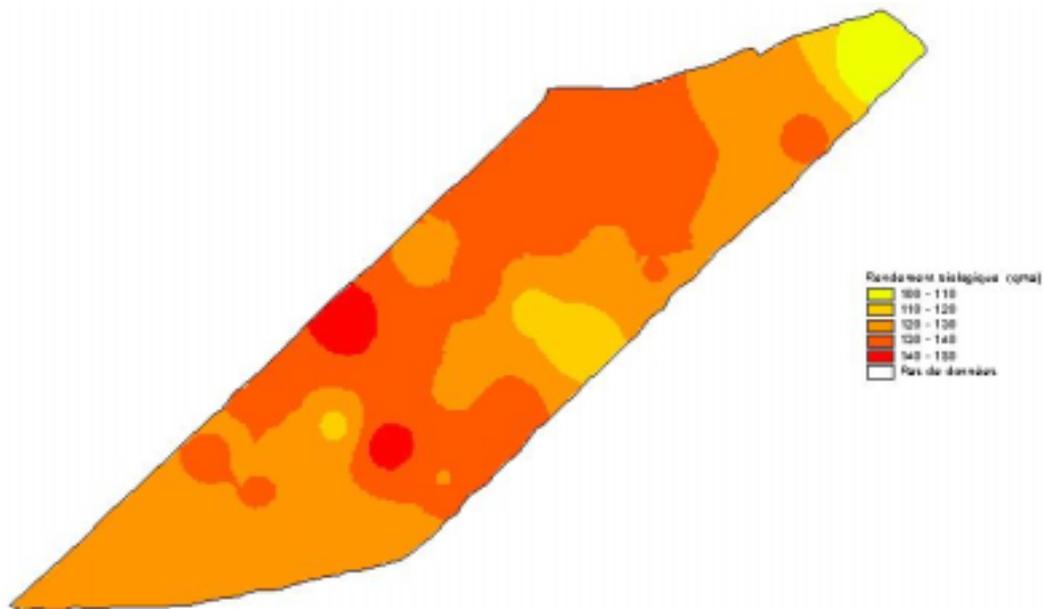
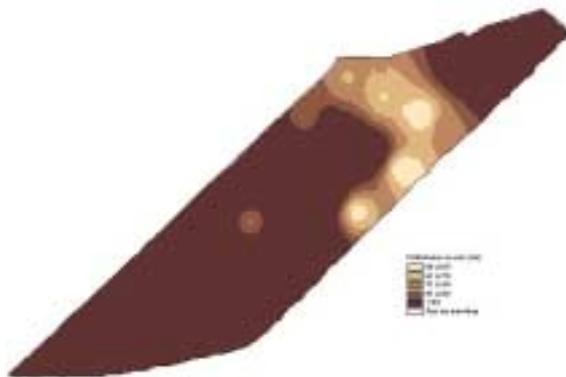


Abb. 32: Gebildeter biologischer Ertrag von Körnermais (Handernte)- Ebersheim 2000

c) Gründigkeit des Bodens und nutzbare Feldkapazität

Gründigkeit des Bodens



nutzbare Feldkapazität (mm)



Abb. 33: Kartierung von Gründigkeit und nutzbarer Feldkapazität – Ebersheim 2000

Die Betrachtung der beiden Karten lässt Ähnlichkeiten erkennen, was logisch ist, da die nutzbare Feldkapazität in Abhängigkeit von der Bodenmächtigkeit und der Bodenart der einzelnen Schichten geschätzt wird. Im oberen Bereich findet sich ein Querstreifen mit geringer Bodenmächtigkeit (< 80 cm) und geringerer nutzbarer Feldkapazität (< 120 mm), der dem Bereich geringerer Erträge der maschinellen Ertragsmessung entspricht. Die Übereinstimmung mit dem biologischen Ertrag ist, wie die folgende Abbildung sowie der Korrelationskoeffizient zeigen, weniger deutlich.

Wie in Witternheim gibt es keine enge Beziehung zwischen Ertrag und Bodenmächtigkeit oder nutzbarer Feldkapazität. Die optimale Beregnung ist vielleicht die Ursache dafür, dass eventuell vorhandene Unterschiede verdeckt werden.

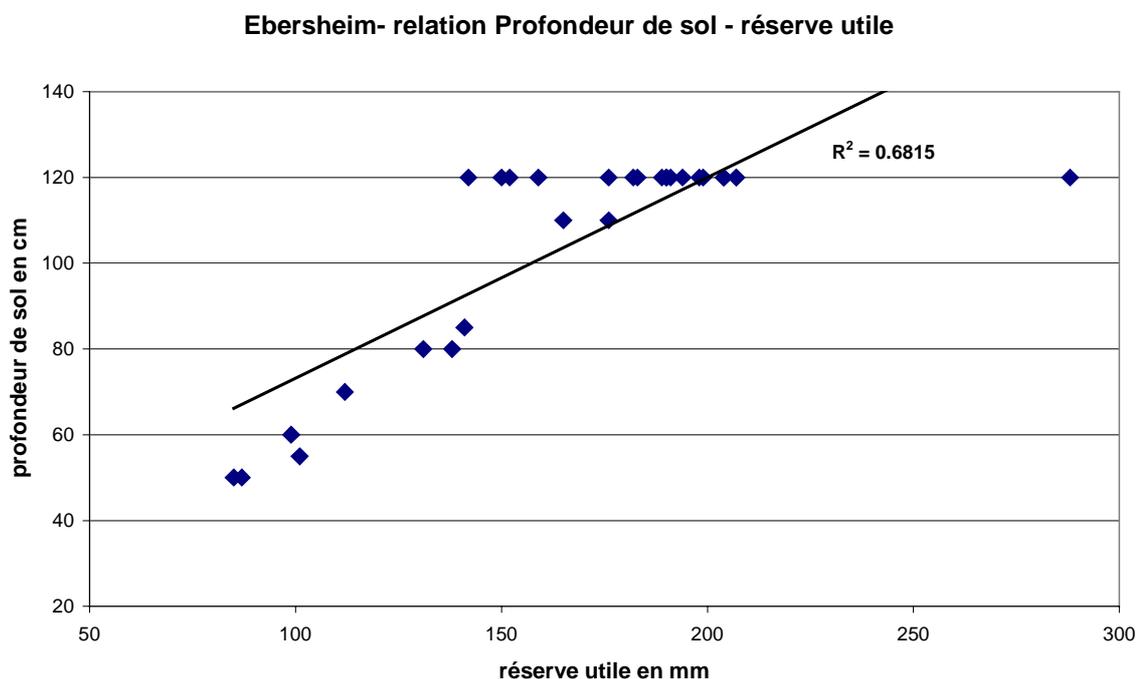


Abb. 34: Zusammenhang Bodenmächtigkeit – nutzbare Feldkapazität; Ebersheim 2000

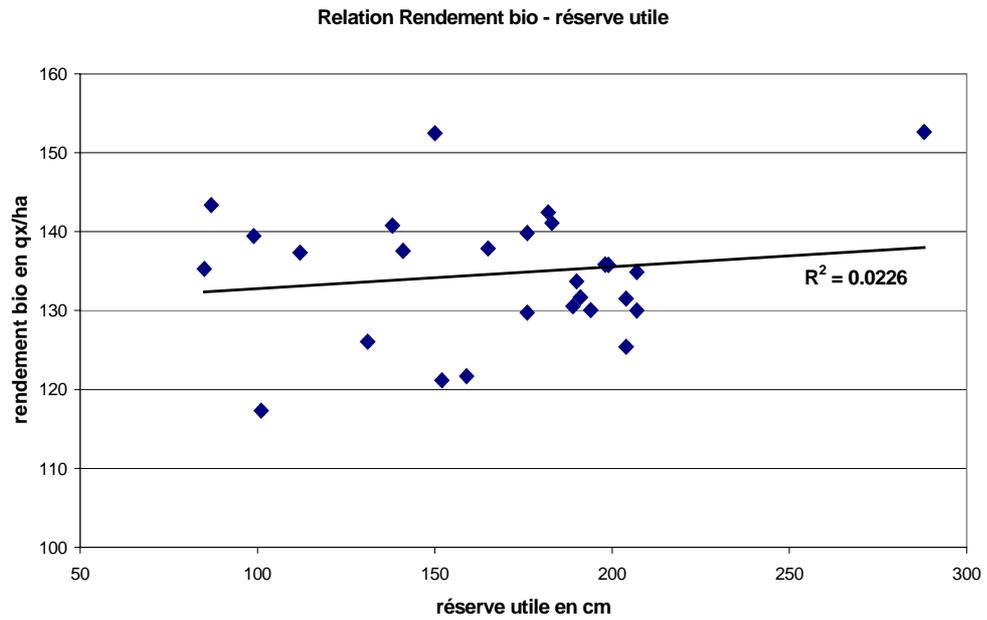


Abb. 35: Zusammenhang 'biologischer Ertrag' – nutzbare Feldkapazität; Ebersheim 2000

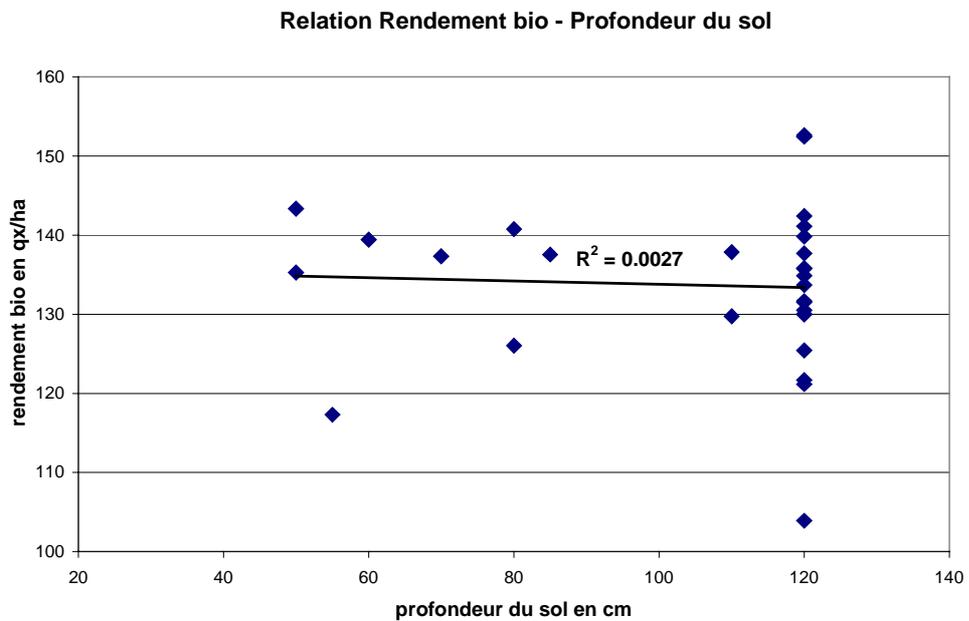


Abb. 36: Zusammenhang 'biologischer Ertrag' – Bodenmächtigkeit; Ebersheim 2000

d) Chemische Untersuchung des Oberbodens

Die bei der Bodenuntersuchung ermittelten Kaliumgehalte von durchschnittlich 182 ppm rechtfertigen bei diesem Bodentyp zu berechnetem Körnermais mit 120 dt/ha Ertragserwartung eine Kaligabe von 90 kg/ha. Die Streuung der Gehalte ist relativ gering (Standardabweichungsrest = 35 ppm). Daraus dürften sich keine signifikanten Ertragsunterschiede ergeben.

Die Phosphorgehalte sind mit einem Wert von durchschnittlich 161 ppm erhöht. Auch die Streuung ist größer (100 bis 340 ppm mit Standardabweichungsrest von 53 ppm). Aber auch hier können die festgestellten Unterschiede keine Ertragsunterschiede erklären.

Für Magnesium liegt der Mittelwert bei 76 ppm bei einem Standardabweichungsrest von 13 ppm. Bei diesen Gehalten kann der Mais keine Ertragseinbußen aufweisen. Dasselbe lässt sich bezüglich Zink sagen (8 ppm). Wie für die anderen Nährstoffe gilt auch für Magnesium und Zink, dass die Gehalte auf der gesamten Parzelle nirgends ertragsbegrenzend sind, vergleicht man sie mit den für diesen Bodentyp gültigen Grenzwerten.

Der Humusgehalt ist nach den Untersuchungsergebnissen auf dem Schlag ziemlich einheitlich: Bei einem Mittelwert von 2,0 schwankt er zwischen 1,7 und 2,7 % OS. Von daher sind keine Probleme für das gute Funktionieren von Boden und Pflanze zu erwarten. Der pH-Wert ist hingegen ziemlich unterschiedlich (5,3 bis 7,2), bei einem Mittelwert von 6,0. Die Zone mit den niedrigen Werten ($\text{pH} < 6$) ist relativ klein in einem tiefgründigeren Bereich.

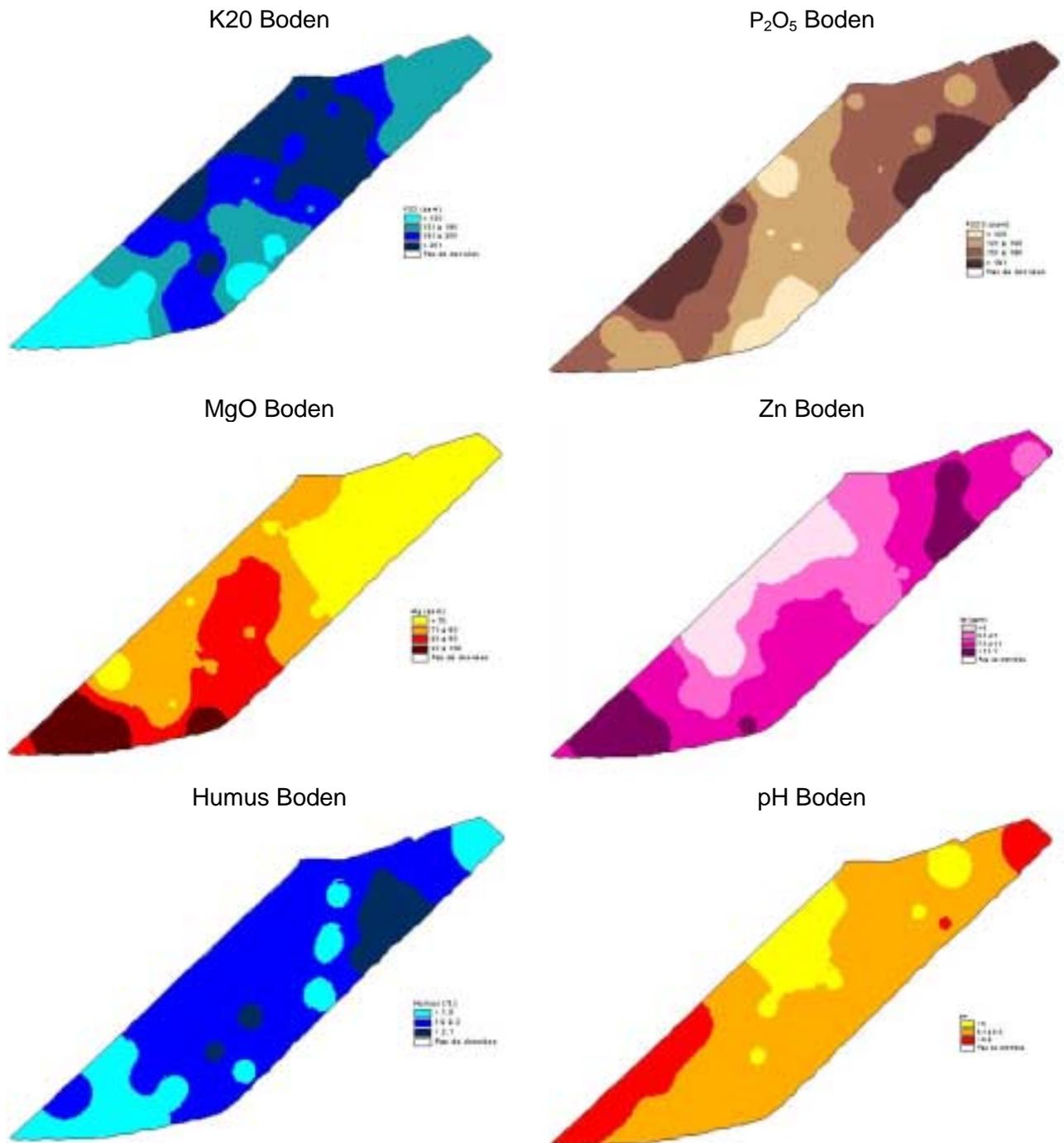


Abb. 37: Bodengehalte an K₂O, P₂O₅, MgO, Zn, Humus und pH-Wert – Ebersheim 2000

e) Die Ergebnisse des Jahres 2000

e1) Bestandesdichte (Pflanzen/ha) und Kolben/ha

Die Dichte dieser beiden Faktoren verändert sich stark zwischen den Beprobungszonen und weist einen Ost-West-Gradienten auf.

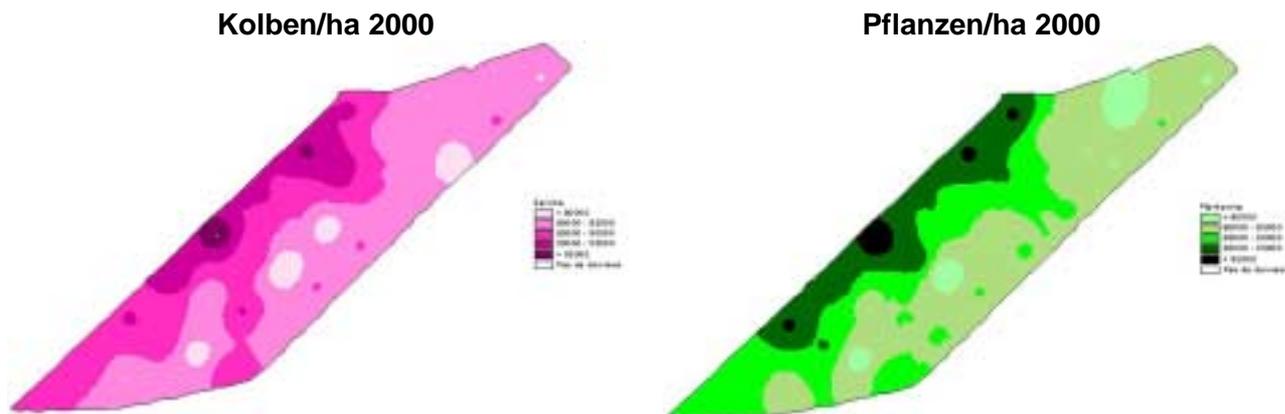


Abb. 38: Kartierung der Anzahl Kolben und Pflanzen/ha – Ebersheim 2000

Bei einer Aussaatstärke der Sorte DK 312 von 98.000 K/ha stellt man zur Ernte eine mittlere Bestandesdichte von 86.140 Pflanzen/ha fest. Die mittlere Bestandesdichte liegt damit nahe am Optimum (ca. 90.000 Pfl./ha), was auch in einem guten Ertrag zum Ausdruck kommt (126,6 dt/ha). Die Bestandesdichte ist an den verschiedenen Messbereichen jedoch sehr unterschiedlich und reicht von 74.839 bis zu 98.065 Pfl./ha. Dieselbe Feststellung lässt sich auch bezüglich der Kolbendichte machen, da im Mittel 0,99 Kolben/Pflanze festgestellt wurden. Die Minima und Maxima sind dieselben wie bei der Bestandesdichte. Daraus folgt, dass die Karten dieser beiden Komponenten praktisch identisch sind. Versucht man eine Beziehung zum berechneten biologischen Ertrag herzustellen, so findet man keinen klaren Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient von $r^2 = 0,21$ zur Bestandesdichte zeigt, dass noch andere Faktoren hinzutreten müssen, um die innerparzellären Ertragsunterschiede zu erklären. Dasselbe gilt bezüglich der Kolbenzahl/ha mit $r^2 = 0,31$. So erreicht man 130 dt/ha sowohl mit 74.839 Kolben/ha als auch mit 87.842 Kolben/ha.

e2) Biomasse bei der Reife

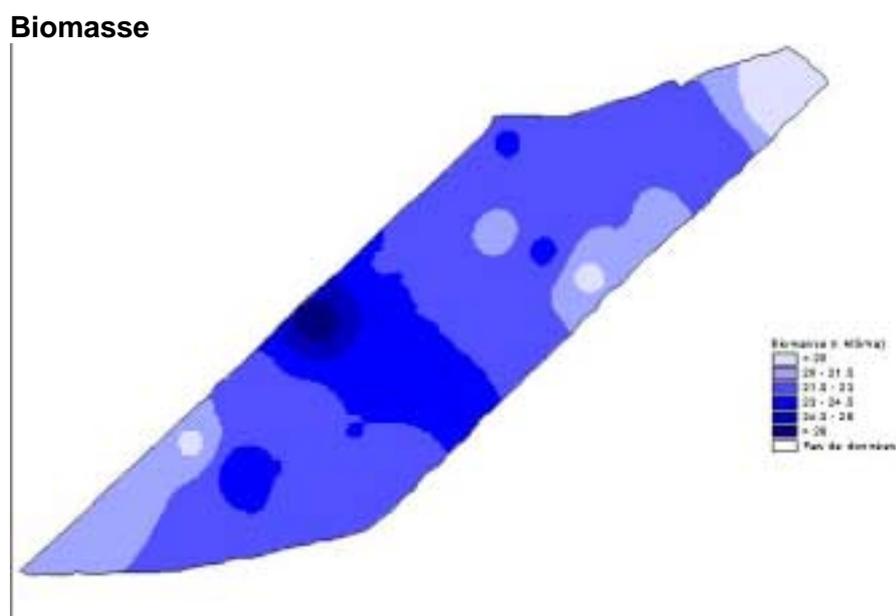


Abb. 39: Kartierung des Biomasseertrags von Körnermais – Ebersheim 2000

Es zeigt sich eine gewisse Übereinstimmung zwischen den Zonen der Körnerproduktion und der Biomasse, jedoch weniger deutlich als in Witternheim. Die Korrelation ist schwach ($r^2 = 0,29$).

e3) Weitere Ertragskomponenten

Körner/m²

TKG

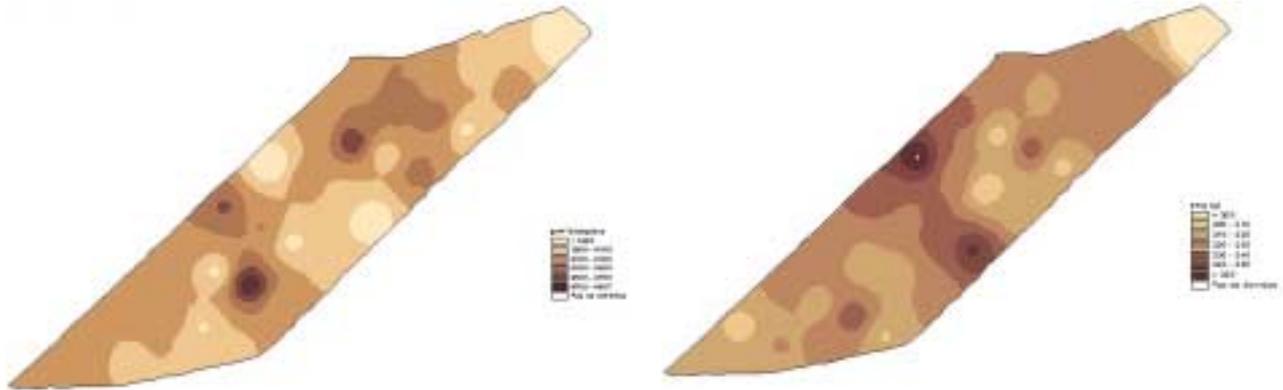


Abb. 40: Kartierung von Tausendkorngewicht und Kornzahl/m² – Ebersheim 2000

Die Beziehung zum biologischen Ertrag ist logisch, da dieser mit den Werten dieser Komponenten berechnet wird.

e4) Die Pflanzenentzüge

Die von den Pflanzen aufgenommenen Mengen an Stickstoff, Kali, Phosphor und Magnesium wurden im September 2000 gemessen.

Die Korrelationen zwischen jedem dieser Elemente und dem biologischen Ertrag sind schwach (K_2O , MgO ; $r^2 = 0,07$) oder sogar Null (P_2O_5 ; $r^2 = 0,0029$). Lediglich die Stickstoffaufnahme zeigt einen gewissen Zusammenhang mit dem Ertrag ($r^2 = 0,31$)

N -Aufnahme

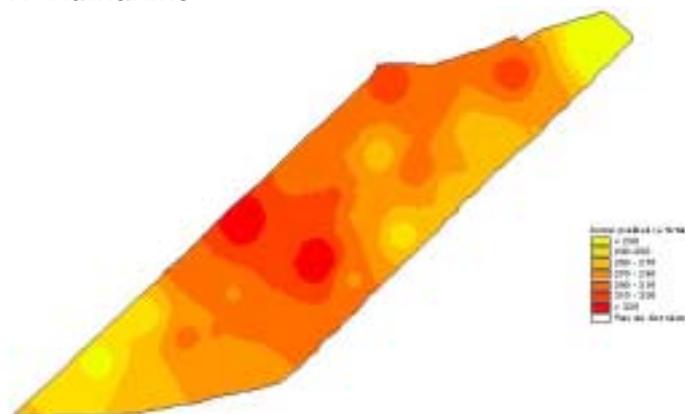


Abb. 41: Kartierung der Stickstoffaufnahme von Körnermais – Ebersheim 2000

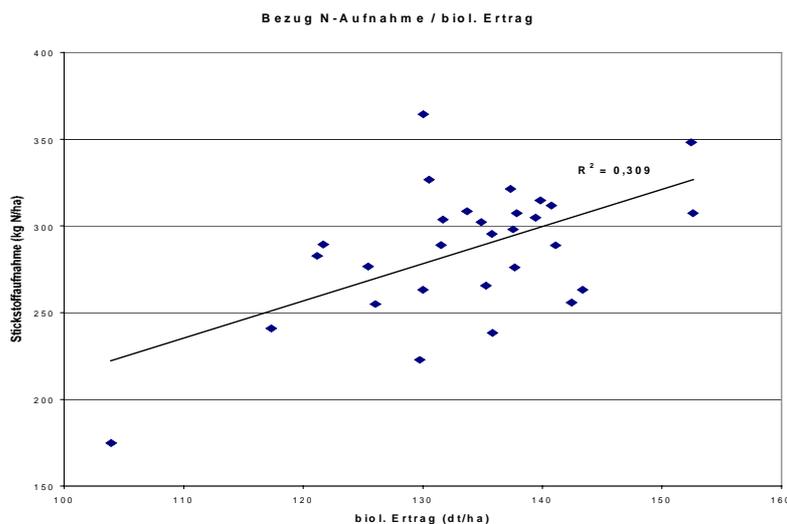


Abb. 42: Zusammenhang zwischen N-Aufnahme und biologischem Ertrag – Ebersheim 2000

Eventuell fehlen Beprobungspunkte, um eine bessere Korrelation zu erhalten, die Kartierung zeigt jedoch gut eine Ähnlichkeit zwischen Stickstoffaufnahme und biologischem oder maschinellem Ertrag.

e5) Stickstoffernährungszustand

Der N-Tester wurde im Stadium der weiblichen Blüte eingesetzt.

N-Tester Mais 2000

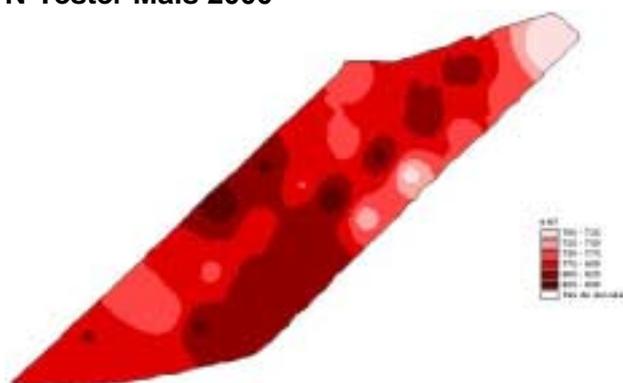


Abb. 43: Kartierung der Messergebnisse des Hydro-N-Testers – Ebersheim 2000

Die Werte liegen zwischen 696 und 850 N-Tester-Einheiten mit einem Mittelwert von 789. Die meisten Werte liegen nahe am Mittelwert, der keinen Stickstoffmangel zum Ausdruck bringt. Die Gesamtmenge der Stickstoffdüngung betrug 230 kg N/ha, was bei diesem Bodentyp für einen Zielertrag von 120 dt/ha ausreichend ist.

Auf diesem Schlag zeigt sich kein direkter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen dieser Messung und dem Ertrag.

f) Erste Schlussfolgerungen für den Schlag Ebersheim:

Die Beobachtungen zeigen:

- Eine recht gute Übereinstimmung zwischen dem 'maschinellen Ertrag' und der Kartierung der Bodenmächtigkeit sowie der nutzbaren Feldkapazität;
- Einen relativ einheitlichen Schlag, was die Streuung der Ertragsergebnisse und der chemisch-physikalischen Bodeneigenschaften angeht;
- Keine klare Korrelation zwischen dem Ertrag und den Ertragskomponenten wie der Bestandesdichte oder der Kolbenzahl/ha.
- Eine gewisse Inkohärenz zwischen der Stickstoffernährung (Stickstoffaufnahme und N-Tester-Einheiten) und dem Ertrag.

Wie in Witternheim dürfte der Umstand, dass der Schlag beregnet wurde, zu einer gewissen Verwischung der Auswirkungen der intraparzellären Heterogenität geführt haben. Auch hier verfügen wir nach erst einem Versuchsjahr noch nicht über ausreichendes Datenmaterial, um die intraparzelläre Variabilität aufzeigen und interpretieren zu können.

Erste Kommentare zu den Untersuchungen und der Interpretation der innerparzellären Variabilität der beiden im Elsass betreuten Schläge.

Dieses erste Untersuchungsjahr hat es erlaubt, sich mit dem Konzept und den Instrumenten der Präzisionslandwirtschaft in der Phase der Aufdeckung der innerparzellären Variabilität vertraut zu machen.

In diesem Zusammenhang konnten wir beproben

- die beiden Parzellen bezüglich der langjährigen, mit der Umwelt verbundenen Daten. Auszuwerten bleibt noch die Bodenkartierung der ARAA.
- die mit der Bewirtschaftungsgeschichte verknüpften stabilen Daten. Die chemischen Bodenuntersuchungen zeigen, dass die beiden Schläge insgesamt gut mit Nährstoffen versorgt sind und dass die gemessenen Werte keine Erklärungselement für Ertragsunterschiede sein können.
- die mit der aktuell angebauten Kultur verbundenen Daten des Anbaujahres. Diese sind von Natur aus einjährig und sollten den Messwerten der beiden nächsten Anbaujahre gegenübergestellt werden.

Bestimmte Messungen und Untersuchungen erscheinen unerlässlich, um die im ersten Jahr festgestellten Ertragsunterschiede erklären zu können. Genannt seien:

- Die Kartierung der Bodenleitfähigkeit, welche direkt mit der Bodentextur und der Bodenmächtigkeit verbunden ist.
- Die Interpretation des Blattflächenindex (Messungen durchgeführt, aber noch nicht ausgewertet).
- Eventuell Luft- oder Satellitenbilder von geeigneten Entwicklungsstadien der Vegetation.
- Wasserbilanz eines jeden der beiden Schläge für die einzelnen Anbaujahre.

Im Jahr 2001 wurde der Schlag Witternheim mit Körnermais, der Schlag Ebersheim hingegen mit Winterweizen bestellt.

7.1.1.3 Vergleich von Erträgen, Ertragskomponenten, Nährstoffgehalten und Bodeneigenschaften

Die folgenden Karten (Abb. 45 und 46) sind auf Basis der Rasterbeprobung erstellt worden. Die Datendichte ist daher deutlich geringer als bei den kontinuierlichen Messverfahren. Stellt man die Rasterkarten der Erträge und Schluffgehalte gegenüber, sieht man auf Schlag I 2 ebenfalls zusammenfallende Maxima und gleiche räumliche Verteilung, die sich angedeutet auch auf Schlag I 3 findet. Es wurde eine Beziehung von $r = 0,51$ errechnet.

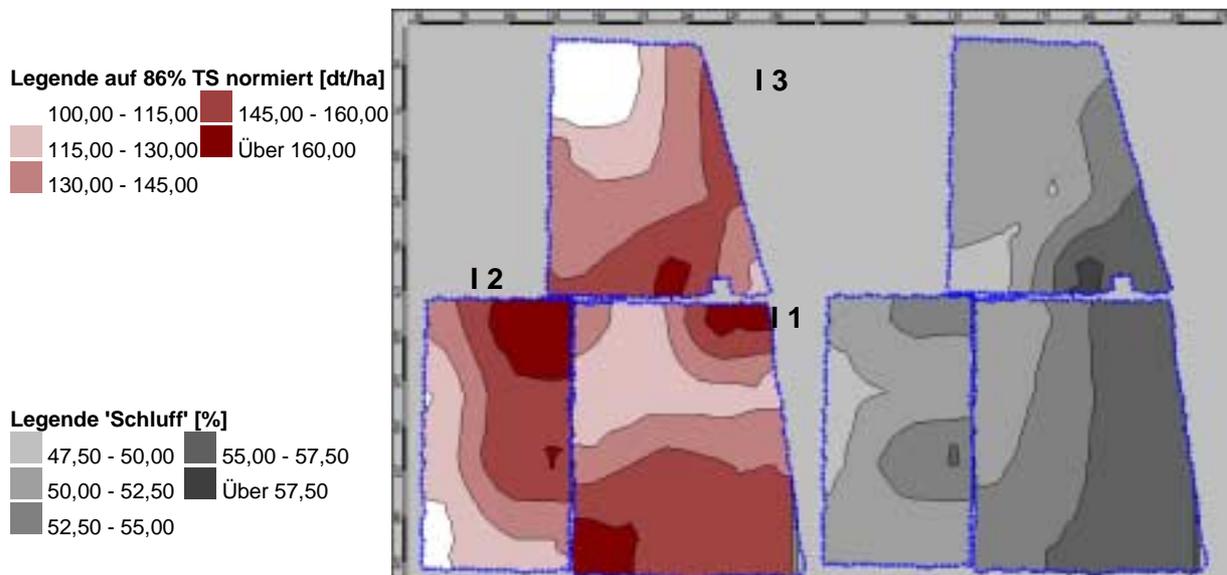


Abb. 44: Raster-Meßwertkarten: Körnermais-Erträge (86% TS, 2000), Schluffgehalte (2000) und elektr. Leitfähigkeit (2001) auf den drei Raster-Schlägen in der KSZ des WSG Weisweil.

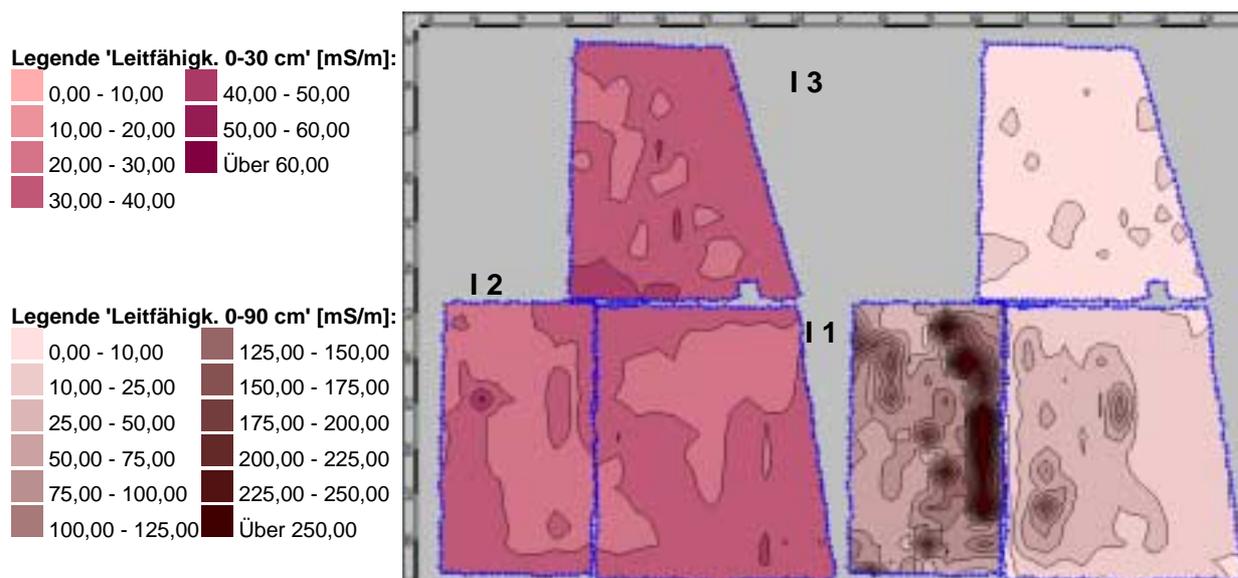


Abb. 45: Raster-Meßwertkarten der Elektr. Leitfähigkeit 0-30cm und 0-90cm in der KSZ des WSG Weisweil (2001), Legenden siehe Karten im Anhang (vorläufig).

Die Karten der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (EL) zeigen aufgrund der großen Erhebungsdichte schlagübergreifende Strukturen auf. Im Vergleich mit den Online-Ertragskarten sind wenig schlagübergreifende Strukturen zu finden. In Korrelationsrechnungen konnte keine Beziehung zwischen den Online-Erträgen und der EL nachgewiesen werden konnte.

Der Vergleich der Erhebungsdichten im Raster und Online am Beispiel der Ertragsmesskarten (Abb. 15 und 17) zeigt, dass die Informationsdichte bei 39 m Probenahmeabstand zu gering ist, obwohl die Genauigkeit des durch Handernnte gewonnenen Ertrages an einem Rasterpunkt höher ist, als an einem ‚Sensorertrags-Messpunkt‘. Damit ist die Stützung der interpolierten, d.h. in der Fläche errechneten Werte, besonders im Nahbereich des Rasterpunktes besser.

Die räumlichen Verteilungsmuster von Messwertkarten aus kontinuierlich erhobenen und im Raster erhobenen Daten sind nicht ohne weiteres vergleichbar, da Flächen mit durch wenig Messwerte gestützten interpolierten Werten (Rastermesswertkarten) mit stärker gestützten Interpolationswerten (Online-Karten) verglichen werden.

Ertrag und Ertragskomponenten zeigen sowohl schwache Korrelationen als auch räumliche Übereinstimmungen (siehe Anhang).

Bei Stickstoff sind aufgrund seiner Ertragswirksamkeit sowohl eine engere Beziehung zwischen seiner Pflanzenverfügbarkeit und den Erträgen als auch entsprechende Übereinstimmungen in ihrer räumlichen Verteilung zu erwarten. Es besteht im Vergleich zu anderen Nährstoffen eine engere Beziehung zwischen Erträgen und N-Gehalten in der Pflanze (siehe Anhang: Korrelationen). Eine schwache Beziehung besteht auch zwischen der Zahl der Kolben pro m² bzw. Kolben pro Pflanze und der N-Aufnahme in das Korn ($r = 0,45$).

Die Karten der Verteilung der anderen Grundnährstoffe im Boden 2000 (siehe Anhang) zeigen im Wesentlichen kaum Übereinstimmungen zur Ertragsverteilung oder zu Ertragskomponenten. Das wurde durch Korrelationsrechnungen (siehe Anhang) mit schwachen oder nicht vorhandenen Beziehungen bestätigt (siehe auch Haneklaus et al. 1997, Rühling 1999). Bei Kalium findet sich eine vergleichsweise höhere Beziehung zwischen dem in die Pflanze aufgenommenen Kalium und den K-Gehalten im Boden mit $r = 0,59$. Mit dem TKG ist der K-Gehalt im Korn negativ korreliert ($r = -0,81$).

7.1.1.4 Kornfeuchte beim Online-Mähdrusch

Der Abgleich der Sensormesswerte mit den Werten aus der Ofentrocknung für die Kornfeuchte ergab Folgendes (Methode siehe Kap. 6.4.2, Tab. 21):

Die Abweichung zwischen dem Sensormesswert und der gravimetrisch bestimmten Kornfeuchte betrug maximal 2,2% bzw. 2,6% bei den über den Zeitraum zwischen zwei Abtankvorgängen gemittelten Sensormesswerten für die Kornfeuchte. Der Sensorwert lag dabei höher als der gravimetrische Wert. Dies ist wahrscheinlich auf Kondensationseffekte infolge feuchten Druschgutes zurückzuführen.

Tab. 21: Vergleich der gravimetrischen Kornfeuchte mit der beim Online-Mähdrusch mit Sensor bestimmten Kornfeuchte

Schlag	Uhrzeit	Online-Feuchte [%].	Gravimetr. Feuchte [%].	Differenz Online-Feuchte zu Gravimetr. Feuchte [%]	Online-Feuchte zu Mittel [%].	Differenz Online-Feuchte Mittel zu Gravimetr. Feuchte [%]
I 2	10:56:19	30,0	29,9	- 0,1	-	-
	11:05:34	29,2	28,9	- 1,2	31,3	- 2,4
	11:18:34	31,2	29,3	- 1,9	25,2	4,1
I 3	11:35:14	23,1	21,9	- 1,2	-	-
	11:45:29	23,1	22,1	- 1,0	22,8	- 0,7
	11:59:09	23,1	21,6	- 1,5	23,1	- 1,5
I 1	12:19:10	27,0	23,7	- 0,3	-	-
	12:26:40	25,1	24,7	- 0,4	27,2	- 2,5
	12:41:50	27,0	24,8	- 2,2	27,4	- 2,6
	12:53:35	26,1	24,6	- 1,5	26,2	- 1,6
	13:01:10	25,4	24,5	- 0,9	25,7	- 1,2

7.1.2 Gemeinsame Schlussfolgerungen zur Variabilität von Boden und Pflanzeigenschaften auf den untersuchten Schlägen:

Erträge:

1. Das Maximum des im Raster erhobenen Ertrags innerhalb eines Schlages liegt in einigen Fällen nicht an gleicher Stelle wie das Online-Ertragsmaximum. Mögliche Ursachen sind die räumlich nicht genau übereinstimmenden Probenahmepunkte und die Interpolation, die die gemessenen Punkte je nach Abstand unterschiedlich wichtet. Dafür spricht der mit 10 bis ca. 40 m große Abstand zwischen den Rasterpunkten im Vergleich zum Messpunkt Abstand der Online-Ernte von wenigen Metern. Die Online-Erträge haben auf wenigstens einem Schlag in Weisweil ein über die Jahre an der gleichen Stelle wiederkehrendes Maximum.
2. Die Online-Erträge sind zwischen 7 und 23 % niedriger als die Rastererträge 2000 auf den Schlägen in Weisweil. Mögliche Ursache könnten die geringeren Kornverluste und das Herausnehmen der Werte kleiner als 5 t/ha und größer als 15 t/ha sein. Es gibt zur Zeit keinen spezifischeren Filter um stark fehlerbehaftete zu kleine oder zu große Werte zu entfernen. Auf den französischen Schlägen liegt der Parzellenertrag um 3 % niedriger (Witternheim) bzw. um 5 % höher (Ebersheim) als der Online-Ertrag. Die geringfügig niedrigeren Parzellenerträge in Witternheim erklären sich wie folgt: Die Untersuchungsfläche von ca. 5 ha ist Teil eines Schlages. Daher entfallen im Online-Mähdrusch Ertragswerte, die beim Anfahren und Wenden des Mähdreschers gemessen werden. Daher ist der kartierte Online-Ertrag in dem Ausschnitt des Schlages in Witternheim

als vergleichsweise repräsentativ zu bewerten. Möglicherweise überschätzt demnach der Online-Ertrag den Parzellenertrag Witternheim etwas.

Generell sind die Unterschiede zwischen Parzellen- und Online-Erträgen auch durch die unterschiedliche Erhebungsdichte dieser beiden Verfahren zu erklären.

Bodeneigenschaften in Beziehung zu Ertrag, Biomasse (Restpflanze) und Ertragskomponenten:

1. Die Nährstoffgehalte des Bodens variieren z.T. stark: In Weisweil sind die Flächen deutlich höher mit Phosphat und Kalium versorgt als im Elsass. In Weisweil liegen die Gehalte an Phosphat im Boden in den Versorgungsbereichen C bis E und die Versorgung mit Kalium ist innerhalb D und E einzustufen. In beiden Gebieten sind die Böden so gut mit Nährstoffen versorgt, dass die unterschiedlichen Gehalte an verfügbaren Nährstoffen im Boden wahrscheinlich nicht für die Heterogenität der Erträge verantwortlich sind. Die Nährstoffgehalte des Bodens sind zumeist nicht mit dem Ertrag, Ertragskomponenten oder den Gehalten in der Pflanze korreliert. Nutzbare Feldkapazität und Tiefgründigkeit des Bodens stehen mit den Erträgen offenbar nicht in direkter Beziehung, obwohl der Schluffgehalt eine schwach positive Korrelation zu Ertrag ($r = 0,51$) und Ertragskomponenten aufweist.
2. Die Stickstoffgehalte der Pflanze stehen mit dem Ertrag ($r = 0,65$) und Ertragskomponenten (TKG, Körner pro m^2) erwartungsgemäß in positiver Beziehung. Dies spiegelt sich in gewisser Übereinstimmung ihrer räumlichen Verteilungsmuster sowie der Lage der Maxima und Minima in den Messwertkarten wider (siehe Anhang).

Methoden der Erhebung:

Die Erhebung der Erträge per Hand mittels Parzellenernte bzw. Bodenprobenahme ist an den entsprechenden Probenahmestellen (Rasterpunkte) genauer, da die entsprechende Eigenschaft (Ertrag, Tongehalt etc.) mit geringeren Verlusten (Korn) bzw. direkt (Körnungsanalyse) gemessen wird. Durch die geringe Erhebungsdichte ist ein Vergleich der Rasterbeprobung mit den Ergebnissen der kontinuierlichen Messverfahren (Online-Ertragsmessung und Messung der Bodenleitfähigkeit) ohne Verwendung einer gleichen räumlichen Bezugsbasis, d.h. unterschiedlicher Wichtung der Messwerte in Abhängigkeit der Entfernung der Messpunkte von den Punkten eines Bezugsrasters nicht möglich.

7.1.3 Gebietsebene: Ertragskartierung und Satellitenbildauswertung

Die vergleichenden Auswertungen der aus Satellitenbildern abgeleiteten und im DGPS-gestützten Online-Verfahren gemessenen Erträge findet sich bei Bach und Rühling (2001). Aus dem Bericht bzw. aus dem GIS Weisweil wurden folgende Ergebnisse und Abbildungen entnommen:

Folgender Auszug aus dem GIS Weisweil gibt eine Übersicht der 2000 im WSG Weisweil mit DGPS-Stützung gedroschenen Erträge auf ‚Lagerfeuchte normiert‘ (Abb. 47). Es handelt sich überwiegend um Körnermaiserträge und vereinzelt um Getreide. In der Abbildung zu sehende dunkle Farben im Randbereich der Schläge stellen i.d.R. niedrige Erträge dar. Im SO-Teil des Gebietes sind demnach die Erträge im Schnitt höher ausgefallen als in der Kernsanierungszone, was mit den noch gültigen Bewirtschaftungsauflagen und entsprechenden Maßnahmen zusammenhängen kann.

Neben der intraschlagspezifischen Variabilität zeigen sich schlagübergreifende Muster der Ertragsverteilung, die standortbedingt sind. Mit der AEZ Auswertung des AVIS-Spektrometer- und des IKONOS-Bildes mit hohen Auflösungen von 5 m bzw. 4 m, haben sich ebenfalls derartige schlagübergreifende Strukturen der daraus abgeleiteten Erträge aufzeigen lassen. Mit Verfahren der Fernerkundung und Anwendung entsprechender Ertragsmodelle wurden qualitativ schon recht gute Übereinstimmungen mit den online erhobenen Erträgen erzielt.

In Abb. 48 (vgl. Kap. 4.4 u. 5.1 in Bach und Rühling 2001) sind die einzelnen Datensätze der mit der AVIS-Aufnahme erfassten Schläge und die räumlich differenzierten Ertragserfassungen (DGPS und AEZ) einander gegenübergestellt. Die Erträge sind ebenfalls auf 10 m gerastert („gepixelt“). Erst in der September-Aufnahme des AVIS sind deutliche Strukturen vorhanden, die folgerichtig auch in der AEZ-Ertragsverteilung zu erkennen sind. Auch die DGPS-Ertragsmessungen zeigen sowohl in den Rohdaten, als auch im Interpolationsergebnis dasselbe Muster. Durch die Interpolation der Punktmessungen auf das 10 m Raster wurden einige extreme Messwerte herausgeglättet, so dass die Erträge größer 130 dt/ha in der interpolierten Karte nicht mehr zu finden sind.

Der pixelweise Vergleich der beiden Ertragserfassungen zeigt bei einzelnen Schlägen eine hohe Korrelation ($r^2=0.61$ vgl. Abb. 49 oder $r^2=0.71$) zwischen beiden Datenquellen, die auf so unterschiedliche Art und Weise erhoben wurden. Dies ist umso eindrucksvoller, wenn man bedenkt, dass die Beobachtungen des AVIS 5 Wochen vor der Ernte erfolgten und somit der Ertrag bereits ca. 4 Wochen vor dem Erntetermin prognostiziert werden könnte. Ca. 40 % der Varianz zwischen Online-Ertrag und AEZ-modellierten Erträgen können bei der Verrechnung aller verrechneter Schläge (35) durch die Fernerkundung erklärt werden.

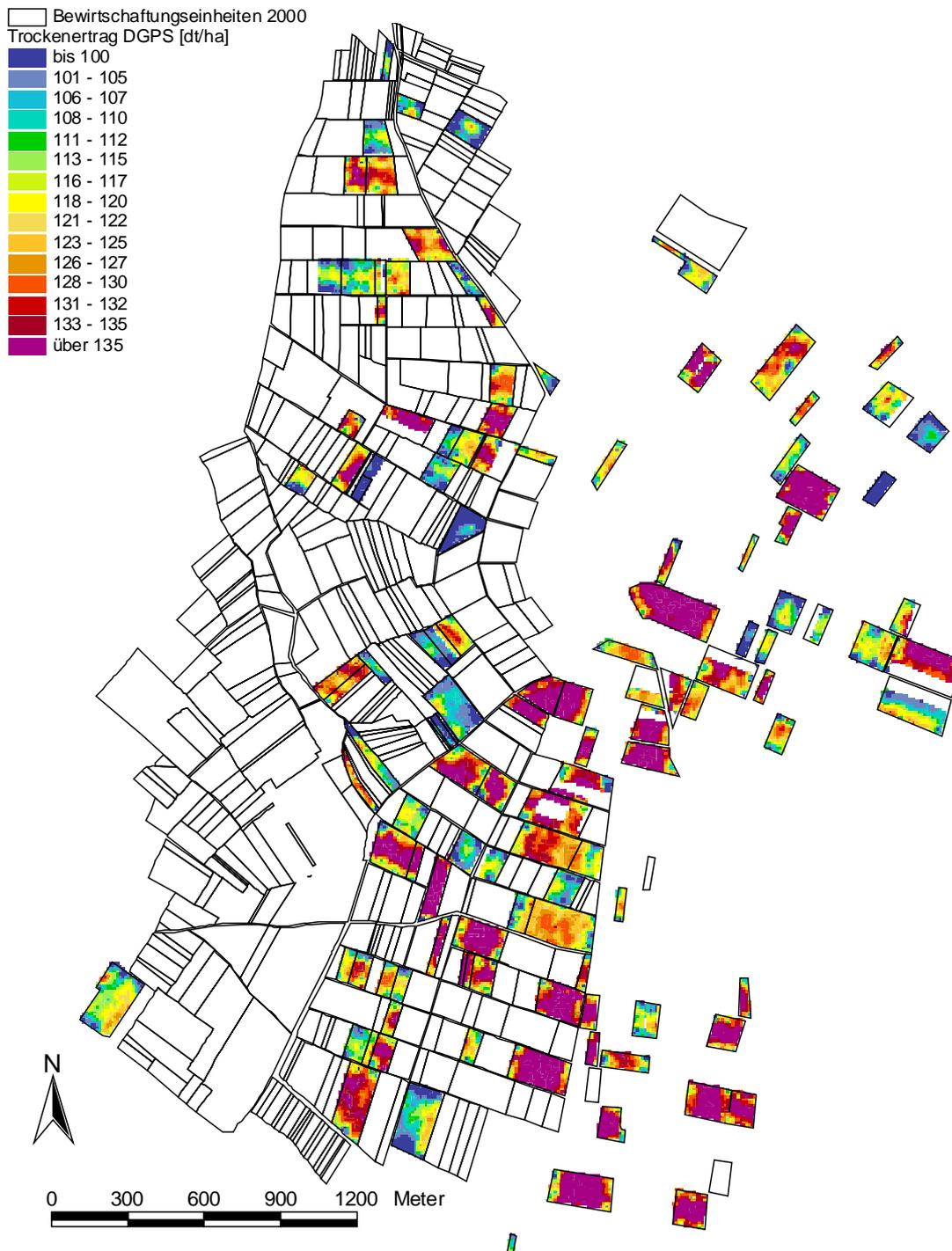


Abb. 46: Online-Erträge (86% TS normiert) im WSG Weisweil 2000 (Bach⁸ und Rühling 2001).

⁸ aus dem GIS Weisweil der Fa. Vista (2001)

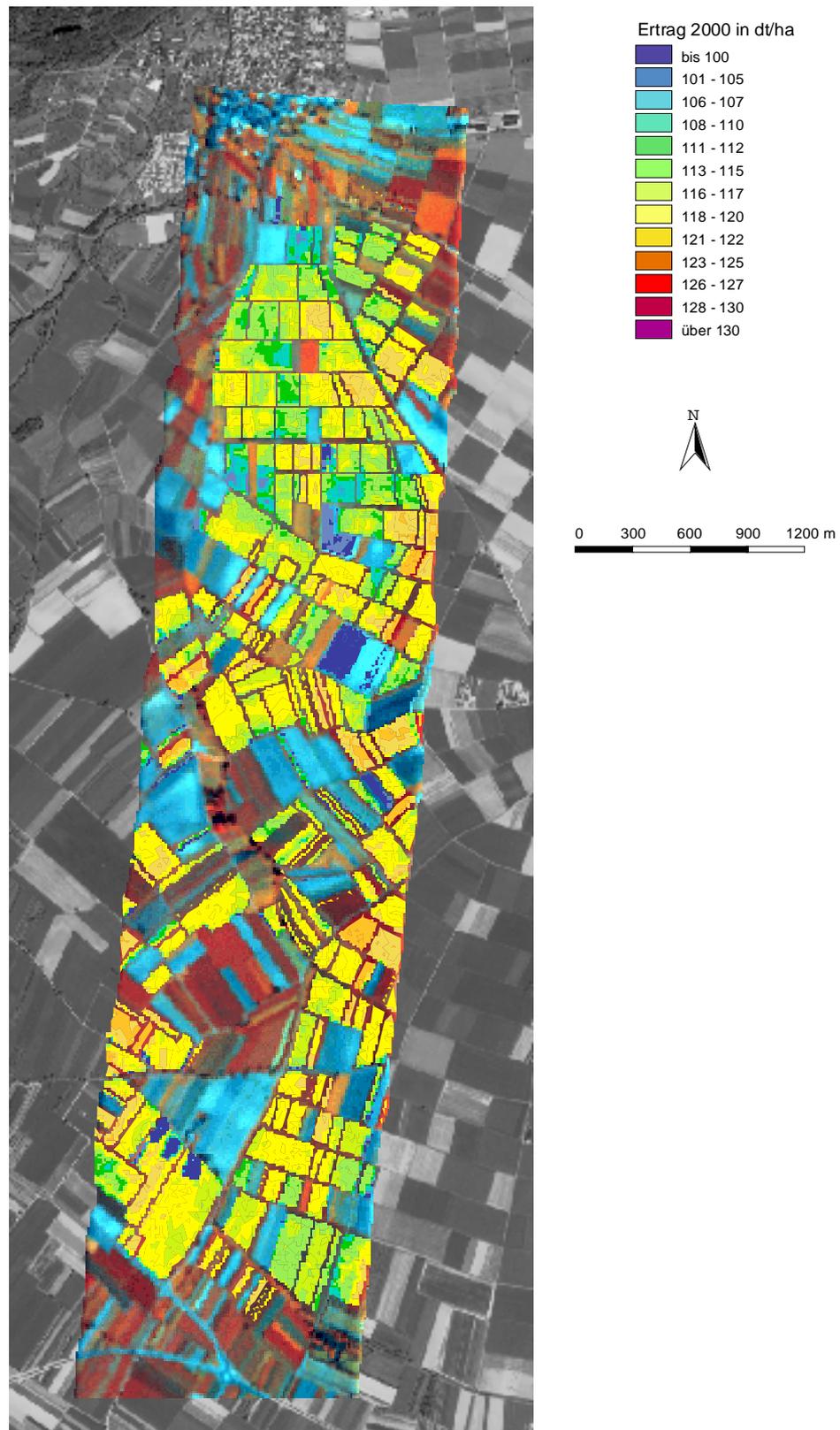


Abb. 47: Modellierter Kornenertrag der Maisfelder des WSG-Weisweil unter Verwendung des AEZ-Verfahrens und der IKONOS (12.8.2000) und AVIS-Daten (8.9.2000)

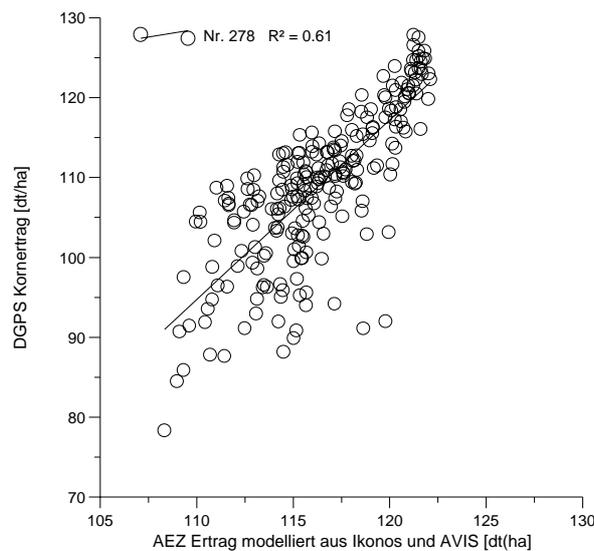


Abb. 48: Vergleich der Eingangsdaten und Ertrags-Ergebnisse exemplarisch für einen Schlag; die DGPS gestützte Ernte erfolgte Mitte Oktober.

7.2 Nutzung der Lohnunternehmerleistungen und Einschätzung des Systems durch Landwirte

7.2.1 Südbaden

Der Systemeinsatz durch den Lohnunternehmer im Gebiet Weisweil hat bisher folgendes aufgezeigt:

GPS-gestützte Ertragsmessungen sind ein wichtiges Instrument zur Ermittlung der Ertragsvariabilität und mehrjährig auch des Ertrags- oder Standortpotentials.

Die Programme und das System zur Ertragskartierung befinden sich in ständiger Entwicklung. Daher ergeben sich im praktischen Einsatz immer wieder Komplikationen, die sich bei der Systementwicklung möglicherweise noch nicht offenbarten. Zudem hat sich in Gesprächen mit den Systemanbietern gezeigt, dass offenbar bisher wenig wirtschaftlicher Anreiz besteht, die Entwicklung von Software (Datenbankstruktur, Menüführung und Datenverarbeitungstransparenz), Hardware und die Abstimmung von ACT mit dem Bordrechner für die Nutzung in kleinräumig strukturierten Gebieten anzupassen.

Ein zentrales Problem bei der Auftragsbearbeitung und dem Datenbankmanagement ist es, die lediglich mit laufender Nummer je Bewirtschafter versehenen Aufträge den entsprechenden Flurstücken zuzuordnen. Diese laufenden Nummern sind kein eindeutiges Identifikationsmerkmal, da sie leicht veränderbar sind und neu vergeben werden können. Für die Integration in das GIS (Agromap Professional bzw. ArcView) und eine eindeutige Zuordnung der Schläge zu den entsprechenden Flurstücken ist es nötig, den entsprechenden Auftrag mit Rohdaten der Flurstücksnummer (Lagebuchnummer) zuzuordnen. Von Seiten des Lohnunternehmers wurde dies bisher nicht als erforderlich angesehen, weder zur Identifikation des

Schlages vor Ort, noch zur Nachbereitung in der Software zur Messwertkartenerstellung (Agromap Basic). Bei der Auswertung der Ertragsdaten durch einen dritten Dienstleister ist zu empfehlen, die Flurstücksnummern als reproduzierbare Ortskenngröße den Bewirtschaftern zuzuordnen.

Beim bisher praktizierten Online-Mähdrusch haben sich auf französischer wie auf deutscher Seite bei der Kooperation mit den Lohnunternehmern einige Punkte als schwierig zu handhaben erwiesen. Beispielsweise war unter Zeitdruck nicht gesichert, dass das System der Ertragsmessung (Sensoren) entsprechend den unterschiedlichen Eigenschaften des Druschgutes nachkalibriert bzw. Korrekturfaktoren abgerufen werden. Die Volumengewichte des Korns können sich zu unterschiedlichen Tageszeiten, je nach Feuchtegehalt, Sorte und Fruchtart verändern. Auf französischer Seite hat man sich aufgrund der komplizierten Zusammenarbeit mit dem Lohnunternehmer für eine Fortführung der Felduntersuchungen mit einem Zusammenschluss von Landwirten entschieden, die bereits in Präzisionslandwirtschaft-geeignete Maschinen investiert haben und geeignete Flächen bearbeiten.

Durch die kleinräumige Struktur des Gebietes und der Aufteilung der Flurstücke unter verschiedenen Bewirtschaftern sowie z.T. jährlichem Flächentausch ist die Arbeit des Lohnunternehmers im Gebiet sehr erschwert und mit einem nahezu nicht zu bewältigendem zusätzlichen Arbeitsaufwand insbesondere zu den Erntezeiten (speziell Körnermais) verbunden. Der mit der Datenerhebung allein für die Ertragserhebung und -kartierung einhergehende Zusatzaufwand der Datenverarbeitung ist mit einer Arbeitskraft nicht zufriedenstellend zu bewältigen.

Die Landwirte fragen Ertragskartierung und teilflächenspezifische Düngung nicht nach, nehmen sie aber teilweise an, wenn ihnen dadurch keine zusätzlichen Kosten entstehen. Die Ertragskarten liefern ihnen Zusatzinformationen, deren betriebswirtschaftlicher Nutzen ihnen jedoch nicht ersichtlich ist. Sie sind nicht bereit, die Kosten für Ertragserhebung und -kartierung von ca. 10 €/ha zu übernehmen. Bei entsprechender Beratung zu Düngung und Aussaat, die auf Nährstoff- und Ertragskartierung mit zentraler Datenauswertung basieren würde, ist aber bereits vereinzelt die Bereitschaft gegeben, auch 15 €/ha für die Beratungs- und Probenahmeleistung zu zahlen.

Aus den genannten Gründen besteht seitens des deutschen Lohnunternehmers derzeit kein Interesse, weiter in diese Technik zu investieren. Bis 2000 hatte er noch für Interessenten Drusch und Ertragskartierung durchgeführt. Die bisherigen Erfahrungen führten dazu, dass er 2001 nunmehr nur noch auf eigenen Flächen eine DGPS-gestützte Ertragserhebung für die eigene Ertragskartierung auf ca. 50 ha durchführt. Die Datenerhebung dazu wurde Ende November 2001 abgeschlossen.

Da hier keine repräsentative Befragung zur Frage ‚GPS – ein Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in kleinstrukturierten Ackerbauregionen‘ mit dem von Schreiber 2000 entwickelten Fragebogen durchgeführt wurde, werden im Folgenden die Aussagen von Landwirten im Gebiet Weisweil mit den in der genannten Arbeit in der Region Baden gewonnenen Erkenntnissen verglichen. Obwohl der ökonomische Nutzen von den meisten zwischen 20 und 40 €/ha eingeschätzt wurde, war die Hälfte der Landwirte bereit, nur zwischen 10 und 20 €/ha für die Durchführung einer teilflächenspezifischen Landbewirtschaftung zu zahlen. Für teilflächenspezifische Düngung und Aussaat war über die Hälfte bereit 5 bis 10 €/ha zu zahlen (Schreiber 2000). Allerdings wird allein eine teilflächenspezifische Düngung mit

25 €/ha ohne Personalkosten und die Ertragskartierung mit 10 €/ha angesetzt (Ostheim 2000). Es zeigt sich also eine Diskrepanz zwischen Einschätzung der Wirtschaftlichkeit und entsprechender Zahlungsbereitschaft. Dieses scheint sich nach Bewertung der Aussagen von Landwirten im Gebiet Weisweil zu bestätigen. Auch die Entscheidung des Lohnunternehmers im Jahr 2001 im Gebiet Weisweil keine Ertragskartierung mehr anzubieten bzw. den DGPS-gestützten Mähdrusch durchzuführen, mag darauf basieren. In Zukunft können hier durch mehr Information über Kosten und Nutzen des Systemeinsatzes und entsprechende Zahlungsbereitschaft sicher Verbesserungen erzielt werden.

7.2.2 Elsass

Das Vorhaben sah ursprünglich eine Befragung von Landwirten zum Themenkomplex des Nutzens und der Praktikabilität von Präzisionslandwirtschaft in der Rheinebene vor. Die Realität vor Ort hat aber gezeigt, dass sich erst wenige Pioniere mit GPS-Technik ausgestattet haben und dass die Mehrheit der Landwirte nur sehr bescheidene Kenntnisse zu diesem Thema hatte. Es wurde deshalb entschieden, diese Befragung auf später zu verschieben und statt dessen erst einmal im Rahmen von Besichtigungen und produktionstechnischen Veranstaltungen über das Thema zu informieren.

7.3 Voraussetzungen für die Kooperation von Bewirtschaftern und Lohnunternehmern

7.3.1 Rechtliche Voraussetzungen

Zur Frage nach den Eigentumsrechten an den geocodiert erhobenen Daten gilt folgendes: Es sind personenbezogene Daten im Sinne von §3 Abs.1 Bundes- und Landesdatenschutzgesetz (Nödl 2000):

Die Grundlage dafür ist die Tatsache, dass die von den oder über die landwirtschaftlichen Flächen erhobenen Daten und Angaben unmittelbar auf die betroffenen Landwirte zu beziehen sind. Damit sind es Einzelangaben über sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbar Person.

Die Lohnunternehmer müssen sich am Bundesdatenschutzgesetz messen lassen, sofern sie als nicht öffentliche Stelle Daten geschäftsmäßig, für berufliche oder gewerbliche Zwecke verarbeiten oder nutzen, und es sich nicht um interne Handakten im Sinne von §1 Abs.3 Nr.3 Bundesdatenschutzgesetz handelt.

Diese Verarbeitung personenbezogener Daten und ihre Nutzung ist nur zulässig, wenn sie gesetzlich erlaubt ist (trifft hier nicht zu) oder der Betroffene eingewilligt hat.

Der Landwirt hat als Betroffener zudem ein Recht auf Auskunft über die zu seiner Person gespeicherten Daten. Unter bestimmten Voraussetzungen kann er ihre Berichtigung, Sperrung oder Löschung verlangen.

Das Speichern, Verändern, Übermitteln und Nutzen der Daten für die Erfüllung der eigenen Geschäftszwecke ist dem Lohnunternehmer gemäss §28 Abs.1 Nr.1 Bundesdatenschutzgesetz im Rahmen der Zweckbestimmung des Vertragsverhältnisses mit dem Landwirt zulässig.

Dies ist z.B. für Folgeaufträge bedeutsam, bei denen auf die früher erhobenen Daten zur Bodenbonität zugegriffen werden soll.

7.3.2 Vertragliche Regelung

Sofern betriebsfremde Personen geocodierte Daten erfassen oder nutzen, sollte der Umgang mit den Daten vertraglich geregelt werden. Lohnunternehmerverträge sind dementsprechend zu ergänzen:

1. Klärung, zu welchem Zweck die Daten genutzt werden können und sollen;
2. Ausgrenzung der Verarbeitung von Daten, die im Rahmen der Erfüllung eigener Geschäftszwecke für die Lohnunternehmer nach §28 Abs.1 Nr.1 Bundesdatenschutzgesetz ohnehin zulässig ist;
3. Bestimmung des Zweckes des Vertragsverhältnisses zwischen dem Landwirt und Lohnunternehmer und genaue Beschreibung im Lohnunternehmervertrag; Ggf. sollte die entsprechende Datennutzung in dem Vertrag unter Bezugnahme auf diese Zweckbestimmung dem Lohnunternehmer ausdrücklich erlaubt werden;
4. Klärung, welche darüber hinausgehende Datenverarbeitung erfolgen sollte. Dies soll für Laien verständlich umschrieben und verbunden mit der Einwilligung zur Weiterverarbeitung in den Vertrag eingestellt werden;
5. Regelung, unter welchen genauen Voraussetzungen der Landwirt beim Lohnunternehmer eine Berichtigung, Sperrung oder Löschung der Daten gemäß §§20 und 35 Bundesdatenschutzgesetz sowie §§18 bis 20 Landesdatenschutzgesetz verlangen kann.

Lohnunternehmen gehen einer gewerblichen Tätigkeit nach. Die Kooperation (das Auftragsverhältnis) mit Landwirten ist demnach auch steuerlich eine gewerbliche.

7.4 Praxiserfahrungen in weiteren Projekten

Die landwirtschaftliche Fachpresse berichtet von Erfahrungen in weiteren Projekten zu verschiedenen Anwendungen von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft bzw. Vorstufen dazu. Davon seien wesentliche Aussagen von fünf Beispielen stellvertretend erwähnt.

Beispiel 1: 'Virtuelle Flurbereinigung'

Ettleben bei Schweinfurt (BY): 14 Landwirte, 625 ha und 556 Flurstücke.

Virtuelle Flurbereinigung mit 11 Landwirten und freiwilligem Flächentausch auf 313 ha in knapp einem Jahr 1999/2000. Erhöhung der durchschnittlichen Flächengröße von 1,68 auf 6,1 Hektar. Einsparungen von mindestens 25 und bis zu 100 €/ha und Jahr. Kosten 25 €/ha ohne Wegebau. Infolgedessen Vermeidung zahlreicher Probleme in den Bereichen dörflicher Verkehrsbelastung, Geruchsbelästigung der Bürger durch Gülle und Wasserschutz. Eingesetztes GIS-System: 'MultiPlant GEO'. (BLW 9 v. 03.03.2001; dlz 4/2001).

Beispiel 2: 'Gewannebewirtschaftung'

Riedhausen, Landkreis Ravensburg (B-W): 15 Haupt-, 12 Nebenerwerbsbetriebe, 315 ha Ackerbau; 0,63 ha/Parzelle. Flurstückübergreifende Landbewirtschaftung mit Hilfe von GPS-Technologie. In 22 ha großem Gewinn mit über 40 Parzellen bisher 14 km Grenzlinien, was 7 ha unzureichende Bepflanzung bedeutet. Allein durch Wegfall dieser Grenzlinien ergibt sich ein Mehrertrag von über 10 % bei einer Aufwandsersparnis von mehr als 30%. Die Zugkraftausstattung konnte von ehemals über 10 PS/ha auf nur noch 1,5 PS/ha reduziert werden. Der Maschinenneuwert beträgt nur noch knapp 1.000 €/ha gegenüber früher knapp

3.500 €/ha. Die festen Maschinenkosten haben sich infolgedessen von 300 auf 150 €/ha halbiert. Der Arbeitszeitbedarf konnte von ehemals 12,5 Ak/ha auf 5,5 Ak/ha gesenkt werden (BLW 30 v. 28.07.2001).

Beispiel 3: 'Gewannebewirtschaftung'

Nürnberger Land, Gewannebewirtschaftung: 0,2 ha-Schläge: 4 von 7 Landwirten machen mit; 13,4 ha Gewinnfläche, < 6 Akh/ha, < 385 €/ha Maschinenkosten nach Maschinenring-Sätzen. Vorteile: Höherer Ertrag, bessere Vermarktung (BLW 30 v. 28.07.2001).

Beispiel 4: 'Gemeinschaftliche Bewirtschaftung mit Spezialisierung ('Best Practice Landwirt')

Nordost-Oise F): Gemeinschaftliche Flächenbewirtschaftung auf 1300 ha mit pflugloser Bodenbearbeitung und Spezialisierung der Landwirte auf verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen. Dadurch höhere Arbeitsspitzen, übers Jahr gesehen aber Entlastung. Stundenentlohnung von 70 FRF (10,67 €), unabhängig von der Art der Tätigkeit. Bisher kein GPS-Einsatz. Einsparungen zwischen 500 und 1500 FRF/ha (75-225 €/ha), je nach Ausgangssituation (La France Agricole 27.04.2001).

Beispiel 5: 'Saatstärke und Düngung variieren'

Jean Fumery und Emmanuel Wambergue variieren die Saatstärke von Weizen nach dem Tongehalt und passen die Grunddüngung sowie die Stickstoffdüngung bei Weizen und Raps an.

Zwei Betriebe mit je 120 ha im Departement Yvelines (Mittelfrankreich).

Präzisionslandwirtschaft seit 1998, beginnend mit Ertragskartierung (... nicht der beste Einstieg in die Materie ... die gewonnenen Daten bedürfen einer minutiösen Auswertung ... geeignet zur Quantifizierung der Tätigkeiten, aber nicht automatisch Präzisionslandwirtschaft ... ermöglicht Abschätzung des P-K-Exports mit der Ernte ... bringt Hinweise zur besseren Abschätzung des Ertragspotentials innerhalb eines Schlags).

Hauptsächlich Bodenkartierung durch georeferenzierte Beprobung (1 Probe/ha). P - K - Mg - organ. Subst. - Schlämmanalyse. Entscheidender Schlüssel für die optimale Saatstärke ist der Tongehalt. Gemäß einem in der Erprobung befindlichen Schema des ITCF, das regional angepasst wird, variiert die Saatstärke von 230 bis 350 K/m² bei einem Tongehalt von 14 - 24%. Auf 70 ha lag die durchschnittliche Ersparnis im letzten Jahr bei 30 kg/ha Saatgut.

Seit 2 Jahren wird mit Hilfe des CETIOM-Rapsschiebers auch die Stickstoffdüngung zu Winterraps angepasst: Es werden georeferenziert Pflanzenproben gezogen (1 Probe/ha), gewogen und daraus der Düngungsbedarf abgeleitet. Für 70 ha benötigt man einen knappen Tag. Anschliessend wird eine Düngungskarte erstellt, nach der der Düngerstreuer arbeitet (40% zur 1. Gabe, 60% zur zweiten Gabe in flüssiger Form mit der Spritze). Statt 210 kg N/ha wurden 2001 nur 178 kg N/ha gedüngt.

Der N-Sensor (Hydro agri) wird im zweiten Jahr zur Modulierung der 3. N-Gabe zu Winterweizen eingesetzt. Die Strategie ist: 50 kg N/ha zur 1. Gabe, 80 kg N/ha zur 2. Gabe und die 3. Gabe mit N-Sensor. Damit sollen die Nmin-Werte nach der Ernte gesenkt werden. Auf den hydromorphen Böden, die manchmal erst spät mineralisieren, sollen mit dem N-Sensor die Jahresunterschiede besser ausgeglichen werden.

So wurden überall mehr als 11,5% Eiweiss erreicht, was früher nur schwer erreichbar war. Und wieso nicht auch Fungizide und Wachstumsregler in Abhängigkeit von der Biomasse, die der N-Sensor misst, ausbringen?

Gegenwärtig werden im Durchschnitt des Betriebes etwa 150 FF/ha (23 €/ha) eingespart: 60 bzw. 100 FF/ha (10-15 €/ha) für N bei Weizen bzw. Raps; 200 - 250 FF/ha (30 - 38 €/ha) bei P und K; 50-60 FF/ha (7,5 - 9 €/ha) bei Weizensaatgut. Die Erfolgsevaluierung ist nicht einfach, aber seit drei Jahren gab es keine Katastrophe, ganz im Gegenteil konnten die Eiweissgehalte beim Weizen gesteigert und die Nmin-Werte im Herbst gesenkt werden.

(Philippe Pavard in La France Agricole N° 2884 v. 27.04.2001)

(Übersetzung: Jürgen Recknagel, IfuL/ITADA)

8 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieses Projektes wurde die einer angepassten Bewirtschaftung zugrundezuliegende Heterogenität von Ackerstandorten in kleinräumig gegliederten Gebieten untersucht und die Nutzung der für kleinräumig angepasste Bewirtschaftung einzusetzenden Betriebsmittel. Der Schwerpunkt des Betriebsmittel-Einsatzes im Untersuchungsgebiet Weisweil lag auf Diagnoseinstrumenten, wie mit GPS, Ertragssensor und entsprechendem Bordcomputer ausgestatteten Mähdreschern oder Bodenbeprobungsgeräten mit Satellitenortung. Eine ökonomische Bewertung zur Quantifizierung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses setzt neben zur Verfügung stehenden Betriebsdaten auch den kompletten Einsatz der Instrumente teilflächenspezifischer Bewirtschaftung, wie die räumlich angepasste Applikation von Betriebsmitteln (teilflächenspezifische Düngung etc.) voraus. Modellbetrachtungen in Kosten-Szenarien sind nur gebietsspezifisch und betriebspraxisnah, wenn die Bewirtschafter entsprechende Informationen zur Verfügung stellen.

Zur Untersuchung der Heterogenität des teilflächenspezifischen Standort- oder Ertragspotentials sind bisher mehrjährige Ertragskartierungen erforderlich. Aus den o.g. Gründen ist zur Klärung des räumlich angepassten Betriebsmittelbedarfs eine weitere Phase erforderlich. Diese Untersuchungen können auf den bereits dreijährig ertragskartierten Schlägen erfolgen oder auf anderen Bewirtschaftungseinheiten des Untersuchungsgebietes Weisweil. Die erste Variante hat den Vorteil, mit besseren Kenntnissen über das Ertrags- und Standortpotential zu arbeiten.

Informationen über die Wirkung eines zukünftig ‚teilflächenspezifisch modulierten Betriebsmitteleinsatzes‘ könnten über die parallel erfolgende Ertragsmodellierung basierend auf der Auswertung von Satellitenbildern erfolgen. Diese wurden als Diagnoseinstrument für die intraschlagspezifische Ertragsheterogenität auf Gebietsebene im WSG Weisweil seit 1997 bereits erfolgreich eingesetzt (Bach und Braun 1999, Bach und Rühling 2000).

Des Weiteren sind möglichst repräsentative Umfragen zur Nutzwert-Einschätzung von Präzisionslandwirtschaft durch Landwirte und Lohnunternehmer sinnvoll, wie sie beispielsweise mit den an der Universität Hohenheim entwickelten Fragebögen zur Erkundung des Nutzen

des GPS – Einsatzes ‚Ein Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in kleinstrukturierten Ackerbauregionen?‘ möglich sind.

Mittel und Untersuchungszeitraum, die im Rahmen dieses Projektes zur Verfügung standen, waren nicht ausreichend, um alle Aufgabengebiete, die für das erfolgreiche Management mittels Präzisionslandwirtschaft erforderlich sind, abzudecken. Zukünftig wäre die Handhabung wichtiger Prozessstufen der Präzisionslandwirtschaft, wie beispielsweise das Management der Datenverarbeitung und die Entscheidungsfindung über den Einsatz von teilflächen-spezifisch einzusetzenden Betriebsmitteln (betrieblich oder überbetrieblich) zu klären. Des Weiteren sind zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Präzisionslandwirtschaft entsprechende Betriebsdatenerhebungen erforderlich. Sie sollten in Betrieben erfolgen, die mindestens einzelne Instrumente der Präzisionslandwirtschaft einsetzen oder die bereits umfassend betrieblich oder überbetrieblich mit DGPS und entsprechender Sensorik ausgestattete Maschinen und Datenverarbeitungs-Dienstleistungen nutzen. Auf Basis der Daten aus Betriebs-spiegel und Schlagkartei können Deckungsbeitragskarten von Schlägen erstellt werden (Dabbert und Kilian 2000). Die Notwendigkeit solcher weiterführender Untersuchungen bzw. Anwendungen wurde bereits anerkannt.

9 Zusammenfassung

Dieses Projekt hatte als grundlagenschaffende Aufgabe die ‚Analyse und Interpretation der Variabilität von Ackerflächen in der Rheinebene‘. Des Weiteren sollte die ‚Nutzbarmachung von Verfahren der Präzisionslandwirtschaft‘ untersucht werden. Dazu gehören die Rasterbe-probung von Boden- und Pflanzenparametern sowie Online-Verfahren, wie die Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens und die kontinuierliche GPS-gestützte Ertragsmessung auf dem Mähdrescher. Rasterbeprobungen und kontinuierliche Messverfahren wurden auf drei ausgewählten Schlägen eingesetzt, für die bereits zweijährige kontinuierliche Ertrags-messungen vorlagen (lokale Ebene). Die Online-Ertragsmessung und –kartierung wurde dagegen im gesamten Untersuchungsgebiet eingesetzt (Gebietsebene).

Dieses ITADA-Projekt lief zeitgleich mit einem Konzept zur Sanierung des Wasser-schutzgebietes Weisweil, was mit über die SchALVO hinausgehenden Bewirtschaftungs-auflagen in einer Kernsanierungszone des WSG angewendet wurde sowie dem seit 1998 laufenden Pilotprojekt des MLR ‚Erprobung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zur Reduzierung/Optimierung des Düngeaufwandes in Wasserschutzgebieten für eine grund-wasserschonende Bewirtschaftung und eine optimale Standortnutzung mit Einsatz der DGPS-Technik und Fernerkundung‘ (siehe auch Bach und Rühling 2000).

Mehrjährige kontinuierliche Online-Ertragskartierung von Körnermais (erstmal) auf drei Schlägen von insgesamt ca. 4 ha konnte wiederkehrende Ertragsmuster aufzeigen und Hin-weise auf das Ertragspotential der Standorte geben.

Die eingesetzten kontinuierlichen und rasterorientierten Verfahren zur Untersuchung der Va-riabilität von Ackerflächen bilden die teilflächenspezifische Variabilität und Standortheteroge-nität unterschiedlich gut ab. Die Rasterbeprobung mit weniger als 6 Proben pro ha ist immer

noch ein aufwendiges Verfahren um die Nährstoffversorgung und ihre Variabilität dieser nach Reichsbodenschätzung vergleichsweise homogenen Schläge zu erfassen und daraus Aussagen über die Variabilität des Standortpotentials machen zu können. Aus den Auswertungen der Rasterbeprobung des Bodens ergaben sich Probenahmedichten von weniger als 4 Proben pro ha um vergleichsweise ‚homogene Parameter‘ wie die Körnung, organische Substanz und pH-Werte (Kalkzustand) zu ermitteln. Für die Nährstoffversorgung sind gleiche oder höhere Probenahmedichten zu empfehlen um den Versorgungszustand und seine Variabilität auf diesen Lößlehmstandorten ausreichend zu erfassen.

Ein schnell arbeitendes Verfahren ist die Bestimmung der elektrischen Bodenleitfähigkeit (EL) über ein durch den Boden gezogenes Werkzeug. Die Bodenleitfähigkeit steht mit dem Ton- und Wassergehalt sowie der Lagerungsdichte des Bodens und ferner dem Salzgehalt in der Bodenlösung in Beziehung. Es ist allein aus der EL nicht unbedingt möglich, Verdichtungszonen des Bodens zu erkennen.

Um die Ursachen für die Ertragsvariabilität in verschiedenen Jahren zu erklären, sind nach wie vor intraschlag-spezifische Informationen über Bodenverhältnisse und Informationen über die jeweilige Bestandesentwicklung sowie Ertragsdaten nötig. Verfahren mit hoher Erhebungsdichte, wie beispielsweise kontinuierliche Messmethoden, haben dabei den Vorteil des geringeren Informationsverlustes im Vergleich zu konventioneller Einzelprobenahme von Boden und Pflanze. Bei diesen Verfahren ist die Information zu diesem Punkt durch die punktgenaue Probenahme und die Genauigkeit der Laboranalysenverfahren hoch. Um Informationen über die gesamte Fläche zu erhalten, sind bei punktbezogenen Messungen geostatistische Interpolationsverfahren nötig, die bei den vergleichsweise homogenen und kleinen Schlägen, wie sie in der Kernsanierungszone (bzw. KSZ) vorlagen, Informationen über die Fläche zwischen den Probenahmepunkten liefern. Diese Verfahren stehen in vereinfachter Form in der hier eingesetzten Software zur Verfügung.

Daher ist abzuwägen, inwiefern Verfahren höherer Messdichte, die u.U. schneller und kostengünstiger arbeiten, aber größere Schwierigkeiten bei der Interpretation der Messwerte mit sich bringen können, zu bevorzugen sind.

10 Literatur

- AG Boden (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Nachdr., Hannover.
- Agrocom (2000): Agromap Auftrag, Agromap Basic, Agromap Professional. Software der Fa. Agrocom, Bielefeld.
- Anonymus (2000): Gemeinsam und doch getrennt. Erfahrungen in der virtuellen Flurbereinigung in Oberschwaben. Wochenblatt-Magazin 3: 12-13.
- Anonymus (2001a): Freiwilliger Flächentausch unter Bewirtschaftern. Dlz 4: 140-143.
- Anonymus (2001b): Sanierungsprojekt Weisweil, Regierungspräsidium Freiburg, Schriftliche Mitteilung von Herrn Zähringer, ALLB Emmendingen.
- Auernhammer, H. (2001): Forderungen stellen. Agrarmarkt Diskussionsrunde. Agrarmarkt 5: 26-31.
- Auernhammer, H. und Mayer, M. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Praxiserprobung des Managements von precision agriculture. Micro-precision-farming. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 37-43.
- Bach, H. und Braun, M. (1999): Ermittlung des Ernteertrages mit Fernerkundungsdaten. Studie Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, München (Hrsg.) 1-61.
- Bach, H. und Rühling, I. (2001): Erprobung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zur Reduzierung/Optimierung des Düngeaufwandes in Wasserschutzgebieten für eine grundwasserschonende Bewirtschaftung und eine optimale Standortnutzung mit Einsatz der DGPS-Technik und Fernerkundung. Bericht zum Pilotprojekt i.A. des Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden Württemberg, Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH (Hrsg.): 79 S.
- Ball, T. (2001): Unterlagen, Designer und Powerpoint-Präsentation zum Sanierungskonzept Weisweil. Digitale Mitteilung, TZW Karlsruhe.
- Behnken, C., Bill, R., Grenzdörffer, G., Lamp, J., Reiche, E.-W., Schmidhalter, U., Schmidt, F., Selige, T., Sperl, C., Brozio, S., Gebbers, R., Herbst, R., Kersebaum, C., Lorenz, K., Wenkel, K.-O. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Standort- und Bestandesanalyse für das Management von precision agriculture. Ermittlung und Analyse der Zustände der Geofaktoren. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 45-74.
- Bobert, J., Dölling, S., Pauly, J., Schmidhalter, U., Selige, T., Werner, A. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Standort- und Bestandesanalyse für das Management von precision agriculture. Ermittlung der teilspezifischen Ertragspotentiale und Ertragserwartungen. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro):75-88.
- Boysen, P., Ebertseder, Th., Gosch, K., Haneklaus, S., Herold, L., Holz, F., Kape, H.E., Krause, O., Orlovius, K., Severin, K., Schrödter, M. (2000): Standpunkt: Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftliche Flächen als Grundlage für eine teilflächenspezifische Düngung mit Grundnährstoffen. www.vdlufa.de/vd_00.htm?1
- Brozio, S., Gebbers, R., Leithold, P., Wenkel, K.-O. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Management der Informationsverarbeitung in precision agriculture. Düngung. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro):135-154.
- Claas (2000): Mündliche Mitteilung der Fa. Claas.

- Dabbert, S. und Kilian, B. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Wirkungsanalyse zu precision agriculture. Ökonomische Wirkungen. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 195-206.
- Dabbert, S. und Kilian, B. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Wirkungsanalyse zu precision agriculture. Ökonomische Wirkungen. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 195-206.
- Dammer, K.-H. und Ehlert, D. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Management der Informationsverarbeitung in precision agriculture. Herbizide, Fungizide und Wachstumsregler. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 155-164.
- Deller, B., Pfeleiderer, H., Zeller, M., Würfel, T. (1999): Grunddüngung im Ackerbau. Merkblätter für die umweltgerechte Landbewirtschaftung Nr. 4, 2. Aufl., Landesanstalt für Pflanzenbau, Rheinstetten (Hrsg.).
- Dohmen, B., Grenzdörfer, G., Irrgang, A., Muhr, T., Noack, P., Reh, A., Schmidhalter, U., Selige, T., Wagner, U. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Standort- und Bestandesanalyse für das Management von precision agriculture. Ermittlung und Analyse der Zustände der Pflanzenbestände. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 89-114.
- Domsch, H. und Wartenberg, G. (2000): Teilflächenspezifische Bewirtschaftung mit GPS, Teil 3. Getreide 6 (2): 136-141.
- Domsch, H., Lück und Eisenreich (1999): Ermittlung geophysikalischer Kennwerte für die großmaßstäbliche Kennzeichnung landwirtschaftlicher Flächen. Jahresbericht des ATB Potsdam-Bornim: S.16.
- Ehlert, D. und Domsch, H. (2001): Korrelationen zwischen Boden- und Pflanzenparametern. Landtechnik 3: 134-135.
- Friedl, L. (2001): Schöne, große Schläge. BLW 9: 66-68.
- Haneklaus, S., Rühling, I., Schroeder, D., Schnug, E. (1997): Studies on the variability of soil and crop fertility parameters and yields in different landscapes of Northern Germany. In: Stafford, J.V. (ed.): Precision agriculture '97, Technology, IT and Management. BIOS scientific publishers, Oxford. II: 785-792.
- Infothek (2001): Landwirtschaftliche Betriebe und ihre Flächen nach Betriebsgrößenklassen im Dienstbezirk des Amts für Landwirtschaft Emmendingen. Stat. Landesamt, Stuttgart, Bearbeitung: LEL Abt. 3, Schwäbisch Gmünd, Infothek für die Landwirtschaftliche Beratung Baden-Württemberg, 1998.
- Isensee, E., und Krippdahl, S. (2001): Online-Vergleich von Ertragsmesssystemen im Mähdrehscher. Landtechnik 56: 274-275.
- Lenge, R. (2000): „Flurbereinigung“ per Satellit in Oberschwaben. Top Agrar 11: 74-75.
- Michels, K. (2001): LUFA-Methoden Nährstoffanalytik, Pflanzen. Mündliche Mitteilung, LUFA Augustenberg.
- Nödl, (2000): Datenurheberrechte in der Präzisionslandwirtschaft, schriftliche Mitteilung von Justitiar Nödl vom 09.05.00, AZ Nö/km. BLHV, Freiburg.
- Ostheim, K.-U. (2000): Prüfung der ökonomischen und ökologischen Vorzüglichkeit einer GPS-gestützten teilflächenspezifischen Landbewirtschaftung, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- Riester, R., Hofman, T., Weiler, T., Janorschke, B., Bäger, Ch. (2000): Agrarmärkte 2000, LEL (Hrsg.); 150 S.

- Rohmann, U. und Rödelsperger, M. (1994): Maßnahmenkombination und Varianten zur Sanierung des nitratbelasteten Trinkwassers der Gemeinde Weisweil. Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe: 39 S.
- Rolf (2000): GPS, das moderne Navigationssystem in der Landtechnik. Vortrag anlässlich der Tage der offenen Tür in der Gewerbeschule Breisach. Fa. Agrocom, Bielefeld.
- Rühling, I. (1999): Räumlich-zeitliche Variabilität von physikochemischen Bodeneigenschaften und Pflanzenmerkmalen in einer norddeutschen Landschaft. Dissertation, TU Braunschweig.; FAL (Hrsg.): Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 205: 183.
- Rühling, I., Haneklaus, S., Schnug, E. (1997): Geostatistical investigations on soil and crop fertility parameters in northern Germany. Proceedings of the 11th World Fertilizer Congress of CIEC; 7-13 Sept. 1997, Gent, Belgium. S.178-188.
- Scheffer, F., Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Hartge, K.-H., Schwertmann, U. (1984): Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Schmerler, J. und Großkopf, M. (1999): Weniger Betriebsmittel und höhere Erträge, DLZ Sonderheft 10, 92-95.
- Schmidhalter, U. und Zintel, A. (1999): Schätzung der räumlichen Variation des Ton- und Wassergehaltes mit elektromagnetischer Induktion. Mitteilungen der DBG, S. 871-874.
- Schreiber, A. (2000): Globales Positionierungs-System (GPS) - Ein Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in kleinstrukturierten Ackerbauregionen? Diplomarbeit, Uni Hohenheim, Inst. f. landw. Betriebslehre, 98 S.
- Schuler, B. (1991): Bodenkarte von Baden Württemberg 1:25.000, Blatt 7812 Kenzingen. Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.).
- Sommer, C. und Voßhenrich, H. (2000): Bodenbearbeitung. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 129-134.
- Stöcklin, K. (1998): Funktionierendes Modell. Gespräch des Vorsitzenden des Arbeitskreises Wasserschutz mit René Bossert, BBZ 22, S.5.
- Süss, H. (1999): Virtuelle Flurbereinigung in Riedhausen bereits Realität. BLW 38: 38-39.
- Vermeulen, F.H. (1960): Fehlerquellen bei der Bodenuntersuchung. Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 14: 80-8 .
- Wagner, F. und Degen, B. (1998): Beratungsgrundlagen zur ordnungsgemäßen Düngung im Gartenbau. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Heidelberg (Hrsg.).
- Wagner, P. (1999): Besseres Management, DLZ Sonderheft10, 96-98.
- Werner, A., Jarfe, A., Klopfer, F., Kottenrodt, D. (2000): Forschungskonzept von pre agro. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 15-30.
- Zeddies, J. (1998): Klassische finanzmathematische Methoden, Inst. für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Univ. Hohenheim, S.5.

11 Anhang

A 1	Publikationen, Schriften und Poster im Rahmen des Projekts	94
A 2	Projektbezogene Termine und Öffentlichkeitsarbeit	94
A 3	Messwertkarten Rasterschläge Weisweil	97
K 1:	Boden: Leitfähigkeit 0-30 cm, 10.03.01	97
K 2:	Boden: Leitfähigkeit 30-90 cm, 10.03.01	97
K 3:	Boden: Humus [%]	98
K 4:	Boden: pH-Wert	98
K 5:	Boden: Gesamt-N [%]	99
K 6:	Boden: P ₂ O ₅ [mg/100g]	99
K 7:	Boden: K ₂ O [mg/100g]	100
K 8:	Boden: Mg [mg/100g]	100
K 9:	Boden: Ton [%]	101
K 10:	Boden: Schluff [%]	101
K 11:	Boden: Sand [%]	102
K 12:	N _{min} -Gehalt des Bodens 0-30 cm [kg N/ha], 05.06.01	102
K 13:	N _{min} -Gehalt des Bodens 30-60 cm [kg N/ha], 05.06.01	103
K 14:	N _{min} -Gehalt des Bodens 60-90 cm [kg N/ha], 05.06.01	103
K 15:	N _{min} -Gehalt des Bodens 0-90 cm [kg N/ha], 05.06.01	104
K 16:	Bodenwasser 0-30 cm [%], 05.06.01	104
K 17:	Bodenwasser 30-60 cm [%], 05.06.01	105
K 18:	Bodenwasser 60-90 cm [%], 05.06.01	105
K 19:	Restpflanze Trockensubstanz [%]	106
K 20:	Restpflanzen Trockenmasse [dt/ha]	106
K 21:	Pflanzen je Hektar	107
K 22:	Körner/Kolben	107
K 23:	Korn Trockensubstanz [%]	108
K 24:	Zahl der Kolben [Kolben/m ²]	108
K 25:	Kolben/10 Pflanzen	109
K 26:	Körner/m ²	109
K 27:	Kornertrag [dt/ha]	110
K 28:	Korn/Stroh-Verhältnis	110
K 29:	1000-Korn-Gewicht TKG [g]	111
K 30:	Korn N-Gehalt [%]	111
K 31:	Korn P-Gehalt [%]	112
K 32:	Korn K-Gehalt [%]	112
K 33:	Korn Mg-Gehalt [%]	113
K 34:	Pflanze N-Gehalt [%]	113
K 35:	Pflanze P-Gehalt [%]	114
K 36:	Pflanze K-Gehalt [%]	114
K 37:	Pflanze Mg-Gehalt [%]	115
K 38:	Entzug N [kg/ha]	115
K 39:	Entzug P [kg/ha]	116
K 40:	Entzug K [kg/ha]	116
K 41:	Entzug Mg [kg/ha]	117
A 4:	Datentabellen	118
A 5:	Literatur zu Präzisionslandwirtschaft und geocodierter Datenverarbeitung	127

A 1 Publikationen, Schriften und Poster im Rahmen des Projekts

• Publikationen:

Bach, H. und Rühling, I. (2001): Erprobung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zur Reduzierung/Optimierung des Düngaufwandes in Wasserschutzgebieten für eine grundwasserschonende Bewirtschaftung und eine optimale Standortnutzung mit Einsatz der DGPS-Technik und Fernerkundung. Bericht zum Pilotprojekt i. A. des Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden Württemberg, Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH (Hrsg.): 79 S.

Rühling, I. (2000): Die Oberrheinregion – Kann sich Präzisionslandwirtschaft ökonomisch und ökologisch etablieren? Naturschutz-Info 3: 27-28.

Rühling, I. (2001): Präzisionslandwirtschaft – Teilflächenbezogenes Management. Ausstellungskatalog. Landwirtschaftliches Hauptfest, Stuttgart.

• Poster:

- Mit GPS zur Präzisionslandwirtschaft – ökonomischer und ökologischer im Feldmaßstab.
- Die Oberrheinregion – Kann sich Präzisionslandwirtschaft ökonomisch und ökologisch etablieren?

A 2 Projektbezogene Termine und Öffentlichkeitsarbeit

• Vorträge, Messe- und Diskussionsbeiträge

- | | |
|------------|--|
| 10.01.2000 | Projektvorstellung und Diskussion (IfuL) |
| 11.02.2000 | BLHV-Fachausschusssitzung "Getreide- und Nachwachsende Rohstoffe": Kurzvorstellung des ITADA-Projektes ‚Präzisionslandwirtschaft und DGPS in der Landwirtschaft unter ökonomischen Aspekten‘ |
| 26.06.2000 | Sommertagung der Pflanzenbaureferenten: Bericht (Dr. Vetter) über Stand der Projekte zum Einsatz von DGPS in der Landwirtschaft/ Präzisionslandwirtschaft in Baden-Württemberg und Bayern. |
| 26.09.2000 | ITADA-Zwischenberichterstattung, Aulendorf – Präzisionslandwirtschaft. |
| 11.09.2000 | Podiumsdiskussion auf der BALA, Freiburg – Präzisionslandwirtschaft. |
| 01.12.2000 | BLHV-Kreisverband Lahr, Mitgliederversammlung, Präzisionslandwirtschaft am Oberrhein und Gewannebewirtschaftung (mit Diskussion mit Fachleuten anderer Projekte). |
| 19.01.2001 | Projektvorstellung und Diskussion (IfuL) |
| 14.02.2001 | Maistag Emmendingen-Hochburg, ITADA-Projekt: Nutzbarmachung der Präzisionslandwirtschaft. |
| 13.07.2001 | BLHV-Fachausschusssitzung "Öffentlichkeitsarbeit": Fragen zur Zukunft von GPS. |
| 07.09.2001 | Vorstellung der Arbeiten beim Maisinformationstag von SUAD68, ITCF und AGPM auf dem Rheinfelderhof, Elsass |

- 18.09.2001 u. 05.10.2001 LEL Schwäbisch Gmünd: Beraterfortbildung: Precision Farming – auch in Baden Württemberg sinnvoll? Das grenzüberschreitende ITADA-Projekt ‚Präzisionslandwirtschaft am Oberrhein‘ – Seminarvortrag.
- 22.-30.09.2001 Landwirtschaftliches Hauptfest Stuttgart: Präzisionslandwirtschaft und Standortvariabilität: Ausstellung – Bildergalerie, Katalog und Bodenprofile: Ausarbeitung und Ausstattung.
- 25.09.2001 ITADA-Endberichterstattung Colmar – Präzisionslandwirtschaft.

- **Anfrage**

- 05.01.2000 Beantwortung einer Anfrage des MLR, Ref.41 vom 03.01.2000 zu GPS und GIS-Einsatz in Projekten am IfuL.

- **Projektbesprechungen und Kontakte**

- 15.11.1999 Bericht der Firma Vista zur ‚Ermittlung des Ernteertrags mit Fernerkundungsdaten‘ am IfuL.
- 23.11.1999 Besprechung am IfuL mit Vertretern der Firma Agrocom, Lohnunternehmer Binder, MLR, Ref. 22.
- 31.01.2000 Kontakt (telefonisch) mit Herrn Anken, Abt. Agrarwirtschaft und Landtechnik der FAT Tänikon, bezüglich schweizerischer Aktivitäten in Präzisionslandwirtschaft (GPS-Ertragsmessung etc.). Übereinkunft, informell in Kontakt zu bleiben, da auf schweizerischer Seite bisher keine konkreten Projekte geplant sind, bis auf den Einsatz von Online-Ertragsmessung.
- 07.02.2000 Vorstellung der französischen Projektpartner und erste Standort- und Beprobungsprogrammplanung.
- 20.03.2000 Besprechung mit französischen Projektpartnern Herrn Lasserre, Frau Ariaux (ITCF), Herrn Clinkspoor sowie Herrn Recknagel am IfuL.
- 17.08.2000 Versuchsfeldbesichtigung mit den französischen Projektpartnern (Herren Lasserre, J.M. Müller sowie Recknagel) in Ebersheim, Witternheim und Weisweil.
- 04.05.2000 Erste GPS-Übergabe und Einweisung der Herren Remuoux und Lasserre (ITCF) zur darauf folgenden Rastereinmessung auf den ITADA-Untersuchungsschlägen in Frankreich.
- 26.10.2000 ITADA-Projektberichterstattung in Aulendorf an der LVVG.
- 01.02.2001 Erste Ergebnisvorstellung vor RP und ALLB Freiburg (Herren Hugger und G. Kansy), LU Binder Forchheim und Herrn Stauss (MLR) sowie Vertretern des IfuL.
- 01.02.2001 Erste Ergebnisvorstellung mit französischen Projektpartnern.
- 06.11.2001 Besprechung der Auswertung der Online- (GPS) und aus Fernerkundungsauswertungen gewonnenen Erträge im Gebiet Weisweil mit Dr. Heike Bach, Fa. Vista in München.
- 21.11.2001 Vorlage des Endberichts mit Absprache der seitens der französischen Projektpartner noch zu ergänzenden Kapitel mit Herrn Lasserre, Herrn J.M. Müller sowie Herrn Recknagel am IfuL.
- 11.12.2001 Besprechung des Evaluierungsbericht und Absprache der seitens der französischen Projektpartner noch zu ergänzenden Kapitel mit Herrn Lasserre, Herrn Clinkspoor sowie Herrn Recknagel am IfuL.

- **Andere Besprechungen und Kontakte**

- 19.11.1999 Vorstellung der Einsatzmöglichkeiten von tragbaren GPS-Systemen mit Vertretern der Fa. D&F Gesellschaft für DatenSysteme mbH, Freiburg am IfuL.
- 24.05.2000 Gespräch mit W. Geiler, Büro für Bildverarbeitung und GIS, über Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung, insbesondere dem Einsatz von RADAR-Bildern (Interferometriedaten in 3m-Auflösung z.B. zu Bestandeshöhen und Oberflächenrauigkeiten).
- 26.03.2001 BLHV-Kreisverbandsitzung zur ‚Virtuellen Flurbereinigung‘: Vorstellung GIS und virtuelle Schlagkartei durch Herrn Kolb von der Fa. Helm, mit Diskussion.

- **Tagungen und Fortbildungen**

- 08.-10.11.99 AGRITECHNICA '99: Schwerpunkt ‚Precision Agriculture‘-Ausstellung.
- 18.02.2000 ALB-Tagung Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen an der Universität Hohenheim: GPS - Einsatz in der Landwirtschaft.
- 23./24.2.2000 KTBL-Seminar Riedhausen ‚Gewannebewirtschaftung – GPS macht's möglich‘.
- 23.05.2000 GIS und GPS-Infotag, LUFA Augustenberg, mit Kontakten zu Lohnunternehmern und einem Maschinenringgeschäftsführer.
- 09.06.2000 Schulung bei der Fa. Agrocom, Bielefeld zur Nutzung der Programme Agromap Basic und Professional sowie zum Einsatz des Bordterminals zur Ertragsfassung ‚ACT‘.
- 22.06.2001 DLG-Feldtage, Rottmersleben.
- 9.-17.9.2000 BaLa 2000 in Freiburg: Messestand ‚Präzisionslandwirtschaft‘ mit Katalog zur Ausstellung.
- 11.09.2000 BaLa 2000 in Freiburg: Podium beim BLHV-Forum: ‚Chancen und Risiken der Präzisionslandwirtschaft‘.
- 13.06.2001 Symposium an der ETH Zürich: Spatial Heterogeneity of soil properties and crop yield – Precision Farming for an environmentally sound Agriculture?

- **Allgemeine Aktivitäten**

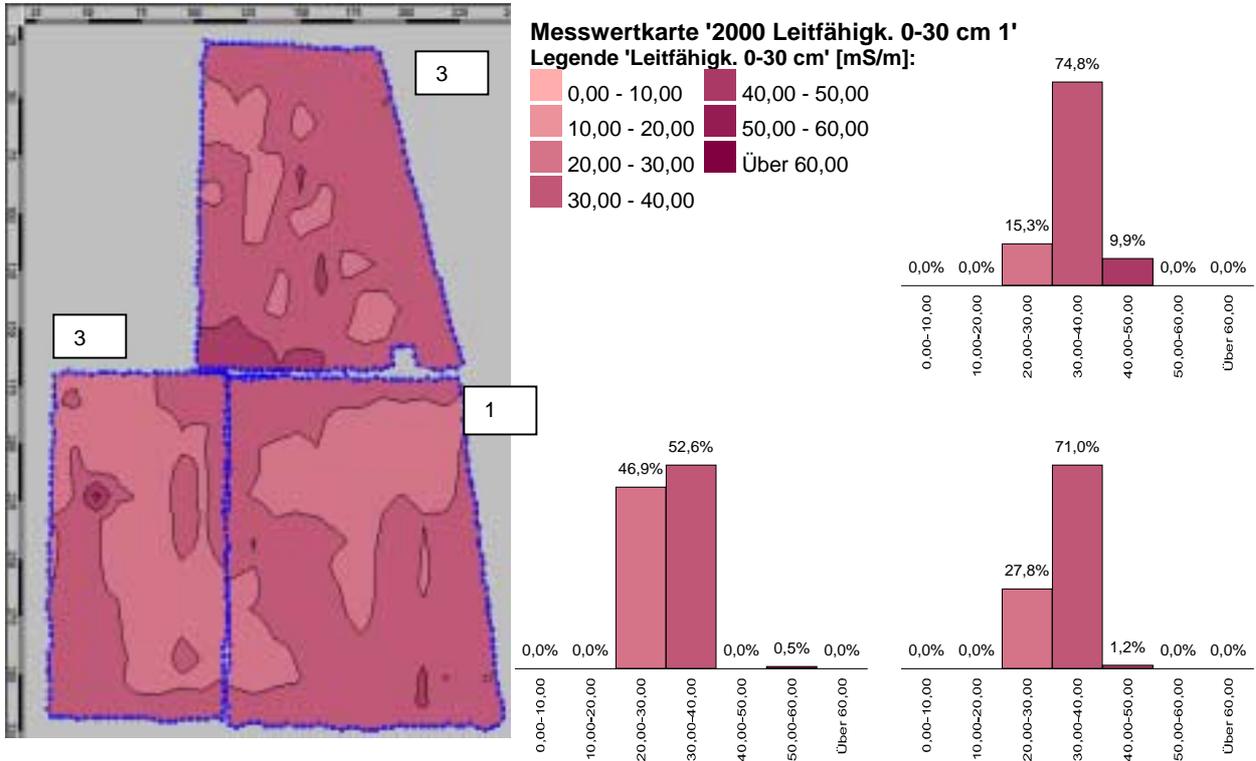
- Diskussionen über neue Projektträgerschaft für ein Modellvorhaben ‚Gewannebewirtschaftung‘ sowie Treffen vor Ort.
- Projektantrag zur Präzisionslandwirtschaft

- **Sonstige Öffentlichkeitsarbeit**

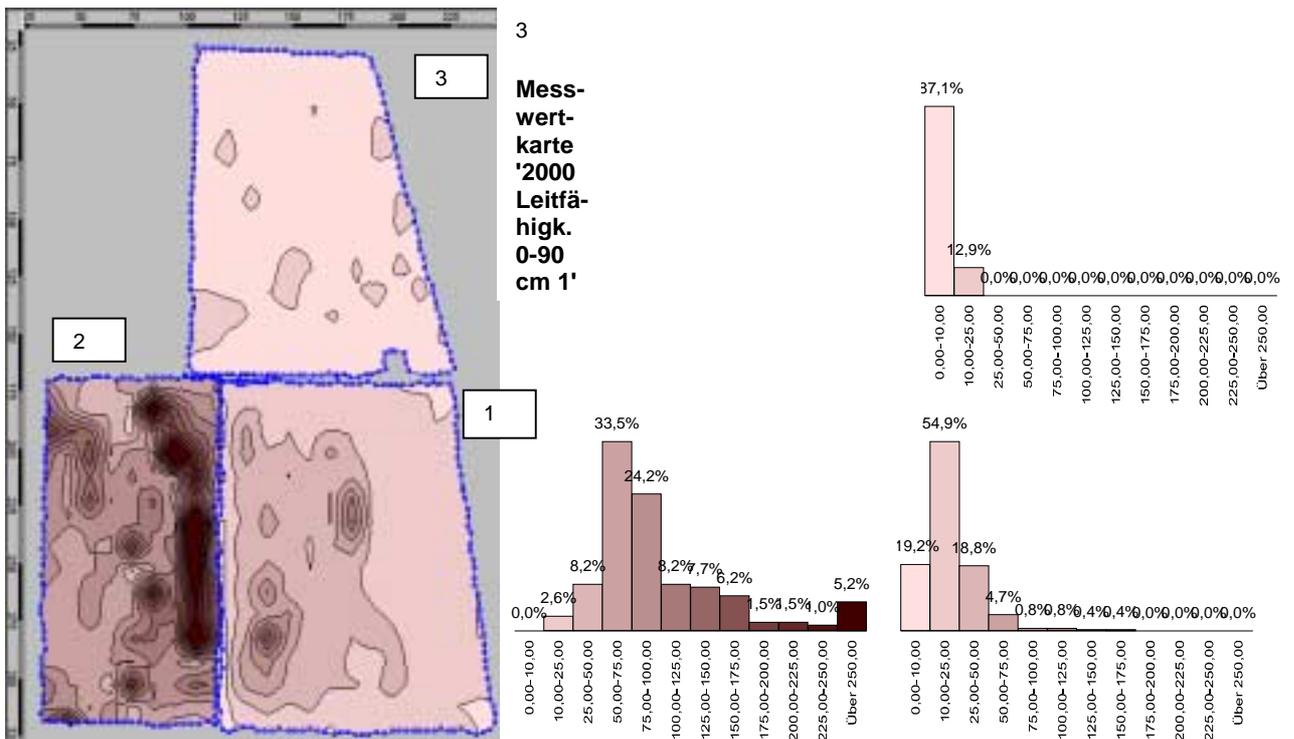
- Aufnahme der Projektbeschreibung in die Internetseite des IfuL
- Presseerklärung (Veröffentlichung zur BaLa 2000 in Freiburg)
- Verteilung von Projektbeschreibungen bei Fachveranstaltungen und auf Anfragen
- Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg: Aufnahme der Projektbeschreibung und Literatur in das Internetportal "TA-Net-BW" (Dezember 2001).

A 3 Messwertkarten Rasterschläge Weisweil

K 1: Boden: Leitfähigkeit 0-30 cm, 10.03.2001



K 2: Boden: Leitfähigkeit 30-90 cm, 10.03.2001



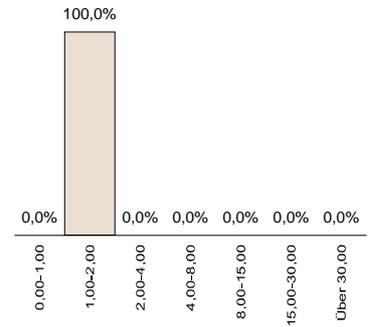
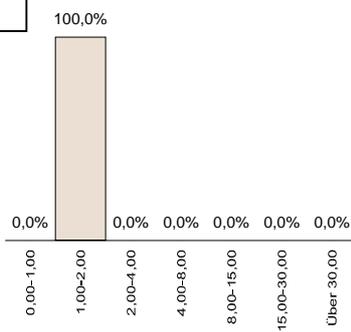
K 3: Boden: Humus [%]



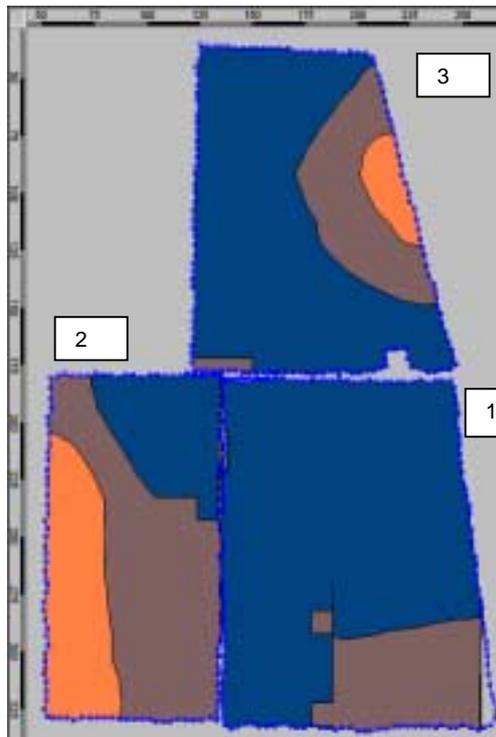
Meßwertkarte '2000 Humus-Masse 3'

Legende 'Humus-Masse' [%]:

0,00 - 1,00	8,00 - 15,00
1,00 - 2,00	15,00 - 30,00
2,00 - 4,00	Über 30,00
4,00 - 8,00	



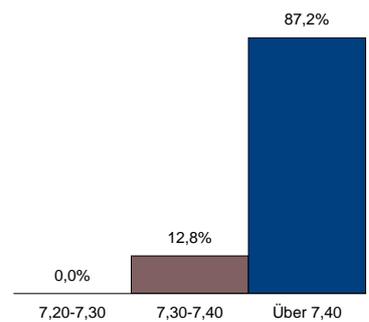
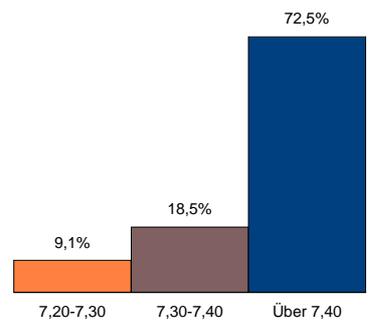
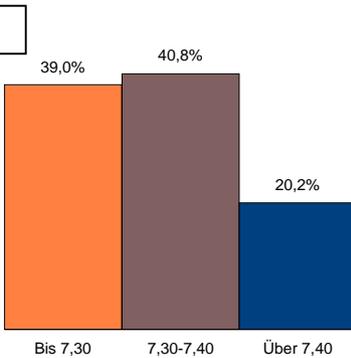
K 4: Boden: pH-Wert



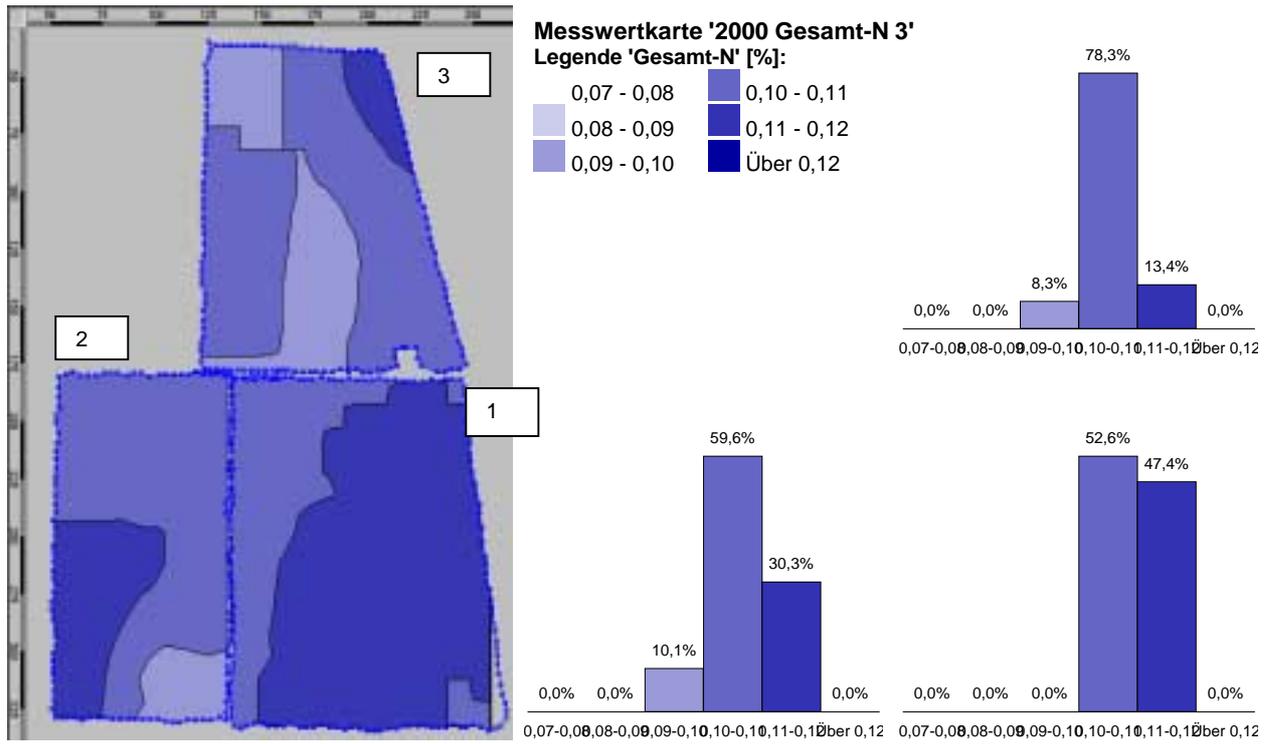
Messwertkarte '2000 pH-Wert 3'

Legende 'pH-Wert' [pH-Wert]:

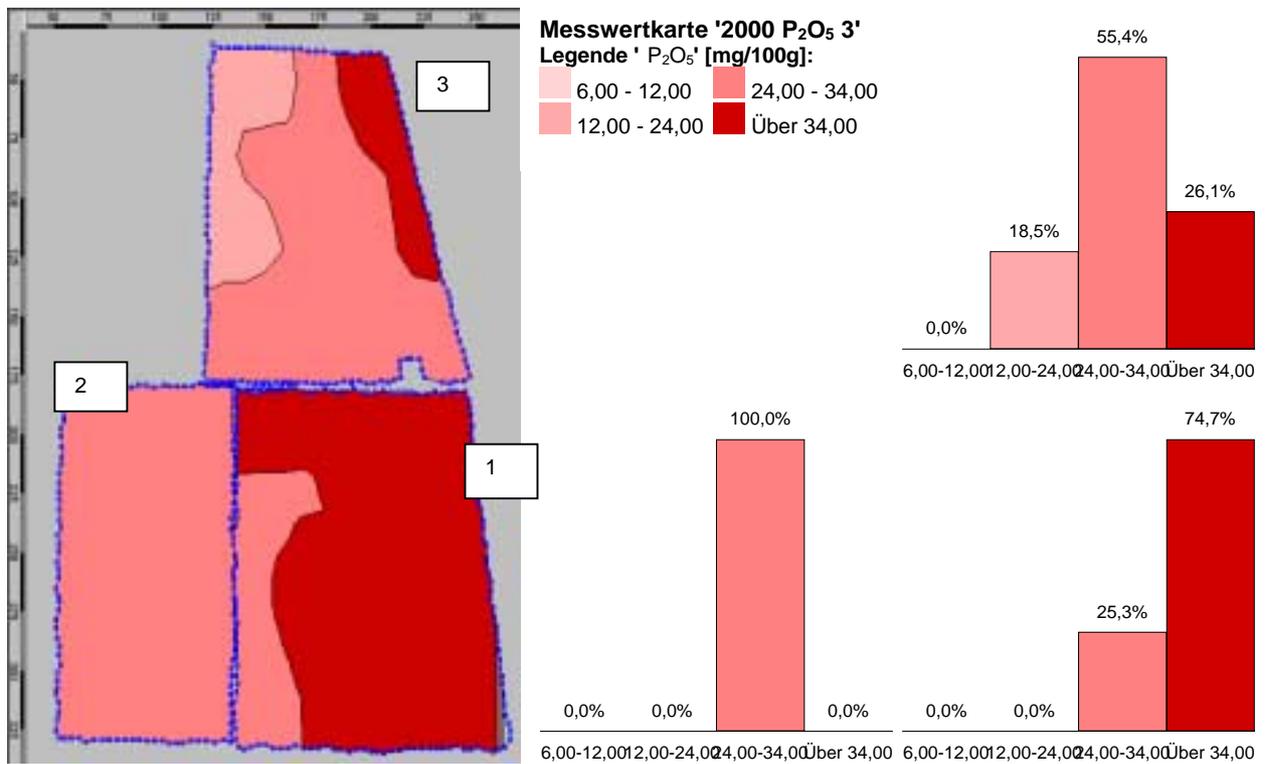
Bis 7,30	Über 7,40
7,30 - 7,40	



K 5: Boden: Gesamt-N [%]



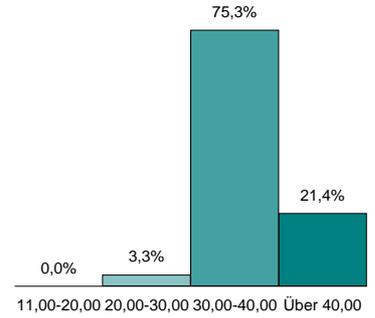
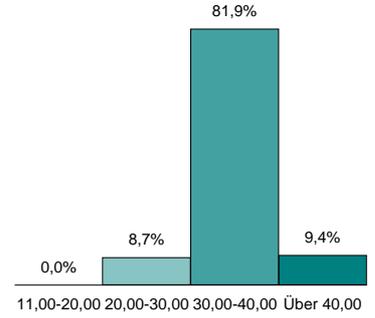
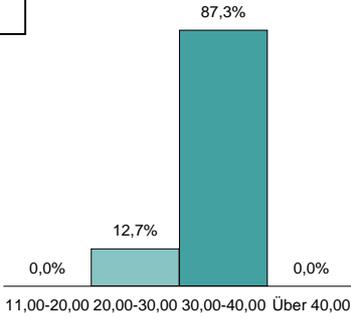
K 6: Boden: P₂O₅ [mg/100g]



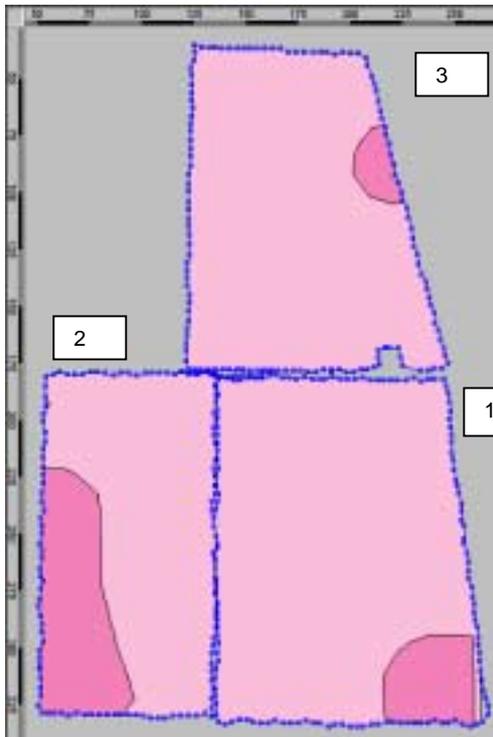
K 7: Boden: K₂O [mg/100g]



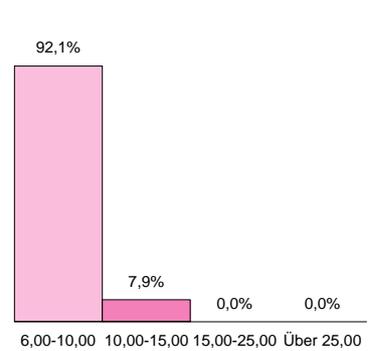
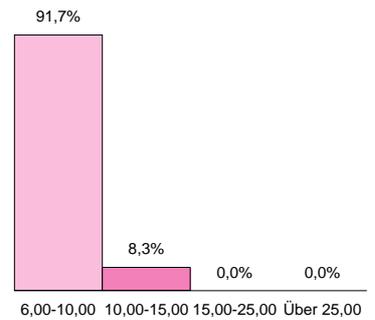
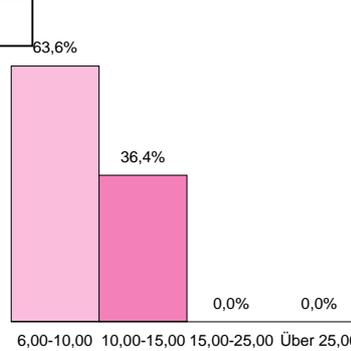
Messwertkarte '2000 K₂O 3'
Legende ' K₂O ' [mg/100g]:
 11,00 - 20,00 30,00 - 40,00
 20,00 - 30,00 Über 40,00



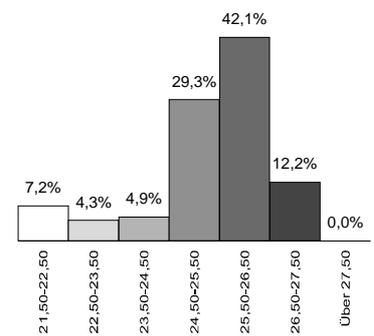
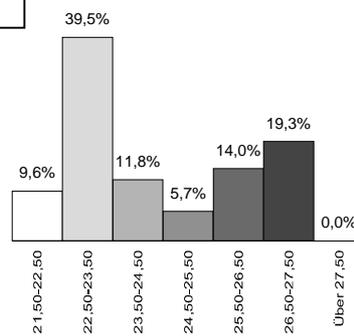
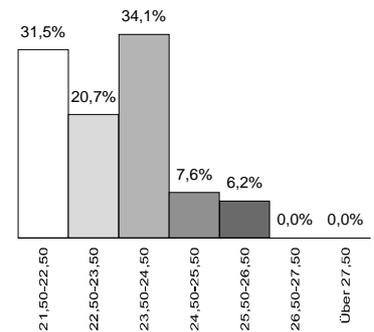
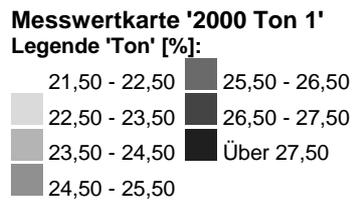
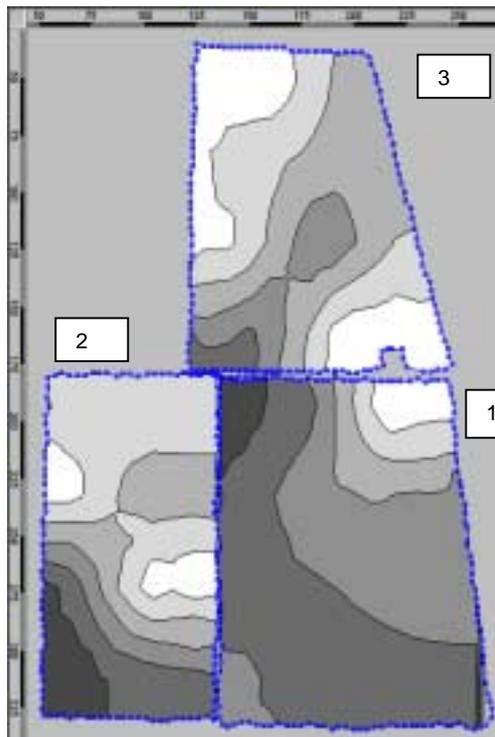
K 8: Boden: Mg [mg/100g]



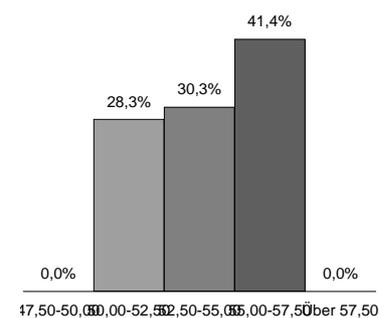
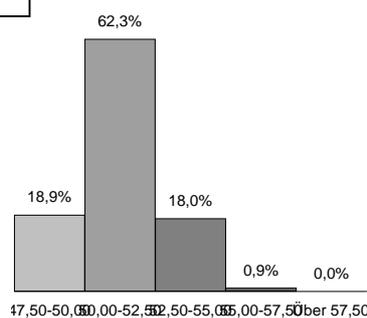
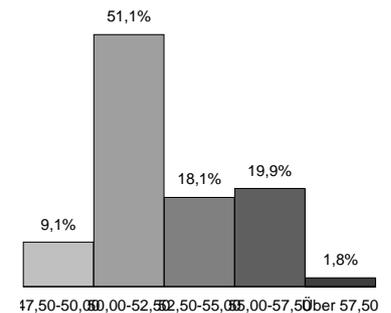
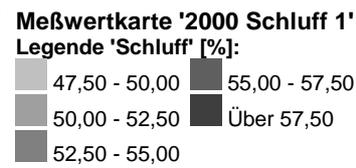
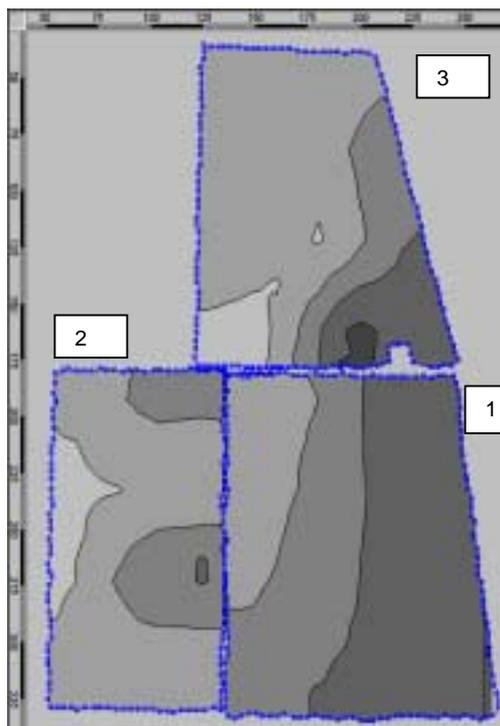
Messwertkarte '2000 Mg 3'
Legende 'Mg' [mg/100g]:
 6,00 - 10,00 15,00 - 25,00
 10,00 - 15,00 Über 25,00



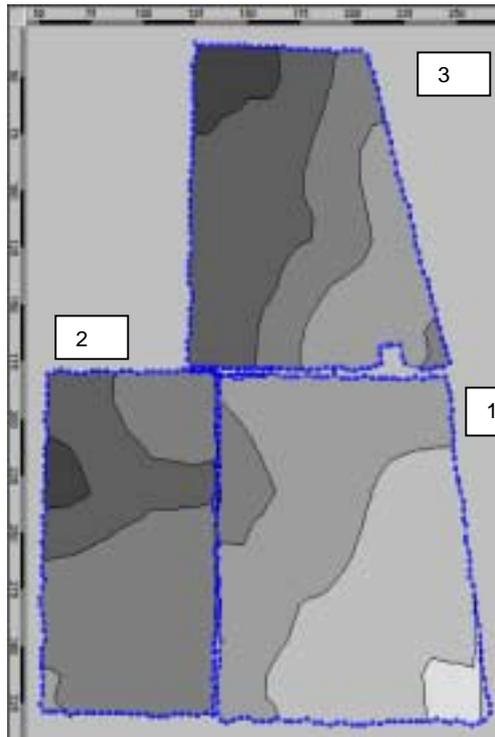
K 9: Boden: Ton [%]



K 10: Boden: Schluff [%]

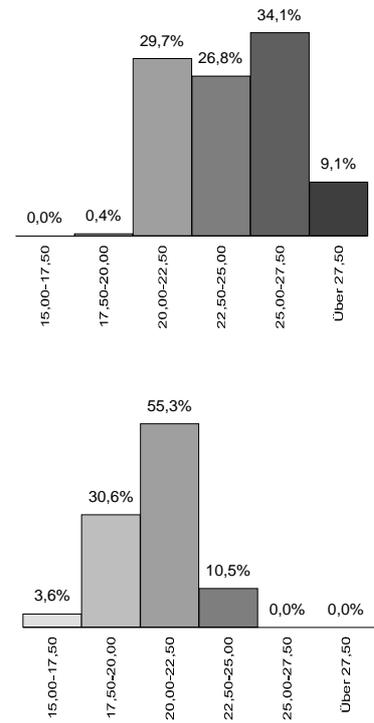
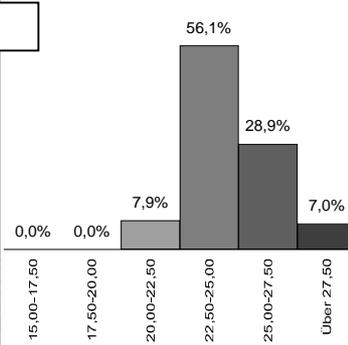


K 11: Boden: Sand [%]

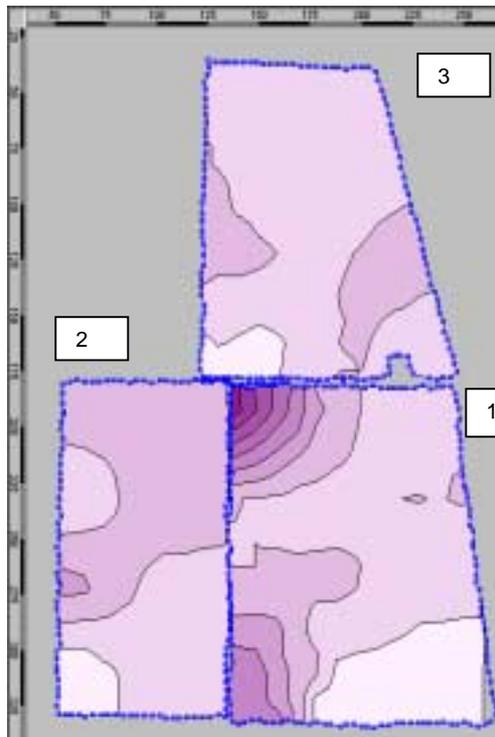


Messwertkarte '2000 Sand 1'
Legende 'Sand' [%]:

15,00 - 17,50	22,50 - 25,00
17,50 - 20,00	25,00 - 27,50
20,00 - 22,50	Über 27,50

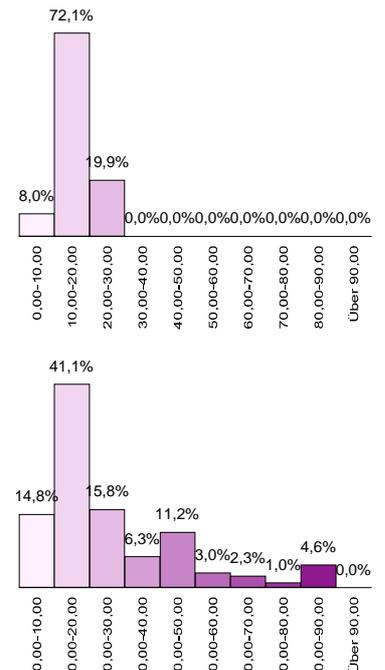
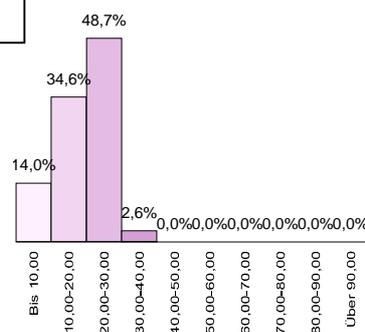


K 12: N_{min}-Gehalt des Bodens 0-30 cm [kg N/ha], 05.06.01

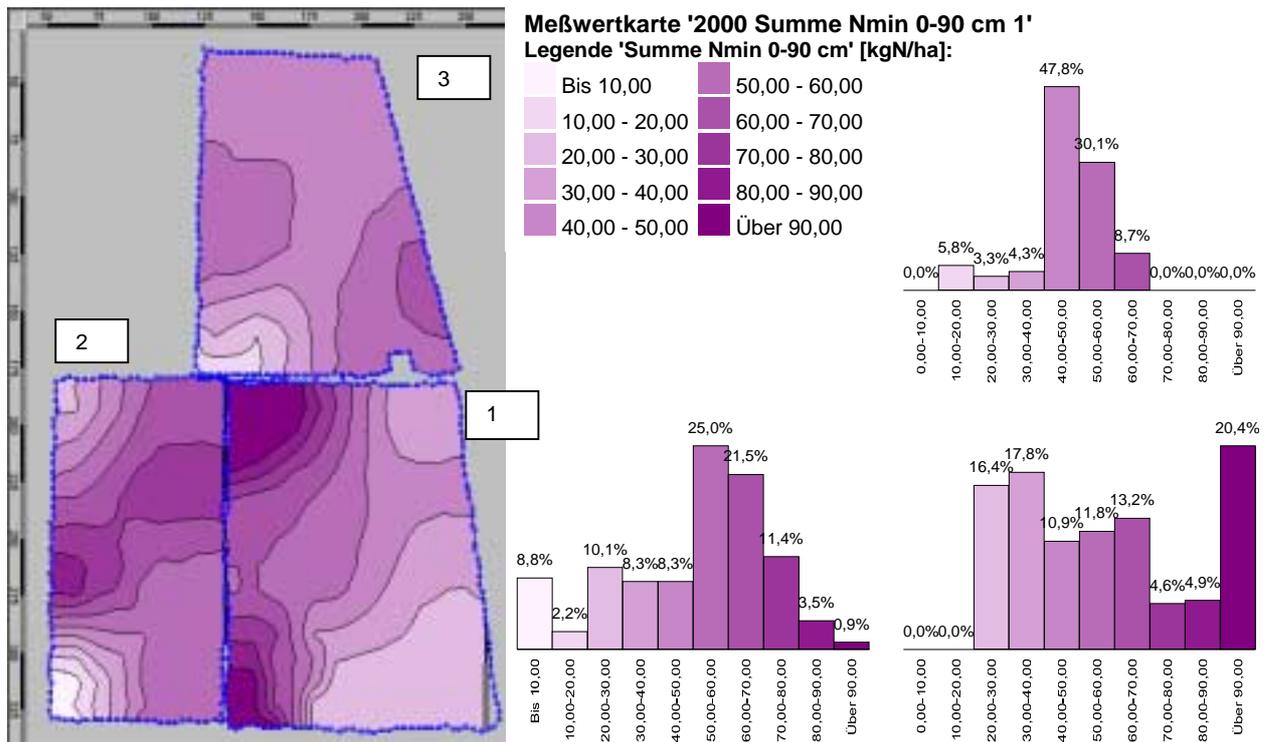


Messwertkarte '2000 Nmin 0-30 cm 1'
Legende 'Nmin 0-30 cm' [kgN/ha]:

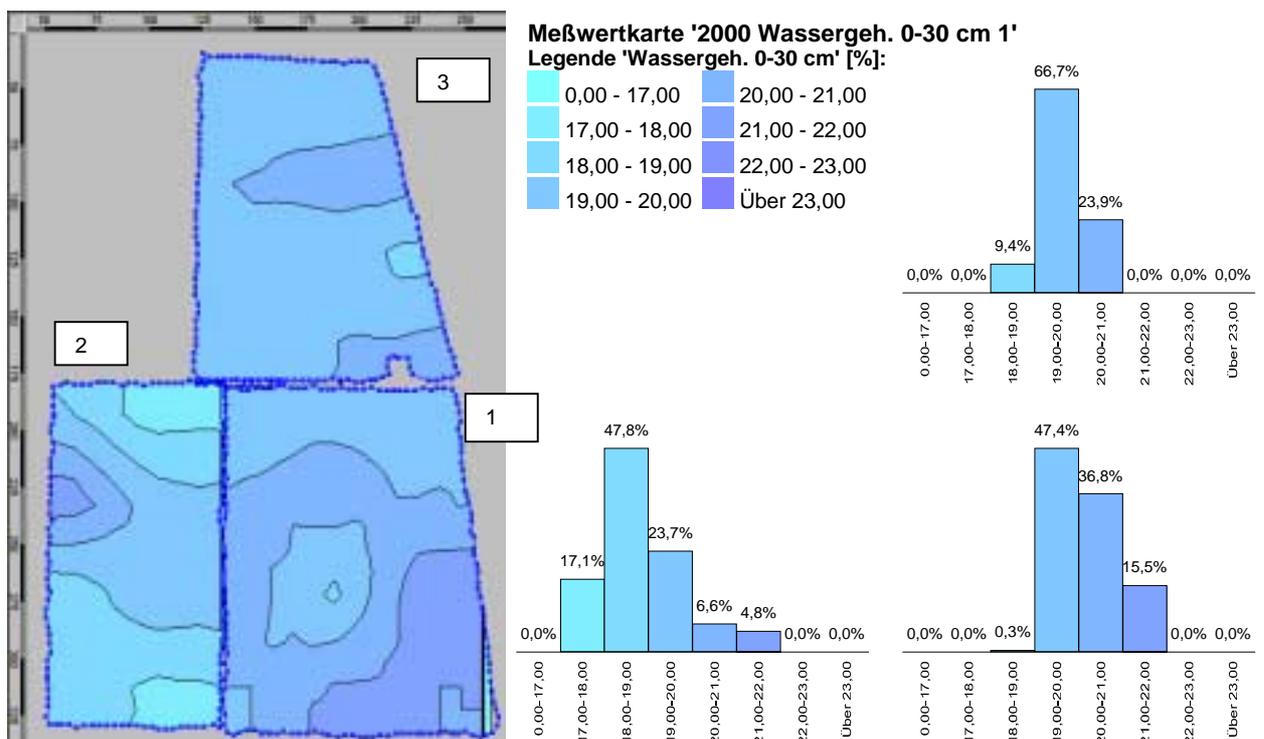
Bis 10,00	50,00 - 60,00
10,00 - 20,00	60,00 - 70,00
20,00 - 30,00	70,00 - 80,00
30,00 - 40,00	80,00 - 90,00
40,00 - 50,00	Über 90,00



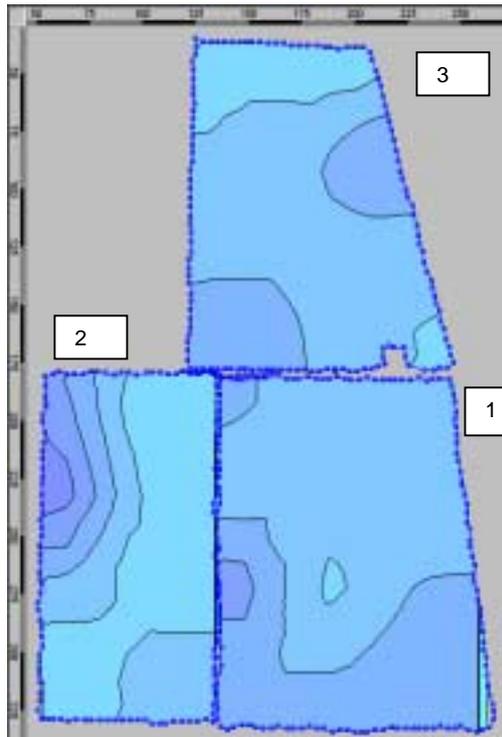
K 15: N_{min}-Gehalt des Bodens 0-90 cm [kg N/ha], 05.06.01



K 16: Bodenwasser 0-30 cm [%], 05.06.01

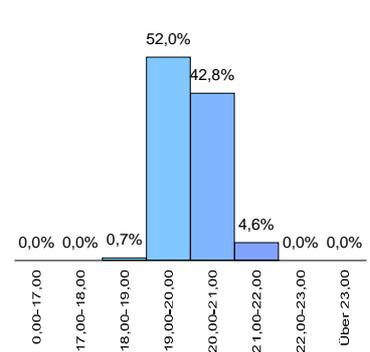
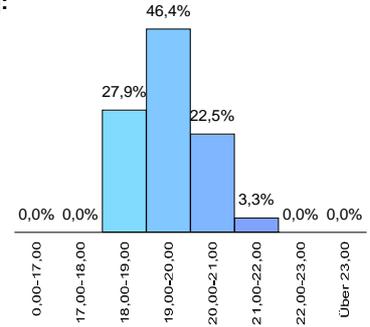
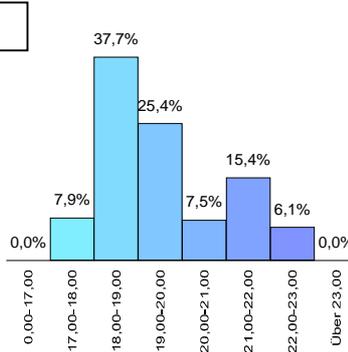
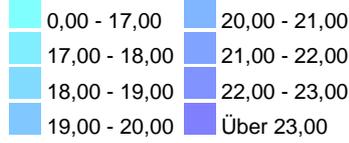


K 17: Bodenwasser 30-60 cm [%], 05.06.01

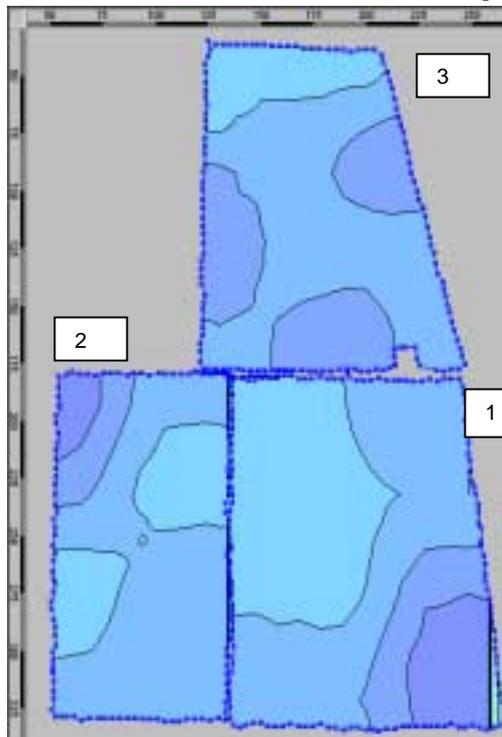


Meßwertkarte '2000 Wassergeh. 30-60 cm 1'

Legende 'Wassergeh. 30-60 cm' [%]:

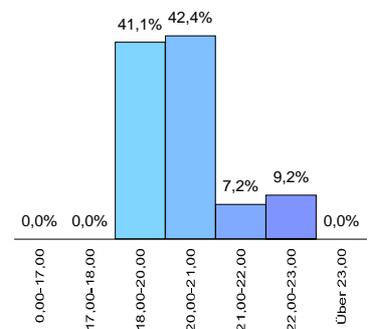
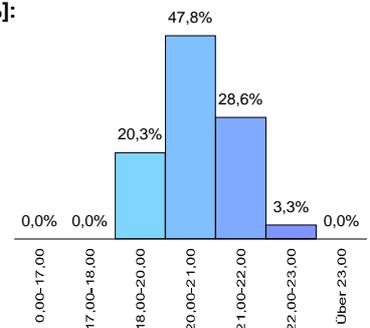
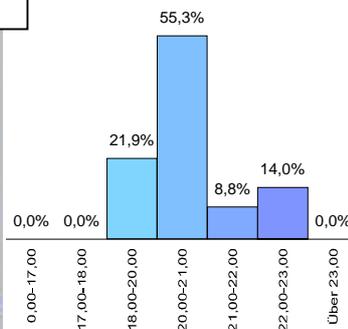
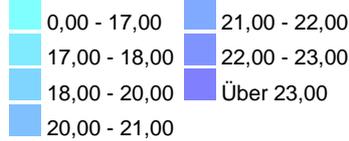


K 18: Bodenwasser 60-90 cm [%], 05.06.01

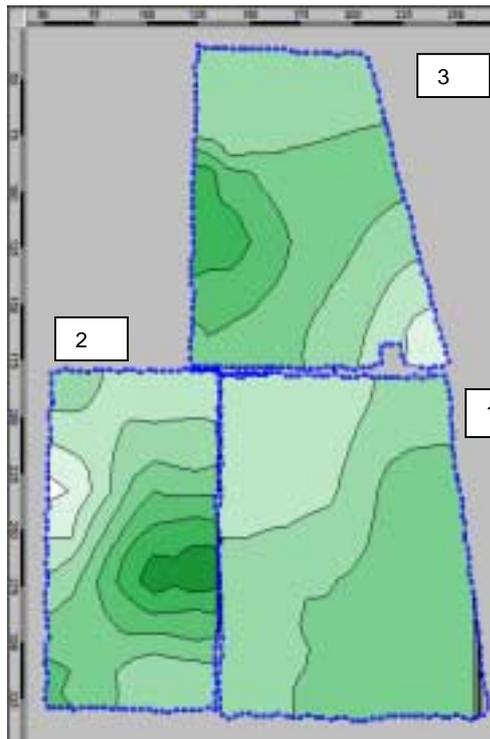


Meßwertkarte '2000 Wassergeh. 60-90 cm 1'

Legende 'Wassergeh. 60-90 cm' [%]:

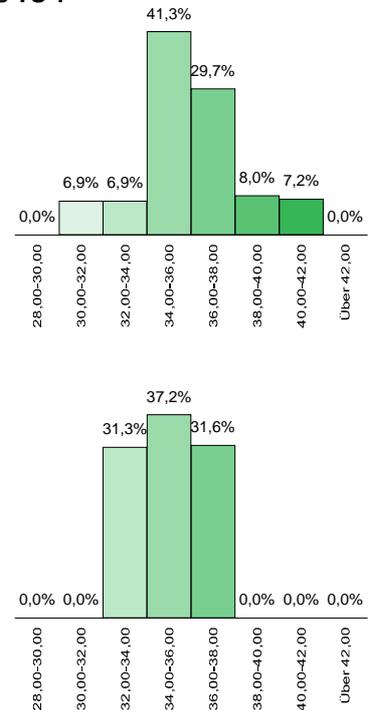
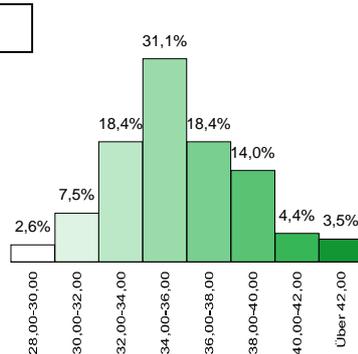
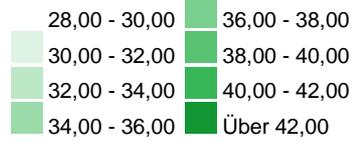


K 19: Restpflanze Trockensubstanz [%]

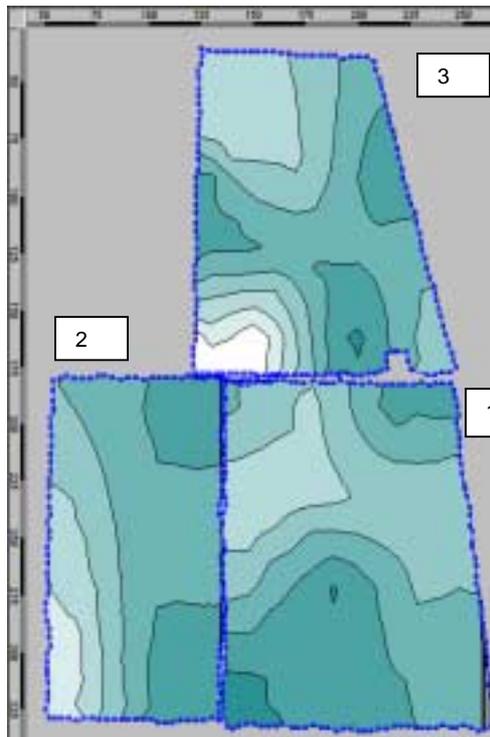


Meßwertkarte '2000 Restpfl. Mais TS' 1'

Legende 'Restpfl. Mais TS' [%]:

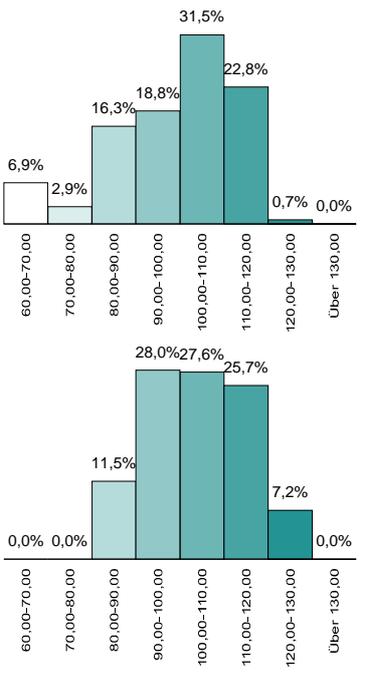
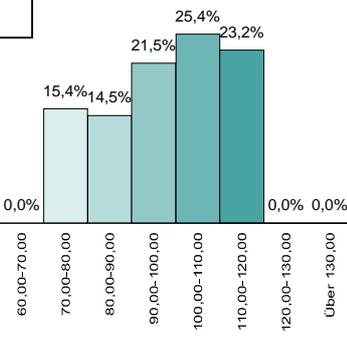
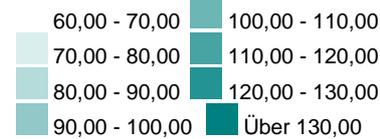


K 20: Restpflanzen Trockenmasse [dt/ha]

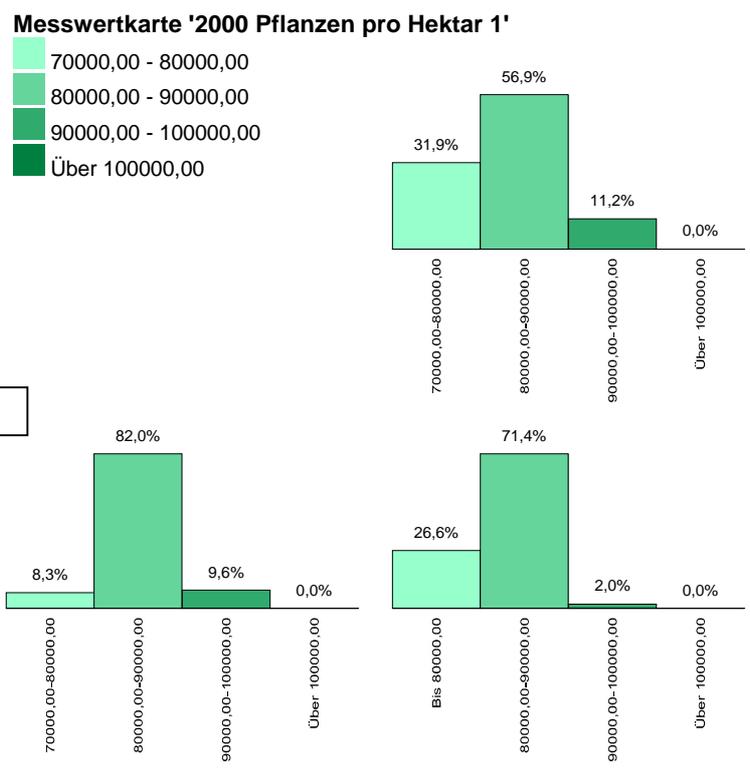


Meßwertkarte '2000 Restpfl. Trockenmasse 1'

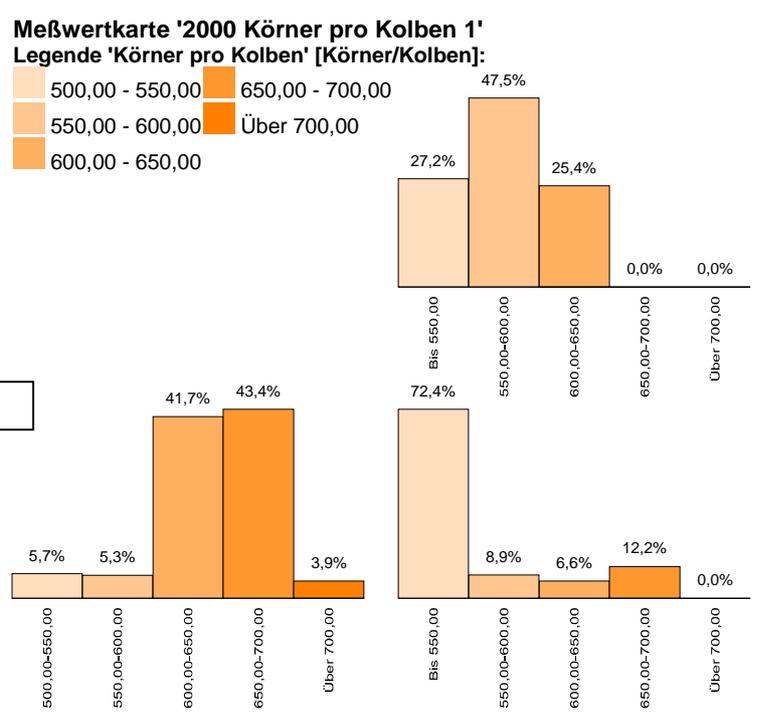
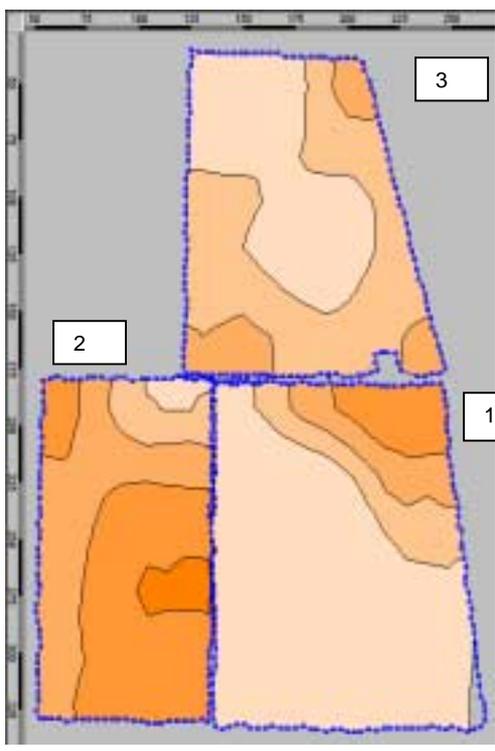
Legende 'Restpfl. Trockenmasse' [dt/ha]:



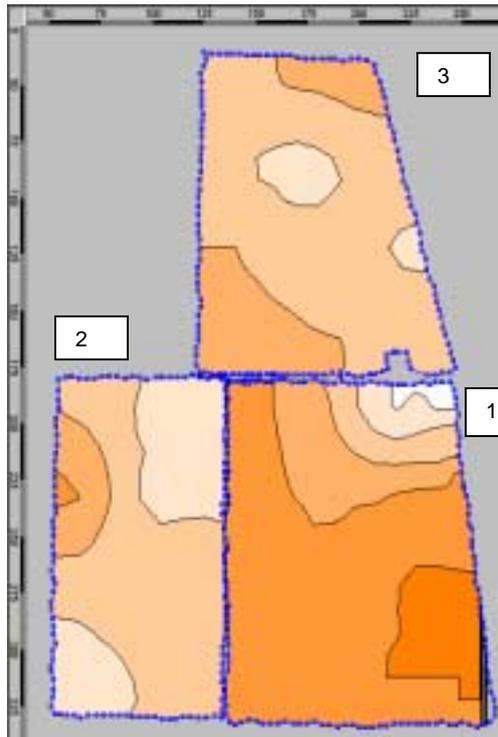
K 21: Pflanzen je Hektar



K 22: Körner/Kolben

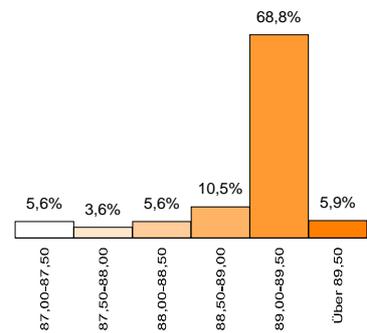
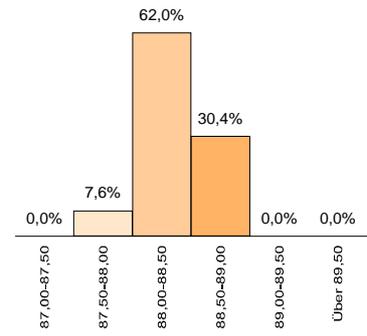
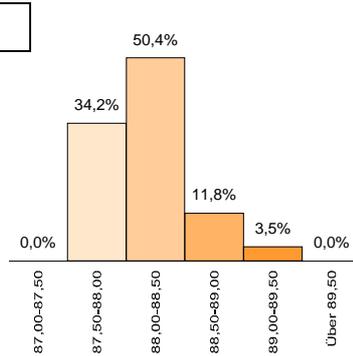


K 23: Korn Trockensubstanz [%]

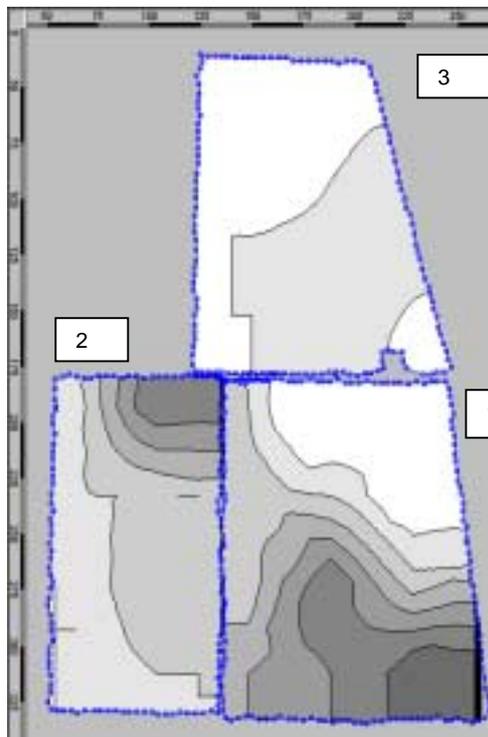


Messwertkarte '2000 Korn TS 1'
Legende 'Korn TS' [%]:

- 87,00 - 87,50
- 87,50 - 88,00
- 88,00 - 88,50
- 88,50 - 89,00
- 89,00 - 89,50
- Über 89,50

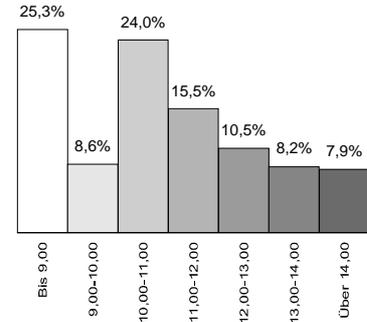
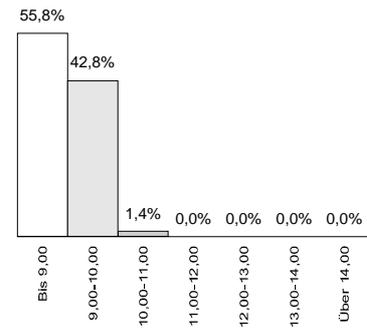
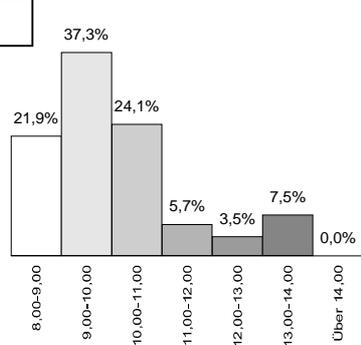


K 24: Zahl der Kolben [Kolben/m²]

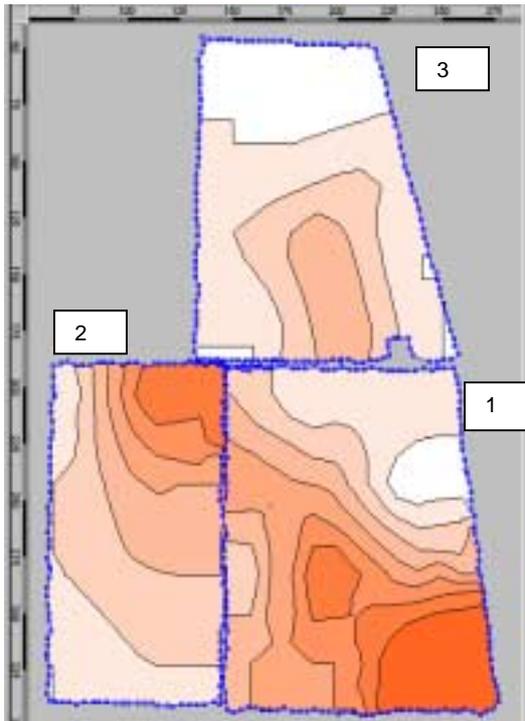


Messwertkarte '2000 Zahl der Kolben 1'
Legende 'Zahl der Kolben / qm' [Kolben / qm]:

- 8,00 - 9,00
- 9,00 - 10,00
- 10,00 - 11,00
- 11,00 - 12,00
- 12,00 - 13,00
- 13,00 - 14,00
- Über 14,00

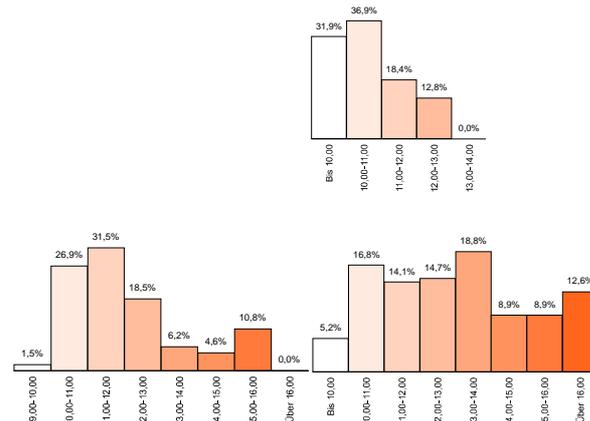


K 25: Kolben/10 Pflanzen

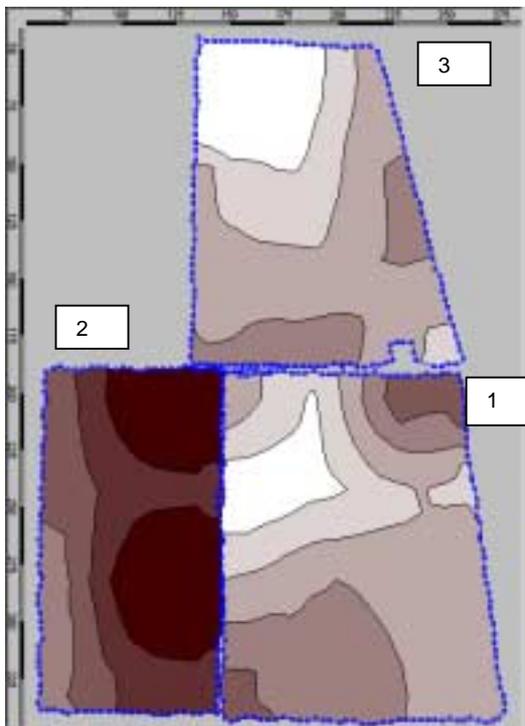


Messwertkarte '2001 Kolben/ 10 Pflanzen 1'
Legende 'Kolben/ 10 Pflanzen' []:

Bis 10,00	13,00 - 14,00
10,00 - 11,00	14,00 - 15,00
11,00 - 12,00	15,00 - 16,00
12,00 - 13,00	Über 16,00

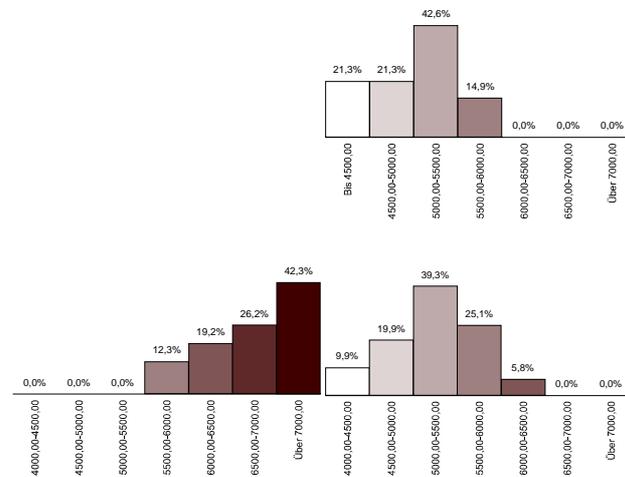


K 26: Körner/m²

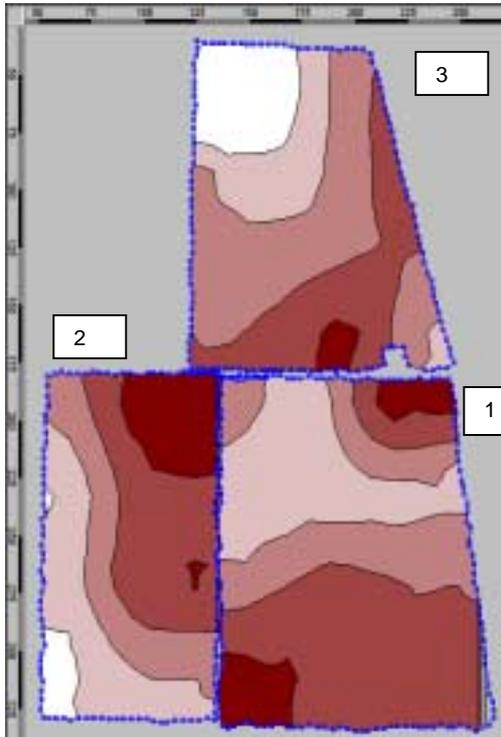


Messwertkarte '2001 Körner/m² 1'
Legende 'Korn/m²' [Korn/m²]:

4000,00 - 4500,00	6000,00 - 6500,00
4500,00 - 5000,00	6500,00 - 7000,00
5000,00 - 5500,00	Über 7000,00
5500,00 - 6000,00	

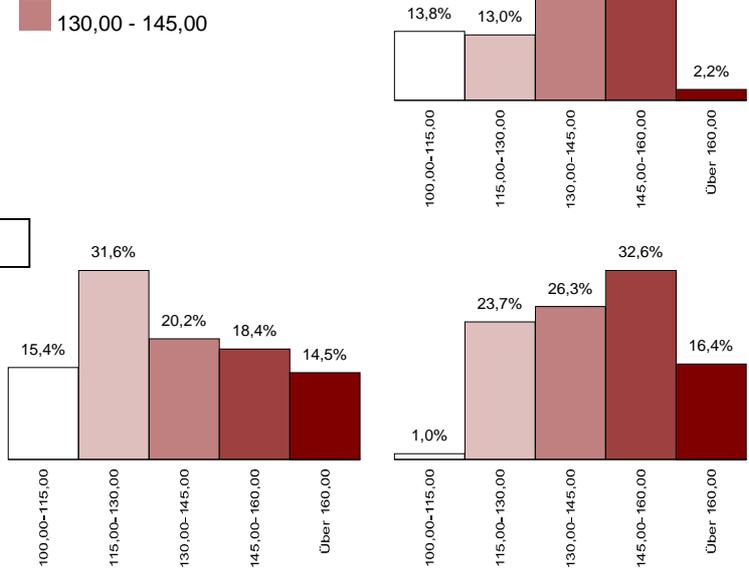


K 27: Kornertrag [dt/ha]



Meßwertkarte '2000 KornTrockenertr norm 1'
 Legende 'KornTrockenertr norm'
 [auf 86% TS normiert]:

100,00 - 115,00 145,00 - 160,00
 115,00 - 130,00 Über 160,00
 130,00 - 145,00

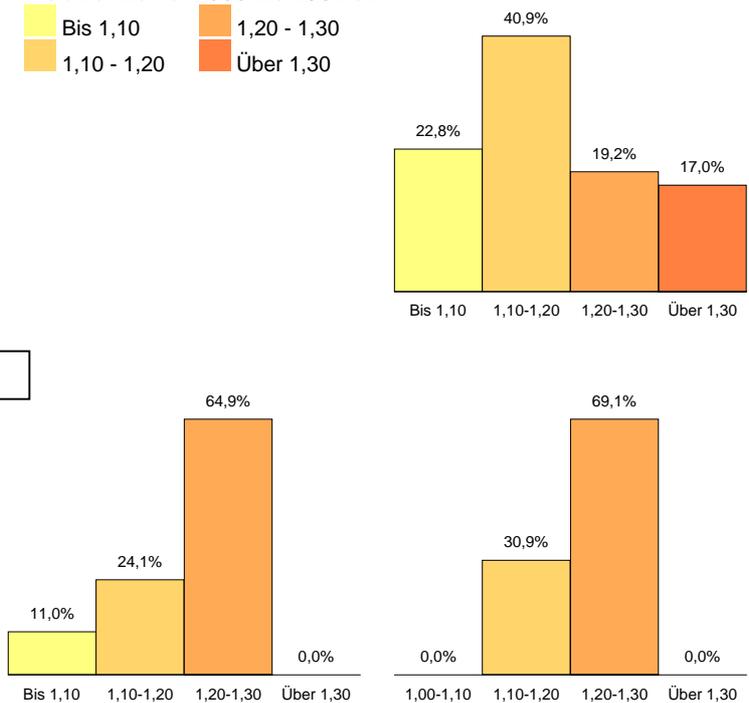


K 28: Korn/Stroh-Verhältnis

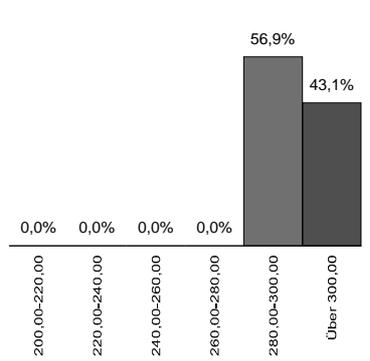
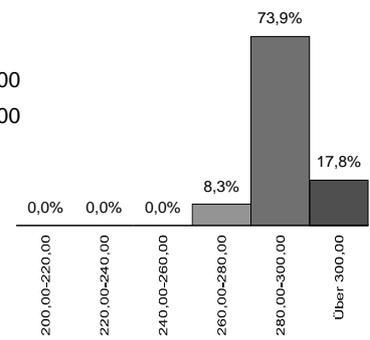
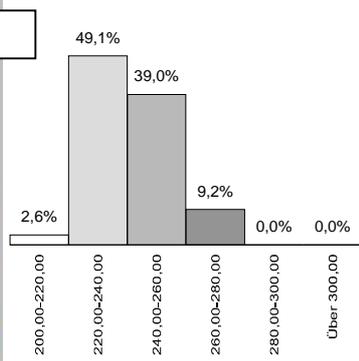
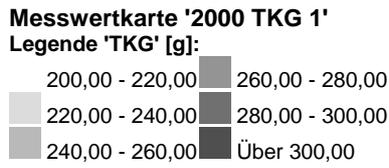
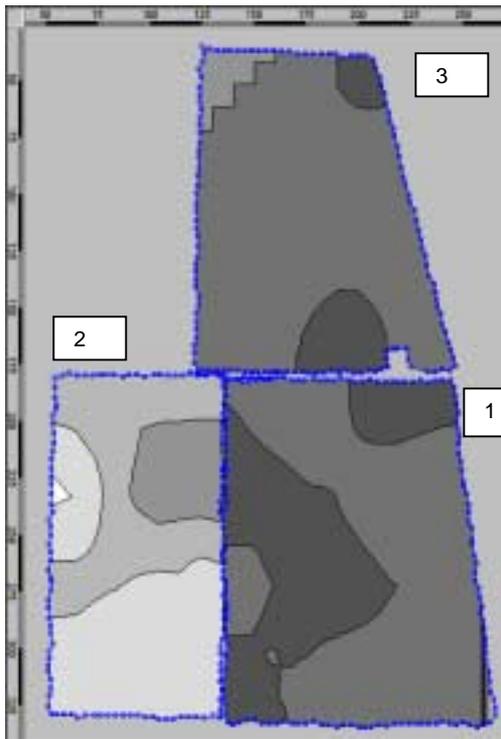


Meßwertkarte '2000 Korn/Stroh 1'

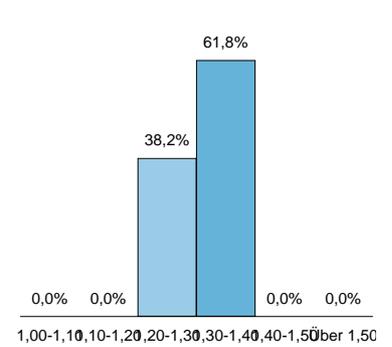
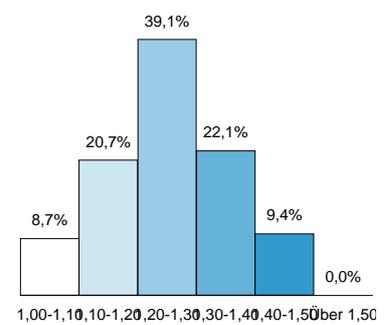
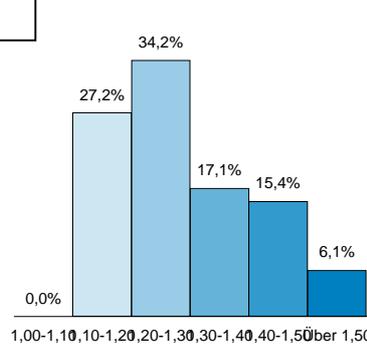
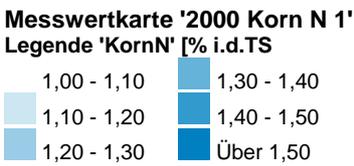
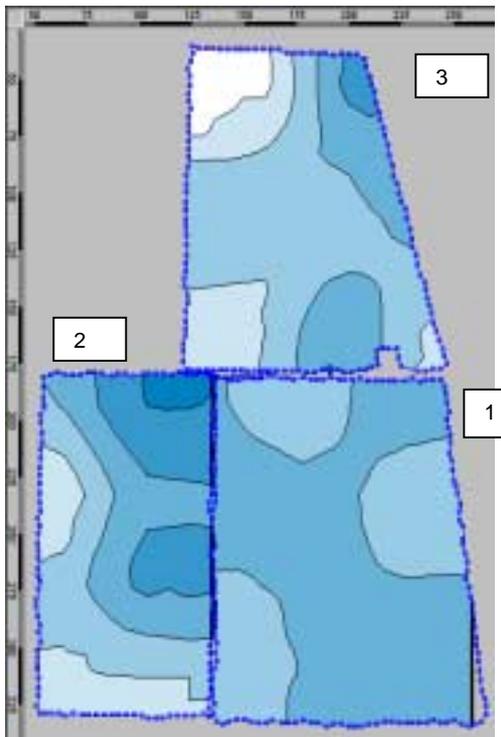
Bis 1,10 1,20 - 1,30
 1,10 - 1,20 Über 1,30



K 29: 1000-Korn-Gewicht TKG [g]



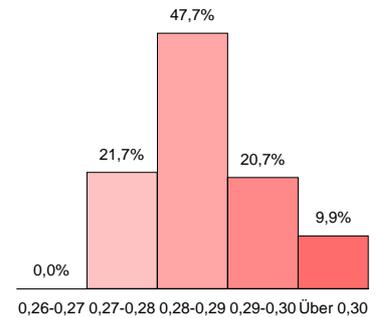
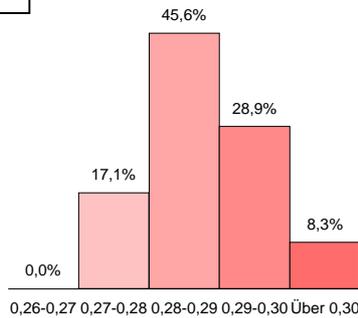
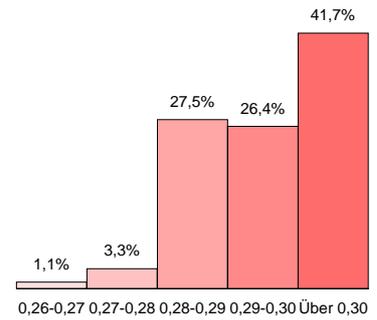
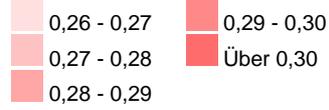
K 30: Korn N-Gehalt [%]



K 31: Korn P-Gehalt [%]



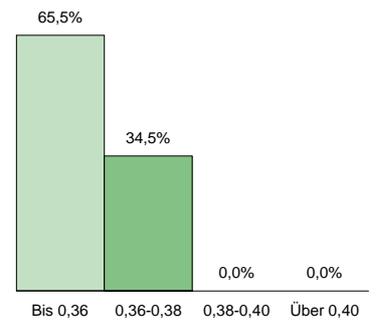
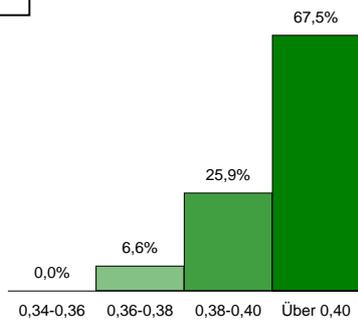
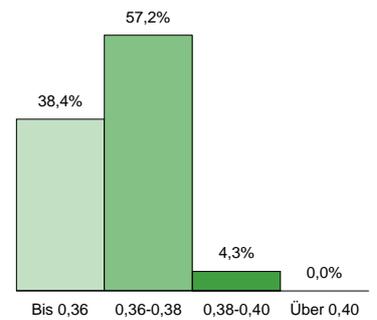
Meßwertkarte '2000 KornP 1'
Legende 'KornP' [% i.d.TS]:



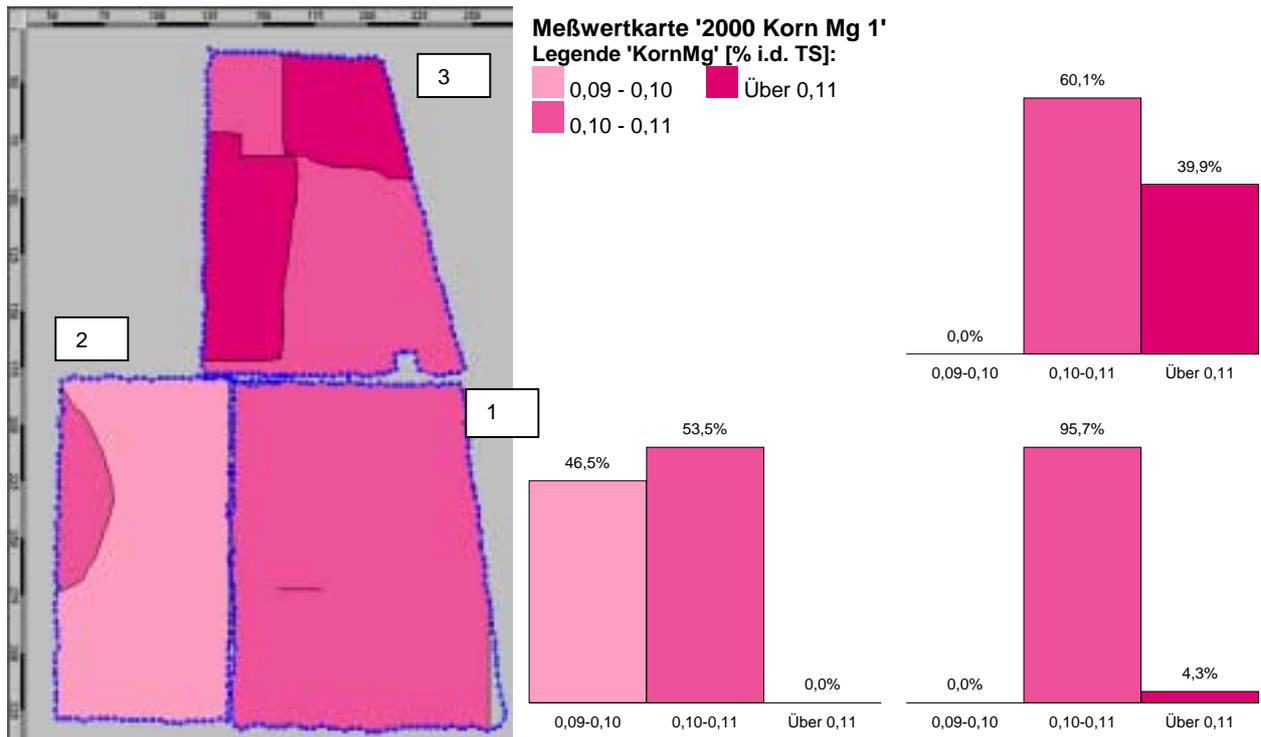
K 32: Korn K-Gehalt [%]



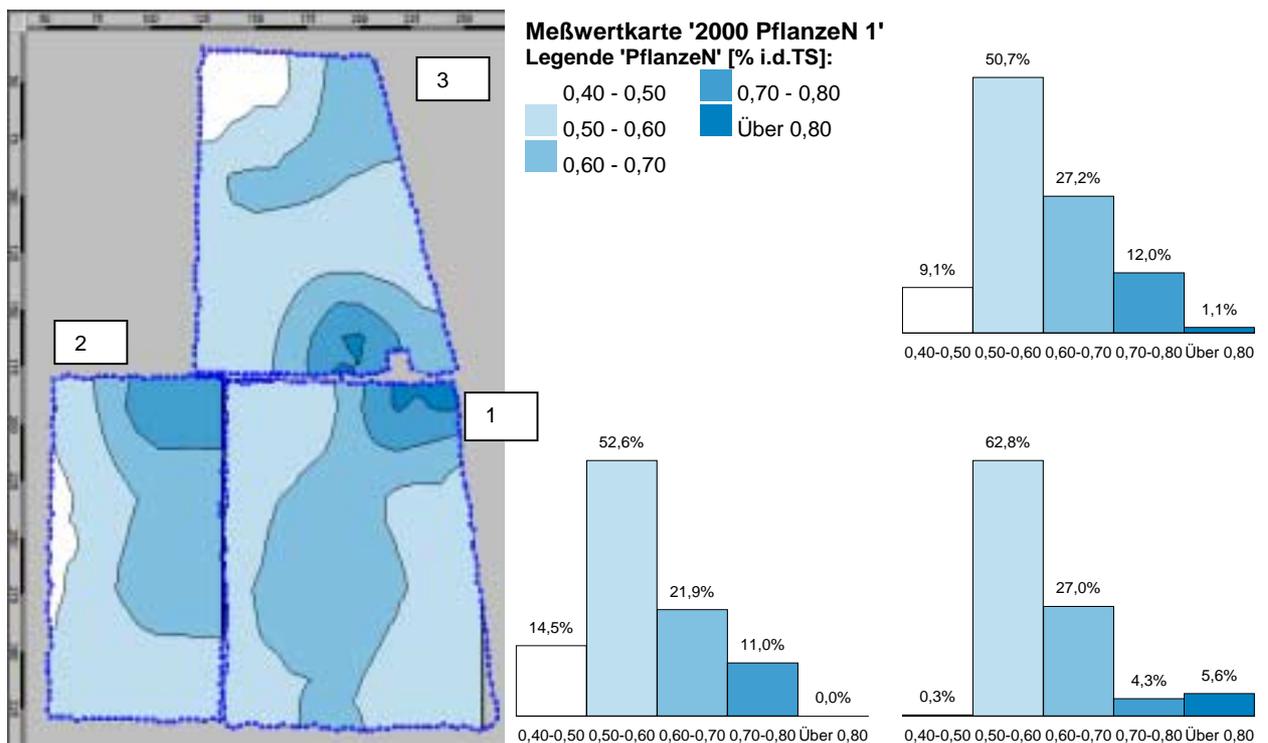
Meßwertkarte '2000 KornK 1'
Legende 'KornK' [% i.d.TS]:



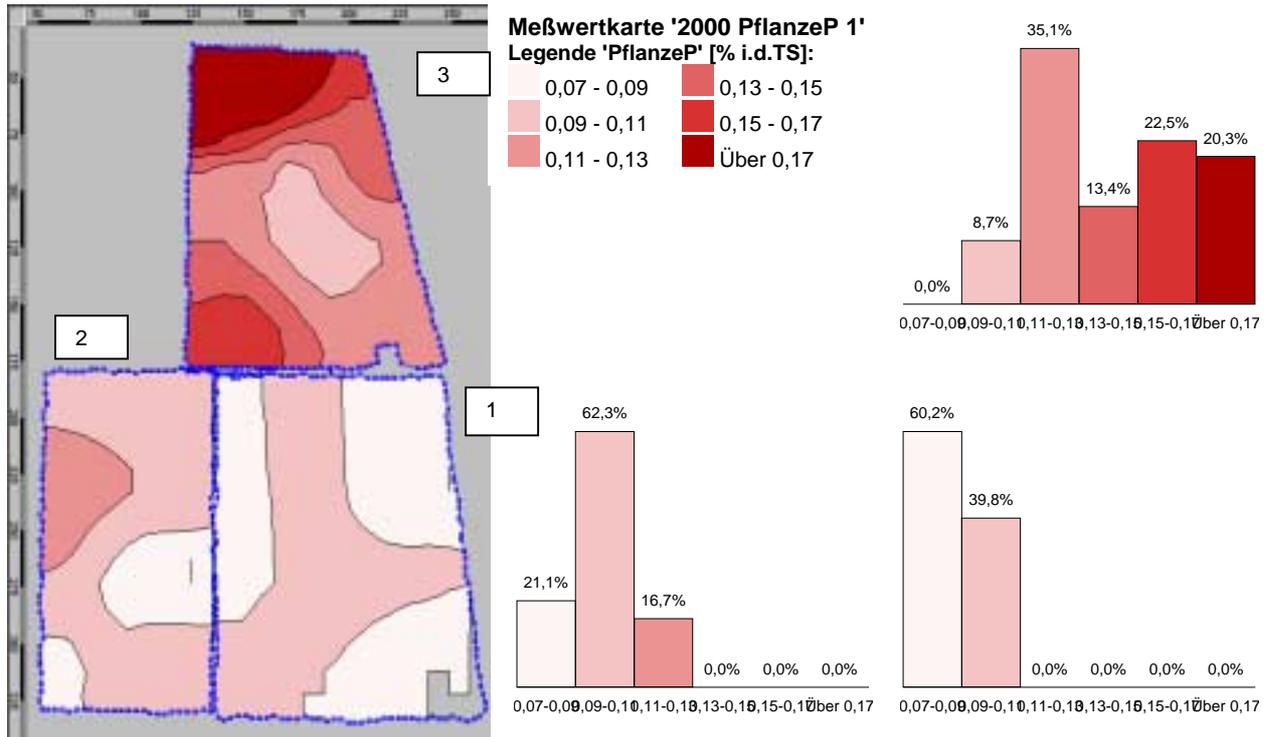
K 33: Korn Mg-Gehalt [%]



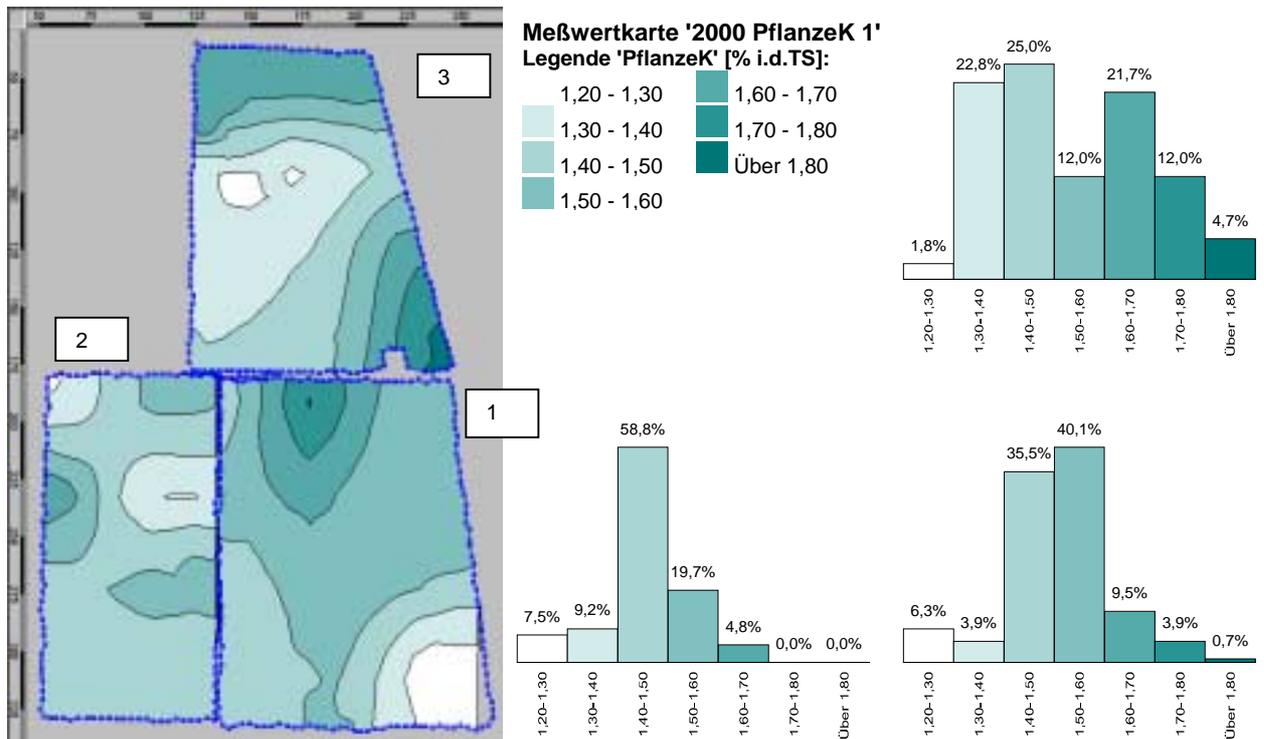
K 34: Pflanze N-Gehalt [%]



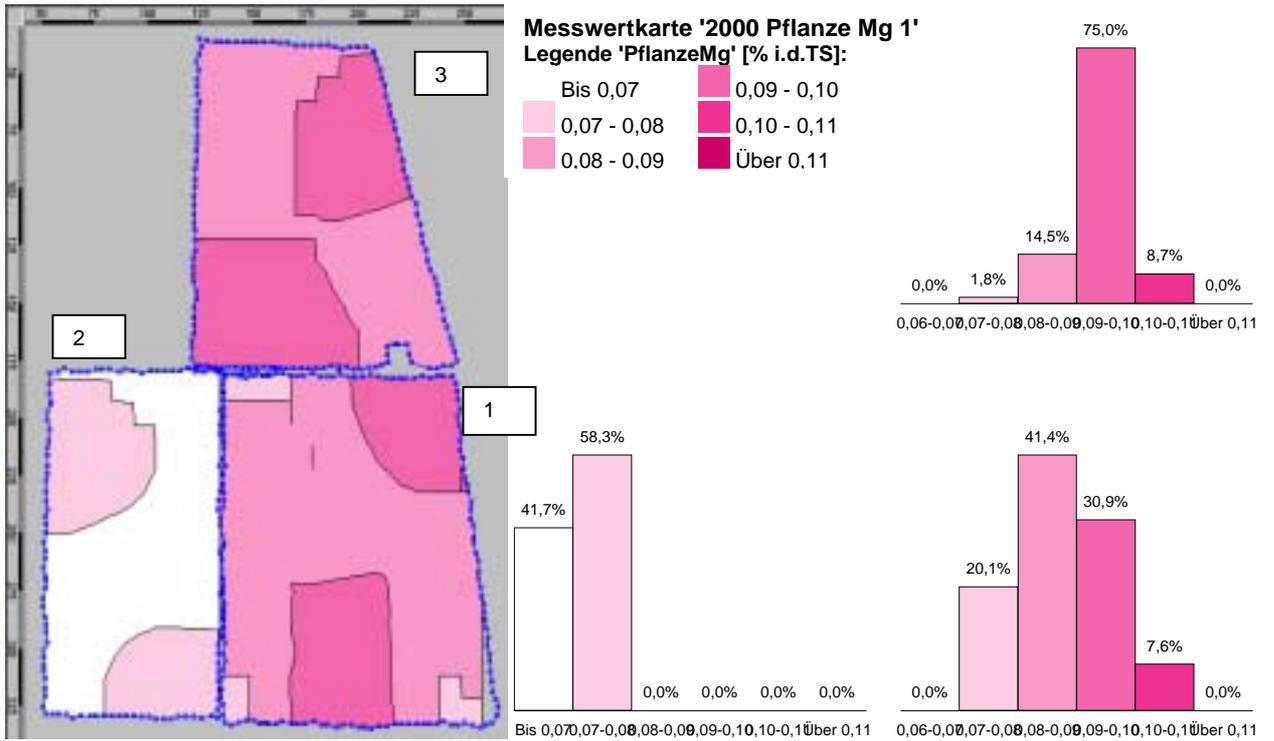
K 35: Pflanze P-Gehalt [%]



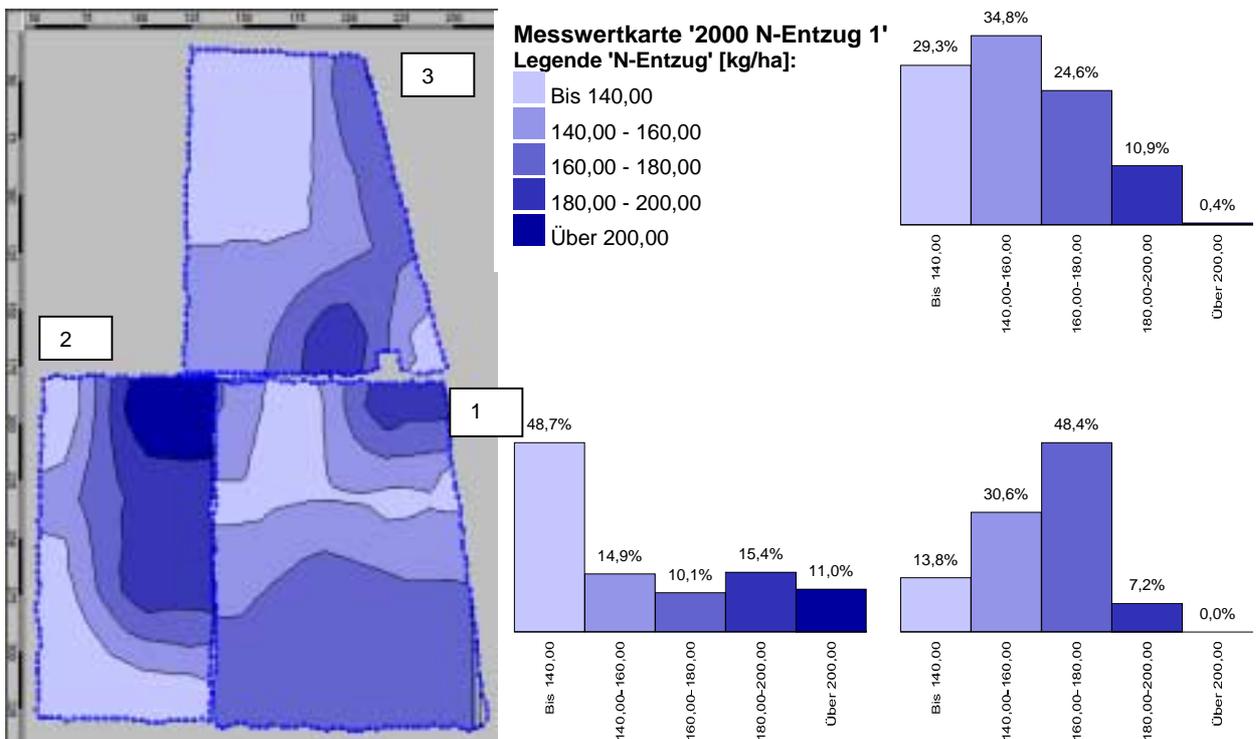
K 36: Pflanze K-Gehalt [%]



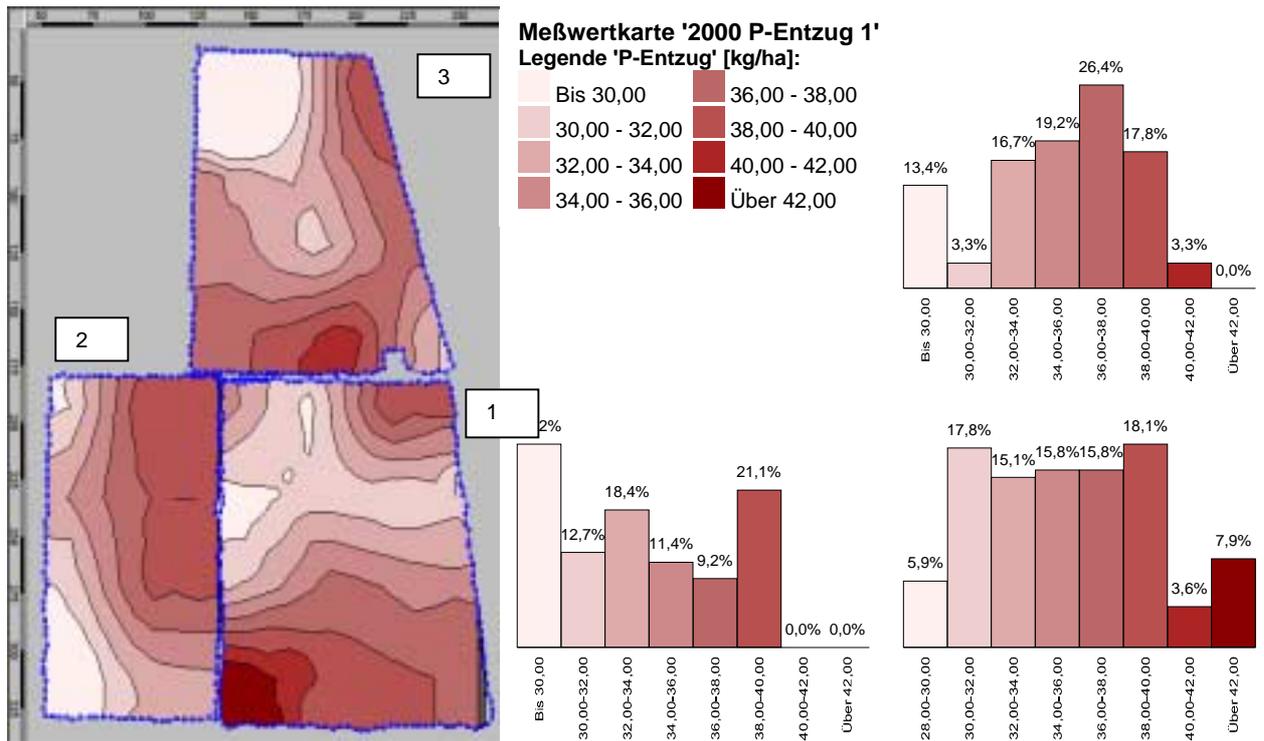
K 37: Pflanze Mg-Gehalt [%]



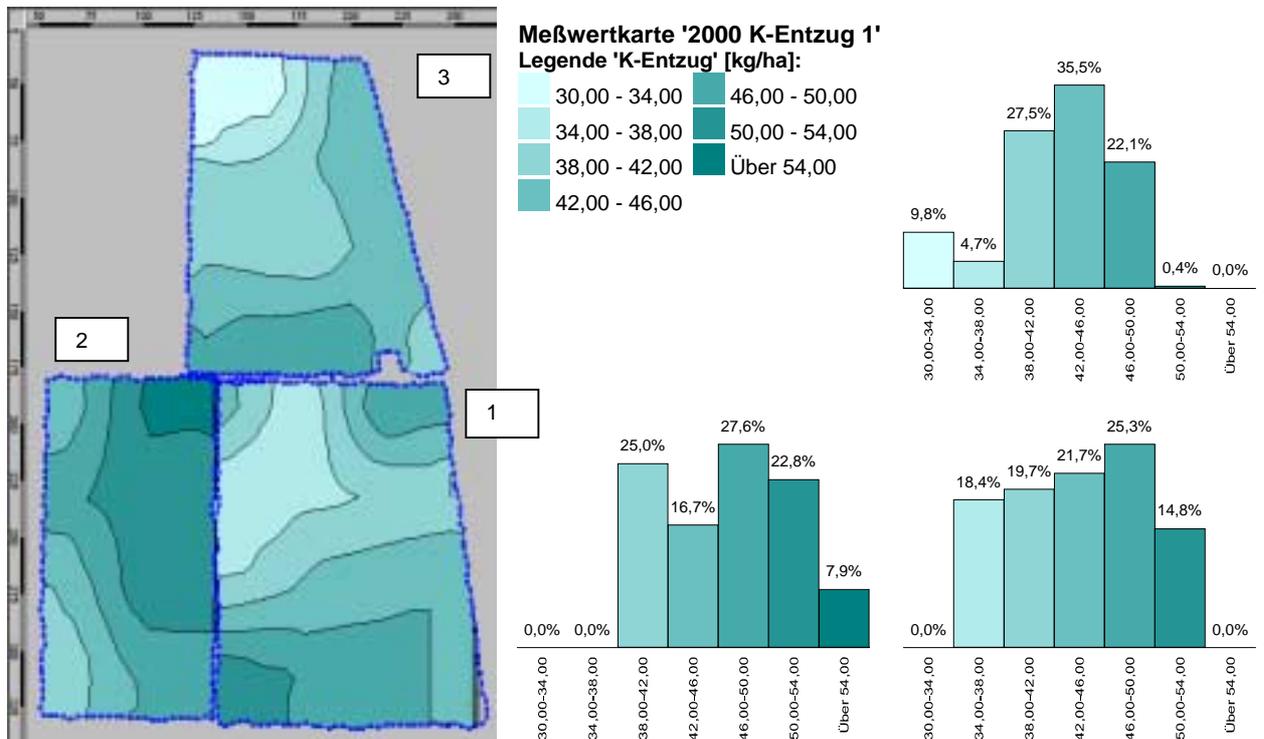
K 38: Entzug N [kg/ha]



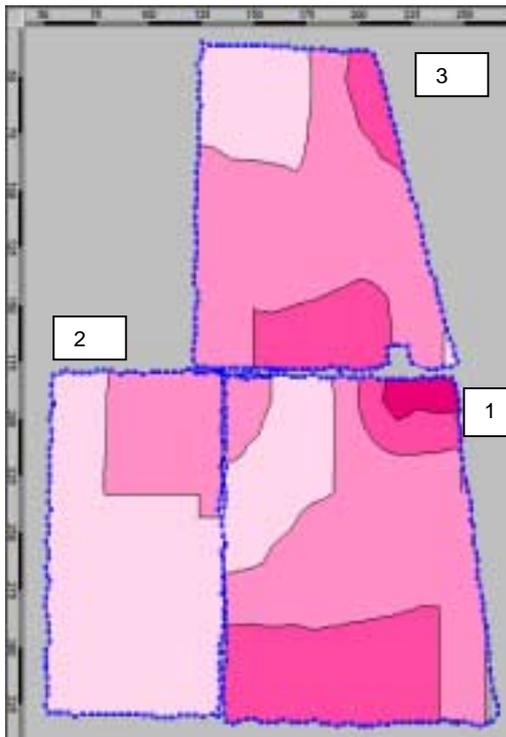
K 39: Entzug P [kg/ha]



K 40: Entzug K [kg/ha]

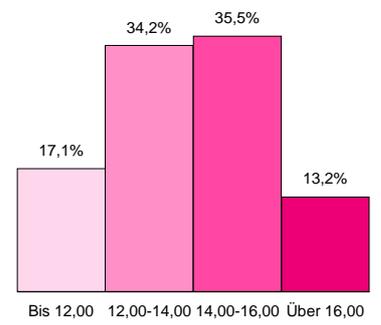
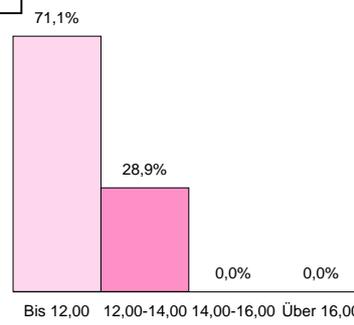
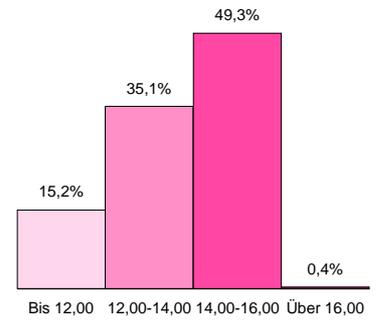


K 41: Entzug Mg [kg/ha]



Messwertkarte '2000 Mg-Entzug 1
Legende 'Mg-Entzug' [kg/ha]:

- Bis 12,00
- 14,00 - 16,00
- 12,00 - 14,00
- Über 16,00



A 4 Datentabellen

Tab. T 1: Bodenkennwerte und Nährstoffversorgung der Raster-Schläge im WSG Weisweil, Mittelwert aus W- und O-Probe

Schlag	Rasterpunkt Nr.	Humus %	pH-Wert	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	Mg mg/100g	Gesamt-N %	Ton %	Schluff %	Sand %
I 1	1	1,65	7,40	38,0	42,5	9,0	0,105	26,9	50,6	22,5
I 1	2	1,60	7,40	31,5	36,5	9,0	0,105	26,4	50,4	23,2
I 1	3	1,60	7,50	31,5	34,0	8,0	0,105	26,4	51,6	22,0
I 1	4	1,65	7,50	26,0	35,5	8,0	0,110	25,2	54,0	20,8
I 1	5	1,60	7,50	34,0	44,0	7,0	0,110	26,1	52,2	21,7
I 1	6	1,65	7,50	34,5	34,0	7,5	0,110	24,5	53,6	21,9
I 1	7	1,85	7,40	47,0	42,5	8,0	0,120	25,5	54,3	20,2
I 1	8	1,80	7,40	42,5	37,5	9,0	0,115	26,4	55,1	18,5
I 1	9	1,75	7,50	39,5	40,0	7,0	0,110	21,6	56,8	21,6
I 1	10	1,85	7,50	40,5	36,5	7,0	0,115	24,6	56,6	18,8
I 1	11	1,85	7,45	40,0	37,5	8,0	0,115	24,5	57,1	18,4
I 1	12	1,70	7,35	38,0	30,0	11,0	0,110	25,9	56,7	17,4
Mittelwert		1,71	7,45	36,9	37,5	8,2	0,111	25,3	54,1	20,6
Min		1,60	7,35	26,0	30,0	7,0	0,105	21,6	51,6	17,4
Max		1,85	7,50	47,0	44,0	11,0	0,120	26,9	57,1	23,2
Standardabweichung		0,10	0,05	5,4	3,9	1,1	0,004	1,4	2,4	1,8
VK	[%]	6	1	15	10	13	4	5	4	9
I 2	1	1,50	7,35	30,5	35,5	7,0	0,100	21,7	49,6	28,7
I 2	2	1,55	7,20	25,0	29,5	11,0	0,105	23,1	50,2	26,7
I 2	3	1,75	7,20	25,5	34,0	12,0	0,120	26,7	49,4	23,9
I 2	4	1,85	7,20	27,0	31,0	12,5	0,120	27,0	50,6	22,4
I 2	5	1,70	7,50	25,0	36,5	8,0	0,110	22,6	53,4	24,0
I 2	6	1,80	7,40	31,5	31,5	9,0	0,110	24,3	50,1	25,6
I 2	7	1,80	7,40	30,5	35,5	8,0	0,110	21,8	55,2	23,0
I 2	8	2,00	7,35	29,5	29,0	9,5	0,095	26,1	50,2	23,7
Mittelwert		1,74	7,33	28,1	32,8	9,6	0,109	24,2	51,1	24,8
Min		1,50	7,20	25,0	29,0	7,0	0,095	21,7	49,4	22,4
Max		2,00	7,50	31,5	36,5	12,5	0,120	27,0	55,2	28,7
Standardabweichung		0,15	0,11	2,6	2,7	1,9	0,008	2,0	1,9	2,0
VK	[%]	9	1	9	8	20	8	9	4	8
I 3	1	1,80	7,45	29,5	39,0	8,0	0,110	22,1	55,2	22,7
I 3	2	1,65	7,30	36,0	35,5	9,0	0,110	23,2	55,3	21,5
I 3	3	1,75	7,25	35,0	36,5	11,0	0,110	24,5	54,0	21,5
I 3	4	1,75	7,40	43,5	43,0	8,5	0,115	24,2	51,9	23,9
I 3	5	1,55	7,50	27,5	36,5	7,0	0,100	21,6	58,6	19,8
I 3	6	1,50	7,40	28,0	32,0	8,0	0,095	25,5	49,6	24,9
I 3	7	1,50	7,40	27,0	34,5	8,0	0,100	23,6	50,9	25,5
I 3	8	1,55	7,50	22,0	29,5	7,0	0,100	21,8	50,2	28,0
I 3	9	1,50	7,40	32,5	31,5	8,0	0,100	25,9	48,6	25,5
I 3	10	1,60	7,50	21,0	31,0	7,0	0,105	22,3	51,8	25,9
Mittelwert		1,62	7,41	30,2	34,9	8,2	0,105	23,5	52,6	23,9
Min		1,50	7,25	21,0	29,5	7,0	0,095	21,6	48,6	19,8
Max		1,80	7,50	43,5	43,0	11,0	0,115	25,9	58,6	28,0
Standardabweichung		0,11	0,08	6,4	3,9	1,1	0,006	1,5	2,9	2,4
VK	[%]	5	1	24	13	13	1	6	6	10

Die Parameter der ersten 6 Spalten wurden aus einer W-Probe (westlich des Rasterpunktes) und einer O-Probe (östlich des Rasterpunktes) analysiert. Vgl. Tab A2 und A3.

Tab. T 2: Bodenkennwerte und Nährstoffversorgung der Raster-Schläge im WSG Weisweil – W-Probe

Schlag und Raster- punkt-Nr.	Hu- mus	Bo- den- art	pH- Wert	P ₂ O ₅ mg/ 100g	P ₂ O ₅ Stufe	K ₂ O mg/ 100g	K ₂ O Stufe	Mg mg/ 100g	Mg Stufe	Ge- samt- N %	Ton %	Schluff %	Sand %
I 1 1	1,6	uL	7,4	34	D	41	E	9	C	0,1	26,9	50,6	22,5
I 1 2	1,6	uL	7,4	29	D	36	E	9	C	0,1	26,4	50,4	23,2
I 1 3	1,6	uL	7,5	29	D	33	D	8	C	0,1	26,4	51,6	22,0
I 1 4	1,7	uL	7,5	26	D	36	E	8	C	0,11	25,2	54,0	20,8
I 1 5	1,6	uL	7,5	35	E	46	E	7	B	0,11	26,1	52,2	21,7
I 1 6	1,6	uL	7,5	34	D	32	D	7	B	0,11	24,5	53,6	21,9
I 1 7	1,8	uL	7,4	48	E	41	E	8	C	0,12	25,5	54,3	20,2
I 1 8	1,8	uL	7,4	44	E	37	E	9	C	0,11	26,4	55,1	18,5
I 1 9	1,7	uL	7,5	32	D	41	E	7	B	0,11	21,6	56,8	21,6
I 1 10	1,7	uL	7,5	39	E	37	E	7	B	0,11	24,6	56,6	18,8
I 1 11	1,7	uL	7,5	37	E	40	E	8	C	0,11	24,5	57,1	18,4
I 1 12	1,7	uL	7,4	36	E	31	D	11	C	0,1	25,9	56,7	17,4
I 1 1	1,5	sL	7,3	27	D	37	E	7	B	0,1	21,7	49,6	28,7
I 1 2	1,5	sL	7,2	24	C	29	D	11	C	0,1	23,1	50,2	26,7
I 1 3	1,7	uL	7,2	25	D	34	D	12	C	0,12	26,7	49,4	23,9
I 1 4	1,8	uL	7,2	26	D	30	D	12	C	0,12	27,0	50,6	22,4
I 1 5	1,7	uL	7,5	26	D	41	E	8	C	0,11	22,6	53,4	24,0
I 1 6	1,8	uL	7,4	30	D	34	D	9	C	0,11	24,3	50,1	25,6
I 1 7	1,9	uL	7,4	31	D	39	E	8	C	0,11	21,8	55,2	23,0
I 1 8	1,5	uL	7,4	29	D	30	D	9	C	0,1	26,1	50,2	23,7
I 1 1	1,8	uL	7,5	28	D	40	E	8	C	0,11	22,1	55,2	22,7
I 1 2	1,7	uL	7,3	36	E	36	E	9	C	0,11	23,2	55,3	21,5
I 1 3	1,8	uL	7,3	36	E	37	E	11	C	0,11	24,5	54,0	21,5
I 1 4	1,8	uL	7,4	46	E	42	E	9	C	0,11	24,2	51,9	23,9
I 1 5	1,6	uL	7,5	30	D	35	D	7	B	0,1	21,6	58,6	19,8
I 1 6	1,5	uL	7,4	30	D	33	D	8	C	0,1	25,5	49,6	24,9
I 1 7	1,5	uL	7,4	26	D	33	D	8	C	0,1	23,6	50,9	25,5
I 1 8	1,6	uL	7,5	22	C	27	D	7	B	0,1	21,8	50,2	28,0
I 1 9	1,5	uL	7,4	32	D	28	D	8	C	0,1	25,9	48,6	25,5
I 1 10	1,6	uL	7,5	22	C	29	D	7	B	0,1	22,3	51,8	25,9
Mittelwert	1,7		7,4	31		34		8		0,10	23,6	52,6	23,8
Min	1,5		7,3	22		27		7		0,10	21,6	48,6	19,8
Max	1,9		7,5	46		42		11		0,11	26,1	58,6	28,0
Standar- dabweich.	0,1		0,1	6		5		1		0,01	1,6	2,9	2,2
VK [%]	8		1	21		14		13		6	7	5	9

Tab. T 3: Bodenkennwerte und Nährstoffversorgung der Raster-Schläge im WSG Weisweil – O-Probe

Schlag und Raster- punkt-Nr.	Humus %	Bodenart	pH- Wert	P ₂ O ₅ mg/100g	P ₂ O ₅ Stufe	K ₂ O mg/100g	K ₂ O Stufe	Mg mg/100g	Mg Stufe	Gesamt- N %
I 1 1	1,7	uL	7,4	42	E	44	E	9	C	0,11
I 1 2	1,6	uL	7,4	34	D	37	E	9	C	0,11
I 1 3	1,6	uL	7,5	34	D	35	D	8	C	0,11
I 1 4	1,6	uL	7,5	26	D	35	D	8	C	0,11
I 1 5	1,6	uL	7,5	33	D	42	E	7	B	0,11
I 1 6	1,7	uL	7,5	35	E	36	E	8	C	0,11
I 1 7	1,9	uL	7,4	46	E	44	E	8	C	0,12
I 1 8	1,8	uL	7,4	41	E	38	E	9	C	0,12
I 1 9	1,8	uL	7,5	47	E	39	E	7	B	0,11
I 1 10	2,0	uL	7,5	42	E	36	E	7	B	0,12
I 1 11	2,0	uL	7,4	43	E	35	D	8	C	0,12
I 1 12	1,7	uL	7,3	40	E	29	D	11	C	0,1
I 2 1	1,5	uL	7,4	34	D	34	D	7	B	0,1
I 2 2	1,6	uL	7,2	26	D	30	D	11	C	0,11
I 2 3	1,8	uL	7,2	26	D	34	D	12	C	0,12
I 2 4	1,9	uL	7,2	28	D	32	D	13	C	0,12
I 2 5	1,7	uL	7,5	24	C	32	D	8	C	0,11
I 2 6	1,8	uL	7,4	33	D	29	D	9	C	0,11
I 2 7	1,7	uL	7,4	30	D	32	D	8	C	0,11
I 2 8	1,5	uL	7,3	30	D	28	D	10	C	0,1
I 3 1	1,8	uL	7,4	31	D	38	E	8	C	0,11
I 3 2	1,6	uL	7,3	36	E	35	D	9	C	0,11
I 3 3	1,7	uL	7,2	34	D	36	E	11	C	0,11
I 3 4	1,7	uL	7,4	41	E	44	E	8	C	0,12
I 3 5	1,5	uL	7,5	25	D	38	E	7	B	0,1
I 3 6	1,5	uL	7,4	26	D	31	D	8	C	0,09
I 3 7	1,5	uL	7,4	28	D	36	E	8	C	0,1
I 3 8	1,5	uL	7,5	22	C	32	D	7	B	0,1
I 3 9	1,5	uL	7,4	33	D	35	D	8	C	0,1
I 3 10	1,6	uL	7,5	20	C	33	D	7	B	0,11
Mittelwert	1,6		7,4	30		35		8		0,11
Min	1,5		7,2	20		31		7		0,09
Max	1,8		7,5	41		44		11		0,12
Standar- dabweich.	0,1		0,1	6		4		1		0,01
VK [%]	7		1	19		11		14		7

Tab. T 4: Pflanzenkennwerte und Ertragskomponenten von Körnermais der Raster-Schläge im WSG Weisweil, Ergebnisse der Parzellenernte 2000

Schlag und Raster punkt- Nr.	Rest- pflanze TS [%]	Restpfl Feuch- te [%]	Restpfl Frisch- masse [dt/ha]	Restpfl Tro- cken- masse [dt/ha]	Korn TS [%]	Korn Feuch- te [%]	Körner/ Kolben	Pfl. je Hektar	Kol- ben/ m ²	Kol- ben/Pfl anze	Kör- ner/Flä- che [Korn/ m ²]	Korn Frisch- ertrag [dt/ha]	Korn Tro- cke- nertrag [dt/ha]	86% TS norm. Korn Trocke- nertrag [dt/ha]	Korn/ Stroh	TKG [g]
I 1 1	33,5	66,5	304,2	101,9	75,3	24,7	499	90000	11	1,2	5485	164,3	123,7	143,9	1,2	300
I 1 2	32,5	67,5	241,0	82,1	76,3	23,7	365	80000	11	1,4	4016	123,7	98,8	114,9	1,2	308
I 1 3	35,2	64,8	259,8	95,4	76,0	24,0	500	90000	10	1,1	4995	146,9	116,7	135,6	1,2	294
I 1 4	35,2	64,8	328,9	122,0	75,0	25,0	503	90000	12	1,3	6034	183,4	143,9	167,3	1,2	304
I 1 5	32,2	67,8	255,7	86,5	74,8	25,2	617	70000	7	1,0	4321	125,5	98,4	114,4	1,1	290
I 1 6	33,2	66,8	249,9	87,1	74,5	25,5	438	80000	10	1,3	4382	132,1	103,1	119,9	1,2	301
I 1 7	35,9	64,1	324,2	121,2	73,8	26,2	393	90000	14	1,6	5504	170,0	131,4	152,8	1,1	309
I 1 8	36,4	63,6	301,0	114,9	75,0	25,0	445	90000	13	1,4	5783	170,1	133,3	155,0	1,2	294
I 1 9	34,4	65,6	316,1	114,5	70,8	29,2	699	80000	9	1,1	6293	195,5	145,4	169,1	1,3	311
I 1 10	37,2	62,8	233,8	91,7	72,5	27,5	613	90000	8	0,9	4901	138,6	105,5	122,7	1,2	283
I 1 11	36,8	63,2	251,9	97,4	75,2	24,8	530	80000	10	1,3	5297	157,5	124,0	144,2	1,3	297
I 1 12	37,8	62,2	271,3	107,6	76,7	23,3	357	80000	15	1,9	5356	158,8	127,5	148,2	1,2	296
I 2 1	29,0	71,0	290,9	88,8	70,6	29,4	616	100000	10	1,0	6164	131,5	97,2	113,0	1,1	213
I 2 2	35,1	64,9	270,4	99,5	71,1	28,9	693	80000	9	1,1	6237	156,1	116,4	135,4	1,2	250
I 2 3	34,2	65,8	225,8	81,4	69,9	30,1	626	80000	9	1,1	5636	140,3	102,8	119,6	1,3	249
I 2 4	38,4	61,6	176,1	70,8	69,4	30,6	638	90000	9	1,0	5743	130,4	95,0	110,5	1,3	227
I 2 5	32,7	67,3	325,2	111,1	70,7	29,3	547	90000	14	1,6	7662	196,3	145,7	169,4	1,3	256
I 2 6	37,5	62,5	277,5	109,3	69,4	30,6	674	80000	10	1,3	6744	184,7	134,4	156,3	1,2	274
I 2 7	43,6	56,4	239,3	109,0	72,1	27,9	708	90000	11	1,2	7786	182,5	137,9	160,4	1,3	234
I 2 8	34,6	65,4	313,6	113,3	70,1	29,9	681	90000	10	1,1	6805	151,3	111,4	129,5	1,0	222
I 3 1	30,9	69,1	287,5	93,7	79,3	24,2	612	80000	8	1,0	4899	137,6	109,2	126,9	1,2	281
I 3 2	34,7	65,3	289,4	105,2	78,2	25,4	565	100000	10	1,0	5645	162,1	126,7	147,3	1,2	287
I 3 3	37,3	62,7	301,7	118,3	81,0	22,4	554	90000	10	1,1	5538	157,1	127,3	148,0	1,1	284
I 3 4	34,2	65,8	292,4	105,4	79,0	24,5	638	90000	8	0,9	5105	157,9	124,7	145,0	1,2	309
I 3 5	35,1	64,9	343,1	125,7	79,9	23,8	566	80000	10	1,3	5664	179,3	143,3	166,6	1,1	317
I 3 6	37,0	63,0	278,9	108,4	82,3	21,2	498	80000	10	1,3	4985	143,3	117,9	137,1	1,1	287
I 3 7	36,4	63,6	230,3	88,3	81,1	22,5	553	80000	8	1,0	4421	126,5	102,6	119,3	1,2	286
I 3 8	34,4	65,6	240,9	86,4	82,3	21,2	470	80000	8	1,0	3759	105,4	86,8	100,9	1,0	280
I 3 9	37,1	62,9	156,3	60,5	79,3	24,4	616	90000	9	1,0	5542	158,8	125,9	146,3	2,1	287
I 3 10	40,9	59,1	263,0	112,1	79,8	23,7	563	80000	9	1,1	5068	142,3	113,6	132,1	1,0	281
Mittel	35,4	64,6	271,3	100,3	75,4	25,8	559	85333	10	1,2	5526	153,7	119,0	138,4	1,2	280
Min	29,0	56,4	156,3	60,5	69,4	21,2	357	70000	7	0,9	3759	105,4	86,8	100,9	1,0	213
Max	43,6	71,0	343,1	125,7	82,3	30,6	708	100000	15	1,9	7786	196,3	145,7	169,4	2,1	317
Stabw.	2,8	2,8	42,4	15,5	4,0	2,8	96	6700	2	0,2	930	22,3	16,3	19,0	0,2	27
VK [%]	8	4	16	15	5	11	17	8	19	18	17	15	14	14	15	10

Tab. T 5: Schlagbezogene Statistik der Pflanzenkennwerte und Ertragskomponenten von Körnermais der Raster-Schläge im WSG Weisweil, Ergebnisse der Parzellenernte 2000

Schlag	Statistische Kennwerte	Restpflanze TS [%]	Restpfl Feuchte [%]	Restpfl		Korn TS [%]	Korn		Pfl. je Hektar	Kolben/ m ²	Kolben/ Pflanze	Körner/Fläche [Korn/ m ²]	Korn Frischertrag [dt/ha]	Korn Trocknertrag [dt/ha]	86% TS norm. Korn Trocknertrag [dt/ha]	Korn/ Stroh	TKG [g]
				Frischmasse [dt/ha]	Trockenmasse [dt/ha]		Feuchte [%]	Körner/ Kolben									
I 1	Mittel	33,5	65,0	278,2	101,9	74,7	25,3	497	84167	11	1,3	5197	155,5	121,0	140,7	1,2	299
	Min	32,5	62,2	233,8	86,5	70,8	23,3	357	70000	7	0,9	4321	125,5	98,4	114,4	1,1	283
	Max	35,2	67,8	328,9	122,0	76,7	29,2	699	90000	15	1,9	6293	195,5	145,4	169,1	1,3	311
	Stabw.	35,2	1,8	33,0	13,4	1,6	1,6	102	6401	2	0,3	672	21,8	15,9	18,5	0,1	8
	VK [%]	32	3	12	13	2	6	20	8	21	20	13	14	13	13	4	3
I 2	Mittel	33,2	64,4	264,9	97,9	70,4	29,6	648	87500	10	1,2	6597	159,1	117,6	136,8	1,2	241
	Min	35,9	56,4	176,1	70,8	69,4	27,9	547	80000	9	1,0	5636	130,4	95,0	110,5	1,0	213
	Max	36,4	71,0	325,2	113,3	72,1	30,6	708	100000	14	1,6	7786	196,3	145,7	169,4	1,3	274
	Stabw.	34,4	4,0	46,0	14,8	0,9	0,9	49	6614	2	0,2	757	24,0	18,3	21,3	0,1	19
	VK [%]	37	6	17	15	1	3	8	8	15	14	11	15	16	16	9	8
I 3	Mittel	36,8	64,2	268,4	100,4	80,2	23,3	564	85000	9	1,1	5063	147,0	117,8	137,0	1,2	290
	Min	37,8	59,1	156,3	60,5	78,2	21,2	470	80000	8	0,9	3759	105,4	86,8	100,9	1,0	280
	Max	35,0	69,1	343,1	125,7	82,3	25,4	638	100000	10	1,3	5664	179,3	143,3	166,6	2,1	317
	Stabw.	32,2	2,5	47,9	17,9	1,3	1,4	49	6708	1	0,1	575	19,8	14,9	17,3	0,3	12
	VK [%]	38	4	18	18	2	6	9	8	10	11	11	13	13	13	25	4

Tab. T 6: Nährstoffgehalte von Körnermais auf den Raster-Schlägen im WSG Weisweil, Ergebnisse der Parzellenernte 2000

Schlag und Rasterpunkt-Nr.	Korn					Restpflanze				
	N	P [% i.d.TS]	K	Mg	TS [%]	N	P [% i.d.TS]	K	Mg	TS [%]
I 1 1	1,31	0,28	0,36	0,11	89,20	0,53	0,08	1,43	0,08	92,2
I 1 2	1,37	0,29	0,35	0,11	89,20	0,54	0,08	1,57	0,09	92,1
I 1 3	1,29	0,27	0,32	0,10	89,30	0,60	0,08	1,43	0,09	92,1
I 1 4	1,23	0,30	0,37	0,11	89,20	0,58	0,1	1,43	0,08	92,2
I 1 5	1,22	0,29	0,35	0,10	88,80	0,50	0,1	1,82	0,08	92,1
I 1 6	1,35	0,30	0,36	0,11	88,90	0,67	0,1	1,61	0,08	92,1
I 1 7	1,32	0,28	0,34	0,10	89,20	0,68	0,1	1,58	0,09	92,3
I 1 8	1,34	0,29	0,36	0,11	89,50	0,61	0,09	1,51	0,1	91,8
I 1 9	1,35	0,27	0,34	0,11	87,40	0,82	0,08	1,56	0,1	92,6
I 1 10	1,25	0,28	0,36	0,11	89,10	0,56	0,07	1,51	0,09	92,0
I 1 11	1,30	0,28	0,37	0,11	89,60	0,59	0,1	1,53	0,09	92,3
I 1 12	1,34	0,30	0,36	0,11	89,50	0,54	0,07	1,21	0,08	92,2
I 2 1	1,10	0,30	0,44	0,11	89,20	0,49	0,13	1,69	0,08	92,4
I 2 2	1,30	0,29	0,42	0,10	88,40	0,51	0,1	1,28	0,07	92,2
I 2 3	1,23	0,29	0,41	0,10	88,20	0,49	0,11	1,44	0,06	92,6
I 2 4	1,19	0,29	0,41	0,10	87,70	0,51	0,08	1,45	0,06	92,6
I 2 5	1,51	0,27	0,38	0,09	87,90	0,78	0,1	1,53	0,07	92,4
I 2 6	1,37	0,28	0,39	0,09	87,80	0,61	0,11	1,29	0,07	92,5
I 2 7	1,44	0,28	0,38	0,09	88,40	0,68	0,07	1,55	0,06	92,1
I 2 8	1,20	0,30	0,42	0,10	88,10	0,53	0,11	1,41	0,08	92,1
I 3 1	1,18	0,29	0,36	0,11	88,30	0,63	0,13	1,82	0,09	92,4
I 3 2	1,30	0,30	0,35	0,11	87,90	0,51	0,11	1,66	0,08	91,5
I 3 3	1,33	0,29	0,35	0,11	88,20	0,59	0,15	1,39	0,1	90,8
I 3 4	1,46	0,32	0,37	0,12	88,70	0,71	0,15	1,7	0,09	92,0
I 3 5	1,43	0,29	0,35	0,11	88,50	0,84	0,12	1,51	0,09	91,5
I 3 6	1,22	0,26	0,33	0,10	88,30	0,54	0,09	1,41	0,09	91,3
I 3 7	1,26	0,31	0,40	0,11	87,70	0,64	0,1	1,27	0,09	92,1
I 3 8	1,07	0,29	0,36	0,11	88,50	0,46	0,23	1,67	0,09	92,3
I 3 9	1,15	0,30	0,38	0,11	88,60	0,54	0,17	1,42	0,1	92,3
I 3 10	1,23	0,31	0,36	0,12	88,50	0,58	0,13	1,31	0,09	92,4
Mittelw.	1,29	0,29	0,37	0,11	88,59	0,60	0,108	1,50	0,08	92,1
Min	1,07	0,26	0,32	0,09	87,40	0,46	0,07	1,21	0,06	90,8
Max	1,51	0,32	0,44	0,12	89,60	0,84	0,23	1,82	0,1	92,6
Stabw.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4
VK [%]	8	4	7	8	1	16	31	10	14	0

Tab. T 7: Schlagbezogene Statistik der Nährstoffgehalte von Körnermais auf den Raster-Schlägen im WSG Weisweil, Ergebnisse der Parzellenernte 2000

Schlag	Statistische Kennwerte	Korn				Restpflanze			
		N	P [% i.d.TS]	K	Mg	N	P [% i.d.TS]	K	Mg
I 1	Mittelw.	1,3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,1	1,5	0,1
	Min	1,2	0,3	0,3	0,1	0,5	0,1	1,2	0,1
	Max	1,4	0,3	0,4	0,1	0,8	0,1	1,8	0,1
	Stabw.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	VK [%]	4	4	4	5	14	13	9	8
I 2	Mittelw.	1,3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,1	1,5	0,1
	Min	1,1	0,3	0,4	0,1	0,5	0,1	1,3	0,1
	Max	1,5	0,3	0,4	0,1	0,8	0,1	1,7	0,1
	Stabw.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	VK [%]	10	3	5	7	17	17	9	11
I 3	Mittelw.	1,3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,1	1,5	0,1
	Min	1,1	0,3	0,3	0,1	0,5	0,1	1,3	0,1
	Max	1,5	0,3	0,4	0,1	0,8	0,2	1,8	0,1
	Stabw.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0
	VK [%]	9	5	5	5	17	28	12	6

Tab. T 8: Schlagbezogene Statistik der Nährstoffgehalte von Körnermais auf den Raster-Schlägen im WSG Weisweil, Ergebnisse der Parzellenernte 2000

Schlag	Statistische Kennwerte	Entzug [kg/ha]				Aufnahme durch Gesamtpflanze [kg/ha]			
		N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
I 1	Mittelw.	158,0	34,7	42,7	13,3	291,1	64,0	78,6	24,4
	Min	120,0	28,8	34,3	10,0	225,6	54,1	64,5	18,7
	Max	196,3	43,6	53,2	16,6	350,9	80,5	98,4	29,8
	Stabw.	21,9	4,6	6,0	2,0	39,4	8,6	10,8	3,5
	VK [%]	14	13	14	15	14	13	14	14
I 2	Mittelw.	154,3	33,9	47,4	11,5	282,0	62,1	86,9	21,2
	Min	106,9	27,1	39,0	9,8	197,3	47,3	68,1	17,0
	Max	220,0	39,8	54,7	13,3	387,8	70,1	96,4	23,4
	Stabw.	39,3	4,5	5,4	1,1	66,8	8,0	10,0	2,1
	VK [%]	25	13	11	9	24	13	12	10
I 3	Mittelw.	142,2	32,0	40,6	12,2	260,2	58,3	74,1	21,9
	Min	13,8	4,5	5,4	1,1	13,5	8,0	10,0	2,1
	Max	220,0	43,6	54,7	16,6	387,8	80,5	98,4	30,4
	Stabw.	49,5	9,1	12,1	3,2	92,2	18,0	23,3	6,1
	VK [%]	35	28	30	26	35	31	31	28

Tab. T 9: Entzüge und Nährstoffaufnahme von Körnermais auf den Raster-Schlägen im WSG Weisweil, Ergebnisse der Parzellenernte 2000

Schlag und Rasterpunkt- Nr.	Entzug [kg/ha]				Aufnahme durch Gesamt- pflanze [kg/ha]			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
I 1 1	162	35	44	14	296	63	81	25
I 1 2	135	29	34	11	248	53	63	20
I 1 3	150	31	38	12	274	57	69	21
I 1 4	177	44	53	16	327	80	98	30
I 1 5	120	29	34	10	226	54	65	19
I 1 6	139	31	37	12	257	58	68	21
I 1 7	173	37	44	13	333	71	85	25
I 1 8	179	39	48	15	333	72	89	28
I 1 9	196	40	50	17	351	71	89	30
I 1 10	132	30	38	12	246	55	71	22
I 1 11	161	35	46	14	288	62	82	25
I 1 12	171	38	46	14	315	71	84	26
I 2 1	107	29	42	11	205	56	81	21
I 2 2	151	34	49	12	281	63	90	22
I 2 3	126	30	42	10	227	54	75	19
I 2 4	113	27	39	10	197	47	68	17
I 2 5	220	40	55	13	388	70	96	23
I 2 6	184	38	52	12	334	69	94	22
I 2 7	199	39	53	12	356	70	95	22
I 2 8	134	33	47	11	270	66	94	23
I 3 1	129	32	40	12	239	60	74	23
I 3 2	165	37	45	14	302	69	82	26
I 3 3	169	38	45	14	327	72	86	28
I 3 4	182	40	46	15	336	74	85	28
I 3 5	205	42	50	16	385	79	94	30
I 3 6	144	31	39	12	276	59	74	23
I 3 7	129	32	41	12	241	59	76	22
I 3 8	93	25	31	10	185	51	63	20
I 3 9	145	38	48	14	214	57	72	21
I 3 10	140	35	41	14	278	69	82	28
Mittelw.	154	35	44	13	284	64	81	24
Min	93	25	31	10	185	47	63	17
Max	220	44	55	17	388	80	98	30
Stabw.	30	5	6	2	54	8	11	4
VK [%]	20	13	14	15	19	13	13	15

Tab. T 10: Bestimmung des N-Düngungsbedarfs (NID) am Beispiel Schlag I 2 im Jahr 2000.

N-BEDARF 3.0 (Stand 04/99)

EXCEL-Anwendung zur Ermittlung des Stickstoffdüngungsbedarfs von Ackerkulturen
 LEL Schwäbisch Gmünd, LAP Forchheim mit IFUL Müllheim
 - Bildschirmausgabe -

Betrieb: <input style="width: 200px;" type="text"/>		Schlag/Bewirtschaft.: <input style="width: 100px;" type="text" value="I 2"/>	
Kultur: Körnermais		Wasserschutzgebiet: <input style="width: 100px;" type="text" value="ja"/>	

<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Zurück Ergebnis</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Duden</div> </div> <div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">kg N/ha</div> <p>Ertragserswartung (dt/ha) <input style="width: 50px;" type="text" value="110"/> (begrenzt durch Minimal- und Maximalwerte)</p> <p>Entzugswert (kg N/dt Ertrag) × <input style="width: 50px;" type="text" value="2,20"/></p> <p>N-Entzug = <input style="width: 50px;" type="text" value="242"/></p> <p>Zuschlag f. nicht erntbare Restpflanze + <input style="width: 50px;" type="text" value="20"/></p> <p>Stickstoffbedarf = <input style="width: 50px;" type="text" value="262"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Zurück Ergebnis</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Duden</div> </div>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">- Gegebene Unterfußdüngung (UFD) <small>Anrechnung max. 20 kg N/ha!</small></td> <td style="width: 20%; text-align: right;">kg N/ha - <input style="width: 50px;" type="text" value="20"/></td> </tr> <tr> <td>- N-min Bodenvorrat im Frühjahr <small>(ab 1. Okt. bis Mitte Juni)</small></td> <td style="text-align: right;">- <input style="width: 50px;" type="text" value="45"/></td> </tr> <tr> <td>- N-Lieferung des Bodens</td> <td style="text-align: right;">- <input style="width: 50px;" type="text" value="50"/></td> </tr> <tr> <td>aus langjähriger organischer Düngung</td> <td style="text-align: right;">- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/></td> </tr> <tr> <td>aus Ernteresten der Vorfrucht Körnermais</td> <td style="text-align: right;">- <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/></td> </tr> <tr> <td>aus Zwischenfrüchten und aus organischer oder mineralischer N-Düngung ab Ernte der Vorfrucht ohne Zwischenfrucht keine N-Düngung</td> <td style="text-align: right;">- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/></td> </tr> <tr> <td>= N-Düngung nach guter fachlicher Praxis <small>organisch und mineralisch (begrenzt durch Minimal- und Maximalwerte)</small></td> <td style="text-align: right;">= <input style="width: 50px;" type="text" value="137"/></td> </tr> <tr> <td>N-Düngung im Wasserschutzgebiet <small>(-20 % Risikoabschlag) (begrenzt durch Minimal- und Maximalwerte)</small></td> <td style="text-align: right;">= <input style="width: 50px;" type="text" value="110"/></td> </tr> <tr> <td>- Organische Düngung im Erntejahr</td> <td style="text-align: right;">- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/></td> </tr> <tr> <td>= Mineralischer N-Düngebedarf</td> <td style="text-align: right;"><input style="width: 50px;" type="text" value="110"/></td> </tr> </table> <p style="text-align: right; font-size: small;">* Zusammen max. 40</p>	- Gegebene Unterfußdüngung (UFD) <small>Anrechnung max. 20 kg N/ha!</small>	kg N/ha - <input style="width: 50px;" type="text" value="20"/>	- N-min Bodenvorrat im Frühjahr <small>(ab 1. Okt. bis Mitte Juni)</small>	- <input style="width: 50px;" type="text" value="45"/>	- N-Lieferung des Bodens	- <input style="width: 50px;" type="text" value="50"/>	aus langjähriger organischer Düngung	- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	aus Ernteresten der Vorfrucht Körnermais	- <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/>	aus Zwischenfrüchten und aus organischer oder mineralischer N-Düngung ab Ernte der Vorfrucht ohne Zwischenfrucht keine N-Düngung	- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	= N-Düngung nach guter fachlicher Praxis <small>organisch und mineralisch (begrenzt durch Minimal- und Maximalwerte)</small>	= <input style="width: 50px;" type="text" value="137"/>	N-Düngung im Wasserschutzgebiet <small>(-20 % Risikoabschlag) (begrenzt durch Minimal- und Maximalwerte)</small>	= <input style="width: 50px;" type="text" value="110"/>	- Organische Düngung im Erntejahr	- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>	= Mineralischer N-Düngebedarf	<input style="width: 50px;" type="text" value="110"/>
- Gegebene Unterfußdüngung (UFD) <small>Anrechnung max. 20 kg N/ha!</small>	kg N/ha - <input style="width: 50px;" type="text" value="20"/>																				
- N-min Bodenvorrat im Frühjahr <small>(ab 1. Okt. bis Mitte Juni)</small>	- <input style="width: 50px;" type="text" value="45"/>																				
- N-Lieferung des Bodens	- <input style="width: 50px;" type="text" value="50"/>																				
aus langjähriger organischer Düngung	- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>																				
aus Ernteresten der Vorfrucht Körnermais	- <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/>																				
aus Zwischenfrüchten und aus organischer oder mineralischer N-Düngung ab Ernte der Vorfrucht ohne Zwischenfrucht keine N-Düngung	- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>																				
= N-Düngung nach guter fachlicher Praxis <small>organisch und mineralisch (begrenzt durch Minimal- und Maximalwerte)</small>	= <input style="width: 50px;" type="text" value="137"/>																				
N-Düngung im Wasserschutzgebiet <small>(-20 % Risikoabschlag) (begrenzt durch Minimal- und Maximalwerte)</small>	= <input style="width: 50px;" type="text" value="110"/>																				
- Organische Düngung im Erntejahr	- <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>																				
= Mineralischer N-Düngebedarf	<input style="width: 50px;" type="text" value="110"/>																				

A 5 Literatur zu Präzisionslandwirtschaft und geocodierter Datenverarbeitung

- AG Boden (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Nachdr., Hannover.
- Akin, H. und Siemes, H. (1988): Praktische Geostatistik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Wien.
- Albertz, J. (1991): Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. WB, Darmstadt.
- Amberger, A. (1979): Pflanzenernährung. UTB, Ulmer, Stuttgart.
- Amon, H. (1994): Abgrenzung und Bewirtschaftung von Teilschlägen mit Hilfe von Fernerkundung und Elektronik. Informationsmanagement in den Agrarwissenschaften 2. ZADI, Bonn.
- Anonymus (1968): Biometrisches Wörterbuch. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. 1 u. 2.
- Anonymus (1991): Die Untersuchung von Böden. 4. Auflage. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. 1.
- Anonymus (1999): Ertragskartierung und teilflächenspezifische Pflanzenproduktion. Fieldstar 1-17.
- Anonymus (2000): Erste Schritte mit einer Zukunftstechnologie. BW-agrar 10: 24-25.
- Anonymus (2000): Flurkarte für den PC. DLZ 3: 186-190.
- Anonymus (2000): Gemeinsam und doch getrennt. Erfahrungen in der virtuellen Flurbereinigung in Oberschwaben. Wochenblatt-Magazin 3: 12-13.
- Anonymus (2000): Vom Acker ins All. DLG-Mitteilungen 11: 64.
- Anonymus (2001): Freiwilliger Flächentausch unter Bewirtschaftern. DLZ 4: 140-143.
- Anonymus (2001): Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte Deckungsbeiträge/Vollkosten. Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL) 01/2001: 1-69.
- Arnold, R.W. und Wilding, L.P. (1991): The Need to Quantify Spatial Variability. In: Mausbach, M.J. und Wilking, L. P. (eds.) 28: 1-8.
- Artmann, R. (1999): Einordnung "physikalischer Methoden zur Informationsgewinnung" in das Informationssystem der Landwirtschaft. Arbeitspapier KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB Workshop 1998 in Potsdam 264: 78-81.
- Auernhammer, H (1995): Griff nach den Sternen oder nur ein Flop? DLG Mitteilungen (1) 28-31.
- Auernhammer, H. und Mayer, M. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Praxisprobung des Managements von precision agriculture. Micro-precision-farming. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 37-43.
- Auernhammer, H., Demmel, M., Rothmund, M. (2001): Gewannebewirtschaftung im Projekt „Zeilitzheim“. Landtechnik 3: 136-137.
- Bach, H. und Braun, M. (1999): Ermittlung des Ernteertrages mit Fernerkundungsdaten. Studie Vista, München (Hrsg.) 1-61.
- Bach, H. und Mauser, W. (2000): Ermittlung des Ernteertrages mit Fernerkundungsdaten. Vista, München (Hrsg.) 1-25.
- Bach, H. und Rühling, I. (2001): Erprobung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zur Reduzierung/Optimierung des Düngeaufwandes in Wasserschutzgebieten für eine grundwasser-schonende Bewirtschaftung und eine optimale Standortnutzung mit Einsatz der DGPS-Technik und Fernerkundung. Bericht zum Pilotprojekt i. A. des Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden Württemberg, Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH (Hrsg.): 79 S.

- Baumgärtel, G., Fruchtenicht, K., Hege, U., Heyn, J., Orlovius, K. (1999): Standpunkt: Kalium-Düngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf, Richtwerte für die Gehaltsklasse C. www.vdlufa.de/vd_00.htm?1
- Behnken, C., Bill, R., Grenzdörffer, G., Lamp, J., Reiche, E.-W., Schmidhalter, U., Schmidt, F., Selige, T., Sperl, C., Brozio, S., Gebbers, R., Herbst, R., Kersebaum, C., Lorenz, K., Wenkel, K.-O. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Standort- und Bestandesanalyse für das Management von precision agriculture. Ermittlung und Analyse der Zustände der Geofaktoren. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 45-74.
- Bergmann, W. (1983): Ernährungsstörungen der Kulturpflanzen. Fischer-Verlag, Jena, Stuttgart, New York.
- Berndtsson, R. und Bahri, A. (1995): Field variability of element concentrations in wheat and soil. *Soil Sci.* 159 5: 311-320.
- Beuche, H. (1998): Positionsbestimmung mit DGPS und Koppelortung. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20) 151-166.
- Bhatti, U.B., Fida, H., Khan, M. J. (1998): Use of spatial patterns of soil properties and wheat yield in geostatistics for determination of fertilizer rates. *Commun. Soil Sci. Pl. Analysis* 29 5,6 509-522.
- Bill, R. und Korduan, P. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Wirkungsanalyse zu precision agriculture. Ökologische Wirkungen. Projektinformations- und Datenmanagementsystem premis. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 207-216.
- Biller, R.H. und Ihle, W. (2000): Pflanzenunterscheidung mit optischen Sensoren, *Landtechnik* 2: 148-149.
- Bobert, J., Dölling, S., Pauly, J., Schmidhalter, U., Selige, T., Werner, A. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Standort- und Bestandesanalyse für das Management von precision agriculture. Ermittlung der teilspezifischen Ertragspotentiale und Ertragserwartungen. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro):75-88.
- Boisgontier, D. (2000): Vers l'agriculture de précision: capteur, exploitation des données et application au niveau intraparcellaire. Tagungsband In: AGFR - Précision des pratiques agricoles et environnement, Rennes. 117-126.
- Bonfig, R. S. (2001): „Virtuelle Flurbereinigung“ stoppt Kostenspirale. *Agri Vision* 1: 10-12.
- Borges, R. und Mallarino, A. P. (1997): Field-Scale Variability of Phosphorus and Potassium Uptake by No-Till Corn and Soybean. *Soil Sci. Soc. Am. J* 61: 846-853.
- Böttinger, S. und Schwaiberger, R. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Management der Informationsverarbeitung in precision agriculture. Software. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 165-176.
- Bouma, J. (1989): Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances Soil Sci.* 9: 177-213.
- Bouma, J. (1995a): Dealing with Variability in Space and Time in Site Specific Farming In: Olesen, S. E. (ed.): Proceedings of the Seminar on Site Specific Farming, SP-report 26. Danish Institute of Plant and Soil Science, Koldkærsgaard, Aarhus, DK. 26: S. 21-27.
- Bouma, J. (1995b): Methods to characterize Soil Resource Variability in Space and Time. In: Robert, P. C., Rust, R. H., Larston, W. E. (eds): Proceedings of Site Specific crop Management for Agricultural Systems, 1994, University of Minnesota, Minneapolis. Publ. ASA; CSSA; SSSA Madison, Wisconsin, USA, S. 201-207.

- Boyer, D.G., Wright, R. J., Feldhake, C. M., Bligh, D. P. (1996): Soil spatial variability relationships in a steeply sloping acid soil environment. *Soil Sci.* 161 (5): 278-287.
- Boysen, P., Ebertseder, Th., Gosch, K., Haneklaus, S., Herold, L., Holz, F., Kape, H.E., Krause, O., Orlovius, K., Severin, K., Schrödter, M. (2000): Standpunkt: Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftliche Flächen als Grundlage für eine teilflächenspezifische Düngung mit Grundnährstoffen. www.vdlufa.de/vd_00.htm?1
- Brenk, C. (1999): Bereits sinnvoll oder noch Zukunftsmusik? (teilflächenspezifische Grunddüngung) *BBZ* 37: 18-20.
- Brozio, S., Gebbers, R., Leithold, P., Wenkel, K.-O. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Management der Informationsverarbeitung in precision agriculture. Düngung. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro):135-154.
- Bruce, R.R., Snyder, W. M., White, A. W., Thomas, A.W., Langdale G. W. (1990): Soil Variables and Interactions Affecting Prediction of Crop Yield Pattern. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 494-501.
- Brunotte, J., Wagner, M., Sommer, C. (2001): Bodenschutz und Kosteneinsparung. *Landtechnik* 3: 132-133.
- Buciene, A. und Svedas, A. (1997): Spatial variability of soil agrochemical properties and crop yield in Lithuania. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision agriculture '97, Spatial variability In: soil and crop.* BIOS scientific publishers Ltd., Oxford, I: S. 71-78.
- Buerkert, A. (1995): Effects of Crop residues. Phosphorus and Spatial Soil Variability on Yield and Nutrient Uptake of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.) in Southwest Niger. Dissertation, Inst. f. Pflanzenernährung, Univ. Hohenheim. Verlag U.E. Grauer, Stuttgart.
- Burgess, T.M. und Webster, R. (1980a): Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. *J. Soil Sci.* 2: 315-331.
- Burgess, T.M. und Webster, R. (1980b): Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. *J. Soil Sci.* 2: 333-341.
- Burgess, T.M., Webster, R., McBratney, A. B. (1981): Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. *J. Soil Sci.* 32: 643-659.
- Burrough, P.A: (1993): Soil variability - a late 20th century view. *Soils Fertilizers* 56: 529-562.
- Capelle, A. (1999): Die Eignung von Bodenkarten unterschiedlicher Maßstäbe für die Erfassung der kleinräumigen Heterogenität des Bodens. Arbeitspapier KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB 264: 42-46.
- Dabbert, S. und Kilian, B. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Wirkungsanalyse zu precision agriculture. Ökonomische Wirkungen. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 195-206.
- Dahiya, I.S., Anlauf, R., Kersebaum, K.C., Richter, J. (1985): Spatial variability of some nutrient constituent of an Alfisol from loess. II. Geostatistical Analysis. *Pflanzenernähr. Bodenk.* 147: 268-277.
- Dahiya, I.S., Kersebaum, K. C., Richter, J. (1984): Spatial variability of some nutrient constituents of an Alfisol from loess. I. Classical statistical analysis. *Z. Pflanz.ernähr. Bodenk.* 147: 695-703.
- Dammer, K.-H. und Ehlert, D. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Management der Informationsverarbeitung in precision agriculture. Herbizide, Fungizide und Wachstumsregler. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 155-164.
- Dampney, P.M.R., Froment, M. A., Dawson, C. J. (1997): Spatial variability in soil - implications for precision agriculture. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision Agriculture '97: Spatial variability in soil and crop,* BIOS scientific I: S. 70-86.

- Dawson, C.J. und Johnston, A. E. (1997): Aspects of soil fertility in the interpretation of yield maps as an aid to precision farming In: Stafford, J.V. (ed.): Precision Agriculture '97: Spatial variability in soil and crop, BIOS scientific I: S. 87-94.
- Demmel, M. (1997): Ertragsermittlung im Mährescher. DLG Merkblatt 303: 1-16.
- Dobermann, A., Goovserts, P., George, T. (1995): Sources of soil variation in an acid Ultisol of the Philippines. Geoderma 68(3): 173-191.
- Dohmen, B. (1996): Kontrolle aus der Luft. DLG-Mitteilungen 4: 62-63.
- Dohmen, B. und Reh, A. (2000): Mit Hilfe der Optoelektronik dem Trockenstress beikommen. Bauernzeitung (Thüringen) 22: 24-25.
- Dohmen, B., Grenzdörfer, G., Irrgang, A., Muhr, T., Noack, P., Reh, A., Schmidhalter, U., Selige, T., Wagner, U. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Standort- und Bestandesanalyse für das Management von precision agriculture. Ermittlung und Analyse der Zustände der Pflanzenbestände. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 89-114.
- Domsch, H. und Wartenberg, G. (2000): Teilflächenspezifische Bewirtschaftung mit GPS (Teil 3). Getreide 6 (2): 136-141.
- Domsch, H., Lück und Eisenreich (1999): Ermittlung geophysikalischer Kennwerte für die großmaßstäbliche Kennzeichnung landwirtschaftlicher Flächen. Jahresbericht des ATB Potsdam-Bornim: S.16.
- Domsch, H., Lück, E., Eisenreich, M. (1998): Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung, ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, (20) 80-100.
- Domsch, H., Winter, R., Schmerler, J. (1998): Teilflächenspezifische Aussaat, ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (20) 101-107.
- Domsch, Lück, Eisenreich, M. (1999): Ermittlung geophysikalischer Kennwerte für die großmaßstäbliche Kennzeichnung landwirtschaftlicher Flächen. ATB-Jahresbericht: 16
- Ehlert, D. (1998): Ertragskartierung von Feldhäckslern. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (20) 49-58.
- Ehlert, D. (1998): Fahrzeuggestützte Erfassung von Bestandesparametern. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (20) 47.
- Ehlert, D. (1998): Grundlagen zur Ertragskartierung von Kartoffeln. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (20) 59-67.
- Ehlert, D. (1998): Inhalt und Bestandteile der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (20) 8-13.
- Ehlert, D. (1998): Zusammenfassung und Schlussfolgerungen. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20) 229-233.
- Ehlert, D. (1999): Ertragskartierung und Erfassung von Biomasse. Arbeitspapier KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Wordshop 1998 in Potsdam 264: 62-67.
- Ehlert, D. (2000): Mit Satellitentechnik ins Feld. Mais (3) 104-107.
- Ehlert, D. und Domsch, H. (2001): Korrelationen zwischen Boden- und Pflanzenparametern. Landtechnik 3: 134-135.
- Ehlert, D. und Hammen, V. (1998): Biomasseerfassung in Pflanzenbeständen. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 68-79.
- Ehlert, D., Algerbo, P.-A. (2000): Ertragskartierung bei Kartoffeln. Landtechnik 55: 436-437.

- Engel, T. (1995): Standortgerechte N-Düngung mit Hilfe von GPS, Elektronik und Stickstoff-Simulation. *Landbauforschung Völkenrode* 3: 127-133.
- Engelke, B. (2000): Zur Regelung von Geräten in der ganzflächig mechanischen Unkrautbekämpfung. *Landtechnik* 2: 146-147.
- Evans, C.E. und Catt, J. A. (1987): Causes of crop patterns in eastern England. *J. Soil Sci.* 38: 309-324.
- Finck, A. (1969): Pflanzenernährung in Stichworten. *Hirts Stichwortbücher*. Hirt, Kiel. 200.
- Finck, A. (1979): Dünger und Düngung. Verlag Chemie, Weinheim, New York 441.
- Finke, P.A. (1992): Spatial variability of soil structure and its impact on transport processes and some associated land qualities. *Proefschrift*. Wageningen.
- Finke, P.A. (1993): Field scale variability of soil structure and its impact on crop growth and nitrate leaching in the analysis of fertilizing scenarios. *Geoderma*, 60: 89-107.
- Finke, P.A. und Goense, D. (1993): Differences in barley grain yields as a result of soil variability. *J. Agric. Sci. Cambridge*; 120: 171-180.
- Fliege, U. (2001): Precision Farming erst bedingt praxisreif. *Landwirtschaft im Internet-Zeitalter, Erwartungen und Erfahrungen*, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft 95: 93-96.
- Fotyma, M., Faber, A., Czajkowski, M., Kubsik, K. (1997): Preliminary experience concerning precision agriculture in Poland. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision Agriculture '97: Spatial variability* In: soil and crop, BIOS scientific publishers, Oxford. I: S. 111-118.
- Francis, D.D. und Schepers, J.S. (1997): Selective soil sampling for site specific nutrient management. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision Agriculture '97: Spatial variability* In: soil and crop, BIOS scientific publishers, Oxford. I: S. 119-126.
- Friedl, L. (2001): Schöne, große Schläge. *BLW* 9: 66-68.
- Fumery, J. et Wambergue, E. (2001): Moduler les doses de semis et d'engrais. *La France agricole*, 27 avril 2001: 27.
- Funk, R. und Maidl, F.X. (1997): Heterogenität der Ertragsbildung von Winterweizen auf Praxis-schlägen des oberbayerischen Hügellandes im Hinblick auf eine teilschlagspezifische Bestandesführung. *Pflanzenbauwiss.* 13: 117-126.
- Gerbermann, A.H. und Neher, D.D. (1979): Reflectance of Varying Mixtures of Clay, Soil and Sand. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 45: 1145-1151.
- Grenzdorfer, G. (2001): Vielfältig und flexibel einsetzbar. *Agrarmarkt* 5: 39-40.
- Grenzdörffer, G. (1999): Dokumentation und Analyse kleinräumiger Heterogenität mit Fernerkundung und GPS. *Arbeitspapier*, KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 93-105.
- Griepentrog, H.-W. (1999): Ertragsermittlung im Mähdescher. *Arbeitspapier*, KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 68-77.
- Griepentrog, H.-W. und Persson, K. (2000): Arbeitsqualität von Schleuderstreuern mit variabler Dosierung. *Landtechnik* 2: 142-143.
- Haas, G. (1995): Auswahl von Feldversuchsflächen auf heterogenem Auenboden. Bestandeskartierung - Uniformitätsernten - Luftbildaufnahmen - Exaktvermessung. *Dissertation Univ. Bonn*, In: U. Köpke, *Schriftenreihe Inst. f. org. Landbau*.
- Haneklaus, S., Rühling, I., Schnug, E. (1995): Evaluation of the spatial variability of seed yield and its application to the improved use of natural resources and inputs in oilseed rape production. "In: *Proceedings of the Ninth Int. Rapeseed Congr. "Rapeseed today and tomorrow"*, 4-7 July 1995, S.353-355.

- Haneklaus, S., Rühling, I., Schroeder, D., Schnug, E. (1997): Studies on the variability of soil and crop fertility parameters and yields in different landscapes of Northern Germany. In: Stafford, J.V. (ed.): Precision agriculture '97, Technology, IT and Management. BIOS scientific publishers, Oxford. II: 785-792.
- Hanser, E. (2000): Aussteller ziehen Zwischenbilanz. BBZ 37: 16-17.
- Hartl, P. und Thiel, K.-H. (1996): Satellitengestützte Ortung und Navigation. Spektrum der Wissenschaft 1: 102-106.
- Hartmann, F. (2001): Überzeugendes Ergebnis. Agrarmarkt 5: 32-34.
- Hasert, G. und Neubauer, E. (2001): Rentabler Getreidebau zwingt zu strategischem Feinschliff. Bauernzeitung 21: 14-17.
- Häusler, A. und Nordmeyer, H. (1995): Impact of soil properties on weed distribution. In: Olesen, S.E. (ed.): SP-report 26, Proceedings of the Seminar on Site Specific Farming. Danish Institute of Plant and Soil Science. Koldkaergaard, Aarhus. S. 186-189.
- Heinrich, U. (1992): Zur Methodik der räumlichen Interpolation mit geostatistischen Verfahren. Deutscher Universitätsverlag GmbH, Wiesbaden.
- Hellebrand, H. J. und Ehlert, D. (1998): Grundansätze für eine ortsdifferenzierte Zustandserfassung von Böden und Pflanzen. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 14-30.
- Hennings, V. (1991): Die Bedeutung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Basisdaten für aktuelle und zukünftige Kartiertechniken, dargestellt an einem Beispielsgebiet im nördlichen Harzvorland. Geologisches Jahrbuch. Reihe F. Bodenkunde, Schweizerbart, Stuttgart. 28.
- Herbst, R. und Lamp, J. (1999): Zur kleinräumigen Heterogenität der Böden Deutschlands und zum Akzeptanzpotential der Teilflächenbewirtschaftung. Arbeitspapier; KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassg. der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 Potsdam 264: 33-41.
- Hinterding, A., Kühne, S., Sleptsov, B., Streit, U., Heinen, T. (2000): Integration wissensbasierter Methoden und geostatistischer Verfahren zur räumlichen Interpolation. Wasser & Boden 52 (3): 18-21.
- Hurn, J. (1989): GPS - A guide to next utility. Trimble Navigation Ltd. 645 North Mary Avenue, P.O. Box 3642 Sunnyvale, CA94088-3642.
- Hurn, J. (1993): Differential GPS explained. Trimble Navigation Ltd. 645 North Mary Avenue, P.O. Box 3642 Sunnyvale, CA94088-3642.
- Immler, L.G. und Zahn, M.T. (1994): Die flächenhafte Variabilität bodenphysikalischer Parameter und des Corg-Gehaltes in den Pflugsohlen je eines Ton-, Sand- und Lößstandortes. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 157: 251-257.
- Isensee, E., und Krippdahl, S. (2001): Online-Vergleich von Ertragsmesssystemen im Mähdrescher. Landtechnik 56: 274-275.
- Jacquin, O. (2001): La cartographie de rendement adaptée à la tomate de conserve. La France Agricole, 19 janvier: 47.
- Jäger, S., Wisswedel, O., Lippmann, J. (2001): Standortgemäß und umweltschonend. Bauernzeitung 21: 18-21.
- Jahns, G. (1996): Globale Navigations-Satelliten-Systeme. Globale Navigations-Satelliten-Systeme GNSS: Aspekte ziviler Nutzung und zukünftige Entwicklungen. Landbauforschung Völknerode. 46A: 95-103.
- Janssen, B., Kersebaum, C., Lorenz, K., Plachter, H., Reiche, E.-W., Windhorst, W. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Wirkungsanalyse zu precision agriculture. Ökologische Wirkungen. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 177-194.

- Jarfe, A. und Weltzien, C. (2000): Analyse der aktuellen Anforderungen zu precision agriculture aus der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 11-14.
- Journel, A.G. und Huijbregts, C.J. (1978): Mining Geostatistics. Academic Press, New York.
- Jüdisch, R. (2000): Boden via Satellit bearbeiten. DLz 5: 156-158.
- Jürschik, P. (1998): Anwendung von Fernerkundungsmethoden für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 31-46.
- Jürschik, P. (1998): Erfassen und Verarbeiten von Informationen für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte (20): 140-150.
- Jürschik, P. (1999): Grundlagen der Anwendung von Fernerkundungsmethoden für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Arbeitspapier; KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 82-92.
- Jürschik, P. (1999): Teilflächenspezifische Düngung. DLG Merkblatt 315: 1-22.
- Keicher, R., Seufert, H., Knechtges, H., Brunner, D. (2000): Lenkungsautomatisierung zur mechanischen Unkrautbekämpfung. Landtechnik (2): 150-151.
- Kerner, F. und Murschel, B. (1991): Die räumliche und zeitliche Variabilität von bodenphysikalischen Erosionsparametern. Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges. 66 II: 963-966.
- Kerschberger, M. und Heß, H. (2001): Mit N-Sensor genauer düngen? Bauernzeitung 19: 34-35.
- Khan, A. (1994): Horizontal variability in DTPA-extractable iron, manganese, copper, and zinc in deep loess hill soils at the Mey Research Station. Commun. Soil Sci. Pl. Analysis; 25 (17-18): 3009-3023.
- Knoop, F., Lamp, J., Schnug, E. (1985): Regionale Variabilität von Merkmalen der Bodenfruchtbarkeit. I. Modelle zu Erfassung und Darstellung. Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges. 43 (2): 655-660.
- Köbbemann, C., Blume, H.-P., Elsner, D., Jacobsen, M., Beyer, L. (1992): Die Variabilität von Nährstoffvorräten nach langjährigem Ackerbau in Abhängigkeit vom Bodentyp. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongressband. 119-122.
- Köhler, W., Schachtel, G., Voleske, P. (1984): Biometrie, Einführung in die Statistik für Biologen und Agrarwissenschaftler. Heidelberger Taschenbücher, Springer, Berlin.
- Krause, O. (1998): Zur Bodenprobenahme auf Praxisschlägen und teilschlagbezogene Düngung. Schriftenreihe Thüringer Landesanstalt Landwirtschaft. 6: 31-36.
- Krishnan, P., Alexander, J.D., Butler, B. J., Hummel, J.W. (1980): Reflectance Technique for Predicting Soil Organic Matter. Soil Sci. Soc. Amer. J. 44: 1282-1285.
- Kühn, J., Roth, R., Werner, A. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Management der Informationsverarbeitung in precision agriculture. Bestandesführung. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 115-128.
- Kuhn, M. (1998): Untersuchungen zur Auswirkung der Variabilität von Bodeneigenschaften auf die Wasserflüsse - Feldversuch und Simulation. Dissertation, TU Braunschweig.
- Kuntze, H., Roeschmann, G., Schwerdtfeger, G. (1994): Bodenkunde. UTB. Ulmer, Stuttgart.
- Lamp, J. (1992): Böden als Landschaftssegmente. In: Blume, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes - Bodenökologie und -belastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. 2. Aufl.; ecomed, Landsberg/Lech. S. 47-57.
- Lamp, J. und Knoop, F. (1984): Erfassung der regionalen Merkmalsvarianz von Böden. Mitt. der Deutsch. Bodenk. Ges. 40: 191-198.

- Lamp, J. und Schnug, E. (1987): Computergesteuerte Düngung mit Hilfe digitaler Hofbodenkarten. Schriftenreihe Agrarwiss. Fak. Univ. Kiel 69: 61-70.
- Lamp, J., Bringkötter-Runde, K., Classen, A.L., Capelle, A., Ehlert, D., Jürschik, P., Kloepfer, F., Nordmeyer, H., Schröder, D. Werner, A. (1998): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität in der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion. In: Lamp, J. (Hrsg.) : Memorandum zum KTBL-Fachgespräch Potsdam, 15./16.01.98 KTBL, Darmstadt.
- Lamp, J., Capelle, A., Ehlert, D., Jürschik, P., Kloepfer, F., Nordmeyer, H., Schröder, D., Werner, A. (1999) Erfassung der kleinräumigen Heterogenität in der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion. Arbeitspapier; KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 7-32.
- Lang, S. (2001): Les nouvelles technologies pour l'expertise agronomique. Paysan du Haut-Rhin 10.08.01: 10-11.
- Lark, M. (1997): Variation in soil conditions and crop performance. In: Stafford, J.V. (ed.): Precision agriculture '97, Spatial variability In: soil and crop. BIOS scientific publishers Ltd., Oxford. S. 127-136.
- Le Page, G. (2001): J'ai cartographié ma moisson. Paysan du Haut-Rhin 29.06.2001: 28-29.
- Lenge, R. (2000): „Flurbereinigung“ per Satellit in Oberschwaben. Top Agrar 11: 74-75.
- Lichtfuss, R. (1988): Räumliche Variabilität von Kenngrößen der Bodenfruchtbarkeit ostholsteiner Kleinlandschaften. Proceedings of the 99th VDLUFA congress, September 1987, Koblenz, German Federal Republic. VDLUFA-Schriftenreihe No. 23. J.D. S. 1041-1052.
- Lohmeyer, A. (2000): Ertragsmessung und -kartierung. Mais (3): 118-119.
- Lütticken, R. (1996): Realisierung des Raum-Zeit-Bezugs von Daten zur Umsetzung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen im Pflanzenbau. Diss. Universität Hohenheim PLITS 14 (4): 178.
- Lütticken, R. (1999): Bodennährstoffkartierung - Grundlage der Hölzl-Präzisionsdüngung. Arbeitspapier; KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 106-109.
- Lütticken, R. (2000): Präzise nach Nährstoffkarte düngen. DLZ 3: 52-57.
- Mahmoudjafari, M., Kluitenberg, G.J., Havlin, J.L., Sisson, J.B., Schwab, A.P. (1997): Spatial variability of nitrogen mineralization at the field scale. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61: 1241-1221.
- Maidl, F.X. und Fischbeck, F. (1993): Pflanzenbau. In: Ruhr-Stickstoff-Aktiengesellschaft Bochum (Hrsg.): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup. S. 440-441, 456.
- Mallarino, A.P. (1996): Spatial Variability Patterns of Phosphorus and Potassium in No-Tilled Soils for two Sampling Scales. Soil Sci. Soc. Amer. J. 60: 1473-1481.
- Matheron, G. (1963): Principles of Geostatistics. Econ. Geol. 58: 1246-1266.
- Matheron, G. (1971): The theory of regionalized variables and its applications. Les Cahiers du centre de morphologie mathématique, Fas. 5, C.G. Fontainebleau, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France.
- McBratney, A.B. und Pringle, M.J. (1997): Spatial variability in soil - implications for precision agriculture. In: Stafford, J.V. (ed.): Precision Agriculture '97: Spatial variability In: soil and crop, BIOS scientific publishers, Oxford S. 3-31.
- McBratney, A.B., Whelan, B.M., Shatar, T.M. (1997): Variability and uncertainty in spatial temporal and spatiotemporal crop-yield and related data. Wiley Chichester Ciba Foundation Symposium 210: 141-160.
- Mengel, K. (1984): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, Stuttg. S. 325.

- Miehlich, G. (1976): Homogenität, Inhomogenität und Gleichheit von Bodenkörpern. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 5: 597-609.
- Milfred, C.J. und Kiefer, R.W. (1976): Analysis of Soil Variability with Repetitive Aerial Photography. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40 (4): 553-557.
- Miller, M. P., Singer, M. Nielson, J., Donald R. (1988): Spatial Variability of Wheat Yield and Soil Properties on Complex Hills. Soil Sci. Soc. Amer. J. 52: 1133-1141.
- Muhr, T. (1999): GPS in der Landwirtschaft. DLG Merkblatt 316: 1-11.
- Muhr, T., Demmel, M., Stanzel, H., Auernhammer, H. (1994): Positionsbestimmung landwirtschaftlicher Arbeitsmaschinen für die Entwicklung ökologisch optimierter Anbauverfahren. Inst. und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der TU München - Weihenstephan, Bayerisches StMELF (Hrsg.): Landtechnische Berichte aus Praxis und Forschung, Gelbes Heft 53.
- Muhr, T., Maier, S., Auernhammer, H. (1995): Das Ende von Laufrad und Bandmaß? DLG-Mitteilungen (1): 32-34.
- Mulla, D.J. (1993): Mapping and Managing Spatial Patterns. In: Soil Fertility and Crop Yield. Proceedings of soil specific crop Management, 1992, University of Minnesota, Minneapolis. Published by ASA; CSSA; SSSA Madison, Wisconsin, USA. S. 15-26.
- Mulla, D.J. und Bhatti, A.U. (1997): An evaluation of indicator properties affecting spatial patterns in N and P requirements for winter wheat yield. In: Stafford, J.V. (ed.): Precision Agriculture '97: Spatial variability In: soil and crop, BIOS scientific publishers, Oxford. S. 145-154.
- Murphy, D.P.L., Oestergaard, H., Schnug, E. (1994): Lokales Ressourcen-Management - Ergebnisse und Ausblick. Technik für die kleinräumige Bestandesführung. Ziele - Entwicklungsstand - Forschungsbedarf. In: ATB/KTBL-Kolloquium. S. 90-101.
- Murphy, D.P.L., Schnug, E., Haneklaus, S. (1995): Yield mapping - a guide to improved techniques and strategies. Site-Specific Management for Agricultural Systems, ASA-CSSA-SSA. S. 33-47.
- Myers, V.I., Bauer, M.E., Gausman, H.W., Hart, W.G., Heilman, J.L., Macdonald, R.B., Park, A.B., Ryerson, R.A., Schmutge, T.J., Westin, F.C. (1983): Remote Sensing Applications in Agriculture. In: Estes, J.E., Thorley (eds.) : Manual of remote sensing II: II: 2111-2218.
- Noël, J.-M. (2000): Onze fermes regroupées avec des exploitants spécialisés. La France agricole, 25 février 2000: 31.
- Nordmeyer, H. (1999): Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz. Arbeitspapier KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 53-61.
- Nordmeyer, H., Häusler, A., Niemann, P. (1997): Patchy weed control as an approach in precision farming. In: Stafford, J.V. (ed.): Precision Agriculture '97: Spatial variability In: soil and crop, BIOS scientific publishers, Oxford. S. 307-314.
- Obenauf, S. (1987): Variabilität von Bodenfruchtbarkeitskennziffern während der Vegetationszeit im Ap sandiger Ackerböden. Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenk. 31: 137-145.
- Obenauf, S. und Seeboldt, M. (1986): Zur Methodik der Bodenprobenahme für die Erfassung von Bodenfruchtbarkeitskennziffern auf Produktionsschlägen der BG1. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenk. 30 (3): 123-129.
- Oehmichen, J. (1986): Pflanzenproduktion. Parey, Hamburg. 1 und 2
- Oliver, M.A. und Frogbrook, Z.L. (1998): Sampling to estimate soil nutrients for precision agriculture. International Fertiliser Society. Proc. 417: 1-36.
- Ostheim K.-U. (2001): Einsteigen in Precision Farming - aber wie? In: Landwirtschaft im Internet-Zeitalter, Erwartungen und Erfahrungen, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft 95: 173-178.

- Otte, F. (1988): Über die quantitative Erfassung der Bodenvariabilität und Gütemaße für großmaßstäbliche Karten. Schriftenreihe Inst. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 2. Univ. Kiel.
- Pannatier, Y. (1996): Variowin: 2.2, Software for Spatial Data Analysis In: 2D, Software-package and user's guide.
- Papritz, A (1993): Estimating temporal change of soil properties. Dissertation, Zürich.
- Papritz, A. und Webster, R. (1995a): Estimating temporal change in soil monitoring I. Eur. J. Soil Sci. 1: 1-12.
- Papritz, A. und Webster, R. (1995b): Estimating temporal change in soil monitoring II. Sampling from simulated fields. Eur. J. Soil Sci. 1: 13-27.
- Parton, W.J., Schimmel, D.S., Cole, C.V., Ojima, D.S. (1987): Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 1173-1179.
- Paulsen, H.M. (1989): Berücksichtigung von Bodenmerkmalen bei der Anlage von Feldversuchen. Diplomarbeit, Inst. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde, Univ. Kiel.
- Preuße, T. und Kutschenreiter, W. (2000): Mehr als nur Maschinen. DLG-Mitteilungen 10: 48-49.
- Quinckhardt, M. (2001): Electronic Farming: Trugbild oder reale Chance? In: Landwirtschaft im Internet-Zeitalter, Erwartungen und Erfahrungen, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft 95: 147-155.
- Rath-Kampe, J. (2001): Forderungen stellen. Agrarmarkt 5: 26-31.
- Reich, R. und Backfisch, R. (2001): Anschluss fahren bei Nacht und Nebel. BW-agrar 11: 16-17.
- Reitz, P. und Buermann, M. (1992): Korndurchsatzmessung auf dem Mähdrescher. Proceedings of the International Scientific Conference "Trends In: Agriculture Engineering", 15.-18. Sept. 1992. S. 484-489.
- Reitz, P. und Kutzbach, H.D. (1993): Measurement techniques for yield mapping during grain harvesting with combines. Proceedings of the XXV CIOSTA-CIGR V Congress "Farm planning, Labour and labour conditions, Computers in agricultural management".
- Reitz, P. und Kutzbach, H.D. (1994): Data Acquisition for yield mapping with combine harvesters. Proceedings of the 5th conference "Computers in Agriculture", Orlando, Florida.
- Reusch, S. (1999): Online Erfassung der Stickstoffversorgung von Pflanzen. Arbeitspapier; KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 110-117.
- Richter, G.M. (1996): Variabilität und Schätzgenauigkeit von N-Mineralisation, Ertrag und Bedarf - Methoden zur Bewertung der 'Ist-Analyse'. Landbauforschung Völknerode 3: 121-126.
- Riegger, L. (2001): Aktualität ist beim Internet-Auftritt entscheidend. Landwirtschaft im Internet-Zeitalter, Erwartungen und Erfahrungen, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft 95: 169-172.
- Rogasik, J. und Smukalski, M. (1993): Beziehungen zwischen quantitativen Faktoren der Bodenfruchtbarkeit und Höhe des Pflanzenertrages auf Ackerstandorten sowie deren Modifikation durch ausgewählte Klimaelemente. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenk. 37: 325-340.
- Rogasik, J., Haneklaus, S., Panten, K., Funder, U., Schnug, E. (2000): Operations For Precision Agriculture. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 93: 116-119.
- Rösch, A. (2000): GPS wird kommen. BBZ 37: 15-16.
- Ruge, H. (2000): Management für die effektive Bewirtschaftung von Teilschlägen. Bauernzeitung 25.
- Rühling, I. (1999): Räumlich-zeitliche Variabilität von physikochemischen Bodeneigenschaften und Pflanzenmerkmalen in einer norddeutschen Landschaft. Dissertation, TU Braunschweig. FAL (Hrsg.): Landbauforschung Völknerode Sonderheft 205: 183.

- Rühling, I. (2000): Die Oberrheinregion – Kann sich Präzisionslandwirtschaft ökonomisch und ökologisch etablieren? Naturschutz-Info 3: 27-28.
- Rühling, I., Haneklaus, S., Schnug, E. (1997): Geostatistical investigations on soil and crop fertility parameters in northern Germany. Proceedings of the 11th World Fertilizer Congress of CIEC; 7-13 Sept. 1997, Gent, Belgium. S.178-188.
- Sachs, L. (1988): Statistische Methoden Planung und Auswertung. Bd. 1+2 Springer, Berlin etc.
- Sauter, J. (2001): Mieux connaître les sols pour mieux produire: Les apports d'une base de données informatique. Paysan du Haut-Rhin 10.08.01: 11.
- Sawyer, J.E. (1994): Concepts of variable rate technology with considerations for fertilizer application. J. Prod. Agric. 7:195-201.
- Scheffer, F., Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Hartge, K.-H., Schwertmann, U. (1984): Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Schlichting, E., Blume, H.-P., Stahr, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Pareys Studentexte 81. Blackwell Wiss.-Verlag, Berlin, Wien; etc.
- Schmerler, J. (1998): Betriebswirtschaftliche Effekte der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung und Aussaat. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 212-220.
- Schmerler, J. und Großkopf, M. (1999): Weniger Betriebsmittel und höhere Erträge; dlz-Sonderheft (10): 92-95.
- Schmerler, J. und Großkopf, M. (2000): Saatstärke dem Boden anpassen. Mais (3): 108-110.
- Schmerler, J. und Jürschik, P. (1998): Praktische Anwendung der teilflächenspezifischen Düngung und Aussaat. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 167-183.
- Schmerler, J. (1998): Teilflächenspezifische Düngung. ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 108-113.
- Schmerler, J., Ehlert, D., Kühn, G. (2000): Mais- und Getreideanbau per Satellit. Innovation (1): 4-7.
- Schmerler, J., Jürschnik, P., Basten, M., Kohlmüller, S. (1995): Die teilflächenspezifische Düngung am Beispiel des N-Einsatzes in einem Praxisbetrieb als Beitrag zur umweltgerechten Pflanzenproduktion. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongressband 1995. 40: S. 273-276.
- Schmerler, J., Wartenberg, G., Ehlert, D. (2000): Teilflächenspezifische Bewirtschaftung mit GPS (Teil 4). Getreide 6, (3): 208-213.
- Schmidt, H. (1995): Eine Investition in die Zukunft. DLG Mitteilungen (1): 40-42.
- Schmidt, W. und Weltzien, C. (2000): Ergebnisse der integrativen Forschung und Erprobung in pre agro. Praxiserprobung des Managements von precision agriculture. Technikbetreuung / Erprobung Module und Software. KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 31-36.
- Schmittmann, O., Moneim Osman, A., Kromer, K.-H. (2000): Durchsatzmessung bei Feldhäckslern. Landtechnik 4: 286-287.
- Schnug, E. (1993): Ökosystemare Auswirkungen des Einsatzes von Nährstoffen in der Landwirtschaft. In: Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel in Agrarökosystemen. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Reihe A: Angewandte Wissenschaft S. 25-48.
- Schnug, E. (1996): Lokales Ressourcen-Management landwirtschaftlicher Böden. Landbauforschung Völkenrode 3: 111-113.

- Schnug, E. und Holst, P. (1994): CAF - Realisierung einer ökologischen und ökonomischen Landwirtschaft. In: *Elektronikeinsatz in der Außenwirtschaft*. KTBL-Arbeitspapier. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup 175: S. 175-178.
- Schnug, E., Evans, E., Haneklaus, S. (1992): Importance, evaluation and application of equifertiles to CAF. *Proceedings of the International Scientific Conference "Trends in Agricultural Engineering"*, 15-18 Sept. 1992. II.
- Schnug, E., Haneklaus, S., Murphy, D. (1994): Innovative soil sampling and analysis procedure for the local resource management of agricultural soils. *Transactions of the 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico, 10-16 July 1994*. 56: S. 613-630.
- Schnug, E., Lamp, J., Knoop, F. (1985): Regionale Variabilität von Merkmalen der Bodenfruchtbarkeit. II. Beispiele und praktische Bedeutung. *Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges.* 43, 2: 679-684.
- Schnug, E., Murphy, D., Evans, E., Haneklaus, S., Lamp, J. (1993): Yield mapping and application of yield maps to computer aided local resource management. In: Robert, P.C., Rust, R.H., Larson, W.E. (eds.): *Proceedings of soil specific crop Management, 1992*, University of Minnesota, Minneapolis. ASA, CSSA, SSSA Madison, Wisconsin.
- Schnug, E., Murphy, D.P., Haneklaus, S. (1995): Yield mapping - a guide to improved techniques and strategies. In: *Site-Specific Management for Agricultural Systems*, ASA-CSSA-SSA; 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA.
- Schreiber, A. (1999): Globales Positionierungs System (GPS) - Ein Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in kleinstrukturierten Ackerbauregionen? Diplomarbeit, Uni. Hohenheim.
- Schröder, D. (1983): *Bodenkunde in Stichworten*. Hirt, Kiel.
- Schröder, D., Haneklaus, S., Schnug, E. (1997): Information management in precision agriculture with LORIS. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision agriculture '97, Technology, IT and Management*. BIOS scientific publishers, Oxford. II: S. 821-826.
- Schröder, D. (1999): Strategien zur Erfassung der kleinräumigen Heterogenität; Arbeitspapier; KTBL Darmstadt (Hrsg.): *Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam*; 264: 47-52.
- Schwaiberger, R., Sommer, C., Werner, A. (2000): Einleitung und Übersicht. *KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro)*: 7-10.
- Schwarz, J., Kersebaum, K. C., Reuter, H., Wendroth, O. (2001): Stickstoff gezielt einsetzen. *Landtechnik* 56: 320-321.
- Shiel, R.S., Mohamed, S.B., Evans, E.J. (1997): Planning phosphorus and potassium fertilisation of fields with varying nutrient content and yield potential. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision Agriculture '97: Spatial variability in soil and crop*, BIOS scientific publishers, Oxford. S. 171-178.
- Simmelsgaard, S.E. und Andersen, M.N. et al. (1995): The Influence of Nitrogen and Water Availability on Crop Yield Variation. In: Olesen, S.E. (ed.): *Proceedings of the Seminar on Site Specific Farming*. SP-report 26, Vol. 3. Danish Institute of Plant and Soil Science. Koldkaergaard, Aarhus. S. 99-109.
- Simmelsgaard, S.E. und Djurhuus, J. (1997): The possibilities of precision fertilisation with N, P and K based on plant and soil parameters. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision Agriculture '97: Spatial variability in soil and crop*, BIOS scientific publishers, Oxford. S. 179-188.
- Sinowski, W. (1995): Die dreidimensionale Variabilität von Bodeneigenschaften - Ausmaß, Ursachen und Interpolation. Dissertation, TU München; FAM-Bericht 7, Shaker, Aachen.
- Sommer, C. und Voßhenrich, H. (2000): Bodenbearbeitung. *KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro)*: 129-134.
- Spangler, A., Auernhammer, H., Demmel M. (2001): LBS lib als Open Source Modell frei verfügbar. *Landtechnik* 3: 138-139.

- Stein, A., Brower, J., Bouma, J. (1997): Methods of Comparing Spatial Variability Patterns of Millet Yield and Soil Data. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 61: 861-870.
- Stein, A., Hoogerwerf, M., Bouma, J. (1988): Use of Soil-Map Delineations to improve Kriging of Point Data on Moisture Deficits. *Geoderma* 34: 163-177.
- Steingießer, R., Davidson, M., Kühbauch, W. (1999): Lesbarkeit von Radarsignaturen in der landwirtschaftlichen Fernerkundung; Arbeitspapier; KTBL Darmstadt (Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL/ATB-Workshop 1998 in Potsdam 264: 118-122.
- Süss, H. (1999): Virtuelle Flurbereinigung in Riedhausen bereits Realität. *BLW* 38: 38-39.
- Süss, H. (2001): Strukturen selber verbessern. *BLW* 30: 18-19.
- Thiessen, E. (2000): Sensorgesteuerte Stickstoffdüngung. *Landtechnik* 2: 144-145.
- Thiessen, E. (2001): Erfahrungen mit der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung. *Landtechnik* 56: 278-279.
- Thomsen, A. und Hougård, H. (1995): Field Variability in Crop Development and Water Balance. In: Olesen, S.E. (ed.): *Proceedings of the Seminar on Site Specific Farming*. SP-report 26. Danish Institute of Plant and Soil Science. Koldkaergaard, Aarhus. ed.
- Thomsen, A., Schelde, K., Heidmann, T., Hougaard, H. (1997): Mapping of field variability in crop development and water balance within a field with highly variable soil conditions. In: Stafford, J.V. (ed.): *Precision Agriculture '97: Spatial variability in soil and crop*, BIOS scientific publishers, Oxford. S.197-204.
- Timmermann, C. und Krohmann, P.(2000): Unkräuter erst erfassen, dann bekämpfen. *Mais* (3): 114-117.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S. und Uehara, G. (1985): Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances Agron.* 38: 45-93.
- Van Meirvenne, M. (1991): Characterization of soil spatial variation using geostatistics. Ph.D. Thesis, Rijksuniversiteit Gent. S.168.
- Voßhenrich, H.-H. und Kottenrodt D. (2001): Prototyp für die ortsspezifische Bodenbearbeitung. *Raps* 19: 143-145.
- Voßhenrich, H.-H., Sommer, C., Gattermann, B., Träger-Farny, W. (2000): Ortsspezifische Bodenbearbeitung. *Landtechnik*, 4: 319.
- Voßhenrich, H.-H. und Kottenrodt, D. (2001): Ortsspezifische Bodenbearbeitung. *Landpost* 25.08.2001: 60-62.
- Wagner, P. (1999): Besseres Management. *dlz-Sonderheft* (10): 96-98.
- Wartenberg, G. (1995): GPS - Ein Baustein des Pflanzenschutzes. *DLG Mitteilungen* (1): 36-39.
- Wartenberg, G. (2000): Teilflächenspezifisches Spritzen von Pflanzenschutzmitteln. *Landtechnik* 55: 438-439.
- Wartenberg, G. (2001): Teilflächenspezifische Unkrautregulierung im Echtzeit-Verfahren. *Landtechnik* 56: 322-323.
- Wartenberg, G. und Schwarz, J. (1998): Betriebswirtschaftliche Effekte der teilflächenspezifischen Herbizideinsatzes. *ATB Bornim* (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 221-228.
- Wartenberg, G. und Schwarz, J. (1998): Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz. *ATB Bornim* (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte. (20): 114-139.
- Weber, E. (1980): Grundriß der biologischen Statistik Anwendungen der mathematischen Statistik in Forschung, Lehre und Praxis. Fischer, Stuttgart, New York.

- Webster, R. und Oliver, M.A. (1990): *Statistical methods in soil and land resource survey*. Oxford University Press, Oxford.
- Weitz, A., Bunte, D., Frank, T., Hersemann, H. (1989): Nested sampling, ein Verfahren zur Ermittlung der Größenordnung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Kenndaten. *Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges.* 59, 2: 1011-1014.
- Weltzien, C. (2001): Arbeitsqualität Düngerstreuer. *Landtechnik* 56: 293.
- Weltzien, C. und Kottenrodt, D. (2001): Einfaches Handling fordern. *Agrarmarkt* 5: 35-38.
- Wendroth, O., Reynolds, W.D., Vieira, S.R., Reichardt, K., Wirth, S. (1997): Statistical approaches to the analysis of soil quality data. In: Gregorich, Carter (eds.): *Soil Quality for Crop Production*. Elsevier. 247-276.
- Werner, A. (2000): Ausblick zur weiteren Entwicklung des Projektes pre agro. *KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau*: 217-219.
- Werner, A., Jarfe, A., Kloepfer, F., Kottenrodt, D. (2000): Forschungskonzept von pre agro. *KTBL-Sonderveröffentlichung 032; Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro)*: 15-30.
- Wigger, A.-F. (2000): Lohnt Teilflächenmanagement? *Bauernzeitung* 30: 22.
- Wild, K. und Haedicke, S. (2001): Auch den Heuertrag messen. *BLW* 7: 47-49.
- Wilding, L.P. (1985): Spatial variability: documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: Nielson, D.R. und Bouma, J (eds.): *Proceedings etc. ISSS, Wageningen*. S. 166-194.
- Wilding, L.P. und Drees, L.R. (1983): Spatial Variability and Pedologie. In: Wilding, L.P., Smeck, N.E. und Hall, G.F. (eds.): *Pedogenesis and Soil Taxonomy. Vol. I: Concepts and Interactions. Developments in Soil Science, 11 A*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York S. 83-116.
- Winter, R. (1998): Verfahren der teilflächenspezifischen Unkrautbehandlung und Abschätzung ihrer Vorteilswirkung. *ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte*. (20): 201-211.
- Winter, R. (1998): Vorteilswirkungen teilflächenspezifischer Stickstoffdüngung. *ATB Bornim (Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Bornimer Agrartechnische Berichte* (20): 184-200.
- Wollring, J. und Reusch, S. (2000): Es grünt so grün. *Mais* (3): 111-113.
- Wulff, F., Schulz, V., Jungk, A., Claassen, N. (1998): Potassium fertilization on sandy soils in relation to soil test, crop yield and K-leaching. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 161: 591-599.
- Yost, R.S., Uehara, G., Fox, R.L. (1982): Geostatistical Analysis of Soil Chemical Properties of Large Land Areas. I. Semi-Variograms. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 46: 1028-1032.