

Technische Universität München
Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt
Department für Biogene Rohstoffe und Technologie der Landnutzung
Fachgebiet Technik im Pflanzenbau

Technische Umsetzung einer Gewannebewirtschaftung als „Virtuelle Flurbereinigung“ mit ihren ökonomischen und ökologischen Potenzialen

Matthias Rothmund

Vollständiger Abdruck der von der
Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan
für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der
Technischen Universität München
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften
(Dr. agr.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.rer.hort. Dr.rer.hort.habil. J. Meyer
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil. H. Auernhammer
2. Univ.-Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil. Dr.h.c.(BG) A. Heißenhuber
3. Univ.-Prof. Dr.agr. P. Wagner
(Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)

Die Dissertation wurde am 02.11.2005 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 08.02.2006 angenommen.

Vorwort

Nach Abschluss dieser Dissertation danke ich herzlich allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

Prof. Dr. Auernhammer für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit als Doktorvater. Seine Hinweise und Anregungen, aber vor allem seine Förderung und Unterstützung während der Zeit der Promotion waren und bleiben für mich von unschätzbarem Wert. Die Möglichkeit, während der letzten Jahre meine Forschungsergebnisse durch zahlreiche Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen präsentieren und dabei über den Tellerrand meiner Arbeit hinausblicken zu können, sehe ich nicht als selbstverständlich an.

Herrn Dr. Demmel für die Betreuung und die wertvolle Unterstützung während der ersten Jahre meiner Promotion in seiner Funktion als wissenschaftlicher Assistent am Fachgebiet und Herrn Dr. Schwenke für die Unterstützung und die wertvollen Anregungen im Zusammenhang mit Datenbanksystemen und Web-Programmierung.

Meinen Vorgängern im Projekt, dem leider tödlich verunglückten Herrn Markus Peterreins, und Herrn Michael Mayer für die geleisteten Vorarbeiten sowie allen Kolleginnen und Kollegen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die mich während der Promotionszeit tatkräftig im Projekt und bei allen anderen Tätigkeiten am Lehrstuhl unterstützt haben. Außerdem den Studierenden, die durch die Erstellung wissenschaftlich anspruchsvoller Studienarbeiten wesentlich zu den Inhalten dieser Arbeit beigetragen haben.

Den Zeilitzheimer Landwirten Werner Herbert, Waldemar Räth, Jürgen Rettner, Rainer Mößlein, Gunter Drescher und Walter Danzberger für die zur Verfügung Stellung der Versuchsflächen und die hervorragende Zusammenarbeit und dem Maschinenring Gerolzhofen und seinem Geschäftsführer Roland Kukoll für die unermüdliche Missionierung und die wertvolle Zusammenarbeit sowie der Rodegemeinschaft Gerolzhofen für ihre Experimentierfreudigkeit.

Dem BmBF für die Förderung des Teilprojektes ‚Micro-Precision-Farming‘ innerhalb des Forschungsverbundes pre agro (1999 bis 2002), Herrn Dr. Armin Werner (ZALF) für die Unterstützung seitens der Projektleitung, der Firma geo-konzept sowie Herrn Dr. Josef Rottmeier für die technische Unterstützung.

Meinen Eltern Angelika und Paul für die finanzielle und moralische Unterstützung während meines Studiums und der Promotionszeit und ganz besonders meiner Frau Ines und meinen Kindern Kosima, Levin, Valentin und Anna. Sie haben die oft hohen Belastungen, die sich aus Beruf und Promotion ergaben, nicht nur ertragen, sondern mich durch ihr Verständnis und ihre Zuneigung tatkräftig unterstützt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Problemstellung	3
3	Stand des Wissens	6
3.1	Begriffsdefinitionen	6
3.1.1	Flurbereinigungsverfahren	6
3.1.2	Gewann und Gewannebewirtschaftung	8
3.1.3	Dokumentation	10
3.1.4	Flurstück, Feldstück, Schlag und Bewirtschaftungseinheit	12
3.2	Ziele der klassischen Flurneuordnung	12
3.2.1	Flurneuordnungsverfahren	13
3.2.2	Bewertung der Flurneuordnungsverfahren	14
3.3	Bisherige Arbeiten zum Thema	15
3.3.1	Modellierung einer Gewannebewirtschaftung	15
3.3.2	Kalkulation ökonomischer Effekte der Gewannebewirtschaftung	17
3.3.3	Rechtliche Situation der Gewannebewirtschaftung	18
3.4	Durchgeführte Projekte zur virtuellen Flurbereinigung	20
3.4.1	Freiwilliger Nutzungstausch im ‚Modell Ettlleben‘	20
3.4.2	Gewannebewirtschaftung in Riedhausen	22
4	Zielsetzung	25
5	Modellierung von Gewannebewirtschaftungssystemen	27
5.1	Gewannebildung	28
5.2	Produktionsstrategien	30
5.2.1	Besitzorientierte teilschlagbezogene Bewirtschaftung	30
5.2.2	Schlageinheitliche Bewirtschaftung	31
5.2.3	Standortorientierte teilflächenbezogene Bewirtschaftung	32
5.3	Abrechnungsstrategien	33
5.3.1	Flächenbezogene Abrechnung	34
5.3.2	Ertrags- und aufwandsbezogene Abrechnung	35
5.4	Ergebnisse der Modellierung	37
5.4.1	Auswirkung auf die Arbeitserledigung	37
5.4.2	Vorgewende- und Randeffekte	39
5.4.3	Entwicklung des Deckungsbeitrags	40
5.4.4	Grenzflächen im ökologischen Landbau	44
5.4.5	Aspekte des Bodenschutzes	48
5.4.6	Aspekte der Landschaftsplanung	51
6	Bewirtschaftungsversuch Zeilitzheim	55
6.1	Ausgangssituation	55
6.2	Material und Methode	57
6.2.1	Geographische Datengrundlage	58
6.2.2	Technik zur Prozessdatenerfassung	59
6.2.3	Software zur Datenverarbeitung	63

6.3	Versuchsplanung	65
6.3.1	Bildung der Versuchsgewanne	65
6.3.2	Datenerfassung und Datenauswertung	68
6.4	Durchführung der Gewannebewirtschaftung	70
6.5	Ergebnisse der Gewannebewirtschaftung	72
6.5.1	Arbeitserledigung	72
6.5.2	Produktion und besitzorientierte Abrechnung	74
6.5.3	Korrektursysteme der besitzorientierten Ertragszuteilung	82
6.5.4	Korrektursysteme der besitzorientierten Aufwandsabrechnung	84
6.6	Web basiertes Informationsmanagement für die Gewannebewirtschaftung	88
6.6.1	Teilschlagspezifische Datenzuordnung und –verrechnung	89
6.6.2	Flexible Abrechnungs- und Korrekturmöglichkeiten	91
6.6.3	Datenverarbeitungsbeispiel für das Projekt Zeilitzheim	94
7	Diskussion	100
7.1	Technik- und Softwareeinsatz	100
7.2	Aufwands-, Kosten- und Gewinnentwicklung	107
7.3	Umweltbeeinflussung und Landschaftsgestaltung	113
7.4	Soziologische Zusammenhänge	116
8	Schlussfolgerungen	119
8.1	Gewannebildung als Teil einer modernen Landbewirtschaftung	119
8.2	Precision Farming durch Gewannebewirtschaftung	120
8.3	Mechanisierungsstrategien in der Gewannebewirtschaftung	121
8.4	Entwicklung von Informationsmanagementsystemen	123
9	Zusammenfassung	125
10	Summary	127
11	Literatur	128

Abbildungsverzeichnis

1:	Entwicklung der durchschnittlichen Feldstückgrößen in den bayerischen Regierungsbezirken seit 1993 (errechnet nach Informationen des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten).	4
2:	Vergleich der Formen der tatsächlichen und der virtuellen Flurbereinigung bezüglich rechtlicher Veränderungen auf den Bewirtschaftungsflächen.	7
3:	Neue Gewannstruktur in Ettleben, entstanden durch freiwilligen Flächennutzungstausch, farblich gekennzeichnet nach Bewirtschaftern (nach DÖMLING, 2001).	21
4:	Gewann Kirchsteig (22ha) in der Gemarkung Riedhausen, bestehend aus 40 Teilschlägen/Flurstücken (nach GASSER, 2001).	23
5:	Formen der Gewannebewirtschaftung am Beispiel einer Winterweizen-Wintergerste-Winterraps Fruchtfolge (nach AUERNHAMMER, 2000).	27
6:	Änderung der Bewirtschaftungsstruktur und –richtung durch Gewannebildung.	29
7:	Gewannebildung mit besitzorientierter Bewirtschaftungsstrategie.	31
8:	Gewannebildung mit einheitlicher Bewirtschaftungsstrategie.	32
9:	Gewannebildung mit standortangepasster Bewirtschaftungsstrategie.	33
10:	Konfiguration des Systems zur automatischen Prozessdatenerfassung im standardisierten elektronischen Kommunikationssystem LBS und ISOBUS.	36
11:	Teilschlagspezifische Summen- und Mittelwertbildung automatisch erfasster und heterogener verteilter Prozessgrößen aus der Gewannebewirtschaftung.	37
12:	Vergleich des Zeitbedarfs für einzelne Arbeitsverfahren bei Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung (insges. 102 ha AF, Fruchtfolge: ZR, WW, WG, SM, WW) (nach DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000).	38
13:	Kalkulierte Deckungsbeitragsänderungen pro ha und Jahr bei einer Gemarkungsweiten Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim (verändert nach CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001).	43
14:	Szenarien für die Integration von ökologisch bewirtschafteten Flächen in die Feldstruktur der Gemeinde Zeilitzheim (nach HUBER, 2002).	45
15:	Tatsächliche Struktur und Planungssituationen ‚Ökogewanne‘ und ‚Ökoregion‘ in der Region ‚Landl‘ (Lkr. Neumarkt, Opf.) mit insgesamt 309 ha ökologisch bewirtschafteter Fläche (nach KOHLSCHÜTTER, 2002).	47
16:	Erosionsmodell Zeilitzheim – errechneter Bodenabtrag durch Wassererosion bei Ackernutzung (erstellt durch die LBP, 2001).	49
17:	Erosionsmodell Zeilitzheim – Empfehlung zur Fruchtfolgegestaltung auf erosionsgefährdeten Ackerflächen (erstellt durch die LBP, 2001).	50
18:	Erosionsmodell Zeilitzheim – Darstellung der maximal zulässigen Hanglänge bei Bearbeitung in Gefällerrichtung (erstellt durch die LBP, 2001).	51

19:	Naturräumliche Einheiten der Gemarkung Zeilitzheim und deren empfohlene Nutzung (nach FREISLEBEN, 2003).	52
20:	Nutzerstruktur der Gemarkung Zeilitzheim (54 Nutzer, durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet, nach FREISLEBEN, 2003).	56
21:	Schlaggröße in Abhängigkeit der Betriebsgröße in Bayern, Unterfranken und Kolitzheim (verändert nach BÖKEL, 1999).	57
22:	Beispiel für die Überlagerung von Informationsebenen im GIS (erstellt mit ArcView®).	58
23:	Sensorik und Aufbau zur georeferenzierten Ertragsermittlung im selbstfahrenden Zuckerrübenköpfrödebunker (erweitert nach DEMMEL und ROTTMEIER, 1998).	62
24:	IMl _{lyzer} – Softwaremodul für die Prozessdatenauswertung in der Gewannebewirtschaftung.	65
25:	Wegestruktur und Lage der Versuchsgewanne in der Gemarkung Zeilitzheim.	66
26:	Flurstücks- und Nutzungsstruktur der Versuchsgewanne in Zeilitzheim.	67
27:	Schematische Darstellung der Verteilung von Saatgut- und Düngemittelapplikation in unterschiedlichen Produktionsstrategien auf den Versuchsgewannen.	68
28:	Winterweizenertrag und Saatstärke bei darauf folgenden Zuckerrüben auf dem Gewinn Bandstauden (2001/2002).	72
29:	Zeitaufwand für verschiedene Arbeiten auf Schlägen unterschiedlicher Größe in Zeilitzheim.	73
30:	Zugkraftmesswerte beim Grubbern auf dem Gewinn Hausäcker am 02.08.2001.	76
31:	Häufigkeitsverteilung der erfassten Zugkraftwerte [kN] auf dem Gewinn Hausäcker und auf den Teilschlägen beim Grubbern am 02.08.2001.	76
32:	Ergebnis der Zuckerrübenertragsmessung 2001 (links) und Bewirtschaftungsstruktur (rechts) auf dem Gewinn Hegern.	79
33:	Untersuchung der Vorgewendeflächen auf dem Gewinn Hausäcker hinsichtlich möglicher Ertragsdepressionen (Winterweizen, 2004).	84
34:	Schematischer Aufbau des Web basierten Datenmanagementsystems für die Gewannebewirtschaftung auf Basis der automatisierten Prozessdatenerfassung.	88
35:	Aufteilung erfasster Prozessdaten anhand der enthaltenen Positionsdaten und bekannter räumlicher Strukturen wie z.B. Feldstücke oder Teilschläge.	90
36:	Bildung von Maßnahmen und beschreibender Information aus Prozessdaten.	91

37:	Teilschlagspezifische Zuteilung eines realen Aufwandes oder Ertrages nach Flächenanteil im Gewinn (1), nach Prozessdatenerfassung (2) und nach Prozessdatenerfassung mit zusätzlicher Korrektur (3).	92
38:	Startbildschirm des Programms zum Datentransfer von Prozessdaten via Internet vom Betriebs-PC zum datenverarbeitenden Server.	95
39:	Einfache Statistik zum Umfang und zur Qualität der übermittelten Prozessdaten im Datentransferprogramm.	95
40:	Übersicht durchgeführter Maßnahmen auf den Gewinnen, automatisch erstellt auf Grundlage automatisch erfasster Prozessdaten (Anzeige im Webbrowser).	97
41:	Teilschlagbezogene Analyse einer Saatmaßnahme auf dem Gewinn Hegern mit Korrekturoptionen zur Erstellung einer Abrechnung (Anzeige im Webbrowser).	98
42:	Entwicklung der Arbeitsleistung bei steigender Schlaggröße und unterschiedlicher Schlagform (nach AUERNHAMMER 1999, berechnet mit ZEFA nach Daten von BOCK, MEIBLER und ZELLER, 1999).	109
43:	Entwicklung der Arbeitsleistung bei steigender Schlaggröße und unterschiedlichen Arbeitsbreiten (berechnet mit KaMAK nach STEINBERGER, 2004).	110
44:	Anteile der einzelnen Effekte an der Deckungsbeitragssteigerung durch Gewannebewirtschaftung (kalkuliert für die Gemarkung Zeilitzheim).	113

Tabellenverzeichnis

1:	Entwicklung der durchschnittlichen Betriebs- und Feldstücksgrößen in Bayern seit 1993 (errechnet nach Informationen des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten).	3
2:	Art und Dauer von Flurneuordnungsverfahren in der BRD (nach KÖNIGER, 2000).	13
3:	Schlaggrößen in den Betriebsgrößenklassen in Bayern nach einer Auswertung von INVEKOS-Daten 1998 (nach BÖKEL, 1999).	14
4:	Änderung der Flurstücksgrößen nach durchgeführten Flurneuordnungsverfahren 1979 und 1998 in den deutschen Bundesländern (nach AUERNHAMMER, 2000).	15
5:	Auswirkungen verschiedener Formen der Gewannebewirtschaftung auf Ökonomie, Ökologie, Management und Technik (verändert nach AUERNHAMMER, 2000).	28
6:	Kalkulierte Degression von Arbeitszeit und variablen Maschinenkosten über die Fruchtfolge durch Gewannebildung in der Gemarkung Zeilitzheim (nach CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001).	39
7:	Einsparungen und Mehrerlös je Hektar Winterweizen in der Modellierung eines ‚virtuellen Gewannebetriebs (102 ha gesamt, 6,8 ha pro Gewinn)‘ in Zeilitzheim (verändert nach DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000).	41
8:	Veränderung der jährlichen Deckungsbeiträge in der Modellierung eines ‚virtuellen Gesamtbetriebs‘ in Zeilitzheim mit 102 ha AF, Fruchtfolge: ZR, WW, WG, SM, WW (verändert nach DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000).	41
9:	Mittelwerte und Maxima der einzelbetrieblichen Durchschnittserträge aus einer Datenerhebung in Zeilitzheim (nach CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001).	42
10:	Grenzflächenanteile ökologische bewirtschafteter Schläge bei Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung (nach HUBER, 2002).	46
11:	Berechnete Pflanzenschutzmitteleinträge auf 309 Hektar Ökoflächen in der Region ‚Landl‘ durch umliegende einmalige Behandlung mit 300 Liter/ha Spritzbrühe in verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien (verändert nach KOHLSCHÜTTER, 2002).	48
12:	Berechnete Düngemittleinträge auf 309 Hektar Ökoflächen in der Region ‚Landl‘ durch umliegende einmalige Behandlung 314 kg/ha Mineraldünger in verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien (verändert nach KOHLSCHÜTTER, 2002).	48
13:	Herkunft, Bezeichnungen und Einheiten der mit dem ‚System zur Automatischen Prozessdatenerfassung‘ auf den eingesetzten Traktoren gewonnen Daten.	60

14:	Herkunft, Bezeichnungen und Einheiten der auf den Erntemaschinen gewonnenen Daten im Bewirtschaftungsversuch Zeilitzheim.	62
15:	Veränderung der Vorgewendeflächen auf den Versuchsschlägen durch Gewannebildung.	68
16:	Übersicht durchgeführter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsgewannen im Versuchszeitraum.	71
17:	Weg- und Zeitersparnis bei der Feldanfahrt im Vergleich von Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung für die Gewanne Hausäcker und Hegern in Zeilitzheim in der Saison 2001/2002 bei einer Feldanfahrtsgeschwindigkeit von 20 km/h.	74
18:	Übersicht der traktorgebundenen Bearbeitungsmaßnahmen auf den Gewannen Hausäcker und Hegern in der Saison 2001/2002.	75
19:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Zugkraft- und Geschwindigkeitsmesswerte auf dem Gewinn Hausäcker und auf den Teilschlägen sowie Abweichungen der Teilschläge vom Gesamtmittelwert.	77
20:	Übersicht der gemessenen und korrigierten Winterweizenerträge auf dem Gewannen Hausäcker und Bandstauden im Erntejahr 2001.	78
21:	Übersicht der Ergebnisse der Ertragsmessung und der Verteilung der Erntemenge von Zuckerrüben auf dem Gewinn Hegern 2001.	80
22:	Besitzorientierte Differenzierung von Saatstärke und Düngermenge sowie Bonitur- und Ernteergebnisse auf dem Gewinn Hegern (2001/2001, Winterweizen).	80
23:	Differenz zwischen flächenanteiliger und auf der Basis von Ertragsmessung zugeteilter Erntemenge auf den Teilschlägen des Gewanns Hausäcker (Winterweizen, 2001).	82
24:	Vorgewendeflächen bei Einzelschlag- (E) und Gewanne- (G) -bewirtschaftung und erwartete Mindererträge bei 20% Ertragsdepression am Vorgewende und 8 t/ha Ertragsdurchschnitt auf dem Gewinn Hausäcker.	83
25:	Beispiele für die Anwendung des Korrekturverfahrens zur Zuteilung der verrechenbaren Einsatzzeit auf den Teilschlägen nach der Bodenbearbeitung auf dem Gewinn Hausäcker (2001).	86
26:	Beispiele für die Anwendung des Korrekturverfahrens zur Zuteilung der verrechenbaren Einsatzzeit auf den Teilschlägen nach der teilflächenvariierter Aussaat auf dem Gewinn Hegern (2001).	87
27:	Gegenüberstellung von kalkulatorischem Mehrertrag und Ertragsverzerrungen bei Gewannebewirtschaftung ohne Ertragserfassung (am Beispiel der Winterweizenproduktion auf dem Gewinn Hausäcker 2001).	101
28:	Differenzen auf den Teilschlägen des Gewanns Hegern bei der Zuckerrübenernte 2001 mit und ohne Ertragserfassung bezogen auf A-, B- und C- Rüben.	103

-
- 29: Aggregierte Informationen einer Düngemaßnahme, durchgeführt mit automatischer Prozessdatenerfassung (nach ROTHMUND, DEMMEL, AUERNHAMMER, 2002). 106
- 30: Ertragsvergleich (Winterweizen) dreier Teilschläge auf dem Gewinn Hegern 2000 und 2002 und daraus abzuleitende Effekte bei Einsatz des besten verfügbaren Spezialisierungswissens. 112

Verzeichnis der Abkürzungen

- ArcView®: In der wissenschaftlichen Anwendung sehr verbreitete GIS-Software der Firma ESRI.
- BayStMLF: Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- BGB: Bundesgesetzbuch.
- BmBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BRD: Bundesrepublik Deutschland.
- CAN-BUS: Controlled Area Network-BUS (Binary Unit System). Bezeichnung für ein von der Firma Bosch entwickeltes und häufig genutztes serielles BUS-System.
- (D)GPS: (Differentielles) Globales Positionierungssystem. Bezeichnung für ein satellitengestütztes Ortungssystem.
- ECU: Electronic Control Unit. Bezeichnung für eine elektronische Recheneinheit in mobilen Systemen.
- EM 38: Bezeichnung für ein Gerät zur flächigen Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit von Böden.
- FK 98: Flurkarte 98. Bezeichnung für digitalisierte Flurkarten des Bayerischen Landesvermessungsamtes auf der Grundlage von gescannten Katasterblättern.
- FlurbG: Flurbereinigungsgesetz.
- GbR: Gesellschaft des bürgerlichen Rechts. Rechtliche Unternehmens- und Gesellschaftsform, die häufig Anwendung in der Landwirtschaft findet.
- GIS: Geographisches Informationssystem. Bezeichnung für Software zur Darstellung von Daten mit räumlichem Bezug.
- IKB: Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung (Dürnast). Bezeichnung für eine DFG-Forschergruppe an der Technischen Universität München von 1998 bis 2005. Untersucht wurden sensortechnische, informationstechnische, pflanzenbauliche und wirtschaftliche Aspekte einer standortspezifisch variablen Bewirtschaftungsweise.
- IMI®: Implement Indicator. Bezeichnung für ein elektronische Modul zur Kennzeichnung von Arbeitsgeräten in landwirtschaftlichen BUS-Systemen.
- InVeKoS: Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem (der europäischen Landwirtschaftsverwaltungen).
- ISOBUS: Bezeichnung für ein Landwirtschaftliches BUS-System gemäß der internationalen Norm ISO 11783.
- LBS: Landwirtschaftliches BUS-System. Bezeichnung für ein standardisiertes elektronisches Kommunikationssystem zur Verbindung von Traktoren und Arbeitsgeräten gemäß DIN 9684, 2-5.

- LBP: Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau. Seit 2003 in Form mehrerer Institute eingegliedert in die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- LfL: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Gegründet 2003, beherbergt alle früher eigenständigen Landesanstalten aus dem Bereich Landwirtschaft.
- n.b.: Nicht bekannt, nicht bestimmt, nicht berechnet (gültig für Prozesswerttabellen in der Dissertation).
- n.e.: Nicht erfasst (gültig für Prozesswerttabellen in der Dissertation).
- NMEA, NMEA 2000: Bezeichnung für einen Standard zur Übertragung von GPS-Daten der NMEA (National Marine Electronics Association der USA).
- OB, NB, OPf, Schw., OFr, MFr, UFr: Abkürzungen der bayerischen Regierungsbezirke (Oberbayern, Niederbayern, Oberpfalz, Schwaben, Oberfranken, Mittelfranken und Unterfranken).
- pre agro: Bezeichnung für ein deutschlandweites Forschungsverbundprojekt zur Untersuchung der Möglichkeiten standortangepasster Bewirtschaftungsmethoden in der Landwirtschaft (1999 bis 2002).
- QuickTriff[®]: Im Rahmen einer Diplomarbeit an der Technischen Universität München entwickelte Software zur Berechnung von Abdriftmengen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf Nicht-Zielflächen.
- RTK-DGPS: Real-Time-Kinematic-DGPS. Bezeichnung für ein hochgenaues DGPS-System mit lokaler Referenzstation.
- SQL: Structured Query Language. Datenbankabfragesprache für relationale Datenbanken.
- VRT: Variable Rate Technology. Zusammenfassender Begriff für die Möglichkeiten der standortspezifisch variablen Applikation im Ackerbau.
- WGS 84: World Geodetic System 1984. Weltweit gültiges Koordinatensystem zur Positionierung auf der Erdoberfläche; wird als Grundlage für die Positionsbestimmung bei GPS-Systemen verwendet.
- ZR, WW, WG, WR, SM, SG: Abkürzungen für Fruchtfolgeglieder (Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, Silomais, Sommergerste).

1 Einleitung

Die Bewirtschaftung größerer zusammenhängender Feldstücke ist aus arbeitswirtschaftlicher Sicht günstiger, als die kleinerer Felder. Dies wirkt sich auch auf das ökonomische Ergebnis aus. Diesem als „bekannt“ vorausgesetztem Umstand steht die Tatsache entgegen, dass in vielen Regionen Deutschlands, Europas, aber auch weltweit die Fluren zersplittert und die Schlaggrößen gering sind. Vielfach ist dies durch Jahrhunderte lange Erbteilung der Flächen begründet. Besonders in sogenannten Realteilungsgebieten, wie in Franken und Teilen Baden-Württembergs, führte dies mit der Zeit zu extrem ungünstigen Feldstrukturen für die heute vollständig mechanisierte Feldwirtschaft. Jedoch sind heute auch in den traditionell größer strukturierten Gebieten Süd- und Norddeutschlands die Schlaggrößen nicht mehr ausreichend, um moderne Mechanisierungsstrategien in optimaler Weise umzusetzen. Für die Anpassung der Feldstücksgrößen an die Bedürfnisse der modernen Landbewirtschaftung stehen bisher vor allem zwei Instrumente zur Verfügung. Zum einen die staatlich gelenkte und geförderte Flurneuordnung in ihren verschiedenen Varianten, zum anderen der freiwillige Nachbarschaftstausch zwischen den Landwirten. Beides ist nicht ausreichend, um eine genügende Strukturanpassung im Hinblick auf den betrieblichen Strukturwandel herbeizuführen. Auf dem Staatsgebiet der ehemaligen DDR und in vielen Ländern der ehemaligen Sowjetunion wurden durch die Bildung der Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften (LPG) und durch Kolchosbildung große Feldstrukturen gebildet. Diese Struktur bildet heute eine der Grundlagen für die weltweite Konkurrenzfähigkeit der landwirtschaftlichen Produktion in den neuen Bundesländern.

Durch den Einzug intelligenter Technik in der Landwirtschaft wird es nun möglich, eine „virtuelle Flurbereinigung“ durchzuführen. Dieser Begriff bezeichnet eine Vergrößerung von Bewirtschaftungseinheiten ohne die Veränderung von Besitz- oder Landschaftsstrukturen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Nutzung von satellitengestützten Ortungssystemen zu. Als Gewannebewirtschaftung wird eine Form dieser virtuellen Flurbereinigung definiert. Hierbei bleiben neben den Besitz- auch die Nutzungsverhältnisse unverändert. Die Bewirtschaftung erfolgt mit Hilfe von Ortungssensorik und Informationstechnologie über Besitzgrenzen einzelner Landwirte hinweg.

Die Idee der ‚Gewannebewirtschaftung‘ wurde seit ihrem Erscheinen in der modernen Form Ende der neunziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts teils enthusiastisch, teils kontrovers diskutiert. Dabei wurde der Begriff teilweise für ein Konglomerat verschiedenster Möglichkeiten der tatsächlichen und der virtuellen Flurbereinigung genutzt. „Gewinne

durch Gewanne“ titelte beispielsweise die Zeitschrift ‚Agrarmarkt‘ in ihrer Ausgabe vom August 2001 und zielte damit auf die Einsparungspotenziale bei der Bewirtschaftung vergrößerter Schläge ab. In ihrem umfangreichen Artikel „GPS sprengt Parzellengrenzen“ vom Januar 2002 beschreibt die Schweizer Zeitschrift ‚Landfreund‘ die Möglichkeit virtueller Flurbereinigung durch den Einsatz moderner Technik. Durch die oft fehlende Differenzierung von Rationalisierungseffekten, durch Schlagvergrößerung einerseits und dem Einsatz technischer Hilfsmittel für das Management andererseits, kam bei Praktikern manchmal der Verdacht auf, es handele sich vor allem um eine neue ‚Spielwiese‘ für technikbegeisterte Wissenschaftler. In der Tat bietet aber die Nutzung moderner Informationstechnologie eine Chance, virtuelle Flurbereinigungsmaßnahmen mit den auftretenden Degressionseffekten bei gleichzeitiger Beibehaltung gewachsener Strukturen und ohne ‚Gleichmacherei‘ à la Landwirtschaftlicher Produktionsgenossenschaft umzusetzen.

Gleichzeitig tauchten aber auch kritische Stimmen auf, die eine Unmenge rechtlicher Probleme durch die Kooperation von Landwirten in Gewannen sahen. So titelte die Zeitschrift ‚top agrar‘ in der Ausgabe 11/2002 „Steuerfalle beim Tausch von Grundstücken“. Es entbrannte alsbald ein Streit darüber, ob es sich bei der Gewannebildung lediglich um eine Inanspruchnahme maschineller Dienstleistungen, wie bei der Beauftragung eines Lohnunternehmers handele, oder ob bei der gemeinsamen Bewirtschaftung über Parzellengrenzen hinweg automatisch rechtlich relevante Gemeinschaften eingegangen würden oder gar Verpächter um ihre Zustimmung für ein solches Vorhaben gefragt werden müssten. Gleichzeitig malten besorgte Umweltschützer das Bild einer ausgeräumten Agrarwüste an die Wand. Zu allem Überfluss fühlte sich ein Teil der für die regulären Flurneuerungsverfahren verantwortlichen ‚Direktionen für ländliche Entwicklung‘ durch die bloße Idee einer eigenverantwortlich von Landwirten durchgeführten virtuellen Flurbereinigung in ihrer Existenz bedroht.

Diese Arbeit soll dazu beitragen, die Idee der Gewannebewirtschaftung in ihren unterschiedlichen Aspekten wissenschaftlich aufzuarbeiten. Damit soll die Grundlage für eine strukturierte Vorgehensweise bei der möglichen Umsetzung und Förderung von Gewannebewirtschaftungssystemen gelegt werden. Daneben bildet die Entwicklung technischer Modelllösungen zum Gewannebewirtschaftungsmanagement einen Schwerpunkt.

2 Problemstellung

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft schreitet schneller voran, als die Anpassung landschaftlicher Nutzungsstrukturen erfolgt. Dies führt dazu, dass viele Betriebe vor allem in Süd- und Westdeutschland, aber auch in anderen europäischen Ländern, eine hohe Anzahl von kleinen Einzelschlägen verbunden mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand für Rüst-, Wege- und Nebenzeiten bei der Arbeit bewirtschaften. Die Entwicklung der letzten zehn Jahre in Bayern ist in Tabelle 1 dargestellt. Dabei zeigen sowohl die mittlere Betriebsgröße als auch die mittlere Feldstücksgröße einen steigenden Verlauf, jedoch wird an der ebenfalls steigenden Zahl der Feldstücke pro Betrieb deutlich, dass die Anpassung der Flächenstrukturen langsamer verläuft als der betriebliche Strukturwandel.

Tab. 1: Entwicklung der durchschnittlichen Betriebs- und Feldstücksgrößen in Bayern seit 1993 (errechnet nach Informationen des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten).

Jahr	1993	1995	1997	1999	2001	2003
Ø Betriebsgröße [ha]	18,4	19,8	21,0	22,1	23,3	25,0
Ø Feldstücksgröße [ha]	1,41	1,50	1,53	1,57	1,62	1,71
Anzahl Schläge / Betrieb	13,0	13,2	13,7	14,1	14,4	14,6

Die mittleren Betriebsgrößen erscheinen zwar noch gering, jedoch ist eine Vergrößerung der Bewirtschaftungsfläche meist mit einer weiter stark steigenden Anzahl von Feldstücken verbunden. Im Jahr 2003 wurde die durchschnittliche Feldstücksgröße vom bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten mit ca. 1,7 Hektar, die mittlere Betriebsgröße mit 25,0 Hektar und der Pachtflächenanteil mit 44,4 % angegeben [BAYSTMLF, 2005a]. Vor allem für die Gruppe der sich stark entwickelnden Vollerwerbsbetriebe, ist die Entwicklung der Schlaggrößen nicht ausreichend, um tatsächlich konkurrenzfähige Strukturen zu erzeugen. Betrachtet man die durchschnittliche Anzahl der Feldstücke pro Betrieb, so entspricht die Steigerung von 13,0 auf 14,6 einer Verschlechterung der Flächen- oder Bewirtschaftungsstruktur von ca. 12 Prozent. Durch die ungünstige Struktur entsteht neben dem erhöhten Arbeitszeitbedarf eine erhöhte Bodenbelastung durch vermehrte Überfahrten auf Überlappungsflächen und Vorbeeten sowie ein übermäßig hoher Anteil von Grenzstreifen, welche durch die Bewirtschaftung umliegender Flächen beeinflusst werden. Darüber hinaus verursacht eine hohe Anzahl von Schlägen viele Anfahrtswege, was zu einer höheren Verkehrsbelastung führt. Hieraus resultieren im Vergleich zu landwirtschaftlich gut strukturierten Gebieten hohe Kosten der Arbeitserledigung und ein höherer Betriebsmitteleinsatz mit den entsprechenden Mehrbelastungen für die

Umwelt. Zugleich ist die Bildung von Teilflächen mit ähnlichem Standortpotential und der Einsatz von variabler Applikationstechnik auf kleinen Schlägen, deren Besitzgrenzen nicht auf die natürlichen Bereiche unterschiedlicher Bodenbedingungen abgestimmt sind, nicht sinnvoll. Natürlich vorhandene Heterogenitäten des Bodens und der Geländeform bleiben so unberücksichtigt. Die homogene Behandlung innerhalb der Schläge führt so wiederum zu ökologischen und ökonomischen Nachteilen durch Über- bzw. Unterversorgung mit Nährstoffen. Neben der Benachteiligung durch den höheren Bewirtschaftungsaufwand bleiben die Landwirte in klein strukturierten Gebieten so auch bei den Precision Farming Techniken weitgehend außen vor.

Bei einer Betrachtung der Feldstücksgrößen nach Regierungsbezirken wird deutlich, dass nochmals deutliche regionale Unterschiede in der Bewirtschaftungsstruktur bestehen (Abb. 1).

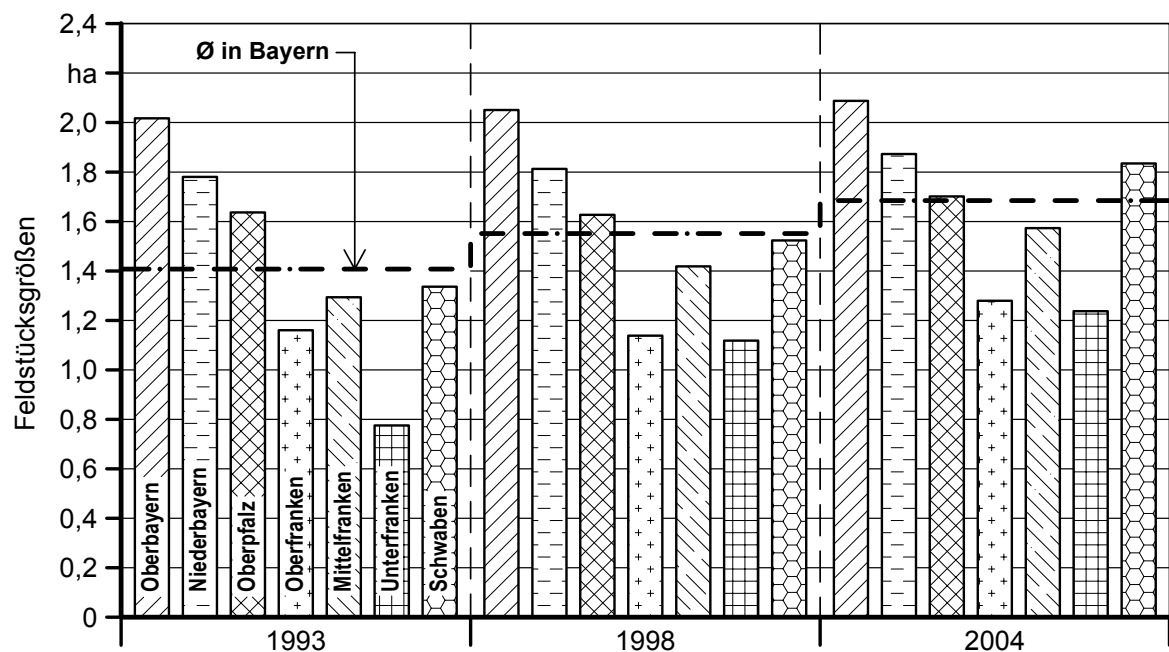


Abb. 1: Entwicklung der durchschnittlichen Feldstücksgrößen in den bayerischen Regierungsbezirken seit 1993 (errechnet nach Informationen des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten).

So variierten die durchschnittliche Feldstücksgrößen in Bayern 1993 zwischen 0,78 Hektar in Unterfranken und 2,02 Hektar in Oberbayern, also um den Faktor 2,6. Diese Unterschiede verringerten sich zwar bis 2004 (Unterfranken 1,22 ha, Oberbayern 2,09 ha), haben aber nach wie vor Bestand. Hier ist auch zu sehen, dass in diesem Zeitraum bei einer Steigerung von 56 Prozent in Unterfranken, die Feldstücksgrößen in Ober- und Niederbayern und in der Oberpfalz nahezu unverändert geblieben sind.

Die Durchführung erforderlicher Flurneuordnungsverfahren scheitert vielfach an der begrenzten Verfügbarkeit staatlicher Mittel und an zu geringen Arbeitskapazitäten der zuständigen Behörden. Zusätzlich gibt es vielfach Widerstände eines Teils der Landeigentümer, für die scheinbar keine ökonomische Notwendigkeit einer Strukturanpassung besteht, welche zu einer rationelleren Bewirtschaftung führen würde. Die abgeschlossenen Flurneuordnungen hinken aufgrund der Verfahrensdauer und des einzuhaltenden Wertausgleichs bei der Neuverteilung der Flächen den tatsächlichen Erfordernissen oft hinterher.

Mit dem Forschungsansatz der Gewannebewirtschaftung soll für Regionen mit ungünstigen Schlaggrößen ein dynamisches Hilfsmittel zur Verbesserung der Bewirtschaftungsstruktur unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Erfordernisse geschaffen werden. Arbeitsentlastung und degressive Kostenentwicklung durch rationellere Arbeitsverfahren, günstigere Ein- und Verkaufsbedingungen durch gemeinsames Auftreten, eine breitere Nutzung des vorhandenen Know-hows und die Nutzung des technischen Fortschritts durch bessere Auslastung der Mechanisierung sind erwartete Effekte zur Stärkung der Konkurrenzfähigkeit von landwirtschaftlichen Betrieben in kleinstrukturierten Regionen. Als Vorteil der Gewannebewirtschaftung in einem sich rasch ändernden Strukturumfeld in der Landwirtschaft wird hierbei die schnelle Umsetzbarkeit, die laufend mögliche Anpassung der Schlagstrukturen und die Reversibilität gesehen.

3 Stand des Wissens

3.1 Begriffsdefinitionen

Wegen der Vielfalt der entstandenen Definitionen und Interpretationen zum Thema soll zuerst eine kurze Einführungen zu wichtigen Begriffen erfolgen, die im direkten Zusammenhang mit der Thematik Gewannebewirtschaftung stehen.

3.1.1 Flurbereinigungsverfahren

Der Begriff der Flurbereinigung bezeichnet im allgemeinen ein Verfahren, das vorrangig die Schaffung besserer Produktionsstrukturen für die Landwirtschaft in der Pflanzenproduktion zum Ziel hat. In erster Linie geschieht dies über die Vergrößerung von Bewirtschaftungseinheiten (Schlägen), aber auch durch die Schaffung einer verbesserten Infrastruktur in Form von Feldstraßen und -wegen. Heute wird normalerweise nicht mehr von Bereinigung sondern von einem Flurneuordnungsverfahren gesprochen. Dieses umfasst über die angesprochenen Punkte hinaus auch Maßnahmen zur Schaffung von ausgleichenden und zusätzlichen Naturschutzflächen und Maßnahmen zur Dorferneuerung. Die Verbesserung der Flurstruktur wird bei einem solchen Verfahren über die Auflösung und anschließende Neuverteilung des Landbesitzes auf Basis eines Punktesystems zur Herbeiführung eines möglichst vollständigen Wertausgleichs erreicht. Die Kosten für Zusammenlegungs- und Infrastrukturmaßnahmen werden zum Teil aus staatlichen Zuschüssen finanziert zum Teil von den Landbesitzern getragen. Die Höhe der Förderung variiert dabei nach der im Einzelfall zu bewertenden wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Gemeinde und beträgt im bayerischen Durchschnitt 80 Prozent des Gesamtvolumens der durchgeführten Maßnahmen [BAYSTMLF, 2005c]. Das Zustandekommen eines regulären Flurneuordnungsverfahrens ist von der Zustimmung nicht nur der bewirtschaftenden Landwirte, sondern auch der verpachtenden Landbesitzer abhängig. In bestimmten Fällen kann die meist langjährige Verfahrensdauer durch die Anwendung verschiedener beschleunigter Verfahren bis hin zum ‚freiwilligen Landtausch‘ verkürzt werden. Allen genannten Formen der Flurneuordnung ist gemeinsam, dass die bisherigen Besitzverhältnisse aufgelöst werden und eine Neuverteilung des Landes stattfindet.

Dagegen ist es charakteristisch für alle Formen der virtuellen Flurbereinigung, dass die Besitzverhältnisse unverändert bleiben. Eine Veränderung der Feldrand- oder Wegestrukturen findet ebenfalls nicht oder nur in sehr geringem Maße statt. Wegen dieses Unterbleibens tatsächlicher Eingriffe in Besitz oder Landschaft, kann von ‚virtuellen‘ Maßnahmen gesprochen werden. Eine mögliche Form der virtuellen Flurbereinigung ist der freiwillige

lige Nutzungstausch. Es erfolgt kein Tausch von Besitz- oder Pachtverhältnissen, sondern lediglich der Nutzung von Feldstücken. Auf diese Art wird versucht, möglichst große zusammenhängende Bewirtschaftungseinheiten für jeden der am Verfahren beteiligten Landwirte zu schaffen. Bei der Gewannebewirtschaftung werden im Unterschied zum Nutzungstausch auch die Nutzungsverhältnisse im bisherigen Zustand belassen. Lediglich die Bewirtschaftung nebeneinanderliegender Feldstücke erfolgt ‚grenzübergreifend‘ auf größeren zusammenhängenden Bewirtschaftungseinheiten. In Abbildung 2 werden die Änderungen der flächenbezogenen Rechtsverhältnisse bei verschiedenen Formen der (virtuellen) Flurbereinigung verglichen, wobei zwischen einer Änderung der Besitz- und der Nutzungsverhältnisse unterschieden wird. Eine mögliche Änderung der betriebsbezogenen Rechtsverhältnisse wird in Kapitel 3.3.3 behandelt.

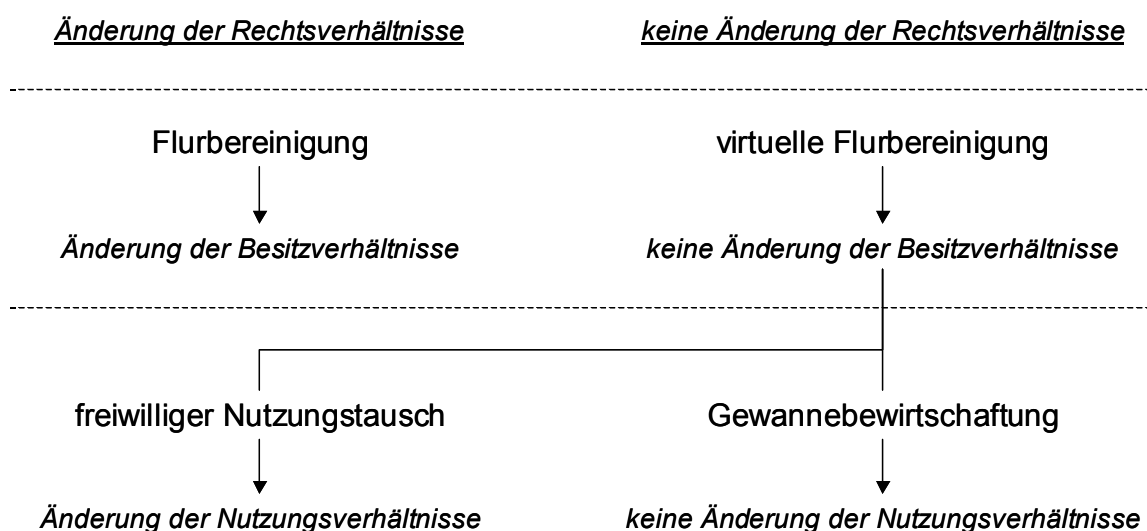


Abb. 2: Vergleich der Formen der tatsächlichen und der virtuellen Flurbereinigung bezüglich rechtlicher Veränderungen auf den Bewirtschaftungsflächen.

Eine weitere – und im Zuge des Strukturwandels und der wachsenden landwirtschaftlichen Betriebsgrößen bereits vielfach praktizierte Form der virtuellen Flurbereinigung – ist die Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten mittels Zupacht umliegender Flurstücke durch einzelne landwirtschaftliche Unternehmer. Ebenfalls häufig anzutreffen ist der bilaterale Pacht- oder Nutzungstausch zwischen landwirtschaftlichen Betrieben.

Zusammenfassung:

Unter „Flurbereinigungsverfahren“ werden im Folgenden sowohl die unterschiedlichen Möglichkeiten der durch staatliche Behörden durchgeführten „Flurneuordnungsverfahren“ als auch die Möglichkeiten der „virtuellen Flurbereinigung“ wie „freiwilliger Nutzungstausch“ (mit und ohne die Beteiligung staatlicher Behörden) und „Gewannebewirtschaftung“ verstanden.

3.1.2 Gewinn und Gewannebewirtschaftung

Der Begriff ‚Gewinn‘ oder ‚Gewanne‘ stammt aus dem althochdeutschen und bedeutet ‚wenden‘ oder ‚Gewende‘ [LEXIKOGRAPHISCHES INSTITUT MÜNCHEN, 1984]. Es handelt sich also um die gemeinsame Grenzlinie einer oder mehrerer zusammenhängender Bewirtschaftungseinheiten, an welcher beispielsweise der Pflug gewendet werden muss [BROCKHAUS, 2004]. Die Bedeutung des Begriffs umfasst auch einen von natürlichen oder künstlichen Barrieren umfassten Flurteil.

Gewanne entstanden bereits in den ersten Jahrhunderten nach Christi Geburt, indem die Dorfmarken (Gemarkungen) oder Dorffluren germanischer Siedlungen in Bereiche unterschiedlicher Bewirtschaftung unterteilt wurden [SIPPEL, 1960]. Eigentümer war die Sippe oder Dorfgemeinschaft. Sie legte fest auf welchen Gewannen welche Frucht bestellt wurde. Jede Familie oder Hausgemeinschaft bekam in jedem Gewinn einen Anteil zur Bewirtschaftung. Die Nutzung der Ackerflächen erfolgte in der Regel in Form der Dreifelderwirtschaft. Dies bedeutet einen Wechsel von Winterung, Sommerung und Brache. Von einer Aufteilung der Flur in Gewanne wurde gesprochen, wenn bedingt durch die besitzmäßige Gemengelage in der Flur durch eine Flurverfassung die Nutzung (Fruchtfolge) festgelegt werden musste [BROCKHAUS, 2004]. Der vorherrschende Flurzwang, also die einheitliche Bestellung eines Gewinns mit nur einer Fruchtart und die Festlegung der Bewirtschaftungszeitpunkte, ist in der fehlenden Infrastruktur begründet. Es gab keine Zufahrts- oder Feldwege zu den einzelnen Schlägen, so dass bei einer heterogenen Bewirtschaftung Schäden und Streitigkeiten durch Überfahrten entstanden wären.

SIPPEL (1960) beschreibt in seinem Artikel ‚Wie der Bauer zum Grundeigentümer wurde‘, dass bereits in der häufig als Frühmittelalter bezeichneten Übergangszeit von der Spätantike bis zum Mittelalter (beginnend im 6. Jahrhundert n. Chr.) der Gemeinbesitz in Eigentum der einzelnen Bauern überführt wurde. Dabei bekam jeder eine gleiche Anzahl von guten und schlechten, nahen und fernen Ackerschlägen übereignet. Jeder dieser Äcker war ein annähernd gleich breiter Streifen in einem der annähernd gleich großen Gewanne, soweit dies die Geographie zuließ. Dies führte zu einer gleichmäßigen Wertzuteilung und damit zu einer gerechten Ausstattung jeder einzelnen Familie mit Boden. Jedoch wurden nur die ackerfähigen Fluren Privatbesitz. Wald und Weiden blieben als Allmende im Gemeinbesitz und haben sich als Gemeindewaldungen oder Gemeindeweiden teils bis heute erhalten [SIPPEL, 1960]. Durch Erbteilung, Verkauf und Tausch wandelte sich vielerorts das Bild der gleichmäßigen Gewannefluren schon bald in einen landschaftlichen Flickenteppich. Bereits in der karolingischen Zeit, noch vor der ersten Jahrtausendwende, waren diese zersplitterten und ungleichmäßigen Gemengelagen vorherrschend. Aus diesen ländlichen Verhältnissen heraus entwickelte sich im Frankenreich der Großgrundbe-

sitz von König, Kirche, Adel und Rittertum [SIPPEL, 1960]. Im 14. Jahrhundert war kleinbäuerlicher Besitz so gut wie nicht mehr vorhanden. Die Bauern waren zu Lehensträgern geworden, die Zehntabgaben und Frondienste zu leisten hatten. Erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts als Folge von napoleonischen Anordnungen und im Zuge weiterer Reformbestrebungen wurden der Zehnt und die Frondienste vollständig aufgehoben und das Land wieder in den Besitz der es bewirtschaftenden Bauern überführt [SIPPEL, 1960].

Der Begriff des Gewanns hat sich in vielen regionalen Dialekten in der Sprache bis heute erhalten und wird meist für einen von Geländestrukturen oder oft auch von Flurbereinigungswegen umsäumten Flurteil verwendet. Üblicherweise besteht ein solches Gewann aus mehreren, meist unterschiedlich großen Schlägen verschiedener Besitzer, die getrennt voneinander bewirtschaftet werden. Mit der Zielstellung, diese Streifen eines an sich eine geographische Einheit bildenden Gewanns, mit einer einheitlichen Fruchtfolge gemeinsam zu bewirtschaften, wird die ursprüngliche Bedeutung des Wortes heute wieder aufgegriffen.

Im Rahmen der Möglichkeiten, eine virtuelle Flurbereinigung durchzuführen, stellt die Gewannebewirtschaftung eine Methode dar. Das Ziel liegt darin, im Vergleich zur Ausgangssituation größere Bewirtschaftungseinheiten zu erzeugen, ohne dabei die bestehende Nutzungsstruktur bezüglich der Besitz- und Pachtverhältnisse zu verändern. Dies wird erreicht, indem aneinander grenzende Schläge nicht mehr einzeln, sondern gemeinsam bewirtschaftet werden. Dabei sollen aus Sicht der Ökologie und der Landschaftsplanung nachteilige Eingriffe in das Landschaftsbild vermieden werden. Vielerorts ist dies innerhalb der bestehenden Struktur, die oftmals das Ergebnis einer zurückliegenden Flurneueordnung darstellt, einfach durchzuführen.

Trotz im Laufe der letzten Jahrzehnte oft mehrfach durchgeführter Flurneueordnungsverfahren, findet sich in vielen Gemarkungen der alten Bundesländer eine zersplitterte Flurstruktur. Die durch landschaftsstrukturierende und wegebauliche Maßnahmen geschaffenen Gewanne sind meist in mehrere Bewirtschaftungseinheiten verschiedener Nutzer aufgeteilt. Gleichzeitig bestehen oftmals kaum trennende Strukturen wie Hecken, Feldraine oder Grünstreifen zwischen den Schlägen innerhalb eines Gewanns. Die Gewannebildung führt die Schläge in einem von Grenzstrukturen oder Straßen und Wegen begrenzten Areal zu einer Bewirtschaftungseinheit zusammen. Dabei bleiben die Besitzgrenzen im Gewann unverändert [AUERNHAMMER, 1998; ROTHMUND und AUERNHAMMER, 2005]. Dies bedeutet, dass jeder Nutzer einer bisherigen Bewirtschaftungseinheit auch nach der Gewannebildung Nutzer desselben, nun als Teilschlag bezeichneten, Feldstückes bleibt. Die Bewirtschaftung erfolgt nun aber gewanneungsweise über die Grenzen dieser Teilschläge

hinweg. Damit wird eine Steigerung der Rentabilität gemäß der Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten erreicht.

Wenn beteiligte Landwirte also bereit sind, für ein gemeinsames Bewirtschaftungskonzept auf Teile ihrer individuellen Entscheidungsfreiheit zu verzichten, ist es möglich eine "größerflächige und kostensenkende Bewirtschaftung mit direkter Berücksichtigung ökologischer Belange" zu erreichen. AUERNHAMMER (1998) bezeichnete dies als "bayerischen Weg des Precision Farming". Dabei besteht die Möglichkeit, durch den Einsatz GPS-gestützter Applikations- und Datenerfassungstechnik trotzdem ein höchstmögliches Maß an Individualität bei der Bewirtschaftung zu erhalten, wobei der Einsatz zusätzlicher Technik keine absolute Vorbedingung für die Gewannebewirtschaftung darstellt [AUERNHAMMER und ROTHMUND, 2002]. Nach der gemeinsamen Bewirtschaftung muss in jedem Fall eine individuelle Abrechnung der Kosten und Erträge erfolgen, wobei auch hier der Einsatz zusätzlicher Technik zur Datenerfassung zwar empfehlenswert, jedoch nicht zwingend ist [ROTHMUND, AUERNHAMMER und DEMMEL, 2001].

SCHREIBER stellte in seiner Diplomarbeit (2000) die Frage, inwieweit GPS als Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in klein strukturierten Gebieten eingesetzt werden kann und stellte fest, dass durch Gewannebewirtschaftung die durch kleine Strukturen in der Region Baden verursachten Mehrkosten bei der Bewirtschaftung verringert werden können. Eine Befragung nach der Bereitschaft zur gemeinsamen Gewannebewirtschaftung ergab hierbei, dass etwa zwei Drittel der befragten Landwirte sich eine überbetriebliche Bewirtschaftung ihrer Flächen – also unter der Beteiligung aller – vorstellen können. Die Bereitschaft, die Gewannebewirtschaftung im Lohnverfahren ohne den Einsatz eigener Maschinen zu realisieren, war mit ca. einem Viertel sehr viel geringer und vor allem unter den Betrieben mit intensiver Veredelungswirtschaft erkennbar.

Zusammenfassung:

Unter „Gewannebewirtschaftung“ wird im Folgenden die Bewirtschaftung benachbarter Feldstücke über bestehende Feldstücksgrenzen hinweg verstanden, wobei sowohl die Besitz- als auch die Nutzungsverhältnisse unverändert bleiben. Die dabei entstehende größere Bewirtschaftungseinheit wird als „Gewinn“ bezeichnet.

3.1.3 Dokumentation

In der Gewannebewirtschaftung erfolgt trotz der gemeinsamen Bewirtschaftung in Kooperation mehrerer Landwirte über Besitz- oder Pachtgrenzen hinweg eine anschließend nach Teilschlägen getrennte Abrechnung von Aufwand und Ertrag in der Produktion. Für eine wirklichkeitsgetreue Abrechnung müssen während der Arbeit der Zeit- und Betriebsmit-

telaufwand sowie der Ernteertrag teilflächenspezifisch erfasst werden. Dies ist mit vertretbarem Aufwand nur mit Hilfe automatisierter Datenerfassungssysteme zu realisieren. Für die Ernte von Druschfrüchten sind heute hierzu Mähdrescher mit Messsystem zur Ertragskartierung marktverfügbar [DEMMELE, 1997, 2001]. Für andere Erntemaschinen befinden sich entsprechende Systeme noch in der Entwicklungs- oder Prototypenphase oder stehen, wie beim Feldhäcksler, kurz vor der Markteinführung. Die automatisierte Prozessdatenerfassung für Traktor-Geräte-Kombinationen auf der Basis standardisierter elektronischer Kommunikationssysteme nach DIN 9684 und ISO 11783 befindet sich ebenfalls in der Entwicklung [AUERNHAMMER, DEMMEL und SPANGLER, 2000; ROTHMUND, DEMMEL und AUERNHAMMER, 2001]. Diese ermöglicht die genaue georeferenzierte Erfassung von maschinenbezogenen Prozessdaten und arbeitswirtschaftlichen Parametern. Die Schaffung von nicht standardkonformen Einzellösungen für die Datenerfassung ist möglich, aber aufwendig und wenig flexibel. Zur Herstellung des Teilschlagbezuges der erfassten Daten müssen alle verwendeten Aufzeichnungssysteme über ein integriertes Ortungssystem verfügen. In der Regel wird hierfür ein satellitengestütztes System wie zum Beispiel NAVSTAR GPS verwendet.

Die zeitsparende Gewinnung von Informationen aus aufgezeichneten Prozessdaten und deren effiziente Nutzung ist nur durch die zur Verfügung Stellung geeigneter Datenauswertungssysteme möglich. Der Bereich des Daten- und Informationsmanagements umfasst dabei neben der Datenverarbeitung auch die Datenhaltung, die Präsentation von Information und das Anbieten von Schnittstellen für die weitere Datennutzung. Für die automatisierte Prozessdatenerfassung und für die Gewannebewirtschaftung ist derzeit keine geeignete Software zum Daten- und Informationsmanagement marktverfügbar. Da die Anforderungen zur Nutzung dieser Daten für das Management bereits bestehen und stetig zunehmen stellt die Konzeption solcher Softwarelösungen eine zu lösende Forschungsaufgabe dar. Die Entwicklung entsprechender Prototypensysteme erfolgte im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit. Es sind sowohl lokale PC-Software als auch vernetzte, Web basierte Informationssysteme denkbar.

Zusammenfassung:

Unter „Dokumentation“ wird im Weiteren die Aufzeichnung, Verarbeitung und Bereitstellung von prozessbezogenen Daten bei der Feldbewirtschaftung verstanden. Mit dem Begriff „Automatische Prozessdatenerfassung“ wird dabei ein vom Traktorfahrer unabhängig arbeitendes System zur regelmäßigen georeferenzierten Aufzeichnung von Prozessdaten von Traktor und Gerät während der Feldarbeitsprozesse bezeichnet.

3.1.4 Flurstück, Feldstück, Schlag und Bewirtschaftungseinheit

Da die in der Kapitelüberschrift genannten Begriffe oft synonym benutzt werden, und deren Abgrenzung zueinander meist nicht eindeutig ist oder sich in der Verwendung durch unterschiedliche Institutionen unterscheidet, soll hier eine eindeutige Definition für die Verwendung in dieser Arbeit erfolgen.

Ein **Flurstück** ist durch seine in der Regel abgemarkten Grenzen festgelegt und eindeutig einem Besitzer zugeordnet. Flurstücksgrenzen, –größen und –bezeichnungen sowie die Besitzverhältnisse sind im Kataster dokumentiert. Bei der Aufteilung eines Flurstücks an unterschiedliche Besitzer werden jeweils neue Flurstücke gebildet.

Ein **Feldstück** beschreibt laut Definition des BAYERISCHEN STAATSMINISTERIUMS FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BAYSTMLF) (2005b) einen zusammenhängenden von einem Landwirt bewirtschafteten Teil der Flur, unabhängig von bestehenden Flurstücksgrenzen. Diese Definition wird auch in dieser Arbeit zugrunde gelegt.

Von einem **Schlag** wird gesprochen, wenn nur auf einem Teil eines Feldstücks eine einheitliche Kulturen angebaut oder ein bestimmtes Förderprogramm (z.B. KULAP) genutzt wird [BAYSTMLF, 2005b]. Da dieser Fall im Folgenden nicht auftritt, werden die Begriffe Feldstück und Schlag synonym benutzt.

Der Begriff **Bewirtschaftungseinheit** wird laut BAYERISCHEM STAATSMINISTERIUMS FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2005b) synonym zum Begriff Feldstück benutzt. Dies trifft jedoch in dieser Arbeit nicht zu. Eine Bewirtschaftungseinheit wird im Folgenden immer durch eine zusammenhängende Bewirtschaftung definiert. Dies bedeutet, dass beispielsweise ein gemeinsam bewirtschaftetes Gewann eine einzige Bewirtschaftungseinheit darstellt, obwohl es mehrere Feldstücke enthält, da es unterschiedliche Nutzer gibt.

3.2 Ziele der klassischen Flurneuordnung

Aufgabe der Flurbereinigung oder Flurneuordnung ist es, unter Berücksichtigung der in Kapitel 3.1.1 genannten Zielsetzung den ländlichen Raum unter Beachtung der Landschaftsstruktur neu zu gestalten. Dabei finden auch straßen- und wegebauliche Aspekte zur Erschließung Beachtung. Gleichzeitig werden bodenschützende und bodenverbessernde Maßnahmen vorgenommen. Ökologischen Anliegen ist ebenfalls Rechnung zu tragen [HERMANN und SCHUH, 1993].

3.2.1 Flurneuordnungsverfahren

Im Folgenden wird ein stichpunktartiger Überblick der im Flurbereinigungsgesetz des Bundes (FlurbG) festgelegten Verfahrensmöglichkeiten gegeben. Tabelle 2 enthält eine Zusammenstellung wichtiger Verfahrensarten mit Einschätzung der Verfahrensdauer und typischem Anwendungsfall [KÖNIGER, 2000].

Tab. 2: Art und Dauer von Flurneuordnungsverfahren in der BRD (nach KÖNIGER, 2000).

Verfahren	Gesetzliche Grundlage	Anwendung bei	Laufzeit
Umfassendes Verfahren	§§ 1,4 und 37 FlurbG	flächendeckender Neuordnung, Verkehrserschließung, Dorferneuerung	über 10 Jahre
Unternehmensflurbereinigung	§ 87 FlurbG	gerechte Verteilung des Landverlustes bei Großvorhaben	5 bis 10 Jahre
Vereinfachtes Verfahren	§ 86 FlurbG	Zweitverfahren zur stärkeren Zusammenlegung	5 Jahre
Beschleunigtes Verfahren	§91 FlurbG	Schaffung größerer Schläge durch gegenseitige Vereinbarung	unter 5 Jahren
Freiwilliger Landtausch	§ 103 FlurbG	Tausch von Flurstücken unter wenigen Eigentümern	1 Jahr

Umfassendes Verfahren

Dieses früher Regelflurbereinigung genannte Verfahren beinhaltet die flächendeckende Grundstücksneuordnung, Verkehrserschließung und Dorferneuerung sowie wasserwirtschaftliche, Bodenschutz-, Naturschutz- und landschaftspflegerische Maßnahmen. Aufgrund des hohen Kosten- und Zeitaufwandes wird es als nicht mehr zeitgemäß eingestuft und nur noch in Ausnahmefällen angeordnet [BayStMLF, 2000].

Unternehmensflurbereinigung

Entsteht bei der Durchführung öffentlicher Großvorhaben ein beträchtlicher Flächenverbrauch, so soll diese Verfahrensart Ausgleichsmaßnahmen für Natur und Landschaftsbild schaffen und durch die Neu- und Umverteilung von Flächen den Erhalt möglichst vieler Landwirtschaftsbetriebe sichern.

Vereinfachtes Verfahren

Ziele sind eine kürzere Verfahrenslaufzeit und niedrige Kosten. Voraussetzung ist, dass nur wenige bauliche Maßnahmen durchgeführt werden müssen. Dieses Verfahren ist vor allem für Zweit- oder Drittbereinigungen zur Erzielung größerer Schläge geeignet.

Beschleunigtes Zusammenlegungsverfahren

Dies kann durchgeführt werden, wenn keine wegebaulichen Maßnahmen benötigt werden. Das Verfahren muss von den Interessenten beantragt werden. Grundbesitz sollte durch gegenseitige Vereinbarungen neu geordnet werden, wobei Vermessungsarbeiten zu vermeiden sind.

Freiwilliger Landtausch

Bei nur geringer Anzahl von Beteiligten und ohne weitere Vermessungs- und Baumaßnahmen ist dies das geeignetste Verfahren. Es muss von den Tauschpartnern beantragt werden, kann aber auch ohne behördliche Begleitung auf privatrechtlicher Basis durchgeführt werden.

3.2.2 Bewertung der Flurneuordnungsverfahren

Die Verfahrensdauer beträgt in der Regel mehrere bis über zehn Jahre. In manchen Fällen ist ein sogenanntes beschleunigtes Verfahren anwendbar, falls eine begrenzte Zahl von Beteiligten und eine aus einem früheren Verfahren resultierende Feld- und Wegestruktur als Basis vorhanden ist.

Die Feldstücksgrößen wachsen dabei jedoch nicht proportional mit der Betriebsgröße. Dies bedeutet, dass kleine Schlagstrukturen bei größeren Betrieben einen erheblicher Management- und Logistikaufwand verursachen, da die Betriebe oft eine Unzahl von kleinen Einzelschlägen zu bewirtschaften haben (Tab. 3).

Tab. 3: Schlaggrößen in den Betriebsgrößenklassen in Bayern nach einer Auswertung von INVEKOS-Daten 1998 (nach BÖKEL, 1999).

Betriebsgröße [ha]	1 bis 10	10 bis 20	20 bis 30	30 bis 50	50 bis 100	über 100
Schlaggröße [ha]	0,67	0,96	1,09	1,19	1,19	1,24

Tabelle 4 zeigt, dass sich im Durchschnitt der Jahre 1979 und 1998 zwar die Ausgangsgröße der Flurstücke in Flurneuordnungsverfahren und somit auch das erzielte Ergebnis teilweise unterscheiden. Es gelingt aber nach wie vor nur eine Zusammenlegungsquote von etwa 3:1. Die durchschnittlich erreichte Flurstücksgröße von deutlich unter drei Hektar in den alten Bundesländern entspricht sicherlich nicht den künftigen Anforderungen für eine wettbewerbsfähige Landwirtschaft.

Tab. 4: Änderung der Flurstücksgrößen nach durchgeführten Flurneuordnungsverfahren 1979 und 1998 in den deutschen Bundesländern (nach AUERNHAMMER, 2000).

Bundesland	1979			1998		
	mittlere Flurstücksgröße			mittlere Flurstücksgröße		
	vorher	nachher	Verhältnis	vorher	nachher	Verhältnis
Baden-Württemberg	0,28	0,96	3,4 : 1	0,45	1,35	3,0 : 1
Bayern	0,39	0,96	2,5 : 1	0,65	1,95	3,0 : 1
Brandenburg	-	-	-	0,86	2,60	3,0 : 1
Hessen	0,33	0,64	1,9 : 1	0,27	0,55	2,0 : 1
Mecklenburg.-Vorp.	-	-	-	k. A.	k. A.	-
Niedersachsen	1,23	2,04	1,7 : 1	k. A.	k. A.	-
Nordrhein-Westfalen	0,50	1,25	2,5 : 1	2,23	4,46	2,0 : 1
Rheinland-Pfalz	0,14	0,57	4,1 : 1	0,39	1,19	3,1 : 1
Saarland	0,16	0,62	3,9 : 1	0,33	1,97	5,9 : 1
Sachsen	-	-	-	1,90	1,90	1,0 : 1
Sachsen-Anhalt	-	-	-	7,77	15,54	2,0 : 1
Schleswig-Holstein	1,52	2,02	1,3 : 1	k. A.	k. A.	-
Thüringen	-	-	-	0,40	0,40	1,0 : 1
Bundesgebiet	0,38	0,90	2,37 : 1	0,90	2,66	2,96 : 1

3.3 Bisherige Arbeiten zum Thema

Am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau der TU München wurden ab 1999 eine Vielzahl von Studienarbeiten zum Themenkomplex ‚virtuelle Flurbereinigung und Gewannebewirtschaftung‘ angefertigt. Deren Ansätze und Ergebnisse werden im folgenden, soweit für diese Arbeit relevant, dargestellt.

3.3.1 Modellierung einer Gewannebewirtschaftung

In einer Projektarbeit wurden in zwei mittelfränkischen Gemeinden im Nürnberger Land (Rieden/Eismannsberg und Hersbruck) Gewannebewirtschaftungen mit jeweils mehreren beteiligten Landwirten geplant und auf ihre Durchführbarkeit und die zu erwartenden Effekte geprüft [BOCK, MEIßLER und ZELLER, 1999].

Es handelte sich dabei um die erste wissenschaftliche Betrachtung des Themas Gewannebewirtschaftung aus einer modernen Sichtweise. Aus den Problemen des Einsatzes teurer Großtechnik auf kleinen Feldstrukturen einerseits und mangelnden Möglichkeiten, diese Strukturen durch reguläre Flurneuordnungsverfahren genügend anzupassen, andererseits, entstand die Erkenntnis, dass nach neuen Methoden für eine Strukturverbesserung zu suchen sei. Die Idee der Gewannebewirtschaftung wird dabei nach AUERNHAM-

MER (1998) folgendermaßen formuliert: „Die Eigentümer aneinergrenzender kleiner Schläge einigen sich auf eine gemeinsame Fruchtfolge und erreichen so Gesamtflächen von sechs, acht oder besser noch mehr Hektar. Die Besitzstruktur wird nicht verändert. Allerdings müssen bestehende Schlaggrenzen gesichert werden.“

Dabei wurden drei unterschiedliche Strategien definiert, nach welchen die gemeinsame Bewirtschaftung erfolgen kann: Besitzspezifisch nach Vorgaben der Eigentümer bzw. der Bewirtschafter, nach einer gemeinsamen Ertragsdefinition oder teilflächenspezifisch nach Zonen gleichen Ertrags unabhängig von den Besitzgrenzen im Gewinn.

In diesen ersten Betrachtungen wurde auch schon darauf hingewiesen, dass neben den arbeitswirtschaftlichen Einsparungen ein erhebliches positives ökologisches Potenzial vorhanden ist. Auf gebildeten Gewannen kann die Bearbeitungsrichtung zur Erosionsminderung optimiert werden. Der Anteil an viel befahrenen Vorbeeten sinkt und Stilllegungsflächen können im Gewinn an ökologisch sensiblen Bereichen konzentriert und gemäß den örtlichen Anforderungen begrünt oder bepflanzt werden. Im Brennpunkt des Interesses standen jedoch zunächst vor allem die ökonomischen Effekte einer rationelleren Bewirtschaftung größerer Schläge.

Im Rahmen eines „Konzepts zur Gewannebewirtschaftung mit GPS“ sollten deshalb durch Modellierung einer Gewannesituation in einer Region des strukturell besonders benachteiligten fränkischen Realteilungsgebietes folgende Fragen beantwortet werden:

- Was ist die optimale Größe für gemeinsam bewirtschaftete Gewanne?
- Wie und mit welcher Genauigkeit muss eine Grenzsicherung der Ausgangssituation erfolgen?
- Was sind die nötigen Anforderungen an einzusetzende GPS-Technik?

In der vorgelegten Modellierung wurden Einzelschläge von 0,9 bis 4,4 Hektar zu Gewannen von 7,8 bis 13,3 Hektar zusammengefasst. Es ergab sich eine Einsparung von 20 bis 26 Prozent Arbeitszeit, wobei jeweils ca. ein Drittel der Einsparung auf den Einsatz der jeweils besten (größten) vorhandenen Mechanisierung zurückzuführen war. Zwei Drittel ergaben sich aus dem rationelleren Arbeitsablauf auf größeren Schlägen. Aus den jeweils zusätzlichen Effekten bei einer weiteren schrittweisen Vergrößerung der Gewanne ergab sich für eine Leitmechanisierung mit drei Metern Arbeitsbreite eine optimale Gewannegröße von 15 bis 20 Hektar. Weiterhin wurde festgestellt, dass eine teilschlagspezifische Abrechnung der durchgeführten Arbeiten im Gewinn ohne automatische Datenerfassung einen erheblichen Aufwand bedeutet. Die zur automatischen Datenerfassung benö-

tigte GPS-Technik verursacht jedoch Investitionskosten, weshalb sie erst ab einer gewissen Bewirtschaftungsfläche sinnvoll eingesetzt werden kann.

Die Frage der Grenzsicherung hängt erheblich von der anzutreffenden Ausgangssituation ab. Während in vollständig abgemarkten Fluren das Vermessen der betroffenen Flächen per GPS und das Tiefersetzen von Grenzsteinen ausreichende Maßnahmen darstellen, müsste in nicht abgemarkten Fluren eine vollständige Aufzeichnung der Ist-Situation der Feldgrenzen mit hochgenauen RTK-DGPS-Systemen erfolgen. Dies ist mit erheblichem Aufwand verbunden.

3.3.2 Kalkulation ökonomischer Effekte der Gewannebewirtschaftung

Kostensenkung durch Gewannebewirtschaftung am Beispiel der Landbau GbR Ulsenheim

Die Landbau GbR Ulsenheim ist ein seit längerem erfolgreich arbeitender Zusammenschluss von Landwirten mit dem Ziel, durch ein gemeinsames Mechanisierungskonzept die Maschinenkosten zu senken. Hierbei spielt neben der Auslastung der eingesetzten Maschinen nach Einsatzzeit auch die Effizienz des Maschineneinsatzes eine große Rolle. Deshalb wurde im Jahr 2000 im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht, inwiefern sich nach der Optimierung der Mechanisierung bei sonst unveränderten Bedingungen durch Gewannebildung die Wirtschaftlichkeit weiter verbessern lässt.

HERBIG (2000) unterschied in seiner Arbeit drei wesentliche Ansätze zur Kostenreduzierung: Den Einsatz von Lohnunternehmen, den Maschinenringeinsatz und die Gründung von sonstigen Kooperationen wie Bruchteilsgemeinschaften. Unter letzteren muss die Gewannebewirtschaftung gesehen werden.

In der betrachteten Ist-Situation wurden 532 Hektar Ackerfläche und 68 Hektar Grünland mit einer gemeinsamen Mechanisierung bewirtschaftet. Die Arbeitserledigungskosten waren mit 502 € pro Hektar bereits als sehr niedrig einzustufen. Die Untersuchungen ergaben, dass durch Gewannebildung die durchschnittliche Schlaggröße von 2,53 auf 6,49 Hektar gesteigert und die Anzahl der Parzellen von 210 auf 82 reduziert werden könnte. Es würden sich hierdurch Einsparungen bei der Arbeitszeit von 0,89 Stunden pro Hektar (ca. 13 Prozent) und bei den Arbeitserledigungskosten von 25 € pro Hektar (ca. 5 Prozent) ergeben. Bei einer sich ergebenden Minderauslastung der Traktoren von insgesamt ca. 400 Stunden pro Jahr könnte entweder über eine Reduzierung der Maschinenkapazitäten oder eine Ausweitung der Bewirtschaftungsfläche nachgedacht werden. In beiden Fällen ergäben sich weitere Einsparungen durch die Reduzierung der Fixkostenanteile.

Ökonomische Situation am Beispiel des Gewanns ‚Hausäcker‘ in Zeilitzheim

In einer weiteren Diplomarbeit [SAILER, 2000] wurde das ökonomische Potenzial für einen konkreten Schlag, das Gewinn ‚Hausäcker‘ in Zeilitzheim, aufgezeigt. Hierzu wurden detaillierte vergleichende Kostenkalkulationen bezüglich Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung durchgeführt. Auf dem Gewinn Hausäcker mit einer Gesamtgröße von 6,95 Hektar wurden zum damaligen Zeitpunkt von vier Landwirten 5 Teilschläge von 0,99 bis 2,20 Hektar bewirtschaftet. Die Kostenkalkulationen wurden für die Winterweizenproduktion durchgeführt. Im Ergebnis reduzierten sich die Gesamtkosten bei der Variante ‚Gewannebewirtschaftung‘ je nach Ausgangssituation der Einzelschläge von 12,3 bis zu 19,5 Prozent. Die zeitabhängigen Kosten konnten von 23 Prozent (verglichen mit dem größten Einzelschlag) bis zu 48 Prozent (verglichen mit dem kleinsten Einzelschlag) gesenkt werden. Außerdem ergab sich eine erhebliche Einsparung von Fahrtkosten. In der Summe konnten die Stückkosten pro Tonne erzeugtem Weizen um 13,2 € gegenüber dem größten und bis zu 22,8 € gegenüber dem kleinsten Einzelschlag vermindert werden.

3.3.3 Rechtliche Situation der Gewannebewirtschaftung

Rechtsfragen und Rechtsformen in der Gewannebewirtschaftung

Rechtliche Fragen der Gewannebewirtschaftung wurden ebenfalls in einer Diplomarbeit [KÖNIGER, 2000] untersucht. Im Wesentlichen sind dies:

- Vertragliche Regelung der gemeinsamen Bewirtschaftung
- Informations- und Einverständnispflicht von Verpächtern
- Grenzsicherung in abgemarkten und nicht abgemarkten Fluren

Beachtenswert ist, dass nach KÖNIGER die beteiligten Landwirte durch ihre Kooperation auch ohne ausdrückliche schriftliche Vereinbarung eine Gesellschaft des bürgerlichen Rechts (GbR) bilden. Das heißt, es ergeben sich auch die entsprechenden juristischen Konsequenzen, wie beispielsweise die unbeschränkte Haftung aller Gesellschafter und das Recht auf Schadensersatzforderungen einzelner bei nicht einstimmig gemeinschaftlich autorisierten Entscheidungen. Deshalb ist es empfehlenswert, detaillierte vertragliche Regelungen für den Fall rechtlicher Auseinandersetzungen vorzunehmen.

Bei der Frage, ob Verpächter über die Gewannebewirtschaftung auf ihrem Eigentum informiert werden oder gar ihr Einverständnis geben müssen, herrscht aufgrund der nicht eindeutigen Rechtslage Interpretationsspielraum. Eine mögliche Argumentation ist, dass die gemeinsame Gewannebewirtschaftung sich rechtlich nicht von der Beauftragung eines

Lohnunternehmers oder Maschinenringmitglieds unterscheidet. Deshalb bestünde, da keine über die Pachtvereinbarung hinausgehenden Nutzungsänderungen stattfinden, keine Einverständnispflicht des Verpächters. Bei Betrachtung der Regelungen über Landpacht im BGB könnte die Gewannebewirtschaftung allerdings auch als ein über die Maschinenringnutzung hinausgehender Sachverhalt gewertet werden, da letztere im Gegensatz zur gemeinsamen Bewirtschaftung nur vorübergehend und zufällig sein kann.

In der Frage der Grenzsicherung muss zwischen abgemarkten und nicht abgemarkten Fluren unterschieden werden. Ist die Flur abgemarkt, sind also für jedes Flurstück Grenzsteine vorhanden, so können diese unter Aufsicht der örtlichen zuständigen Institution (z.B. durch Feldgeschworene) tiefergelegt werden, so dass sie zwar von der schlagübergreifenden Bewirtschaftung unberührt sind, aber weiterhin die Besitzgrenzen markieren. Bei einer nicht abgemarkten Flur sind nach der Entfernung von natürlichen Begrenzungen zwischen den Schlägen die Eigentumsgrenzen nicht mehr sichtbar und damit nicht mehr nachvollziehbar. Hier müssen vor einer Gewannebewirtschaftung die Grenzen mit geeigneten Methoden unter Genehmigung der zuständigen Institution dokumentiert werden.

Steuerrechtliche Aspekte der Gewannebewirtschaftung

Eine vergleichende Untersuchung zum ‚pauschalierenden‘ oder ‚optierenden‘ Steuermodell wurde 2002 von CZEKALLA im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführt. Wie bereits KÖNIGER (2000) stellte auch er fest, dass Landwirte durch die Zusammenarbeit in Gewannen auch ohne ihr Wissen eine GbR und somit ein Unternehmen gründen, welches steuerlich berücksichtigt werden muss. Dabei muss entschieden werden, ob hierfür die in der Landwirtschaft mögliche Umsatzsteuerform der ‚Besteuerung nach Durchschnittssätzen‘, auch Pauschalierung genannt, oder die Regelbesteuerung gewählt wird. Grundsätzlich ist nach CZEKALLA ein Wechsel zur Regelbesteuerung meist dann sinnvoll, wenn in einem Unternehmen mit geringen Gewinnspannen (Differenz zwischen Kosten und Leistungen) oder gar mit Verlusten zu rechnen ist. Da durch die ökonomischen Effekte einer Gewannebewirtschaftung jedoch mit einer Gewinnsteigerung zu rechnen ist (Kap. 5.4.3), wird ein solcher Wechsel in der Regel nicht erfolgen. Pauschalieren die beteiligten Landwirte bereits außerhalb der Gewannebewirtschaftung in ihren eigenen Betrieben, so muss diese aus steuerlicher Sicht nicht weiter beachtet werden. Überschreiten jedoch ein oder mehrere beteiligte Landwirte eine Schwelle von einem Drittel des betrieblichen Umsatzes oder den Umsatz von 51.500 € durch überbetriebliche Tätigkeiten, dann ist automatisch eine gewerbliche Tätigkeit gegeben. Hierdurch entfällt die Möglichkeit der Besteuerung nach Durchschnittssätzen für die betroffenen Betriebe.

3.4 Durchgeführte Projekte zur virtuellen Flurbereinigung

Neben der in Kapitel 3.3 angeführten wissenschaftlichen Betrachtung und dem in Kapitel 6 beschriebenen von der TU München wissenschaftlich betreuten Praxisversuch im unterfränkischen Zeilitzheim, wurden zwei bedeutende Praxisprojekte im Bereich der virtuellen Flurbereinigung initiiert. Zum einen das ‚Modell Ettleben‘ im unterfränkischen Landkreis Schweinfurt. Dort wurde der Ansatz des freiwilligen Nutzungstausches gewählt. Zum anderen die Gewannebewirtschaftung im schwäbischen Riedhausen im Landkreis Ravensburg. Beide Projekte sollen im folgenden kurz dargestellt werden.

3.4.1 Freiwilliger Nutzungstausch im ‚Modell Ettleben‘

Seit 2001 wirtschaften in Ettleben (Lkr. Schweinfurt, Bayern) alle 11 Landwirte der Gemeinde auf neu strukturierten größeren Schlägen. Dabei wurde die virtuelle Flurbereinigung in Form eines freiwilligen Nutzungstausches durchgeführt (Kap. 3.1.1). Dies bedeutet, dass die bisherigen Besitz- und Pachtverhältnisse unverändert blieben, sich jedoch im Gegensatz zur Gewannebewirtschaftung, wie sie in anderen Projekten realisiert wurde, die Bewirtschaftungsflächen der einzelnen Landwirte ändern. Nach der Gewannebildung aus nebeneinander liegenden Feldstücken erhielt jeder der Beteiligten ein oder mehrere der entstandenen Gewanne zu eigenverantwortlichen Nutzung überlassen, so dass er in etwa die gleiche Gesamtfläche bewirtschaftete wie vor dem Nutzungstausch. Die landwirtschaftliche Nutzfläche in der Gemarkung Ettleben (625 Hektar) teilte sich in 556 Flurstücke bzw. 373 Feldstücke, was einer Flurstücksgröße von 1,13 Hektar und einer Feldstücksgröße von 1,68 Hektar entsprach. Die Schlaggröße nach dem Nutzungstausch betrug durchschnittlich 5,76 Hektar [DÖMLING, 2001]. Die Realisierung des Projektes konnte innerhalb von weniger als zwei Jahren erfolgen. Ausschlaggebend dafür war vor allem die relativ geringe Zahl von elf Ettlebener Landwirten und drei auswärtigen beteiligten Landwirten, wobei bei dem hohen Anteil von acht Ettlebener Haupterwerbsbetrieben, ein starkes wirtschaftliches Interesse an den Rationalisierungseffekten durch den Nutzungstausch bestand. Da alle Landwirte mit einem Nutzungstausch auf Flächenbasis einverstanden waren konnte auf eine exakte Erhebung und den Ausgleich von Bodenwertzahlen und Hof-Feld-Entfernungen beim Tausch verzichtet werden. Dies führt bei regulären Flurneuordnungsverfahren oft zu langwierigen Findungsprozessen und zu einem geringeren Ergebnis bezüglich der erreichten Schlagvergrößerung.

Ausschlaggebend für die Umsetzbarkeit des Projektes war die Unterstützung des Amtes für Landwirtschaft in Schweinfurt, welches zum einen die Projektkoordination übernahm, und zum anderen bereit war, die Änderungen bei der Nutzung der Flächen unbürokratisch und mit hohem Arbeitsaufwand in das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem der EU

(InVeKoS) einzuarbeiten. Gleichzeitig war eine Softwarefirma bereit, mittels einer von ihr entwickelten GIS-Anwendung die Tauschflächen zu bilden und zu dokumentieren. Schließlich wurde durch eine GPS-Vermessung aller Flurstücke die Erstellung eines digitalen Flurplanes und die Tieferlegung vorhandener Grenzsteine die bisherige Situation nachvollziehbar dokumentiert, so dass in der Folge auftretende rechtliche Fragen auf dieser Grundlage geklärt werden können. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis des Flächennutzungstausches in Ettlleben, wobei die genutzten Flächen der unterschiedlichen Bewirtschafter durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet sind. Zu beachten ist, dass die meisten der neu entstandenen Gewanne deutlich größer als zehn Hektar sind. Die angegebene neue Feldstücksgröße von 5,76 Hektar kommt dadurch zustande, dass nicht alle Flächen in den Tausch einbezogen werden konnten und somit neben den neu entstandenen großen Schlägen auch noch die verbliebenen kleinen Strukturen in die Berechnung einfließen.

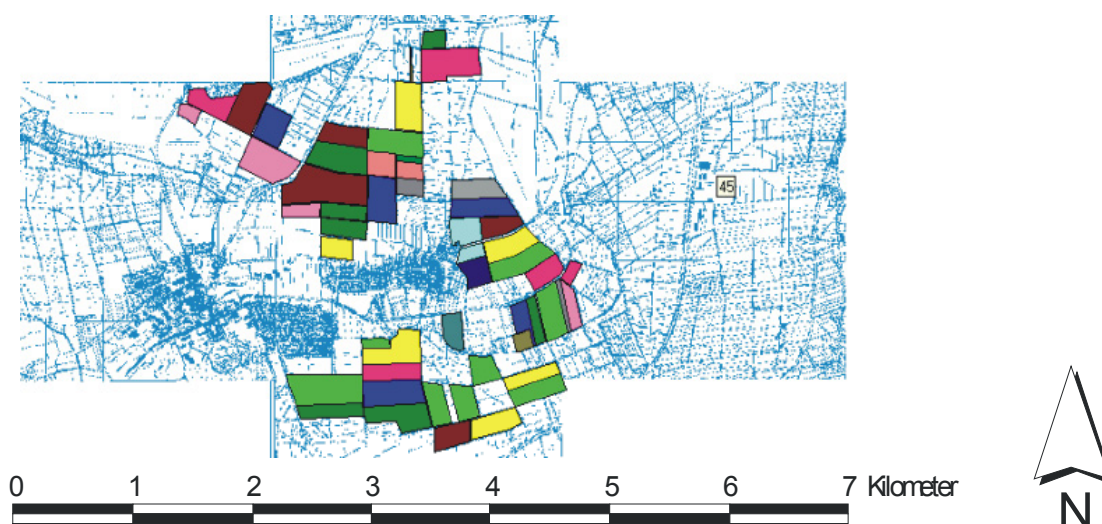


Abb. 3: Neue Gewannestruktur in Ettlleben, entstanden durch freiwilligen Flächennutzungstausch, farbig gekennzeichnet nach Bewirtschaftern (nach DÖMLING, 2001).

In diesem Modell des freiwilligen Nutzungstausches zeigten sich viele Probleme, die bei einer Gewannebewirtschaftung ohne Nutzungstausch nicht auftreten würden. So musste beispielsweise die veränderte Nutzung bei der Kontrollbehörde angezeigt und durch diese aufgearbeitet werden; auch die Verpächter mussten mit der Vorgehensweise einverstanden sein. Die Belegung von Flächen mit bestimmten Nutzungstypen (z.B. Grünlandnutzung) und mit Förderprogrammen wie beispielsweise dem bayerischen Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) kann dazu führen, dass Flächen nach dem Tausch nicht mehr förderungswürdig sind, oder sogar bereits ausgezahlte Förderungen zurückerstattet werden müssen. Jedoch handelt es sich bei diesen Punkten um einmalige Maßnahmen bei Inkrafttreten des Nutzungstausches, so dass die damit verbundenen Investitionen bei ent-

sprechender Effizienz und Nutzungsdauer der gebildeten Strukturen vertretbar erscheinen. Zudem ergibt sich durch die eigenverantwortliche Bewirtschaftung ganzer Gewanne durch jeden einzelnen Landwirt nicht zwingend die Notwendigkeit, bei der Mechanisierung und der Organisation der Produktion zu kooperieren.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der freiwillige Nutzungstausch auf Gemeindeebene bei nur wenigen wirtschaftenden Landwirten eine Variante der virtuellen Flurbereinigung darstellt, bei der ein Höchstmaß an individueller Freiheit für jeden Landwirt bestehen bleibt, aber gleichzeitig auch die Kooperationsbereitschaft der zuständigen Behörden vorhanden sein muss, um möglicherweise auftretende rechtliche Probleme zu lösen.

3.4.2 Gewannebewirtschaftung in Riedhausen

Seit 1999 wird in der Gemeinde Riedhausen (Baden-Württemberg), parallel zum wissenschaftlich betreuten Projekt zur Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim in Unterfranken, eine Gewannebewirtschaftung in Eigeninitiative der örtlichen Landwirte durchgeführt. Initiatoren für dieses Projekt waren ein beteiligter Landwirt und ein örtlicher überregional tätiger Landmaschinenhändler. Dies bedeutet, dass hier neben den zu erwartenden arbeitswirtschaftlichen Vorteilen bei der Gewannebewirtschaftung für die Landwirte auch ein deutliches Interesse an einer technischen Ausstattung des Vorhabens mit Vorbildcharakter für weitere Projekte bestand. GASSER (2001) beschreibt die Situation so: *„In [...] Riedhausen werden durch 15 Haupt- und 12 Nebenerwerbsbetriebe insgesamt 75 Prozent der Gemarkungsfläche landwirtschaftlich genutzt. Die für den Ackerbau genutzten Flächen umfassen 315 Hektar. Diese Flächen sind in viele kleine Parzellen aufgeteilt. [...] Der Maschinenpark der Landwirte ist grundsätzlich überaltert [...]. Aufgrund der kleinstrukturierten Parzellierung [...] entstehen große Überlappungsflächen von ca. 15 Prozent. Dünge- und Pflanzenschutzmittel werden hier doppelt ausgebracht (unnötige Umweltbelastung). Bei Feldversuchen haben wir festgestellt, dass wegen der eng anliegenden Grenzen sehr viel Zeit und Energie für Wendemanöver [...] verbraucht wird.“* Die daraus resultierende Idee, eine Gewannebewirtschaftung zu initiieren beschreibt GASSER (2001) so: *„Bewirtschaftungsflächen können zusammengelegt werden und entsprechend der digitalisierten Flurkarte kann [durch Einsatz von GPS] eine genaue Betriebskosten- und Ertragsverteilung erfolgen. Durch die dann größeren Flurstücke (Ist=0,63 ha/Parzelle, Ziel=ca.10 ha/Parzelle) wird die Überlappungsfläche auf 5 Prozent reduziert. Stilllegungsflächen können entlang von Biotopen und/oder Waldrändern konzentriert und somit für den Naturschutz sinnvoll angelegt werden.“*

Mit der aufkommenden Nutzung von GPS in der Landwirtschaft wurde so in der Gemeinde die Idee der ‚Virtuellen Flurbereinigung Riedhausen‘ geboren. Bei einer Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten von 0,63 Hektar pro Parzelle auf ca. 10 Hektar pro Parzelle würde die erreichte Zusammenlegungsquote von durchschnittlich 3:1 bei regulären Flurneuordnungsverfahren damit deutlich übertroffen. Im Rahmen eines vom Ministerium für Ländliche Entwicklung des Landes Baden-Württemberg geförderten Modellprojektes konnte die Gewannebewirtschaftung Riedhausen von der Fachhochschule Nürtingen begleitet werden. Bereits vorhandene digitale Flurkarten für die Gemarkung bildeten die Grundlage der Sicherung der Eigentums Grenzen trotz der Bewirtschaftung über die Grenzen hinweg.

Mit Hilfe der nach der Gründung der GbR angeschafften Ertragsermittlungs-, Wiege- und GPS-Technik werden bei der Bewirtschaftung über die Eigentums- und Pachtgrenzen hinweg Erträge teilschlagbezogen ermittelt und nötigenfalls sofort auf die einzelnen Betriebe verteilt. Daher ist die überbetriebliche Flächenbewirtschaftung auch für die meist Futtergetreide anbauenden Betriebe nicht mit Einschränkungen bei der betrieblichen Planung verbunden.

In Abbildung 4 ist das Riedhausener Gewinn Kirchsteig dargestellt, dass mit 22 Hektar Fläche aus über 40 Parzellen verschiedener Bewirtschafter besteht und im Rahmen der Gewannebewirtschaftung nun eine zusammenhängende Bewirtschaftungseinheit bildet.



Abb. 4: Gewinn Kirchsteig (22ha) in der Gemarkung Riedhausen, bestehend aus 40 Teilschlägen/Flurstücken. (nach GASSER, 2001).

Durch die Gewannebewirtschaftung am Kirchsteig ergäbe sich laut GASSER (2001) ein Mehrertrag von 10 Prozent allein durch die Reduzierung der Randflächen. Bei kleinparzellerter Bewirtschaftungsweise wären von den 22 Hektar Ackerfläche über 7 Hektar als Randfläche bei einer Randstreifenlänge von 14 Kilometer einzustufen. Dies wirke sich neben verminderten Erträgen auch in einem erhöhten Pflanzenschutzmittel- und Mineraldüngeraufwand aus. Die Arbeitserledigungskosten für die Bewirtschaftung seien um über 30 Prozent gesunken. Dies entspricht den Berechnungen und Erfahrungen aus dem dieser Arbeit zugrunde liegenden Forschungsprojekt ‚Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim‘. Die Gewannebewirtschaftung mit Hilfe moderner Landtechnik und dem Einsatz von GPS biete nach GASSER (2001) den Landwirten neue Chancen für kleinstrukturierte Agrarregionen. Die Steigerung der Deckungsbeiträge bei gleichzeitig vermindertem Arbeitseinsatz Sorge für eine deutliche Stärkung der Wettbewerbsposition. Außerdem hätten die Riedhausener Landwirte durch die gemeinsame Bewirtschaftung in Gewannen das in den letzten Jahrzehnten in den Hintergrund getretene Gemeinschaftsgefühl wiederentdeckt und trügen so zu einer funktionierenden Dorfgemeinschaft bei. Hier wird also neben den produktionstechnischen Vorteilen der Gewannebewirtschaftung auch eine positive Wirkung auf das soziale Gefüge zwischen den beteiligten Landwirten beschrieben.

4 Zielsetzung

Ausgehend von dem in Kapitel 2 formulierten Ansatz der Gewannebewirtschaftung als Möglichkeit für eine schnelle, wirtschaftliche, dynamisch erweiterbare und ökologisch vertretbare Anpassung der Schlagstrukturen an die Erfordernisse moderner Landwirtschaft, konnten durch die Analyse bereits durchgeführter Arbeiten (Kap. 3) konkrete Zielsetzungen für die Modellierung von Gewannebewirtschaftungssystemen abgeleitet werden.

Zunächst musste festgehalten werden, dass unter den bestehenden Formen der virtuellen Flurbereinigung die Gewannebewirtschaftung am besten die Forderungen nach einer schnellen Umsetzung auch mit nur wenigen Beteiligten sowie nach einer möglichst flexiblen Handhabung bei schnellen Veränderungen in den Betriebsstrukturen erfüllt, da diese als Einzige die bestehenden Nutzungsverhältnisse unberührt lässt (Kap. 3.1.2). Im Gegensatz dazu bedarf es bei den Formen des Nutzungstausches einer Einbeziehung nahezu aller Flächen einer Gemarkung und damit auch des Einverständnisses nahezu aller wirtschaftenden Landwirte zum Zeitpunkt null (also vor Beginn der Bewirtschaftungsänderungen), falls eine im Durchschnitt spürbare Verbesserung der Bewirtschaftungssituation eintreten soll. Deshalb wurde hier die Variante „Gewannebewirtschaftung“ weiter verfolgt.

Die ersten Arbeiten zur Wirtschaftlichkeit der Gewannebewirtschaftung von BOCK, MEISLER und ZELLER (1999) (Kap. 3.3.1) sowie von HERBIG (2000) (Kap. 3.3.2) zeigten die außerordentlichen Potenziale dieser Bewirtschaftungsform im Hinblick auf die Einsparung von Arbeitszeit und -kosten auf. Daher war es unabdingbar, die tatsächlichen Auswirkungen auf Arbeitswirtschaft, Kosten und Erträge sowie Ressourcengebrauch und -verbrauch detailliert zu untersuchen, um diese ersten vielversprechenden Ergebnisse weiter zu quantifizieren. Um diese Ziele zu erreichen, mussten zunächst verfeinerte und erweiterte Modelle zur Kalkulation der angesprochenen Effekte erstellt werden. Im nachfolgenden Versuch zur Gewannebewirtschaftung sollten die so erzielten Ergebnisse in der praktischen Anwendung getestet und, soweit möglich, anhand der durchgeführten automatisierten Dokumentation der Produktionsprozesse validiert werden.

Außerdem mussten darüber hinaus umweltrelevante Effekte abgeschätzt und Erfordernisse bezüglich der Landschaftsgestaltung und des Bodenschutzes identifiziert und quantifiziert werden, um eine mögliche spätere großflächige Umsetzung des Bewirtschaftungskonzepts vertreten zu können. Hierzu wurden Simulationsmodelle, Befragungen, Expertisen und erhobene Versuchsdaten verwendet.

Nachdem systematische Ansätze für die Gewannebewirtschaftung erarbeitet worden waren, wurde anhand eines Bewirtschaftungsversuchs deren Umsetzung unter Praxisbedingungen organisiert und analysiert. Für die bereits von KÖNIGER (2000) ausgearbeiteten Ergebnisse zu Fragen der Grenzsicherung sowie weiterer vertraglicher und rechtlicher Absicherungen (Kap. 3.3.3) mussten im praktischen Versuch Methoden zur Umsetzung gefunden werden.

Für die Umsetzung der Produktion in Gewannen waren neue Anforderungen in der Informationsbereitstellung für Managementaufgaben im Modell definiert worden. Deshalb war die Entwicklung eines Systems zur Datenerfassung und Datenauswertung nötig, welches unter anderem die besitzorientierte Zuteilung von Ertrag und Aufwand zu Teilflächen im Gewanne ermöglichte. Weiterhin sollten die unterschiedlichen möglichen methodischen Ansätze für verschiedene Bewirtschaftungs- und Abrechnungsstrategien in der Gewannebewirtschaftung zunächst in praktische Anwendungen umgesetzt und dann verglichen und bewertet werden. Hierzu bedurfte es der detaillierten Ausarbeitung eines Datenmodells, unterschiedlicher Algorithmen zur Datenkorrektur und zur Prozessanalyse sowie einer Benutzerschnittstelle für das Management.

Nach Beendigung der Arbeiten sind so die zu erwartenden Effekte bei verschiedenen Ausgangs- und Zielsituationen sowie bei der Verwendung unterschiedlicher Strategien der Bewirtschaftung abschätzbar. Die benötigten technischen Hilfsmittel im Hard- und Softwarebereich sind als Prototypen verfügbar.

5 Modellierung von Gewannebewirtschaftungssystemen

Die Gewannebewirtschaftung kann nach unterschiedlichen Managementzielen erfolgen [AUERNHAMMER, 2000]. Diese sind unterteilbar in ertragsorientierte und umweltorientierte Strategien. Das Ziel der ertragsorientierten Bewirtschaftung ist in erster Linie die Verbesserung der Produktionsbedingungen. Im Einzelfall kann diese Bewirtschaftung besitzorientiert, einheitlich oder standortorientiert erfolgen (Abb. 5). Bei der umweltorientierten Bewirtschaftung steht die ökologische Verträglichkeit vor der Optimierung von Ertragsmenge und Produktionskosten. Mögliche Ziele sind hier die Minimierung der Bodenerosion oder die gesellschaftlich wünschenswerteste Gestaltung der Kulturlandschaft (Abb. 5).

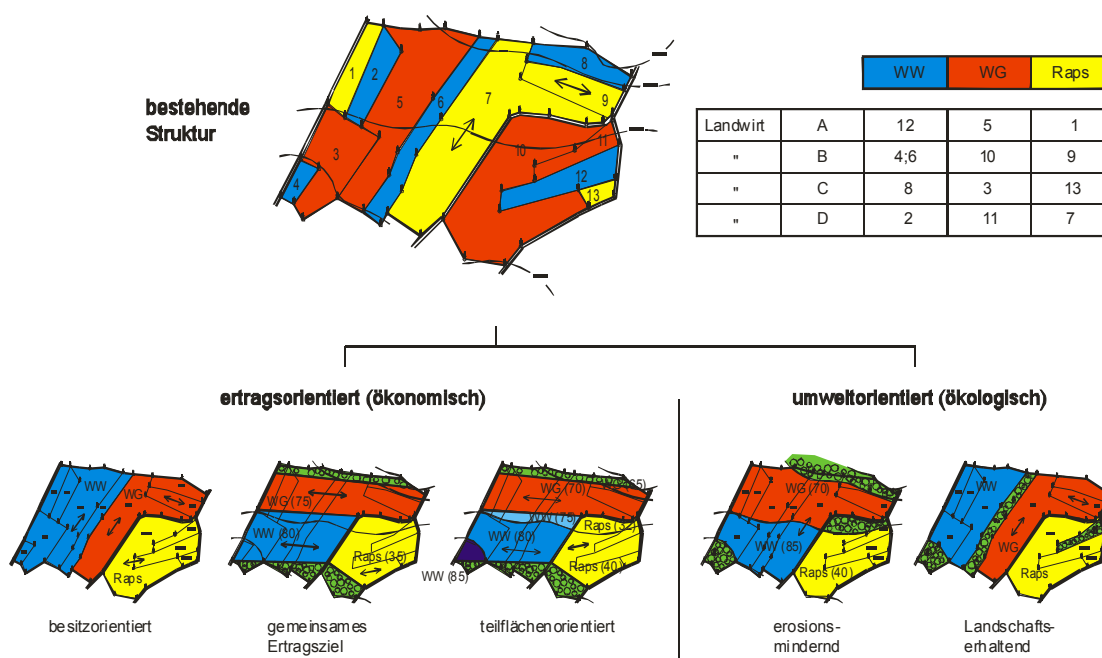


Abb. 5: Formen der Gewannebewirtschaftung am Beispiel einer Winterweizen-Wintergerste-Winterraps Fruchtfolge (nach AUERNHAMMER, 2000).

Je nach gewählter Form, ergeben sich nach AUERNHAMMER (2000) unterschiedliche Definitionen von Ertragszielen und Applikationsraten. Ebenso ergeben sich unterschiedliche ökonomische und ökologische Effekte. Die Anforderungen an die einzusetzende Technik für die Datenerfassung und die variable Ausbringung von Betriebsmitteln lassen sich jeweils hieraus ableiten (Tab. 5). Die Frage nach der Notwendigkeit einer Prozessdokumentation als Abrechnungsgrundlage ist dabei unabhängig von der gewählten Bewirtschaftungsform und wird später aufgegriffen (Kap. 5.3.2).

Tab. 5: Auswirkungen verschiedener Formen der Gewannebewirtschaftung auf Ökonomie, Ökologie, Management und Technik (verändert nach AUERNHAMMER, 2000).

Bewirtschaftungsform	Bewirtschaftungsziele				
	ökonomisch			ökologisch	
	besitzorientiert	gemeinsames Ertragsziel	nach Teilflächen	erosionsmindernd	landschaftserhaltend
Management	Eigentümer definiert Ertragsziel und Aufwendungen	gewanneeinheitliche Ertragsziele und Aufwendungen	Bewirtschaftung nach Informationskreislauf 'Precision-farming'	Gewannebildung ohne Bindung an Besitzstruktur nach topographischen Gegebenheiten	Gewannebildung unterliegt den Anforderungen einer weitgehend unveränderten Kulturlandschaft
	Aufwand und Ertrag werden besitzorientiert erfasst	Aufwand und Ertrag werden flächenanteilig verrechnet	Bewirtschaftung und Dokumentation mit Teilschlagtechnik		
Technik	Ertragsermittlung, variable Applikationstechnik	Fuhrwerkswaage	Ertragsermittlung, variable Applikationstechnik, Prozessdokumentation	<i>je nach ökonomischem Ziel</i>	
ökonomische Effekte	hohe Investitionen, kein Ertragsvorteil	minimale Investitionen, Ertragsreserven nicht genutzt	höchste Investitionen, optimierter Produktionsprozess		
ökologische Effekte	wenig verändertes Landschaftsbild	lokale Über- und Unterversorgung	lokale Gegebenheiten berücksichtigt	maximaler Erosionsschutz	Berücksichtigung gesellschaftlicher Forderungen

Im Folgenden werden die in der Arbeit aus den genannten Ansätzen abgeleiteten und entwickelten Methoden und Systeme für die Gewannebewirtschaftung erläutert und die Ergebnisse aus den dazugehörigen Modellierungen vorgestellt.

5.1 Gewannebildung

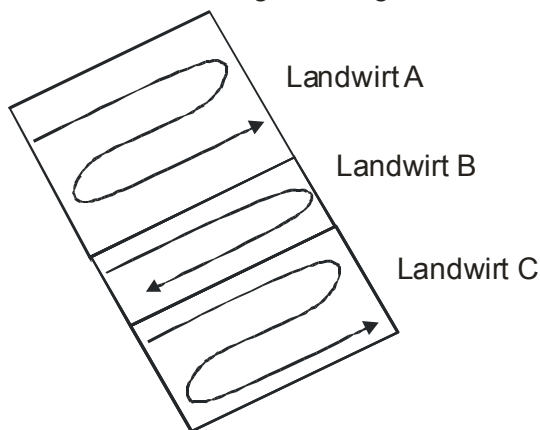
Bei der Gewannebewirtschaftung werden nebeneinander liegende Schläge unterschiedlicher Bewirtschafter, die nicht durch Wege oder natürliche Schlaggrenzen voneinander getrennt sind, gemeinsam bewirtschaftet (Abb. 6). Auf diese Weise entstehen ohne einen physischen Eingriff in die Landschaft und ohne Veränderung der Besitz-, Pacht- oder Nutzerverhältnisse größere Bewirtschaftungseinheiten. Es kann deshalb auch von einer ‚Virtuellen Flurbereinigung‘ oder ‚Virtuellen Flurneuordnung‘ gesprochen werden, wenn die Gewannebewirtschaftung die Gemarkungsfläche eines Ortes oder mehrerer Orte umfasst [ROTHMUND und AUERNHAMMER, 2002a; ROTHMUND, AUERNHAMMER und DEMMEL, 2002a]. Es wird angenommen, dass damit folgende Vorteile gegenüber der Bewirtschaftung der kleinen Einzelschläge erreicht werden:

- Rationellere Bewirtschaftung durch die Einsparung von Rüst- und Wegezeiten sowie Wendezeiten auf dem Feld.
- Verminderung von Überlappungs- und Vorbeeflächen.
- Verminderung des Betriebsmitteleinsatzes.

- Know-how-Transfer der Landwirte mit den jeweils besten Kenntnissen innerhalb des Produktionsprozesses für die jeweils angebaute Frucht auf die gesamte Gewannefläche mit Mehrerträgen und Minderbelastungen der Umwelt (Nutzung von Spezialisierungswissen).
- Nutzung von Precision-Farming-Techniken für die standortangepasste differenzierte Ausbringung von Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln.

Nach erfolgter Gewannebildung kann die Bewirtschaftungsrichtung auf die neuen Schlagstrukturen angepasst werden (Abb. 6), wodurch eine weitere Verbesserung der Arbeitsproduktivität zu erwarten ist.

bisherige Nutzungsstruktur
und Bewirtschaftungsrichtung



Gewannebewirtschaftung
in Längsrichtung

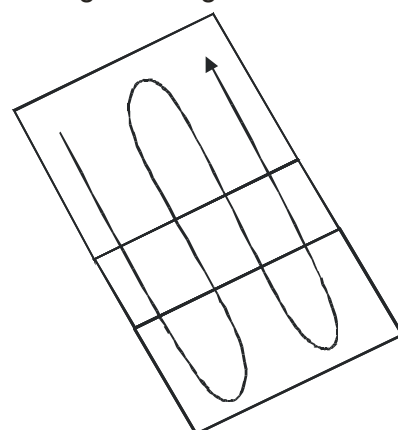


Abb. 6: Änderung der Bewirtschaftungsstruktur und –richtung durch Gewannebildung.

Unabdingbare Voraussetzung für die Gewannebewirtschaftung ist, dass sich die am Gewinn beteiligten Landwirte auf eine gemeinsame Fruchtfolge [AUERNHAMMER, 1998] und auf gemeinsame Zeitpunkte der Bearbeitungs- und Pflegemaßnahmen einigen. Eine wichtige Frage ist dabei die der einzusetzenden Mechanisierung. Nachdem erwartungsgemäß jeder der beteiligten Landwirte über die meisten der benötigten Maschinen zur Bewirtschaftung verfügt, ist eine Einigung über die zu verwendende Mechanisierung nötig. Es sind eine Reihe von Lösungen denkbar. Zum einen sollte die jeweils beste verfügbare Maschine für jedes Arbeitsverfahren eingesetzt werden. Zum anderen sollte das beste verfügbare spezifische Wissen unter den Landwirten zu den einzelnen Arbeitsverfahren genutzt werden. Dies bedeutet wiederum, dass in der Regel die Verantwortung für verschiedene Maßnahmen auch bei verschiedenen Beteiligten liegt.

Erstreckt sich die Gewannebildung nicht nur über einzelne Gewanne, sondern wird flurweit realisiert, muss dies Veränderungen beim Mechanisierungskonzept der einzelnen Landwirte zur Folge haben. Der Einzelne könnte dann die Mechanisierung für bestimmte

Arbeitsverfahren ausbauen und dafür Kapazitäten in anderen Bereichen abbauen. Eine andere Möglichkeit wäre, in Verbindung mit der gemeinsamen Bewirtschaftung der Flächen auch eine gemeinsame angepasste Mechanisierung anzustreben. In beiden Fällen ist eine erhebliche zusätzliche Reduktion der Arbeitserledigungskosten zu erwarten.

5.2 Produktionsstrategien

Nach der Einigung über eine gemeinsame Gewannebewirtschaftung haben die beteiligten Landwirte die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Intensitätsstufen der Zusammenarbeit zu wählen. Welche Strategie schließlich zur Anwendung kommt, hängt von der Kooperationsbereitschaft der Landwirte, bzw. von deren Vorbehalten, aber auch von der zu Verfügung stehenden Technik ab. Eine zunehmende Intensität der Zusammenarbeit bedeutet jeweils eine abnehmende Entscheidungsfreiheit für den Einzelnen und setzt auch ein höheres Vertrauen in die Kenntnisse der Kollegen und in die Zuverlässigkeit der Daten voraus. Zunächst werden hier die ertragsorientierten Bewirtschaftungsziele (Tab. 1) abgehandelt. Die Aspekte einer umweltorientierten Bewirtschaftung werden in den Kapiteln 5.4.5 und 5.4.6 besprochen. Ebenfalls von Belang ist die Idee der Gewannebewirtschaftung für die Qualitätssicherung im ökologischen Landbau. In diesem Zusammenhang stehende Aspekte werden in Kapitel 5.4.4 aufgegriffen.

5.2.1 Besitzorientierte teilschlagbezogene Bewirtschaftung

Die besitzorientierte Variante (Abb. 7) der Gewannebewirtschaftung stellt jene Strategie dar, bei welcher die Landwirte am wenigsten von ihrer Entscheidungsfreiheit abgeben müssen. Das Gewinn wird zwar über die Besitzgrenzen der Teilschläge hinweg bearbeitet, jedoch bestimmt jeder einzelne Landwirt, welches Ertragsziel und welche dafür erforderliche Applikationsmengen auf seiner Teilfläche ausgebracht werden. In den meisten Fällen ist dafür der Einsatz von GPS-gestützter variabler Applikationstechnik (Variable Rate Technology, VRT) nötig, wie sie auch für die standortdifferenzierte Applikation Verwendung findet.

Für jede Applikationsmaßnahme wird hier eine Sollwertkarte zur Steuerung der Ausbringungsmenge benötigt, wobei die Flächen einheitlicher Applikation jedoch nicht durch Iso-Ertragszonen oder Zonen einheitlicher Standortbedingungen, sondern durch die Besitzgrenzen der Teilschläge bestimmt werden.

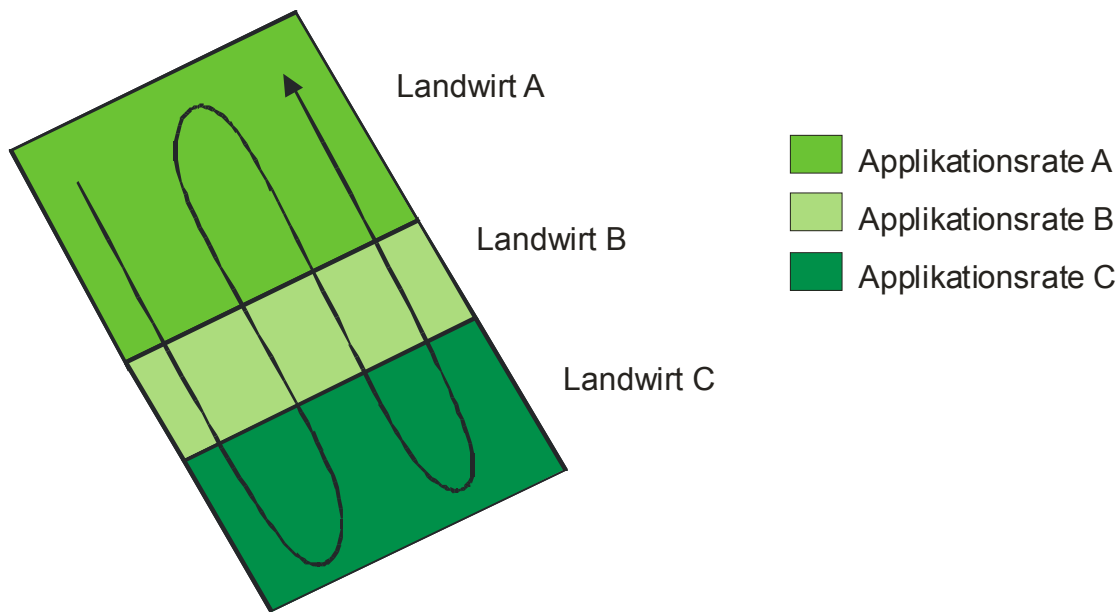


Abb. 7: Gewannebildung mit besitzorientierter Bewirtschaftungsstrategie.

Die besitzorientierte Bewirtschaftung bietet den Landwirten zwar die Möglichkeit, bezüglich der gewählten Applikationsmengen ihre individuelle Entscheidungsfreiheit zu behalten, stellt aber gleichzeitig eine technisch aufwendige Variante dar. Die Investition in GPS-gestützte variable Applikationstechnik rechtfertigt sich in der Regel durch die Realisierung einer standortangepassten Bewirtschaftung. Das heißt, sie wird verwendet, um Boden- und Geländeunterschieden bei der Produktion unter pflanzenbaulichen und pflanzenenergie-nährerischen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen. Bei der besitzorientierten Bewirtschaftung ist dies jedoch nicht der Fall. Damit werden sich die getätigten Investitionen aus produktionstechnischer Sicht nicht amortisieren. Deshalb kommt diese Variante aus wirtschaftlichen Überlegungen nur dann in Frage, wenn die benötigte Technik bereits verfügbar ist. Eine Möglichkeit, die besitzorientierte Bewirtschaftung ohne Verwendung variabler Applikationstechnik umzusetzen, besteht darin, die Bewirtschaftungsrichtung der ursprünglichen Einzelschläge beizubehalten und die benötigte Veränderung der Maschineneinstellung an den Grenzen der Teilschläge manuell vorzunehmen. Bei einer solchen Strategie der koordinierten Fruchtfolgeplanung mehrerer Landwirte bei gemeinschaftlicher Arbeitserledigung gehen die angestrebten Einsparungen an Feldarbeitszeiten weitgehend verloren. Es bleiben die Einsparungen durch verringerte Rüst- und Wegezeiten.

5.2.2 Schlageinheitliche Bewirtschaftung

Bei dieser Bewirtschaftungsstrategie einigen sich die Landwirte über die gemeinsame Fruchtfolge und die Bearbeitungszeitpunkte hinaus auch über einheitliche Applikationsmengen im Gewinn (Abb. 8). Da auf diese Weise keine Technik für variable Applikation nötig ist, müssen nicht von vornherein Investitionen in die Bearbeitungstechnik vorge-

nommen werden, sondern es kann auf die auf den beteiligten Betrieben vorhandenen Maschinen zurückgegriffen werden, wobei zur größtmöglichen Nutzung des technischen Fortschritts die jeweils beste verfügbare Technik eingesetzt werden sollte. Außerdem ist hierdurch eine sehr kurzfristige Gewannebildung ohne größere Vorplanung möglich, die bei Bedarf auch ohne finanzielle Verluste jederzeit wieder rückgängig zu machen ist.

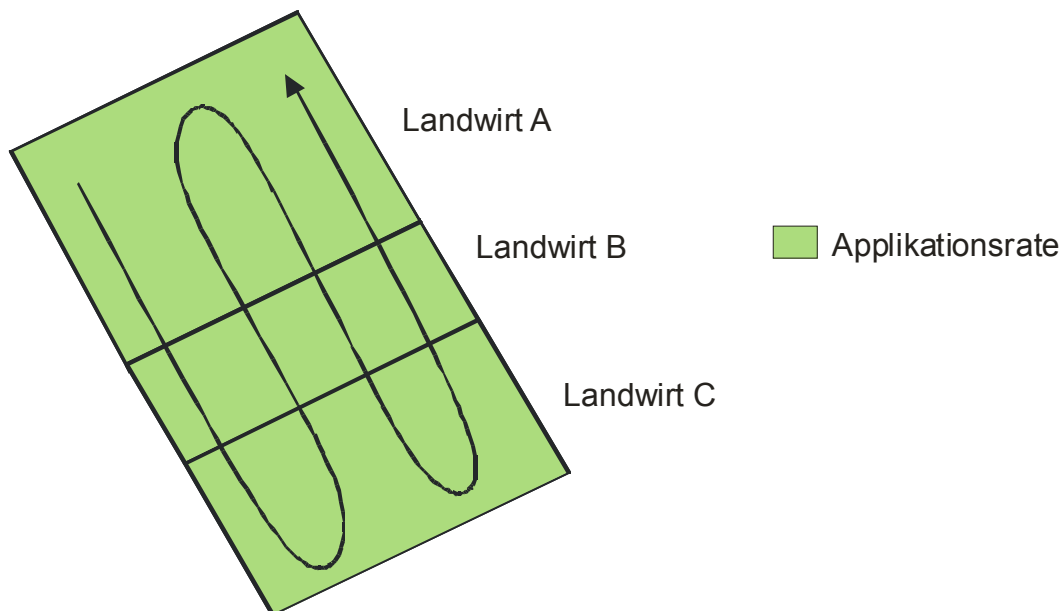


Abb. 8: Gewannebildung mit einheitlicher Bewirtschaftungsstrategie.

Vorhandene Heterogenitäten im Standortpotential des Gewanns werden hierbei nicht berücksichtigt. Im Gegensatz zur besitzorientierten Variante (Kap. 5.2.1) kann hier aber vorhandenes Spezialwissen der einzelnen Landwirte gewinnbringend in der Gemeinschaft eingesetzt werden. Bezogen auf die Arbeitserledigung stellt diese die rationellste Variante dar.

5.2.3 Standortorientierte teilflächenbezogene Bewirtschaftung

Die standortangepasste Strategie stellt die pflanzenbauliche Optimierung der einheitlichen Bewirtschaftungsweise dar (Abb. 9). Sofern aus der vorangegangenen Fruchtfolge genügend Erkenntnisse zur Standortbeurteilung von Teilflächen innerhalb des Gewanns verfügbar sind, kann mit Einsatz von GPS-gestützter variabler Applikationstechnik eine differenzierte standortangepasste Bewirtschaftung auf jeweils einheitlichen Teilflächen im Gewann erfolgen, wobei die Besitzgrenzen der einzelnen Landwirte bei der Bemessung der jeweiligen Ausbringungsmenge keine Rolle mehr spielen. Durch die Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten kann so der Einsatz teilflächenspezifischer Technik bei steigender Heterogenität innerhalb eines Schläges und bei der nun erfassbaren Größe homogener Teilschläge zusätzliche positive ökonomische und ökologische Effekte erbringen.

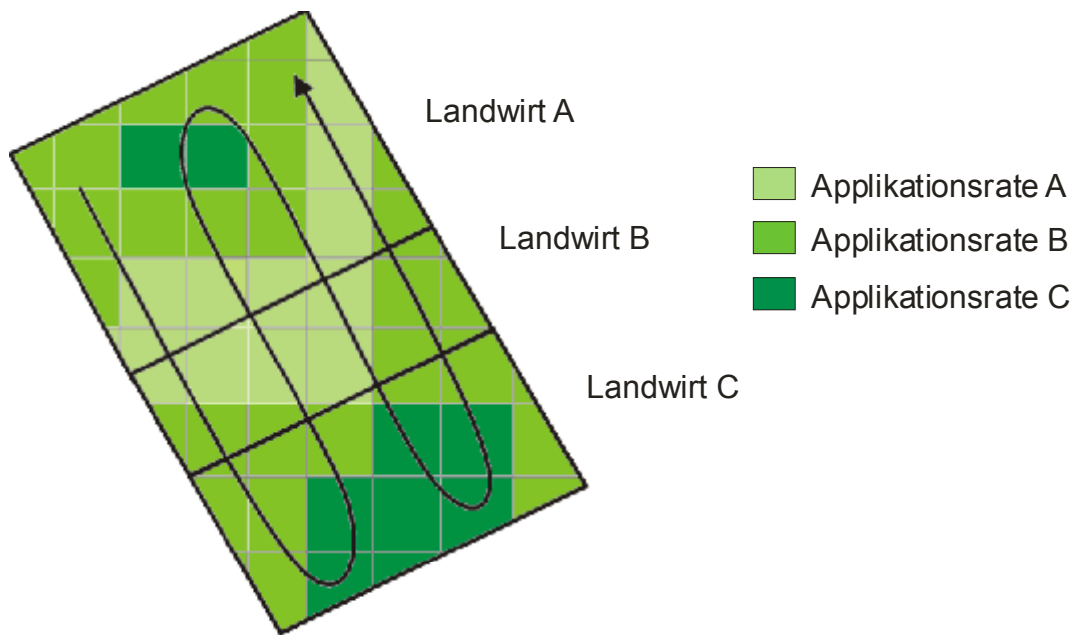


Abb. 9: Gewannebildung mit standortangepasster Bewirtschaftungsstrategie.

Der Ansatz der Gewannebewirtschaftung hat keineswegs nur die rationellere Bewirtschaftung und damit die Absenkung der Arbeitserledigungskosten zum Ziel. Es wird vor allem nach einem Weg gesucht, moderne Technologien auch in strukturell benachteiligten Agrarregionen sinnvoll einzusetzen. Erfolgt dies nicht, so werden die betroffenen Gebiete vom technischen Fortschritt abgekoppelt. Damit würde die Attraktivität der Produktion dort zusätzlich vermindert. Folglich stellt diese Variante das eigentliche Ziel der Gewannebewirtschaftung dar, wobei Vorteile der rationelleren Bewirtschaftung mit denen des Einsatzes moderner Produktionstechniken verbunden werden. Die Gewannebewirtschaftung stellt damit bei großflächiger Umsetzung auch ein umweltpolitisches Konzept dar, das durch die Nutzung moderner Technik zu einer Optimierung des Ressourceneinsatzes in der landwirtschaftlichen Produktion führen kann.

5.3 Abrechnungsstrategien

Ähnlich wie in den oben beschriebenen Produktionsstrategien (Kap. 5.2) sind auch bei Abrechnung der gemeinsamen Bewirtschaftung unterschiedliche Ansätze möglich. Dabei ist zu beachten, dass in der korrekten und für die Beteiligten zufriedenstellenden Verrechnung von Aufwand und Ertrag ein sensibler Punkt der Zusammenarbeit und damit einen entscheidenden Faktor für das Funktionieren des Gesamtsystems liegt. Gleichzeitig stellt die Verrechnungsarbeit einen bedeutenden Zeitfaktor für das Management der Gewannebewirtschaftung dar. Deshalb ist es hier sinnvoll, technische Hilfsmittel, wie die elektronische Datenerfassung, bei der Produktion einzusetzen.

5.3.1 Flächenbezogene Abrechnung

Die einfachste Form eines Managements der Gewannebewirtschaftung ist die flächenanteilige Zuteilung aller entstandenen Kosten und Leistungen nach der Bewirtschaftung. Das bedeutet, sowohl die Aufwendungen für Arbeit, Maschinen und Betriebsmittel als auch der Ernteertrag sowie der Aufwand für das Management werden nach dem Anteil der eingebrachten Fläche im Gewinn prozentual verrechnet. Diese Methode erfordert auf der einen Seite keinen Einsatz zusätzlicher Datenerfassungstechnik während der Arbeit, ist jedoch auf der anderen Seite unbefriedigend, da eventuelle Ertragsunterschiede oder unterschiedliche Ansprüche an die Arbeitsintensität der Teilflächen im Gewinn unberücksichtigt bleiben. Bei einheitlicher Bewirtschaftung (Kap. 5.2.2) macht sich diese Problematik vor allem bei der Zuteilung des geernteten Ertrages bemerkbar.

Da die Methode der flächenbezogenen Abrechnung ohne teilflächenspezifische Datenerfassung und damit ohne Investitionen in GPS und Datenerfassungsgeräte auskommt, können Verschiebungen bei der Verrechnung bis zu einem gewissen Grad in Kauf genommen werden. Dies ist stark von der individuellen Einstellung der beteiligten Landwirte abhängig. Wirtschaftlich ist dies vertretbar, solange der Verlust durch nicht korrekte Verrechnung deutlich unterhalb des Gewinns durch die positiven Effekte der rationelleren Arbeitserledigung bleibt. Als sinnvoll erscheint auch eine Kombination von stark teilflächensensiblen Arbeitsverfahren (z.B. Mähdrusch) mit Datenerfassung und weniger teilflächensensiblen Arbeitsverfahren (z.B. Bodenbearbeitung) ohne Datenerfassung. Auch bei anderen Verfahren der virtuellen Flurbereinigung sind solche Verzicht auf vollständigen Ausgleich erforderlich. So wurde beispielsweise bei der Umsetzung des freiwilligen Nutzungstausches in der Gemeinde Ettleben zugunsten einer hohen Zusammenlegungsquote auf einen Ausgleich nach Bodenwertpunkten oder Hof-Feld-Entfernungen verzichtet. Dennoch überwiegt bei allen Landwirten die deutlich gesteigerte Effizienz in der Bewirtschaftung die Nachteile (Kap. 3.4.1).

Der Einstieg in die Datenerfassung bei der Feldarbeit lässt sich am einfachsten über den Einsatz eines Mähdreschers mit Ertragserfassungssystem realisieren, da der Mähdrusch ohnehin meist überbetrieblich durch einen Lohnunternehmer oder über den Maschinenring erfolgt. Über die Ertragserfassung in Verbindung mit der Aufzeichnung der Position mit GPS lassen sich die Ertragsunterschiede zwischen den Teilflächen des Gewinns ermitteln. Jedem Landwirt kann somit der ihm tatsächlich zustehende Ertragsanteil zugeordnet werden. Durch die Ertragsermittlung bei der Ernte wird der größte Teil der finanziellen Unausgewogenheit, der durch eine flächenanteilige Zuteilung entstehen würde, beseitigt.

Es verbleiben Differenzen, die beispielsweise durch unterschiedliche Ansprüche an die Arbeitszeit bei der Bodenbearbeitung innerhalb eines Gewanns verursacht werden (Bodenart, Hangneigung, Schlagform). Jedoch werden in der Regel die zuvor genannten wirtschaftlichen Vorteile durch Gewannebewirtschaftung diese verbleibenden Unausgewogenheiten bei der Abrechnung bei weitem übersteigen, so dass in jedem Falle jeder der beteiligten Landwirte einen Nutzen durch die Gewannebewirtschaftung hat. So würde beispielsweise bei der Bodenbearbeitung auf zwei je ein Hektar großen Teilschlägen gleicher Form in einem Gewanne bei einer Arbeitsbreite von drei Metern und einer Arbeitsgeschwindigkeit von 6 km/h auf dem einen und 8 km/h auf dem anderen Teilschlag eine Arbeitszeitdifferenz von ca. 8 Minuten entstehen, was bedeutet das einer der Beteiligten 4 Minuten oder (bei 35 €/h für Traktor und Fahrer) 2,33 Euro mehr und der andere um den gleichen Betrag weniger belastet wird. Gleichzeitig würde in einem angestrebten Gewinn von sieben Hektar Größe (statt der Einzelschläge von einem Hektar) der Arbeitszeitbedarf um ca. 30% sinken (hier von 0,85 auf 0,56 h/ha), was in diesem Falle einer Reduktion der Kosten für Traktor und Fahrer um 10,15 Euro für jeden Beteiligten entspricht.

5.3.2 Ertrags- und aufwandsbezogene Abrechnung

In den meisten Fällen wird es in der Gewannebewirtschaftung notwendig sein, zumindest Teile der Arbeit mit Hilfe teilflächenspezifischer elektronischer Datenerfassung zu dokumentieren (Kap. 5.3.1). Deshalb stellt hier, wie auch sonst innerhalb des Precision Farming, das Global Positioning System (GPS) eine Schlüsseltechnologie für die Gewannebewirtschaftung dar. Im Folgenden wird die teilschlagspezifische ertrags- und aufwandsbezogene Abrechnung aller Arbeitsgänge als ‚High-end‘ Variante der Dokumentation betrachtet.

Um alle Erträge und Aufwandsmengen bei der Feldarbeit georeferenziert erfassen zu können, müssen alle eingesetzten Maschinen mit der erforderlichen Datenerfassungstechnik ausgestattet werden. Beim Einsatz von Erntemaschinen wird die Dokumentation mit Ertragserfassungssystemen durchgeführt. Beim Mähdrescher sind diese Systeme weitgehend ausgereift. Es handelt sich derzeit immer um ‚Inselssysteme‘, das heißt, die erfassten Daten müssen mit einer herstellereigenen Software ausgewertet werden und sind in der Regel nicht mit Daten aus anderen Dokumentationssystemen vernetzbar. Daher ist ein erhöhter Arbeitsaufwand beim Verrechnen von Daten aus verschiedenen Systemen zu erwarten. Für andere Erntemaschinen, wie Zuckerrübenroder oder Feldhäcksler, befinden sich Ertragserfassungssysteme derzeit noch in der Erprobungsphase und sind damit für die Gewannebewirtschaftung in der Praxis noch nicht verfügbar.

Zur Dokumentation der traktorgebundenen Arbeiten stellt die automatisierte Prozessdatenerfassung mit GPS und LBS/ISOBUS einen technischen Lösungsansatz dar [AUERNHAMMER, SPANGLER UND DEMMEL, 2000]. Diese eignet sich für die Datenerfassung bei gemeinsamer Gewannebewirtschaftung hervorragend, da sie eine automatisierte Erfassung aller relevanten Feldarbeitsdaten in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung ohne zusätzlichen Zeitaufwand ermöglicht. Im Rahmen der DFG-Forschergruppe ‚Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung, IKB‘ wurde an der TU München ein solches System entwickelt und getestet [DEMMEL, ROTHMUND, SPANGLER und AUERNHAMMER, 2001]. Abbildung 10 zeigt die Konfiguration des entwickelten Prototypsystems zur automatisierten Datenerfassung auf Traktor-Geräte Kombinationen in einem standardisierten Kommunikationssystem. Inzwischen sind erste Systeme, welche die Anforderungen der Gewannebewirtschaftung erfüllen können, bei verschiedenen Herstellern verfügbar. Zur computergestützten teilschlagspezifischen Abrechnung der durchgeführten Maßnahmen müssen zwei Datenkomponenten vorhanden sein. Zum einen die während der Arbeit aufgezeichneten Prozessdatenpunkte, welche die GPS-Position und die jeweils aktuellen Prozesswerte enthalten. Zum anderen die Umriss der Teilschläge der bearbeiteten Gewanne.

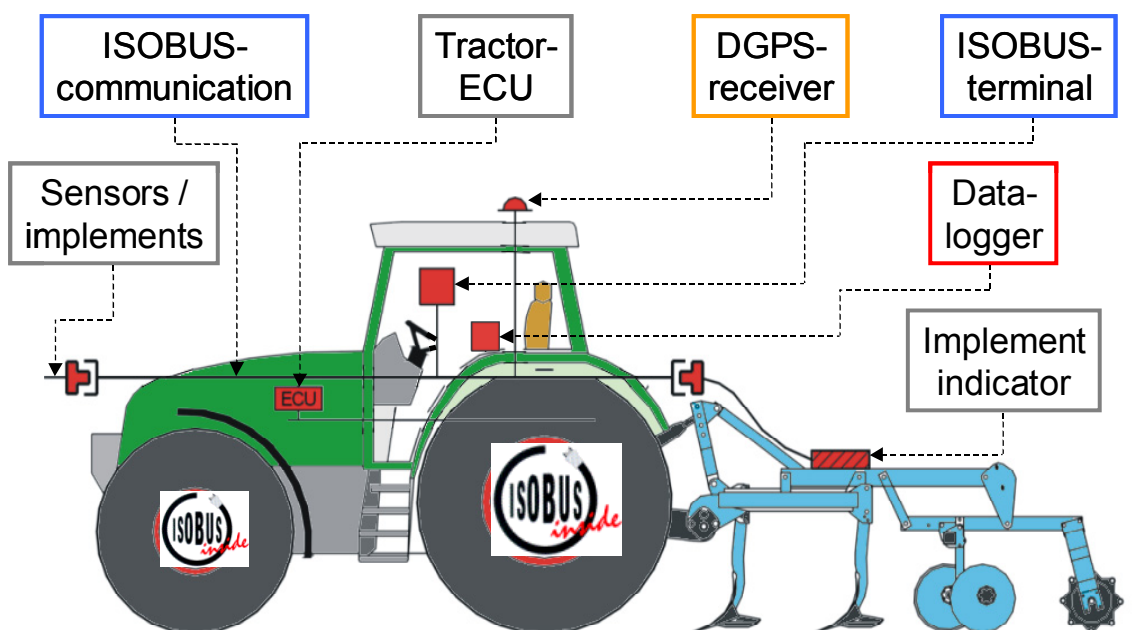


Abb. 10: Konfiguration des Systems zur automatischen Prozessdatenerfassung im standardisierten elektronischen Kommunikationssystem (LBS und ISOBUS).

Mit Hilfe einer eigens hierzu entwickelten Software lassen sich die Datenpunkte anhand ihrer Position automatisch den Teilschlagumrissen zuordnen. Die in den Datenpunkten enthaltenen Prozessinformation bezüglich Zeit, Ausbringungsmenge, und technischer Parameter lässt sich nun teilschlagbezogen errechnen (Kap. 6.5.2). In Abbildung 11 ist ausgehend von einer tatsächlichen heterogenen Verteilung eines Aufwandes oder Ertrages die

Zuteilung der aufgezeichneten Datenpunkte zu den Teilschlägen und die anschließende Berechnung von teilschlagbezogenen Summen und Mittelwerten abrechnungsrelevanter Größen dargestellt.

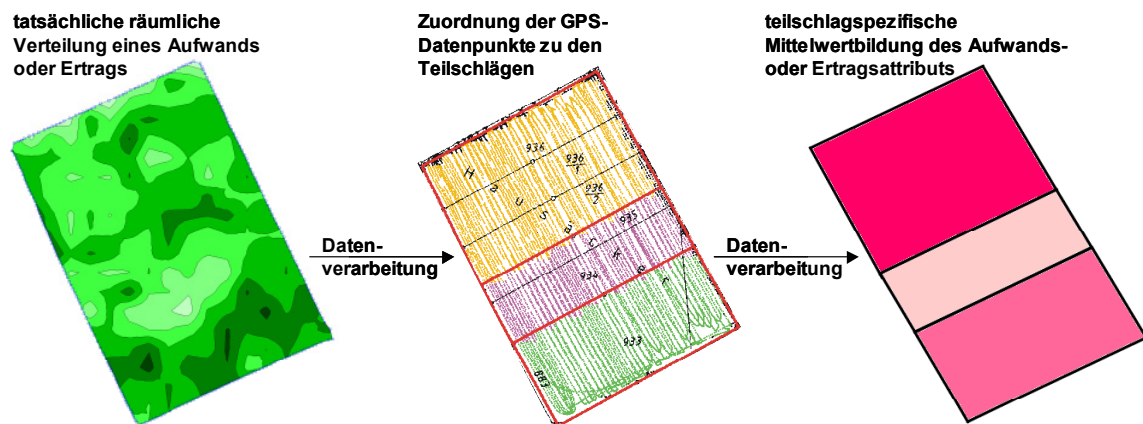


Abb. 11: Teilschlagspezifische Summen- und Mittelwertbildung automatisch erfasster und heterogener verteilter Prozessgrößen aus der Gewannebewirtschaftung.

5.4 Ergebnisse der Modellierung

5.4.1 Auswirkung auf die Arbeitserledigung

Im Jahre 2000 zeichnete sich die Durchführung eines Forschungsprojektes zur Gewannebewirtschaftung in der unterfränkischen Gemarkung Zeilitzheim ab. Zur Vorbereitung des Projektes wurde aufbauend auf den Erkenntnissen von BOCK, MEIBLER und ZELLER (Kap. 3.3.1) die Modellierung einer gemeinsamen Gewannebewirtschaftung aller Flächen von vier Zeilitzheimer Betrieben durchgeführt [DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000]. Dabei wurde unterstellt, dass die Feldstücke der beteiligten Landwirte zu Gewannen zusammenfassbar sind. Basierend auf der durchschnittlichen Fruchtfolge der Betriebe (Zuckerrübe, Winterweizen, Wintergerste, Silomais und Winterweizen) wurden die unterschiedlichen zu erwartenden Veränderungen bei Arbeitszeit-, Kosten- und Deckungsbeitragsentwicklung kalkuliert.

Für die spezifische Situation mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 1,4 Hektar und daraus gebildeten Gewannen von 6,8 Hektar ergaben sich Arbeitszeit-, Arbeitskosten- und variable Maschinenkosteneinsparungen von ca. 30 Prozent. Dies bestätigt die Ergebnisse von BOCK, MEIBLER und ZELLER. Abbildung 12 zeigt die kalkulierten Arbeitszeiteinsparungen durch die Gewannebildung in den einzelnen Arbeitsverfahren der Bewirtschaftung bezogen auf einen aus den Flächen der vier Betriebe gebildeten virtuellen Betrieb mit 102 Hektar Ackerfläche.

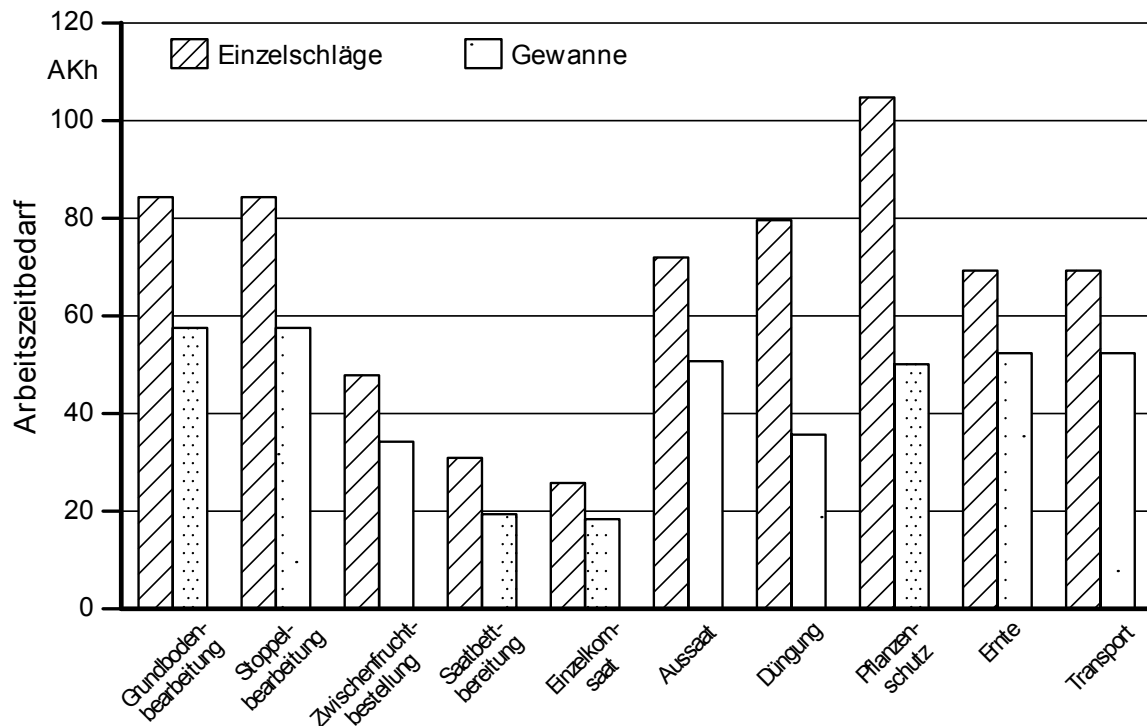


Abb. 12: Vergleich des Zeitbedarfs für einzelne Arbeitsverfahren bei Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung (insges. 102 ha AF, Fruchtfolge: ZR, WW, WG, SM, WW) (nach DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000).

Dabei zeigt sich, dass die Einsparungseffekte bei den hier kalkulierten Feldarbeitszeiten abhängig vom Arbeitsverfahren unterschiedlich ausfallen. Dies ist vor allem auf die unterschiedlichen Anteile der benötigten Haupt- und Nebenzeiten zurückzuführen. So nimmt beispielsweise beim Pflanzenschutz die Rüstzeit am Feld und die Wendezeit einen sehr großen Anteil ein, wodurch sich bei der angenommenen Schlagvergrößerung ein überdurchschnittlicher Einsparungseffekt an Feldarbeitszeit von über 50 Prozent ergibt.

Um weitere Kalkulationen zu Arbeits- und Maschinenzeiten sowie zu den entstehenden Kosten auf einer breiteren Datengrundlage durchführen zu können, wurden in einer Befragung aller in der Gemarkung Zeilitzheim wirtschaftenden Landwirte Daten zu den Feldstücksgrößen, zum Maschinenbesatz, zur Fruchtfolge und zu den Ernteerträgen erhoben [CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001]. Aus diesen Daten konnten für die Gemarkung mit 590 Hektar Ackerfläche die repräsentativen Fruchtfolgeanteile ermittelt werden: Winterweizen (49,7%), Zuckerrübe (18,3%), Mais (18,0%), Wintergerste (8,3%), Winterrap (3,7%) und Sommergerste (2,0%). Ein geringer Anteil von Sonnenblumen und Futterpflanzen wurde in der Hochrechnung nicht berücksichtigt. Aus den Ergebnissen der Befragung ergab sich eine durchschnittliche Schlaggröße auf den Ackerflächen von 1,1 Hektar. Unter Berücksichtigung der Wegesituation in der Flur und der Lage nicht verlegbarer Grünlandflächen wurde in der Planung eine durchschnittlich mögliche Gewinngröße von lediglich 3,8 Hektar erreicht.

Auf Grundlage der ermittelten Fruchtfolge erfolgte eine vergleichende Berechnung für Arbeitszeiten und variable Maschinenkosten zwischen Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung (Tab. 6).

Tab. 6: Kalkulierte Degression von Arbeitszeit und variablen Maschinenkosten über die Fruchtfolge durch Gewannebildung in der Gemarkung Zeilitzheim (nach CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001).

Frucht	Arbeitszeitbedarf [h/ha*Jahr]			var. Maschinenkosten [€/ha*Jahr]		
	Einzelschlag	Gewanne	Ersparnis	Einzelschlag	Gewanne	Ersparnis
Winterweizen	8,7	5,6	36%	85	62	27%
Wintergerste	8,2	5,3	35%	81	60	26%
Sommergerste	8,1	5,3	35%	81	60	26%
Silomais	12,2	8,0	34%	115	85	26%
Zuckerrübe	8,9	5,8	35%	92	69	25%
Winterraps	8,8	5,7	35%	84	62	26%
Fruchtfolge	9,3	6,0	35%	91	67	26%

Wie Tabelle 6 zu entnehmen ist, bestätigten sich trotz der etwas kleineren Gewanne die Ergebnisse mehrerer vorher durchgeführter Arbeiten. Im Durchschnitt der Fruchtfolge ergeben sich aus der Kalkulation Einsparungen von 35 Prozent beim Arbeitszeitbedarf und 26 Prozent bei den variablen Maschinenkosten.

5.4.2 Vorgewende- und Randeffekte

Je nach Verhältnis von alter (Einzelschläge) und neuer (Gewann) Schlagform und nach der Möglichkeit, die Bearbeitungsrichtung im Gewinn anzupassen, können sich Rand- und Vorgewendeflächen durch die Gewannebildung erheblich reduzieren. Zunächst wurden die Auswirkungen anhand des in Kapitel 5.4.1 angenommenen Gewanns mit 6,8 Hektar Fläche modelliert [DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000]. Dabei wurde unterstellt, dass sich durch die Drehung der Bearbeitungsrichtung die Vorgewende von den Längsseiten zu den Querseiten des Gewanns verlagern und die bisherigen Randstreifen an den Grenzen der Einzelschläge im Gewanneinneren entfallen. Als Vorgewende wurden in den folgenden Untersuchungen die Stirnseiten eines Schrages mit neun Metern Breite und bei nicht rechteckigen Schlägen zusätzlich eine Längsseite mit 3 Metern Breite bezeichnet. In diesen Bereichen muss mit den Bearbeitungsgeräten gewendet werden, was zu einer Mehrfachüberfahung führt. Trotz der zu vermutenden Schädigung auf die Kulturpflanzen wurde aufgrund fehlender Literaturangaben für die Vorgewende keine Ertragsdepression unterstellt. Allerdings muss beachtet werden, dass durch die erhöhte

Bodenbelastung unter feuchten Bedingungen eine Schädigung zu erwarten ist. Als Randfläche wurde ein drei Meter breiter Streifen um den gesamten Schlag herum bezeichnet. Aufgrund der verstärkten Beeinflussung durch Unkräuter und Ungräser einerseits und der mangelhafteren Versorgung bei Applikationsmaßnahmen andererseits, wurde hier ein Minderertrag von 20 Prozent unterstellt.

Im Ergebnis der Kalkulation verringerte sich die Vorgewendefläche von 0,59 (8,5%) auf 0,26 Hektar (3,7%) für das Gewinn. Die Randfläche wird von 0,83 (11,9%) auf 0,32 Hektar (4,6%) reduziert. Allein durch die angenommene Reduktion der Randfläche, wird ein Mehrertrag von 1,5 Prozent erwirtschaftet. Eine weitergehende Betrachtung der Auswirkung von Rand- und Grenzflächen erfolgt in Kapitel 5.4.4.

5.4.3 Entwicklung des Deckungsbeitrags

In der Folge der beschriebenen Degressionen bei der Arbeitserledigung sowie zu erwartender Mehrerträge durch reduzierte Randflächen und weiterer Effekte ergaben sich Veränderungen im kalkulierten Deckungsbeitrag für die einzelnen Früchte. Eine erste Berechnung hierzu wurde anhand des in Kapitel 5.4.1 beschriebenen Modells des virtuellen Betriebs mit 102 Hektar Ackerfläche durch einen Vergleich der Bewirtschaftung von 1,4 Hektar großen Einzelschlägen mit 6,8 Hektar großen Gewanneschlägen vorgenommen [DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000]. Durch Befragung des Landhandels und von Lohnunternehmern konnten erwartete Rabatte bzw. Mehrerlöse bei gemeinsamem Ein- und Verkauf und beim Einsatz von Erntemaschinen im Lohnverfahren quantifiziert werden.

Zusätzlich wurde ein gewisser ‚Mehrertrag durch Know-how‘ unterstellt. Dies ergab sich aus der Annahme, dass bei einer gemeinsamen Bewirtschaftung durch mehrere Landwirte jeweils spezielle Kenntnisse einzelner Landwirte in unterschiedlichen Produktionsbereichen zum Tragen kommen. Allerdings musste festgestellt werden, dass hierzu genauere Untersuchungen folgen sollten. Tabelle 7 zeigt die aus den Einzeleffekten hervorgegangenen Änderungen im Deckungsbeitrag am Beispiel von Winterweizen unter zusätzlicher Berücksichtigung der Arbeitskosten. Insgesamt betrachtet errechnete sich aus der angegebenen Fruchtfolge über den gebildeten virtuellen Gesamtbetrieb ein Deckungsbeitragssteigerung von 110 € pro Hektar ohne Berücksichtigung der Arbeitskosteneinsparung (Tab. 8).

Tab. 7: Einsparungen und Mehrerlös je Hektar Winterweizen in der Modellierung eines ‚virtuellen Gewannebetriebs (102 ha gesamt, 6,8 ha pro Gewinn)‘ in Zeilitzheim (verändert nach DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000).

	Einheit	Anzahl	Preis[€/Einh.]	Summe[€/ha]
Know-how-Effekt	t/ha	0,4	130	52
Randflächeneffekt	t/ha	0,1	130	13
Zusätzlicher Ertrag	€/ha			65
Maschinenkostenreduzierung	%	28	100	28
Lohnunternehmerrabatt	%	10	90	9
Rabatt bei Saatguteinkauf	%	5	33	2
Rabatt bei Mineraldüngereinkauf	%	5	158	8
Rabatt bei Pflanzenschutzmitteleinkauf	%	10	111	11
Herbizideinsparung (Randflächeneffekt)	%	2	31	1
Reduzierte Kosten	€/ha			58
Deckungsbeitragssteigerung (ohne Arbeit)	€/ha			123
Arbeitskostenreduzierung	h/ha	2,5	10	25
Deckungsbeitragssteigerung (mit Arbeit)	€/ha			148

Tab. 8: Veränderung der jährlichen Deckungsbeiträge in der Modellierung eines ‚virtuellen Gesamtbetriebs‘ in Zeilitzheim mit 102 ha AF, Fruchtfolge: ZR, WW, WG, SM, WW (verändert nach DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000).

	ZR	WW	WG	SM
Fläche [ha]	20,5	41,0	20,5	20,5
Mehrerlös [€/ha]	54	65	33	n.b.
Kostenreduzierung [€/ha]	98	58	54	75
DB-Steigerung (ohne Arbeit) [€/ha]	152	123	87	75
DB-Steigerung Gesamtbetrieb [€]		11.480		
Reduzierung Arbeitskosten	21	26	24	25
DB-Steigerung (mit Arbeit) [€/ha]	173	149	111	100
DB-Steigerung Gesamtbetrieb [€]		13.981		

Davon ausgehend konnte auch die Abschätzung der Deckungsbeitragsänderung durch die im Untersuchungsgebiet Zeilitzheim durchgeführte Befragung (Kap. 5.4.1) auf eine breitere Datengrundlage gestützt werden. Dabei war vor allem die Quantifizierung des bereits eingeführten Know-how Effekts, also der Nutzung von Spezialisierungswissen durch die Kooperation, von Interesse. Basis hierfür waren die Angaben der Landwirte über die im Schnitt der Jahre erzielten Ernteerträge in den einzelnen Fruchtfolgegliedern. Daraus ließen sich sowohl der Mittelwert der Erträge für alle Betriebe als auch der Betrieb mit dem jeweils besten Durchschnittsertrag für eine Frucht ermitteln (Tab. 9).

Tab. 9: Mittelwerte und Maxima der einzelbetrieblichen Durchschnittserträge aus einer Datenerhebung in Zeilitzheim (nach CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001).

Frucht	Mittelwerte der einzelbetrieblichen Durchschnittserträge [t/ha]	Maxima der einzelbetrieblichen Durchschnittserträge [t/ha]	möglicher Mehrertrag [%]
Winterweizen	6,26	7,50	19,8
Wintergerste	6,11	7,50	22,7
Sommergerste	5,00	5,00	0
Zuckerrüben	57,57	65,00	12,9
Winterraps	2,78	3,90	40,3

Die deutlichen Unterschiede bei den Erträgen sind in der Gemarkung Zeilitzheim nicht in unterschiedlichen Bodengütern zu suchen, da jeder Betrieb Anteil an den überwiegend vorhandenen sehr guten Ackerflächen hat. Vielmehr sind sie im Management der Betriebe begründet. Der Anteil der oft klein strukturierten Nebenerwerbsbetriebe beträgt zwei Drittel. Lediglich einer der insgesamt 18 befragten Betriebsleiter bezeichnete zum Befragungszeitpunkt die Zukunft seines Hofes als sicher. Für neun Betriebsleiter war die Zukunft unsicher, acht Betriebe laufen in den nächsten Jahren aus. Darüber hinaus nutzen einige Betriebe ihre Arbeitskapazitäten hauptsächlich im vorhandenen Weinbau und für den Tourismus.

Aus den berechneten Ertragsunterschieden zwischen ‚guten‘ und ‚schlechten‘ Ackerbaubetrieben ergab sich über die Fruchtfolge ein jährliches Potenzial zur Deckungsbeitragssteigerung von 150 €/Hektar, wenn bei gemeinsamer Bewirtschaftung unter Beteiligung der ‚guten‘ Betriebsleiter das vorhandene Wissen genutzt und die nötige Intensität und Sorgfalt bei der Bestandesführung sichergestellt würde. Für den einzelnen Betrieb kann dies bei einer schlechten Ausgangssituation eine noch deutlich höhere Steigerung bedeuten, bei guter Ausgangsposition fällt der erwartete Mehrertrag niedriger aus oder ist gar nicht vorhanden. Abbildung 13 zeigt die kalkulierten Deckungsbeitragsänderungen auf Grundlage der durchgeführten Datenerhebung aufgeteilt nach Fruchtfolgegliedern. Berechnungsbasis war eine durchschnittliche aktuelle Feldstückgröße von 1,1 Hektar und eine prognostizierte Gewinngröße von 3,8 Hektar (Kap. 5.4.1).

Im Mittel wird die Hälfte des kalkulierten Deckungsbeitragsunterschieds von insgesamt etwas über 300 Euro pro Hektar und Jahr durch den ‚Mehrertrag durch Know-how‘ gebildet, was auch dem Anteil bei Winterweizen (WW), der in Zeilitzheim fast 50 Prozent der Fruchtfolgeanteile stellt, entspricht. Etwas höher ist dieser Anteil bei Wintergerste (WG, 8,3% Fruchtfolgeanteil) und deutlich höher bei Winterraps (WR), wobei Winterraps in Zeilitzheim nur zu einem sehr geringen Anteil (etwa 3,7% der Fruchtfolge) angebaut wird. Am höchsten ist der Anteil des Know-how-Effekts mit 65 Prozent der Deckungsbeitragssteige-

rung pro Hektar und Jahr bei Zuckerrüben (ZR, 18,3% Fruchtfolgeanteil), da eine relative Ertragssteigerung aufgrund des hohen Marktwertes der Zuckerrüben stark deckungsbeitragswirksam ist. Bei Sommergerste, die nur einen Anteil von zwei Prozent an der Fruchtfolge besitzt, lagen keine Vergleichserträge unterschiedlicher Landwirte vor. Beim Silomais mit 18 Prozent Fruchtfolgeanteil lagen keine Ertragsschätzungen vor. Deshalb ergibt sich bei beiden Früchten kein Know-how-Effekt in der Kalkulation.

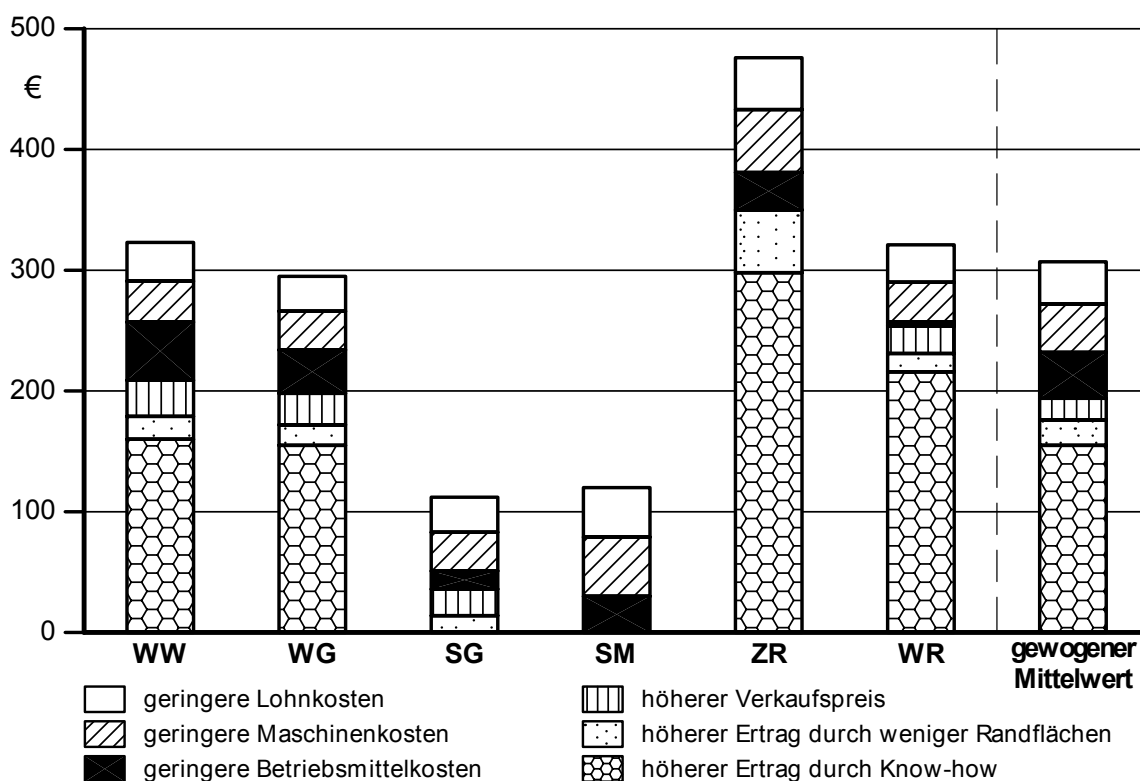


Abb. 13: Kalkulierte Deckungsbeitragsänderungen pro ha und Jahr bei einer Gemarkungsweiten Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim (verändert nach CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001).

Die Anteile der Lohn-, Maschinen- und Betriebsmittelkosten verändern sich bei den einzelnen Fruchtarten je nach benötigtem Bestell-, Pflege- und Ernteaufwand. Bei Zuckerrüben kann durch die größeren gemeinsamen Erntemengen aufgrund des bestehenden Kontingentierungssystems kein höherer Verkaufspreis erzielt werden. Silomais wurde nicht verkauft und deshalb auch nicht höher im Preis bewertet. Die Effekte eines höheren Ertrages durch weniger Randflächen konnten hier nur anhand geschätzter Werte berechnet werden, da keine belastbaren Versuchsergebnisse hierfür vorlagen. Es wurde daher eine eher vorsichtige Schätzung zu erwartender Mehrerträge vorgenommen. Dementsprechend gering ist der Anteil der Auswirkung auf die gesamte Deckungsbeitragsentwicklung.

5.4.4 Grenzflächen im ökologischen Landbau

In allen bisher durchgeführten Arbeiten zum Thema wurde der ökologische Landbau als mögliches Anwendungsfeld für die Gewannebewirtschaftung nicht explizit herausgestellt. Allerdings bringt der Ansatz der Gewannebewirtschaftung für den ökologischen Landbau besonders interessante Aspekte mit sich. Feldstücke, auf welchen ökologisch gewirtschaftet wird, sind immer dem Einfluss der umgebenden Flur ausgesetzt. Das heißt, Teilmen gen von ausgebrachten Pflanzenschutz- und Düngemitteln aus der umliegenden Bewirt schaftung gelangen sowohl über Winddrift bei der Ausbringung als auch durch Oberflä chenabfluss und Lateralflüsse im Boden auf die ökologisch bewirtschafteten Flächen. Ähnliches gilt für die Ausbreitung von genetisch modifizierten Organismen (GMOs), falls diese in Zukunft in den Anbau gelangen. Unter der Annahme, dass sich eine starke Be einflussung hauptsächlich in einem definierten Randbereich der Schläge ergibt, steigt dieser Flächenanteil bei zunehmender Zersplitterung der Feldstrukturen stark an.

Für die Gemarkung Zeilitzheim wurde eine Simulation dieser nachfolgend Grenzflächen und Grenzflächenanteile genannten Bereiche durchgeführt [HUBER, 2002]. Dabei wurde von der Vorgabe ausgegangen, dass der Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen in Zukunft 20 Prozent betragen soll. Diese Zahl wurde von der zuständigen Bundesministe rin in einer Regierungserklärung vom 8. Februar 2001 als Zielgröße für das Jahr 2010 genannt [DEUTSCHER BUNDESTAG, 2001]. Obwohl nicht eindeutig klar wurde, ob damit der Anteil bewirtschafteter Flächen oder der Marktanteil bei landwirtschaftlichen Produkten gemeint war, wurde dieser Wert als Anteil der zu bewirtschafteten Fläche angenommen. Für die Berechnung und den Vergleich der Grenzflächenanteile wurden drei Varianten definiert:

- Die erste Variante unterstellt eine zufällige Verteilung von Öko-Einzelschlägen über die gesamte Gemarkung.
- Die zweite Variante unterstellt ebenfalls eine zufällige Verteilung, jedoch von Öko gewannen über die Gemarkung.
- Die dritte Variante betrachtet eine Konzentration der Ökoflächen in einem Bereich der Gemarkung. Hier wird zusätzlich zwischen einer ‚idealen‘ Subvariante (annä hernd quadratische Form) und einer ‚realistischen‘ Subvariante (Lage im Bereich niedrigerer Bodengüten) unterschieden.

Für alle Berechnungen wurden nicht Modellschläge mit einer dem Durchschnitt der Feldstücke entsprechenden Schlaggröße herangezogen, sondern alle Feldstücke und Gewanne gemäß den tatsächlichen Bedingungen der Zeilitzheimer Flur individuell be-

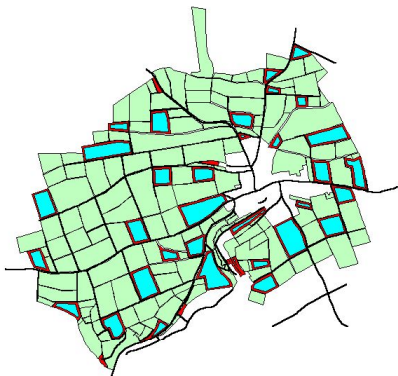
trachtet (Abb. 14). Als Haupteinflussbereich durch die umliegende Bewirtschaftung wurde für die folgenden Kalkulationen ein Streifen von 20 Meter Breite auf allen Seiten der ökologisch bewirtschafteten Flächen festgelegt.



Szenarium 1:

Gleichmäßig über die Gemarkung verteilte ökologisch bewirtschaftete Einzelschläge
Anteil an Gesamter LF: ca. 20 %

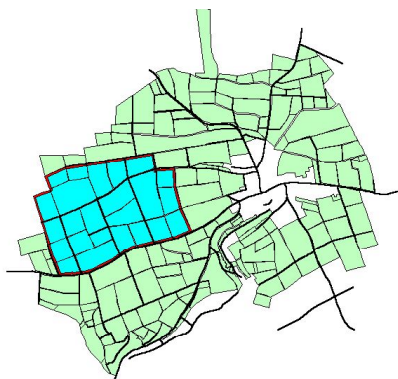
 ökologisch bewirtschaftete Fläche



Szenarium 2:

Gleichmäßig über die Gemarkung verteilte ökologisch bewirtschaftete Gewanne
Anteil an Gesamter LF: ca. 20 %

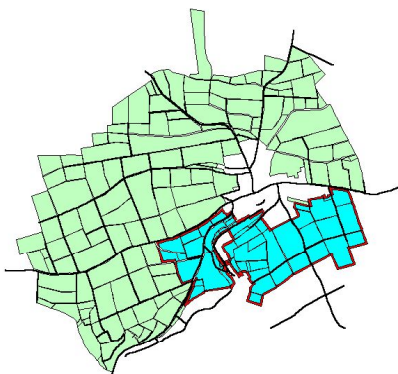
 konventionell bewirtschaftete Fläche



Szenarium 3a:

Nahezu quadratische zusammenhängende ökologisch bewirtschaftete Region in bester Lage
Anteil an Gesamter LF: ca. 20 %

 konventionell beeinflusste ökologische Fläche



Szenarium 3b:

zusammenhängende ökologisch bewirtschaftete Region in ungünstigerer Lage
Anteil an Gesamter LF: ca. 20 %

Abb. 14: Szenarien für die Integration von ökologisch bewirtschafteten Flächen in die Feldstruktur der Gemeinde Zeilitzheim (nach HUBER, 2002).

Die einbezogene Gemarkungsfläche von 660 Hektar enthält die Acker- und Grünlandflächen. Die Grenzflächenanteile werden hier als ‚Ökoflächenverlust‘ bezeichnet, da von einer Beeinflussung durch synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel ausgegangen werden muss. Es ergaben sich die in Tabelle 10 dargestellten Anteile der Grenzflächen an der gesamten ökologisch bewirtschafteten Fläche und deren Reduktion in der zweiten und dritten Variante gegenüber der Einzelschlagbewirtschaftung.

Tab. 10: Grenzflächenanteile ökologische bewirtschafteter Schläge bei Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung (nach HUBER, 2002).

	Szenarium 1	Szenarium 2	Szenarien 3a/3b	
	‚zersplitterte Ökoschläge‘	‚verteilte Ökogewanne‘	‚arrundierte Ökogewanne‘	
			- ideal -	- realistisch -
Gesamtfläche	659,8 ha	660,2 ha	660,2 ha	660,2 ha
Ökofläche	132,0 ha	132,1 ha	132,8 ha	132,3 ha
Ökoflächenanteil	20,0 %	20,0 %	20,1 %	20,0 %
Grenzflächen	82,6 ha	51,9 ha	9,4 ha	13,2 ha
Ökoflächenverlust	62,6 %	39,3 %	7,1 %	10,0 %

Grenzfläche = 20 m breiter Randstreifen im Schlag oder im Gewann

Allerdings handelte es sich bei der Annahme der Grenzstreifenbreite von 20 Metern um eine Schätzung aufgrund von Beobachtungen bei der Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Um deren tatsächliche Einträge quantifizieren zu können, wurde ein mathematisches ‚Modell zur Abschätzung der Stoffeinträge in Nicht-Zielflächen‘ bei Pflanzenschutz und Düngung entwickelt [KOHLSCHÜTTER, 2003; BACHMAIER und KOHLSCHÜTTER, 2004]. Für die Ausbringung mit der Pflanzenschutzspritze wurde dabei eine Cauchy-Verteilung mit Hilfe von Ergebnissen aus Abdriftversuchen der Biologischen Bundesanstalt angepasst. Es zeigt sich, dass für die Menge des Stoffeintrages durch Winddrift hauptsächlich die Breite des Schlages, auf dem die Applikation stattfindet, entscheidend ist, während der Hauptteil der eingetragenen Menge sich im Bereich eines 20 Meter breiten Grenzstreifens niederschlägt, was die vorherige Annahme einer Breite des definierten ‚Grenzstreifens‘ von 20 Metern bestätigt. Bei der Ausbringung von gekörnten oder pulverförmigen Düngemitteln richtet sich darüber hinaus eingetragene Menge und betroffene Fläche des Nicht-Ziel-Schlages vor allem auch nach dem gewählten Grenzstreuverfahren. Auch hier erwies sich die Annahme eines 20 Meter breiten Grenzstreifens für eine einheitliche Kalkulation als sinnvoll.

Die entwickelten Algorithmen zur Quantifizierung des Stoffeintrages wurden in der Software ‚QuickTriff‘ hinterlegt. Um die Methodik der durchgeführten Untersuchungen in Zeilzheim zu validieren, wurde am Beispiel der Region ‚Land‘ im oberpfälzischen Landkreis

Neumarkt mit einem hohen Anteil an ökologisch bewirtschafteten Flächen Berechnungen nach der gleichen Vorgehensweise durchgeführt. Im Unterschied zur Gemarkung Zeilitzheim handelte es sich jedoch bei der ersten Variante ‚zersplitterte Ökoschläge‘ um 183 tatsächlich ökologisch bewirtschaftete Feldstücke mit insgesamt ca. 309 Hektar Fläche. In der zweiten Variante wurden 34 Ökogewanne der gleichen Gesamtfläche mit Gewannegrößen von 5 bis 20 Hektar gebildet. Die dritte Variante bildet eine Konzentration der gesamten Ökofläche von 310 Hektar am Stück in einer ‚Ökoregion‘ (Abb. 15).



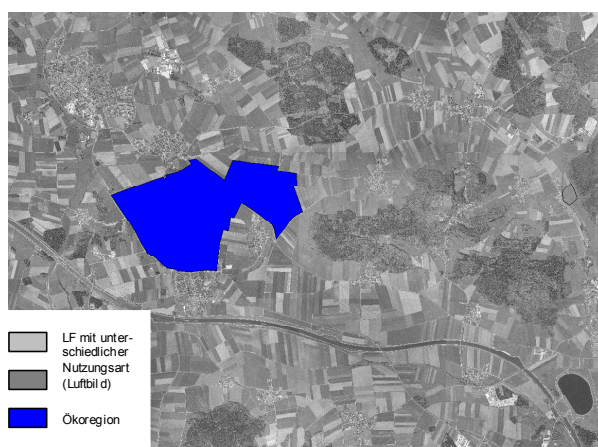
Ökoschläge im ‚Landl‘:
Gleichmäßig verteilte ökologisch bewirtschaftete Einzelschläge, entsprechend der tatsächlichen Situation

ökologische LF: ca. 309 ha



Ökogewanne im ‚Landl‘:
Gleichmäßig verteilte ökologisch bewirtschaftete Gewanne, Planungssituation

ökologische LF: ca. 309 ha



Ökoregion im ‚Landl‘:
Zusammenhängende ökologisch bewirtschaftete Region, Planungssituation

ökologische LF: ca. 309 ha

Abb. 15: Tatsächliche Struktur und Planungssituationen ‚Ökogewanne‘ und ‚Ökoregion‘ in der Region ‚Landl‘ (Lkr. Neumarkt, Opf.) mit insgesamt 309 ha ökologisch bewirtschafteter Fläche (nach KOHLSCHÜTTER, 2003).

Für Pflanzenschutzmitteleinträge durch die umliegende, nicht nach ökologischen Richtlinien erfolgende Bewirtschaftung, ergaben sich in den durchgeführten Berechnungen mit Hilfe der Software ‚Quicktrift‘ für die drei Szenarien unterschiedliche Eintragsmengen. Aufgrund der sich verringern den Grenzflächenanteile sinken die Einträge bei Gewannebewirtschaftung und noch stärker bei Realisierung der Ökoregion ab. Gleiches gilt für den Eintrag von festen Düngemitteln, wobei hier zusätzlich die betroffene Fläche exakt ermittelt werden kann. Die Tabellen 11 und 12 zeigen Übersichten der Ergebnisse aus den Berechnungen zu den vorgestellten Szenarien.

Tab. 11: Berechnete Pflanzenschutzmitteleinträge auf 309 Hektar Ökoflächen in der Region ‚Landl‘ durch umliegende einmalige Behandlung mit 300 Liter/ha Spritzbrühe in verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien (verändert nach KOHLSCHÜTTER, 2002).

Bewirtschaftungs-szenario	mittlere Schlaggröße	Summe des Spritzbrühe-eintrages	Reduzierung gegenüber Szenario 1	mittlerer Spritzbrühe-eintrag
1: ‚Ökoschläge‘	1,7 ha	131,3 l		0,42 l/ha
2: ‚Ökogewanne‘	9,4 ha	44,4 l	66 %	0,14 l/ha
3: ‚Ökoregion‘	309,3 ha	36,4 l	72 %	0,11 l/ha

Tab. 12: Berechnete Düngemittleinträge auf 309 Hektar Ökoflächen in der Region ‚Landl‘ durch umliegende einmalige Behandlung 314 kg/ha Mineraldünger in verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien (verändert nach KOHLSCHÜTTER, 2002).

Bewirtschaftungs-szenario	mittlere Schlaggröße	Summe des Mineraldünger-eintrages	Reduzierung gegenüber Szenario 1	mittlerer Mineral-düngereintrag	tatsächlich betroffene Fläche
1: ‚Ökoschläge‘	1,7 ha	902 kg		2,91 kg/ha	20,3 ha
2: ‚Ökogewanne‘	9,4 ha	252 kg	72 %	0,82 kg/ha	5,6 ha
3: ‚Ökoregion‘	309,3 ha	200 kg	78 %	0,64 kg/ha	4,5 ha

5.4.5 Aspekte des Bodenschutzes

Im Rahmen der Modellierung von Möglichkeiten und Effekten der Gewannebewirtschaftung in der Gemarkung Zeilitzheim wurde unter Mithilfe der damaligen Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) – heute „Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, (LfL) – eine flächendeckende Erosionsprognose unter verschiedenen Gesichtspunkten erstellt. Daraus geht hervor, dass in weiten Teilen der Gemarkung Zeilitzheim keine Einschränkung bezüglich der üblichen Fruchtfolge bei der Gewannebewirtschaftung erfolgen muss. In einigen Flurteilen müssen Beschränkungen der maximalen Hanglänge

bei Bearbeitung in Gefällrichtung berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass sich auf einigen Gewannen die Bearbeitungsrichtung nicht nach der größtmöglichen Schlaglänge, sondern nach dem bestmöglichen Erosionsschutz richten müsste.

Abbildung 16 zeigt den errechneten Bodenabtrag in der Gemarkung Zeilitzheim durch Wassererosion bei der üblichen Fruchtfolge. Blaue Flächen bedeuten hier einen geringeren als den tolerierbaren Bodenabtrag, rosa- und orangefarbene Flächen liegen über dem tolerierbaren Abtrag. Die Pfeile geben die momentane Bewirtschaftungsrichtung innerhalb der Gewanne an.

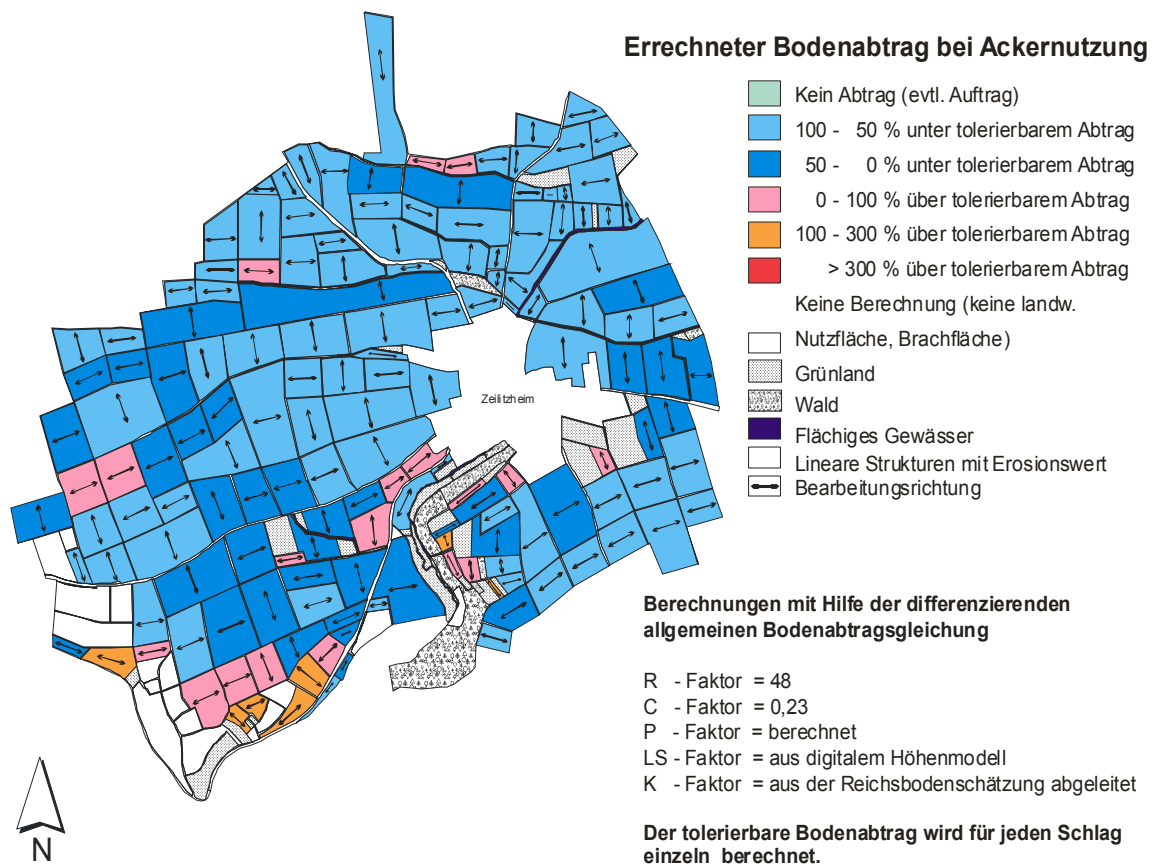


Abb. 16: Erosionsmodell Zeilitzheim – errechneter Bodenabtrag durch Wassererosion bei Ackernutzung (erstellt durch die LBP, 2001).

In Abbildung 17 ist die Erosionsgefährdung bei Ackernutzung dargestellt. Farblich differenziert ist hierbei die mögliche Fruchtfolge, um den tolerierbaren Bodenabtrag nicht zu überschreiten. Blau bezeichnet eine aus Sicht des Bodenabtrags frei gestaltbare Fruchtfolge, violett einen vertretbaren Höchstanteil von Reihenkulturen ohne Mulchsaat von 33 Prozent. Ansonsten sollten Mulchsaatverfahren angewendet werden.

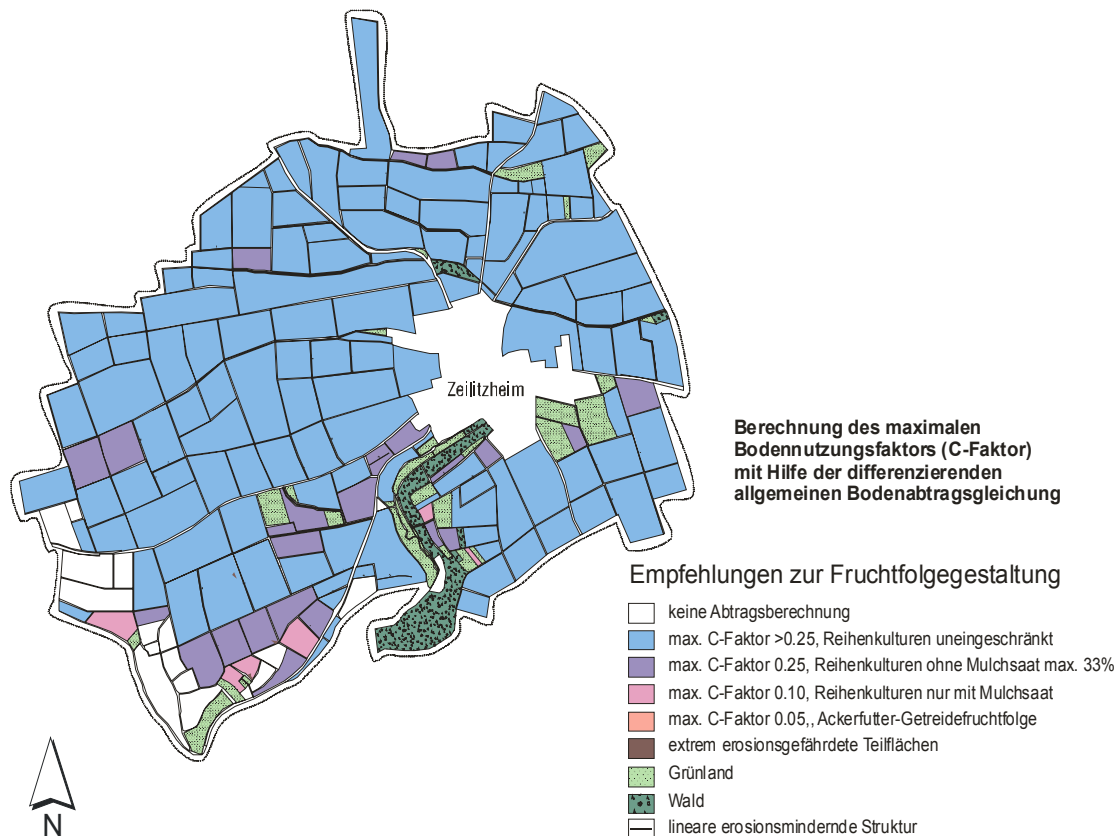


Abb. 17: Erosionsmodell Zeilitzheim – Empfehlung zur Fruchtfolgegestaltung auf erosionsgefährdeten Ackerflächen (erstellt durch die LBP, 2001).

Abbildung 18 beschreibt ebenfalls die Erosionsgefährdung bei Ackernutzung. Hier sind Bereiche der maximal vertretbaren Hanglänge in Bearbeitungsrichtung farblich gegliedert. Zusätzlich sind die Höhenlinien enthalten. Rötliche Zonen bedeuten, dass dort eine Bearbeitung in Gefällrichtung nicht oder nur sehr begrenzt erfolgen sollte. Bei der Planung gemeinsam bewirtschafteter Gewanne muss dieser Umstand entsprechend berücksichtigt werden.

Grundsätzlich sollten bei der Planung der Gewannebewirtschaftung Informationen über die Erosionsgefährdung eingeholt und berücksichtigt werden, um mögliche negative Auswirkungen der virtuellen Flurbereinigung zu vermeiden. Darüber hinaus wäre es vorstellbar, durch die Einführung neuer Landschaftselemente, wie zum Beispiel Saumstrukturen, die bisherige Erosionssituation zu verbessern. Durch den Wegfall von Randflächen oder auch Grünwegen bei der Gewannebewirtschaftung könnten hierfür die Flächen zur Verfügung gestellt werden.

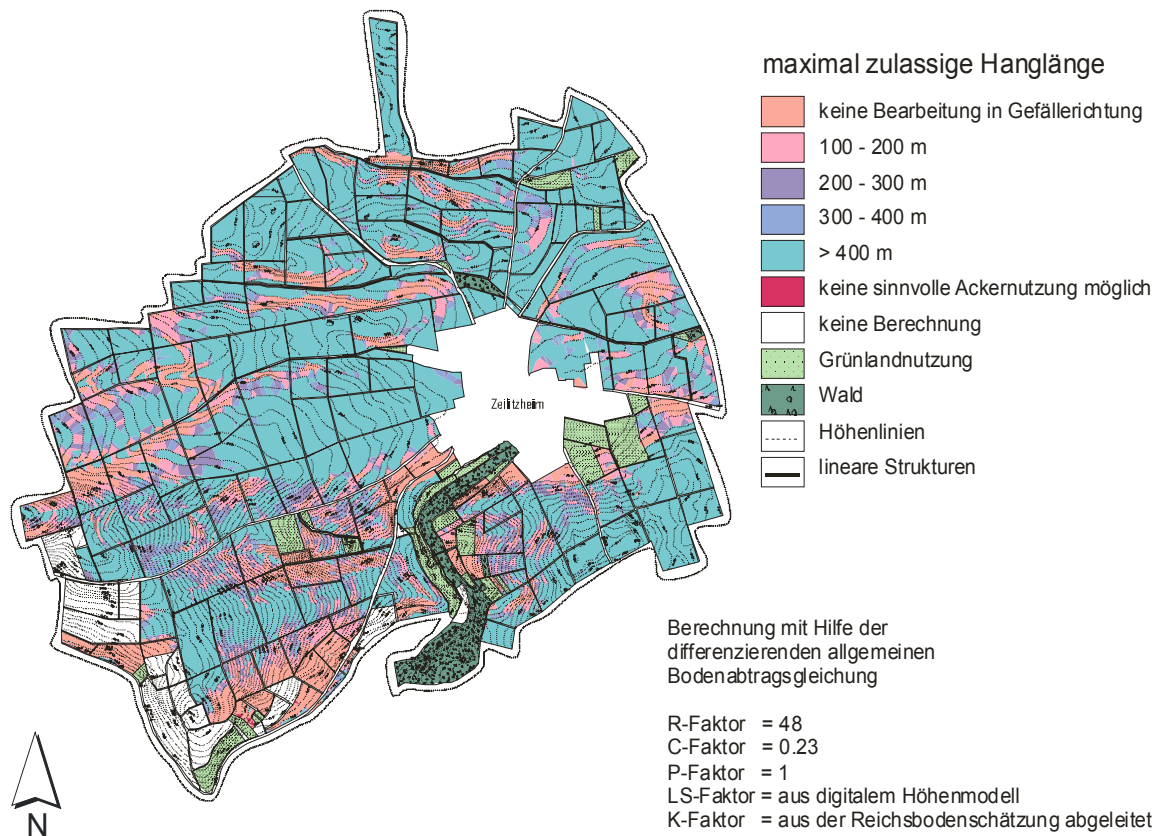


Abb. 18: Erosionsmodell Zeilitzheim – Darstellung der maximal zulässigen Hanglänge bei Bearbeitung in Gefällerrichtung (erstellt durch die LBP, 2001).

5.4.6 Aspekte der Landschaftsplanung

Im Hinblick auf eine gemarkungsweite Planung einer Gewannebewirtschaftung wurde eine umfassende landschaftsplanerische Bestandsaufnahme und Bewertung der Zeilitzheimer Fluren durchgeführt und ein Flächennutzungskonzept erstellt [FREISLEBEN, 2003]. Hierbei wurde festgestellt, dass bei einer großflächigen Umsetzung der Gewannebewirtschaftung die Gefahr der Entstehung großer zusammenhängender ökonomisch orientierter Flächen besteht. Ohne einen ökologischen Ausgleich könnte dies einen Rückgang der Artenvielfalt in Flora und Fauna zur Folge haben. Gleichzeitig bietet jedoch die Gewannebewirtschaftung die Chance, durch die Verbesserung der Bewirtschaftungsstrukturen, Flächen zu ‚gewinnen‘ und eine gezielte Vernetzung von Saumstrukturen und Ausgleichsflächen zu betreiben. Dies ist in der aktuellen Struktur, die hauptsächlich auf einer Ende der vierziger Jahre des 20. Jahrhunderts durchgeführten Flurbereinigung beruht, kaum der Fall (Kap. 6.1). Eine gezielte Planung von Gewannestrukturen kann hier förderlicher sein, als die derzeit stattfindende ‚stille‘ Flurbereinigung durch bilaterale Flächennutzungstausche. Denn hier sehen sich die Landwirte nicht in der Pflicht, Ausgleichsmaßnahmen in Eigeninitiative zu ergreifen.

Auf Basis der durchgeführten Bestandsaufnahme und Bewertung der natürlichen Potenziale der Gemarkungsfläche wurde von FREISLEBEN (2003) ein Flächennutzungskonzept ausgearbeitet, welches „versucht, sowohl den ökonomischen als auch den ökologischen Anforderungen an die zukünftige Landnutzung gerecht zu werden“. Hierzu wurden die Aspekte „Lage und Klima“, „geschichtliche und aktuelle Nutzung“, „Naturraum und Relief“, „Geologie“, „Böden“, „Gewässer“, „Biotope und Strukturelemente“, „Flora und Fauna“ sowie „Landschaftsbild und Erholungswert“ aufgenommen, analysiert und bewertet. Im Ergebnis wurden sieben naturräumliche Einheiten unterschieden und dafür insgesamt acht unterschiedliche Nutzungsformen und -intensitäten vorgeschlagen (Abb. 19). Die naturräumlichen Einheiten und die Empfehlungen bezüglich der zukünftigen Nutzung in einer Gewanneflur werden im folgenden kurz erläutert [FREISLEBEN, 2003]:

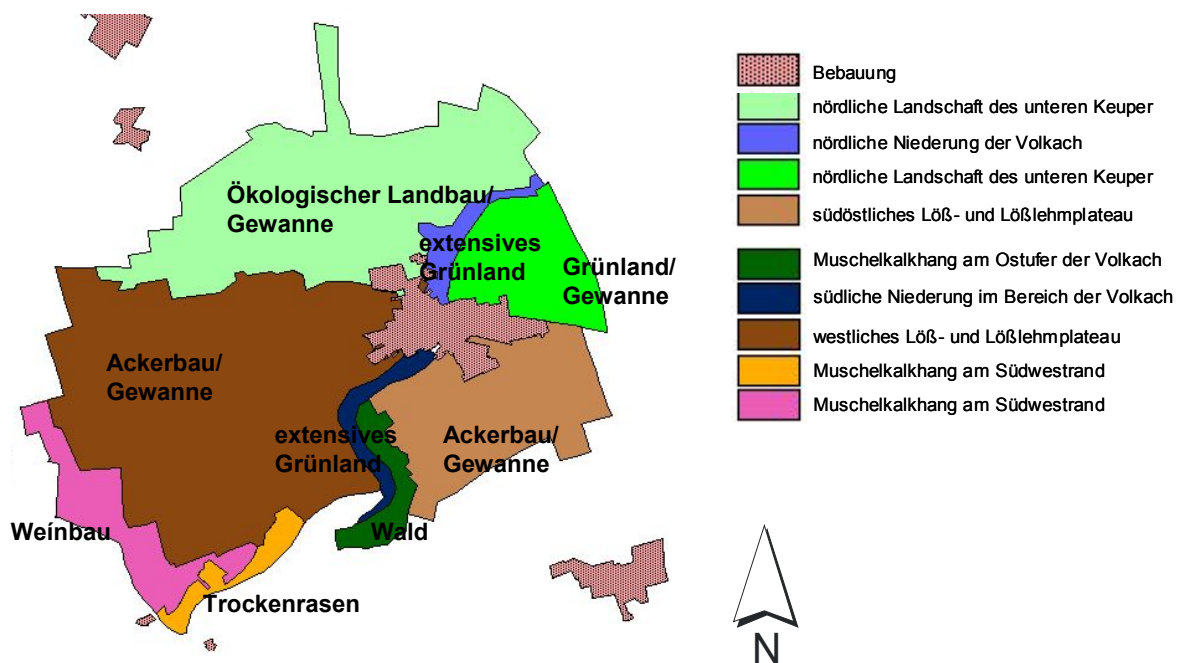


Abb. 19: Naturräumliche Einheiten der Gemarkung Zeilitzheim und deren empfohlene Nutzung (nach FREISLEBEN, 2003).

Muschelkalkhänge am Südwestrand

- Erhalt der bestehenden wein- und obstbaulichen Nutzung
- Begrünung und Anlage von Kleinstrukturen
- Erhalt der bestehenden Trockenstandorte und Erweiterung der Trockenrasenflächen
- Aufgabe der Ackernutzung in erosionsgefährdeten Lagen
- Erhalt der Straßenböschungen mit Trockenstandortvegetation bei reduzierter Mahd
- Grünlandnutzung grundwassernaher Standorte

Muschelkalkhang am Ostufer der Volkach

- Erhalt der typischen Streuobstwiesen
- Schaffung von Saum- und Mantelstandorten am Waldübergangsbereich
- Erhalt der Eichen-Hainbuchen Waldbestände
- Verzicht auf Anwendung von Düngemitteln und Pestiziden

Südöstliches Löß- und Lößlehmpateau

- Vorbehalt der fruchtbaren Böden für den Ackerbau
- Berücksichtigung maximaler Schlaglängen zum Erosionsschutz
- Beibehalt der Vielfalt der Kulturarten und der kleinräumigen Struktur
- Anreicherung der ausgeräumten Landschaft mit Einzelbäumen und Obstbaumreihen
- Anlage von Hecken und Feldholzinseln zur Verbesserung der Biotopstruktur
- Anlage von Randstreifen und Ackerrainen entlang von Wirtschaftswegen

Südliche Niederung im Bereich der Volkach

- Grünlandnutzung auf Grundwassernahen Böden
- Umgestaltung von Intensivgrünland in ehemaligen Auenbereichen in extensive Feuchtwiesen
- Extensivierung der Ackernutzung
- Vernetzung der Auwaldreste
- Renaturierung des begradigten Fließgewässers
- Verzicht auf synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel

Nördliche Niederung der Volkach

- Erhalt der vorherrschenden Grünlandnutzung
- Aufgabe der Ackernutzung in den Überschwemmungsbereichen
- Schaffung von Retentionsflächen und Renaturierung des Flussbetts

Nördliche Landschaft des unteren Keuper

- teilweise Aufgabe der Ackernutzung vor allem im Bereich der Einzugsgräben
- Förderung des ökologischen Landbaus (Verringerung des Düngemittel- und Pesticideinsatzes)
- Renaturierung der Entwässerungsgräben und Bildung von Stauwasserbereichen
- Einbringen von Hecken, Gehölzgruppen und Einzelbäumen zur Biotopvernetzung
- Erweiterung der Schilfbestände im Bereich der Entwässerungsgräben
- Erhalt der Straßenböschungen mit Trockenstandortvegetation und Reduzierung der Mahdhäufigkeit

Westliches Löß- und Lößlehmplateau

- Vorbehalt der fruchtbaren Böden für den Ackerbau
- Beibehalt der Vielfalt der Kulturarten
- Vermeidung unüberwindbarer Barrieren durch zu große Nutzungsorientierte Flächen
- Berücksichtigung der maximalen Schlaglänge nach der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)
- Bearbeitungsrichtung quer zum Hang und erosionsmindernde Kulturtechniken
- Kombination aus großen Flächen intensiver Nutzung und kleineren Flächen intensiver und extensiver Nutzung
- Anlage von Ackerbrachen, Feldholzinseln, Streuobstbeständen sowie Feucht- und Trockenbiotopen
- Ausbau des Wegenetzes, bevorzugt Betonspurbahnen mit begrüntem Mittelstreifen

Hier wird deutlich das Spannungsfeld zwischen den gegebenen Empfehlungen aus landschaftsplanerischer Sicht und den Interessen der produktionsorientierten Landwirtschaft erkennbar. Dennoch bietet die flächendeckende Gewannebewirtschaftung die Möglichkeit, Elemente beider Denkweisen zu kombinieren. Ausdrücklich empfohlen wird von FREISLEBEN der Einsatz von Precision Farming Technologie, um kleinräumige Standortheterogenitäten gezielt in die Bewirtschaftung mit einbeziehen zu können.

6 Bewirtschaftungsversuch Zeilitzheim

Parallel zu den umfangreichen Planungs- und Modellierungsarbeiten (Kap. 5) wurde ab 2000 im Rahmen des Forschungsverbundprojektes pre agro¹ in Zeilitzheim ein Bewirtschaftungsversuch zur Gewannebewirtschaftung durchgeführt. Der Forschungsverbund bearbeitete deutschlandweit in über 20 Teilprojekten unterschiedliche Forschungsthemen zur Umsetzung von Precision Agriculture. Im Teilprojekt I-3 „Micro-Precision-Farming“ wurde dabei der Einsatz moderner GPS-gestützter Technologien in klein strukturierten Landwirtschaftsregionen durch die Einführung der Gewannebewirtschaftung untersucht. Dabei sollten vor allem die technische Umsetzung der gemeinsamen Bewirtschaftung in Gewannen erprobt und anhand real erfasster Bewirtschaftungsdaten, die bisher erarbeiteten Modelle überprüft werden [ROTHMUND und AUERNHAMMER, 2002b; ROTHMUND, AUERNHAMMER und DEMMEL, 2002b]. Gleichzeitig ergab sich dabei die Gelegenheit, die sozialen Aspekte einer solchen Kooperation zu studieren. Soweit in dieser Arbeit möglich, werden diese in Kapitel 7.4 behandelt.

6.1 Ausgangssituation

Der Versuchsstandort Zeilitzheim wurde in intensiver Abstimmung der Direktion für ländliche Entwicklung in Würzburg ausgewählt. Es lag dort eine vor dem zweiten Weltkrieg begonnene und Anfang der fünfziger Jahre des 20. Jahrhunderts abgeschlossene Flurbereinigung vor. Diese hinterließ zwar eine ausgeräumte Agrarlandschaft, aber eine aus heutiger Sichtweise zersplitterte Flurstruktur. Es scheiterten dort bereits mehrere Anläufe einiger ortsansässiger Landwirte, ein weiteres Flurneuerungsverfahren durchzuführen. Dies ist teils im Widerstand vieler der dort wirtschaftenden Nebenerwerbslandwirte, teils in mangelnden Arbeitskapazitäten der zuständigen Direktion Würzburg begründet.

Neben der Flur und Wegestruktur spielt vor allem der Wille der Landwirte zur Kooperation eine große Rolle bei der Umsetzung der Gewannebewirtschaftung. Je größer dabei die Anzahl der wirtschaftenden Betriebe und je höher der Anteil an kleinen und Nebenerwerbsbetrieben, desto schwieriger gestaltet sich die Kooperation (Kap. 7.4). In den insgesamt 660 Hektar Zeilitzheimer Fluren (590 davon sind Ackerfläche) wirtschafteten im Jahr 2001 insgesamt 50 Landwirte (Abb. 20), 35 davon sind im Ort ansässig, lediglich 10 sind Vollerwerbslandwirte. Gründe für diese ungewöhnlich hohe noch verbliebene Anzahl an

¹ Verbundprojekt pre agro, Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau, 1999 bis 2002, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BmBF). Hier: Teilprojekt I-3, Micro-Precision Farming

Betrieben sind zum einen die fruchtbaren Böden und die bestehenden Zuckerrübenkontingente. Diese ermöglichen auch kleinen Betrieben bei suboptimaler Wirtschaftsweise, Gewinne zu erwirtschaften, die eine ausreichende Motivation zum Erhalt des eigenen Betriebes darstellen. Zum anderen besteht durch die nahegelegene Industriestadt Schweinfurt die Möglichkeit eines zusätzlichen Einkommens als Fabrikarbeiter innerhalb geregelter Arbeitszeiten, wodurch genug ‚Freizeit‘ für die Bewirtschaftung des eigenen (Ackerbau-)Betriebes im Nebenerwerb bleibt. Dies stellt gleichzeitig einen Grund für die niedrige Viehdichte in der Gemeinde dar. Weiterhin ist Zeilitzheim eine Weinbaugemeinde und profitiert außerdem vom ‚sanften Tourismus‘ im fränkischen Weinbaugebiet. Der Weinbau trägt durch die erzielbaren Deckungsbeiträge und die hohe Arbeitsintensität zur Festigung der kleinen Betriebsstrukturen bei. Eine Spezialisierung hin zum reinen Weinbaubetrieb ist jedoch nur bei sehr wenigen Landwirten zu beobachten.

Die durchschnittliche Feldstücksgröße in Zeilitzheim beträgt nach einer Erhebung von 2001 ca. 1,1 Hektar [CZEKALLA, et al., 2001]. Dies stellt vor allem für größere Betrieben ein Problem dar. Wie aus Abbildung 21 ersichtlich wird, haben sowohl im unterfränkischen Durchschnitt als auch in der Gemeinde Kolitzheim, zu der die Gemarkung Zeilitzheim gehört, auch größere Betriebe eine kaum bessere Bewirtschaftungsstruktur als kleine Betriebe. Sie entsprechen damit im Wesentlichen auch dem bayerischen Durchschnitt. Die hierdurch verursachten Probleme wurden bereits in Kapitel 2 angesprochen.



Abb. 20: Nutzerstruktur der Gemarkung Zeilitzheim (54 Nutzer, durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet, nach FREISLEBEN, 2003).

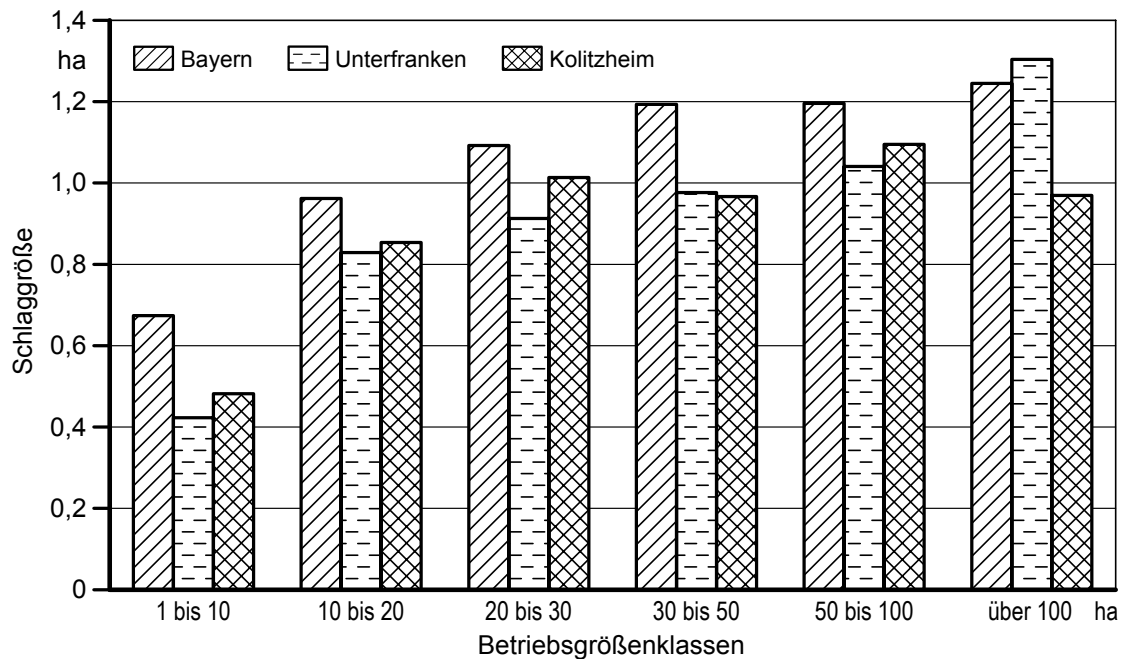


Abb. 21: Schlaggröße in Abhängigkeit der Betriebsgröße in Bayern, Unterfranken und Kollitzheim (verändert nach BÖKEL, 1999).

Durch die Mitte des vorigen Jahrhunderts durchgeführten Flurbereinigungsmaßnahmen ist in Zeilitzheim prinzipiell eine Gewannstruktur vorhanden, da immer ungefähr 5 Hektar große Flurteile vierseitig von Wegen umgeben sind. Jedes dieser Gewanne ist in mehrere Flurstücksstreifen aufgeteilt. Die durchschnittliche Flurstücksgröße liegt dabei noch deutlich unter der durchschnittlichen Feldstücksgröße von 1,1 Hektar. Dieser Unterschied hat sich in den vergangenen 50 Jahren durch Pacht, Kauf oder Tausch von Flurstücken herausgebildet. Allerdings kann durch diese ‚stille‘ Flurbereinigung nicht annähernd mit den Anforderungen an die Struktur für moderne Bewirtschaftungsmethoden schrittgehalten werden. Durch die vorhandene Wegestruktur und kaum vorhandene natürliche Begrenzungen zwischen den Flurstücken (Grünstreifen, Feldraine) ist die Gewannebildung technisch einfach umzusetzen und erfordert keinerlei Eingriffe in das vorhandene Landschaftsbild. Da es sich meist bei einem oder zwei der umgebenden Wege um Grünwege handelt, wäre auch eine Verdopplung der Gewannegröße leicht realisierbar.

6.2 Material und Methode

Aus technischer Sicht beruht das Management für die Gewannebewirtschaftung auf den beiden Komponenten ‚Erfassung von Prozessdaten bei der gemeinsamen Bewirtschaftung‘ und ‚besitzbezogene Auswertung der erfassten Prozessdaten‘. Um die Datenauswertung durchführen zu können, bedarf es einer geographischen Datengrundlage über die zu bearbeitenden Schläge.

6.2.1 Geographische Datengrundlage

Zur räumlichen Visualisierung und thematischen Einordnung der durchgeführten Arbeiten wird eine Reihe geographischer Informationen verwendet:

- Digitalisierte georeferenzierte Flurkarten (FK 98)¹
- Digitalisierte georeferenzierte Luftbildaufnahmen¹
- Kartierungen der Höhenprofile der Flur²
- Hof-Boden Kartierungen (basierend auf Reichsbodenschätzungsdaten)²
- Kartierungen der elektrischen Leitfähigkeit der Böden (EM 38)²

Zur exakten Bestimmung der Umrissse der gebildeten Versuchsgewanne (Kap. 6.3.1) sowie deren Teilschläge wurden vor Ort Vermessungen mit einem DGPS-Empfänger und einer Vermessungssoftware durchgeführt. Die ermittelten Schlag- und Teilschlaggrenzen dienen als Grundlage für die folgende teilschlagbezogene Datenverarbeitung. Alle verfügbaren georeferenzierten Informationen (Karten, Schlaggrenzen, Punktdaten) können in einem Geographischen Informationssystem (GIS) abgebildet werden. Abbildung 22 zeigt ein GIS-Beispiel mit überlagerten Informationsebenen innerhalb eines Flurausschnitts.

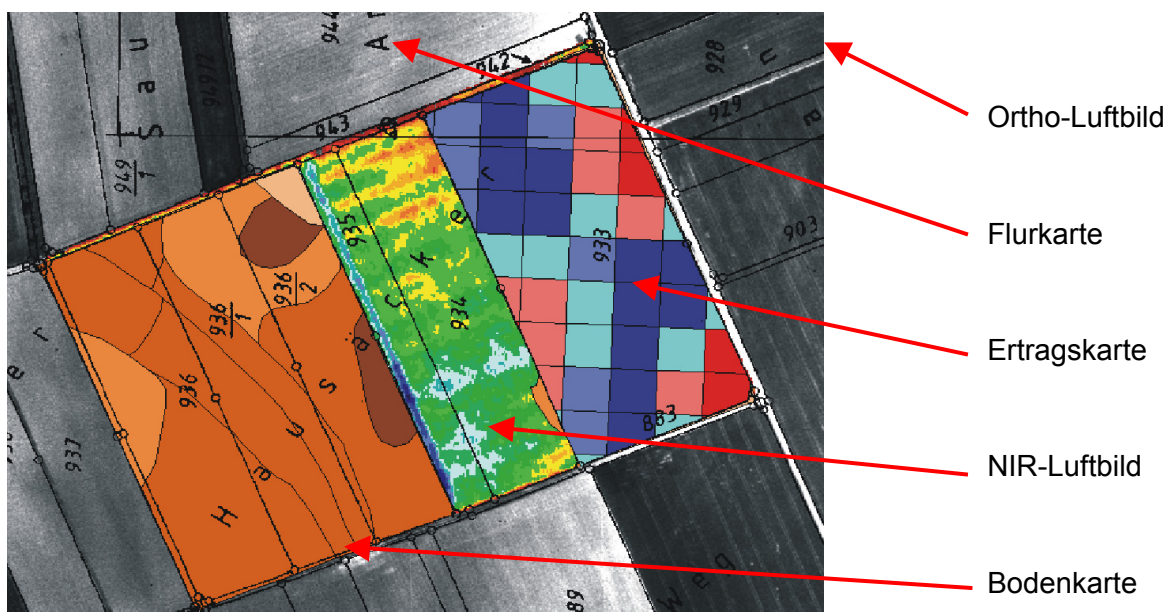


Abb. 22: Beispiel für die Überlagerung von Informationsebenen im GIS (erstellt mit ArcView®).

¹ Daten des bayerischen Landesvermessungsamtes

² Daten aus dem Verbundprojekt pre agro, Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau, 1999 bis 2002, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BmBF)

6.2.2 Technik zur Prozessdatenerfassung

Im Bewirtschaftungsversuch Zeilitzheim war es nötig, alle durchgeführten maschinengebundenen Arbeiten vollständig zu erfassen. Deshalb wurden sowohl die eingesetzten Traktoren und Geräte als auch die eingesetzten selbstfahrenden Erntemaschinen mit Datenerfassungssystemen ausgestattet.

Automatisierte Prozessdatenerfassung auf Traktor-Geräte Kombinationen

Zur Erfassung der traktorgebundenen Arbeiten wurden insgesamt drei Traktoren aus zwei Betrieben mit einem von der DFG-Forschergruppe ‚Informationssysteme Kleinräumige Bestandesführung‘ (Kap. 5.3.2) an der TU München entwickelten System zur automatisierten Prozessdatenerfassung ausgestattet. Das System basierte zum Installationszeitpunkt auf dem Landwirtschaftlichen BUS-System (LBS) gemäß DIN 9684. Dieser Standard für die Kommunikation unterschiedlicher elektronischer Komponenten auf Traktor-Geräte-Kombinationen ermöglichte eine durchgängige benutzerunabhängige Datenaufzeichnung. Die vorhandenen Traktoren (CNH, Case Maxxum; CNH, Case CVX; AGCO, Fendt 510 LSA) mussten mit LBS-Nachrüstsätzen ausgestattet werden. Traktordaten wie Vorfahrtsgeschwindigkeit, Motor- und Zapfwellendrehzahl, Hubwerksposition und Zugkraftwerte waren somit am LBS-Netzwerk verfügbar und konnten durch andere Gerätekomponenten genutzt oder aufgezeichnet werden.

Um die LBS Kompatibilität der eingesetzten Anbau- und Anhängegeräte herzustellen, wurden ein vorhandener Zweischeibenstreuer (Amazone, ZA-M) und eine vorhandene Feldspritze (Rau, Spridomat) mit LBS-Controllern ausgestattet. Diese ermöglichten den Datenaustausch zwischen Arbeitsgerät und Traktor zur Gerätesteuerung und die Kommunikation mit dem Datenerfassungssystem zur Dokumentation. Weitere Geräte (Drillmaschine, Grubber, Transportanhänger) wurden mit je einem Implement Indicator IMI[®] (Entwicklung der TU München und der Fa. WTK-Elektronik) ausgestattet. Dieser LBS-Controller ermöglicht die Identifikation von Geräten im Kommunikationssystem, die ansonsten nicht über eine elektronische Ansteuerung verfügen. Auf diese Weise konnte in der Datenverarbeitung eine vollständig automatisierte Erkennung der durchgeführten Arbeitsgänge erfolgen.

Die Datenerfassung wurde durch den Einbau eines LBS-kompatiblen Taskcontrollers im Traktor realisiert. Dieser fordert in einem definierten Zeitintervall (1s) die aufzuzeichnenden Prozessdaten von Traktor- und Gerätecontrollern an. Der Taskcontroller war ebenfalls mit einem im Traktor installierten DGPS-Empfänger verbunden, der in regelmäßigen Abständen die aktuellen Positionsdaten sendete. Positionsdaten und Prozessdaten wurden einmal pro Zeitintervall zu einem Datenstring zusammengesetzt und an ein Aufzeich-

nungsgerät weitergeleitet. Diese Daten wurden im Textformat (ASCII) zeilenweise auf einem Speichermedium (Speicherkarte Typ PCMCIA) abgelegt. Die Speicherkarte kann eine vorkonfigurierte Datei mit Informationen über den Besitzer (Fahrer) enthalten. Durch Zugriff des Datenerfassungssystems auf diese Datei wurde der Name des Fahrers in die Prozessdatenerfassung integriert. Die Datenaufzeichnung erfolgte automatisch nach Start des Traktors ohne Benutzereingabe. Im LBS-Netzwerk wurden angeschlossene Teilnehmer (z.B. der Controller eines Arbeitsgerätes) automatisch erkannt, so dass neben den Traktorprozessdaten auch immer die Prozessdaten angeschlossener Arbeitsgeräte gerätespezifisch erfasst werden konnten. Die Datenübertragung zur weiteren Verarbeitung erfolgte per Hand durch Auslesen der Speicherkarte am Büro-PC. Tabelle 13 enthält eine Übersicht der erfassten Positions-, Identifikations- und Prozessdatentypen.

Tab. 13: Herkunft, Bezeichnungen und Einheiten der mit dem ‚System zur Automatischen Prozessdatenerfassung‘ auf den eingesetzten Traktoren gewonnen Daten.

Datenquelle	Bezeichnung	Einheit	Beispiel
DGPS-Empfänger	Datum	[jjjj-mm-tt]	2003-03-19
	Zeit	[hh:nn:ss]	16:27:10
	geografische Länge (WGS 84)	Grad [°]	11,67852402
	geografische Breite (WGS 84)	Grad [°]	48,42850494
	GPS-Signalqualität	0 = kein Empfang 1 = GPS-Empfang 2 = DGPS-Empfang	2
Datenkarte	Fahreridentifikation		<i>Anonymus</i>
Taskcontroller	Traktoridentifikation		<i>Fendt716Vario</i>
Traktor-Controller	Geschwindigkeit (Rad)	[mm/s]	3224
	Geschwindigkeit (Radar)	[mm/s]	3141
	Kraftheberposition (Heck)	[%] (unten = 0, oben = 100)	49
	Zugkraft (linker Unterlenker)	[kN]	18,7
	Zugkraft (rechter Unterlenker)	[kN]	18,5
	Geräteidentifikation		<i>0x36005001</i>
Geräte-Controller	aktuelle Arbeitsbreite	[mm]	18000

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass das genutzte System in der Lage ist, über die in Tabelle 13 aufgeführten Prozesswerte hinaus auch den Kraftstoffverbrauch des Traktors und die Applikationswerte der Anbaugeräte zu erfassen. Aufgrund fehlender Messeinrichtungen in den eingesetzten Traktoren konnte die Kraftstoffverbrauchsmenge hier jedoch nicht ermittelt werden. Die Erfassung von Applikationsdaten bei Düngerstreuer und Pflanzenschutzspritze konnte wegen vorhandener Inkompatibilitäten der Gerätecontroller nicht umgesetzt werden.

Arbeits- und Ertragsdatenerfassung auf selbstfahrenden Erntemaschinen

Um alle anfallenden Erntearbeiten erfassen zu können, mussten ein Mähdrescher (Claas Lexion 430, Bj. 1998, Schnittbreite 5,40 m) eines örtlichen Lohnunternehmers und ein selbstfahrender Zuckerrübenköpfrödebunker (zunächst Holmer, TerraDos, Bj. 1998, 6-reihig; später Holmer, TerraDos, Bj. 2002, 6-reihig) der zuständigen Rodegemeinschaft Gerolzhofen mit Ertragserfassungssystemen ausgestattet werden. Die georeferenzierte Ertragsdatenerfassung ermöglicht dabei jeweils auch die arbeitswirtschaftliche Analyse der Erntearbeiten.

Am Mähdrescher konnte ein marktverfügbares Ertragsmesssystem der Firma Claas-Agrocom (Claas Quantimeter) nachgerüstet werden, welches Ertragsdatenpunkte (GPS-Position, kombiniert mit je einem Ertrags- und einem Feuchtemesswert) in ausreichender Qualität und Dichte liefert.

Für den Zuckerrübenroder wird derzeit noch kein Ertragsmesssystem angeboten. Deshalb wurde nach Erkenntnissen einer 1998 von DEMMEL und ROTTMEIER durchgeführten Forschungsarbeit ein Prototypsystem zur georeferenzierten Erfassung des Ernteertrags von Zuckerrüben in die Erntemaschine integriert. Durch einen Maschinenwechsel der Rodegemeinschaft musste das System 2002 in eine neue Maschine umgesetzt werden. Dabei wurde gleichzeitig eine Erweiterung durch zusätzliche Sensoren vorgenommen.

Im ersten System wurden Sensoren zur Gewichtserfassung am Elevatorband der Maschine und zur Erfassung der Geschwindigkeit des Elevatorbandes sowie zur Detektion der Arbeitsstellung des Rodeaggregats installiert [DEMMEL, AUERNHAMMER und ROTTMEIER, 1998]. Im zweiten System wurden durch weitere Sensoren die durch die Rüben im Siebsterne verursachten Fliehkräfte und der benötigten Hydraulikdruck für den Siebsterneantrieb erfasst [SCHWENKE, DEMMEL, ROTHMUND und AUERNHAMMER, 2002]. In beiden Versionen wurden die Sensorsignale, aus welchen sich der Rübendurchsatz errechnen lässt, mit einem GPS-Empfänger gekoppelt. Mit Hilfe der Positions- und Geschwindigkeitsdaten des GPS-Empfängers konnte der flächenbezogene Ertragswert errechnet und mit der Positionsinformation abgelegt werden (Abb. 23). Eine Beschreibung der relevanten Prozesswerte aus der Ertragsdatenerfassung im Mähdrescher und im Zuckerrübenroder befindet sich in Tabelle 14.

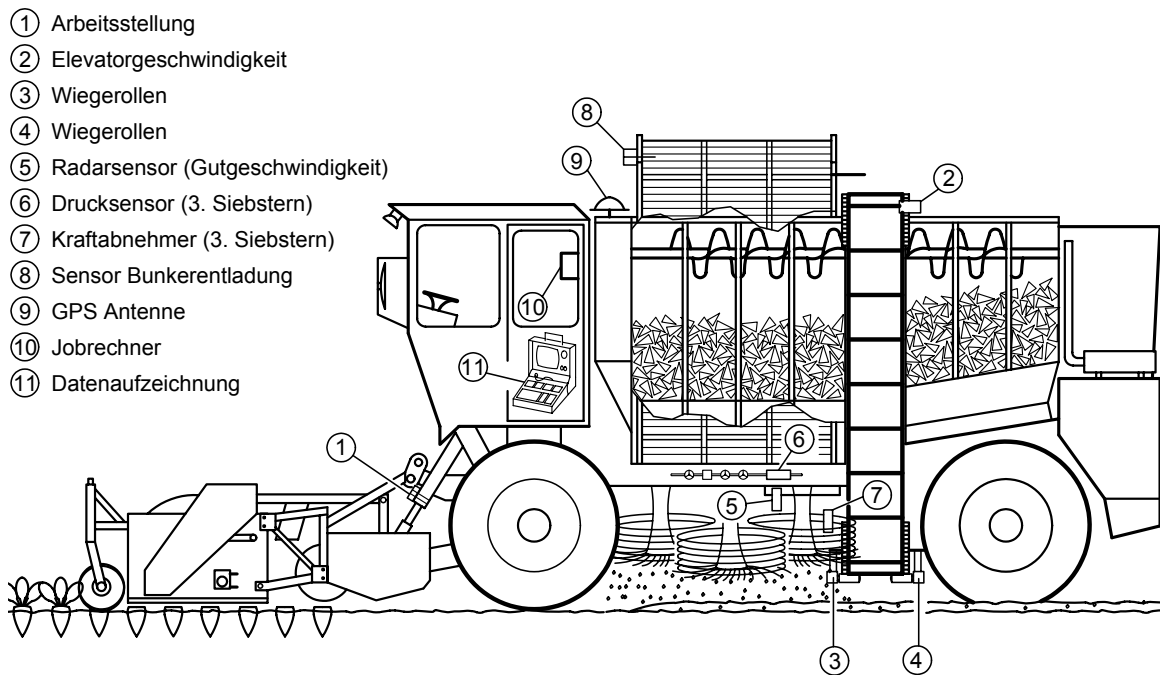


Abb. 23: Sensorik und Aufbau zur georeferenzierten Ertragsermittlung im selbstfahrenden Zuckerrübenköpfröder (erweitert nach DEMMEL und ROTTMEIER, 1998).

Bei beiden eingesetzten Ertragsmesssystemen (Mähdrescher und Zuckerrübenroder) ist die Zielgröße einer Ertragsmessung der in bestimmten Zeitabständen erfasste tatsächliche georeferenzierte Ertragswert. Dies ermöglichte die spätere Einbindung in ein Datenmanagementsystem für die Gewannebewirtschaftung auf einheitliche Weise.

Tab. 14: Herkunft, Bezeichnungen und Einheiten der auf den Erntemaschinen gewonnenen Daten im Bewirtschaftungsversuch Zeilitzheim.

Erntemaschine	Datenquelle	Bezeichnung	Einheit	Beispiel
Mähdrescher	DGPS-Empfänger	geogr. Länge (WGS 84)	Grad [°]	11,6742354
		geogr. Breite (WGS 84)	Grad [°]	48,4268255
	Bordelektronik	Datum		2001-08-02
		Zeit		12:41:05
	Ertragssensorik	Ertragswert	[t/ha]	7,84
Feuchtesensorik	Feuchtwert (Erntegut)	[%]	15,6	
ZR-Roder	DGPS-Empfänger	Datum		2002-10-15
		Zeit		11:34:21
	geogr. Länge (WGS 84)	Grad [°]	11,7854894	
	geogr. Breite (WGS 84)	Grad [°]	48,6539742	
	Geschwindigkeit	[km/h]	3,4	
	GPS-Signalqualität	(s. Tab. 13)	2	
Ertragssensorik	Ertragswert	[t/ha]	56,3	

6.2.3 Software zur Datenverarbeitung

Wie in Kapitel 6.2.2 beschrieben, liegen die aufgezeichneten Daten zeilenweise (eine Zeile für jedes Zeitintervall, unterschiedliche Prozesswerte in einer Zeile werden durch Kommata getrennt) im Textformat vor. Das für die vorliegenden Untersuchungen gewählte Zeitintervall zur Datenaufzeichnung beträgt für Traktoren und Zuckerrübenroder eine Sekunde. Die Aufzeichnungsfrequenz für die Ertragsermittlung im Mähdrescher mit dem Claas Quantimeter ist vom Hersteller mit 0,2 Hertz vorgegeben. Durch diese hohe Datendichte wird auch eine hohe räumliche Auflösung und damit eine exakte Zuordenbarkeit der Information zu den Teilschlägen erreicht. Im Folgenden ist je ein Beispiel für die drei unterschiedlichen Datenformate, jeweils bestehend aus der Kopfzeile („Header“) und drei Datenzeilen dargestellt.

Automatische Prozessdatenerfassung (Rohdatenbeispiel):

Kopfzeile: *date,time,lon,E/W,lat,N/S,alt,gpsstate,person,tname,tspeedr,tspeedth,tfuel,tfueltemp,tengrpm,tfptorpm,tfhpos,tbptorpm,tbhpos,tbhfol,tbhfor,iname,iwow,istate,iapvols,iapvola,ivar1,ivar2*

Datensatz 1: *12.7.2003,11:39:23,10.88683987,E,52.36453629,N,156.003,1,wtf,Fend930,0,0,0,255,0,0,100,0,29,32572,32110,,0x34002002,0,0,-1048582,0,0,0*

Datensatz 2: *12.7.2003,11:37:44,10.88683987,E,52.36453629,N,156.003,1,wtf,Fend930,0,0,0,255,0,0,100,0,29,32572,32110,,0x34002002,0,0,-1048582,0,0,0*

...

Datensatz n: *16.7.2003,20:43:30,10.81391335,E,52.29672623,N, 95.585,1,wtf,Fend930,3864,3836,922,255,1690,0,99,0,44,30988,30130,,0x34002002,0,1119092736,30772,90,0,0*

Ertragsermittlung im Zuckerrübenroder (Rohdatenbeispiel):

Kopfzeile: *GPS (GGA), GPS(VTG), Startzahl, Gesamtgewicht(t), Bandgewicht(kg), Durchsatz(t/h), Roder auf-ab, N-Elevator*

Datensatz 1: Zeit und Position: *\$GPGGA,103219.00,4954.288483,N,01015.128555,E,2,08,1.0,231.56,M,47.99,M,6.2,0101*4E*
 Geschwindigkeit: *\$GPVTG,271.1,T,,002.17,N,004.02,K,D*42*
 Sensordaten: *143, 0.05, 7, 0.47, 1, 1664*

Datensatz 2: Zeit und Position: *\$GPGGA,103220.00,4954.288487,N,01015.127638,E,2,08,1.0,231.61,M,47.99,M,7.2,0101*42*
 Geschwindigkeit: *\$GPVTG,264.8,T,,002.10,N,003.88,K,D*4D*
 Sensordaten: *143, 0.06, 5, 0.47, 1, 1664*

...

Datensatz n: Zeit und Position: *\$GPGGA,111446.00,4954.284869,N,01015.143880,E,2,10,1.3,232.08,M,47.99,M,8.6,0101*45*
 Geschwindigkeit: *\$GPVTG,175.4,T,,002.75,N,005.10,K,D*46*
 Sensordaten: *143, 24.77, - 3, 0.00, 0, 0*

Ertragsermittlung im Mähdrescher (Rohdatenbeispiel):

Kopfzeile: AGRO-MAP.AFT,VERSION 01.03,01,205,,Bandstauden,Mähdrusch WW,,Lexion 430,nein,
;;Ertrag,,,,,,,,;Kornfeuchte;;,0

Datensatz 1: N49.89568,E010.24585,06.4,145426,000,000,01,7,2,13.08.01,00.0

Datensatz 2: N49.89570,E010.24584,07.1,145431,000,000,01,7,2,13.08.01,00.0

...

Datensatz n: N49.89723,E010.24684,09.9,200313,000,000,01,7,2,13.08.01,12.9

Die Kopfzeilen definieren jeweils die Inhalte der nachfolgenden Datenzeilen. Das Erfassungssystem des Rübenrodgers übernimmt direkt die Ausgabestrings des GPS-Empfängers gemäß dem NMEA-Standard, welche die benötigte Positions-, Datums- und Zeitinformation enthalten, und verknüpft diese mit den ermittelten Ertragssensordaten. Die Systeme der Traktoren und des Mähdreschers nehmen eine Vorverarbeitung der GPS-Daten vor und integrieren die Information in die Ertragssensordaten. Der standardisierte Aufbau der einzelnen Datenformate ermöglicht eine spätere Datenverarbeitung mit Auswerteroutinen.

Aufgrund des Umfangs kam eine manuelle Auswertung der erzeugten Daten nicht in Frage. Für die Ablage und Analyse der Prozessdaten wurde eine Microsoft Access Applikation (IMl_{lyzer}) entwickelt [ROTHMUND, DEMMEL und AUERNHAMMER, 2003a; ROTHMUND, DEMMEL und AUERNHAMMER, 2003a]. Dies ermöglichte für die weitere Datenanalyse den komfortablen Zugriff mittels der Datenbankabfragesprache SQL. Den speziellen Anforderungen an die Datenauswertung und das Management in der Gewannebewirtschaftung wurde durch ein zusätzliches Softwaremodul innerhalb der Anwendung IMl_{lyzer} Rechnung getragen.

Neben der wissenschaftlichen Datenanalyse musste auch die Abrechnung der durchgeführten Arbeiten und die Zuteilung der geernteten Erträge für die beteiligten Landwirte durchgeführt werden. Dies wurde durch das Aufsetzen einer Benutzeroberfläche auf die entwickelte Access Applikation ermöglicht. Nach Einlesen der Rohdaten konnten dort auf Knopfdruck (sowohl für ein gesamtes Gewinn als auch für die einzelnen Teilschläge) Summen von Arbeitszeiten, Applikations- und Erntemengen ausgegeben werden. Außerdem war durch das zusätzliche Ablegen von Preisinformationen auch das Erstellen von Abrechnungen für die beteiligten Landwirte möglich.

Bei der Zuteilung der Prozessinformation auf die Teilschläge konnten unterschiedliche Korrekturalgorithmen einbezogen werden (Kap. 6.5.3). In Abbildung 24 werden beispielhaft der Startbildschirm sowie eine teilschlagbezogene Datenauswertung mit dem entwickelten Microsoft Access Modul für das Gewannebewirtschaftungsmanagement gezeigt.

Hauptmenü

Gewannebewirtschaftung Zeilitzheim

Übersicht aller Erntemaßnahmen

Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim
vom 01.07.2002 bis 31.08.2002

Datum	Landwirt	Schlag	Fläche (ha)		Fruchtart	Erntejahr	Ertrag t/ha	Feuchte %	Menge t
			Kat.	geerntet					
10.08.2002	Reltner	Hausacker	2,2	2,20	Winterweizen	2002	7,2	12,2	15,5
10.08.2002	Rath	Hausacker	3,15	3,15	Winterweizen	2002	7,4	12,4	23,0
10.08.2002	Kukul	Hausacker	1,6	1,60	Winterweizen	2002	7,3	12,2	11,5
29.07.2002	Moslein	Hegern	1,04	1,04	Winterweizen	2002	7,3	11,8	7,4
29.07.2002	Herbert	Hegern	0,73	0,73	Winterweizen	2002	7,7	11,5	5,5
29.07.2002	Herbert	Hegern	1,16	1,16	Winterweizen	2002	7,2	12,1	8,1
29.07.2002	Brescher	Hegern	2,92	2,92	Winterweizen	2002	8,6	11,9	25,0
29.07.2002	Danzberger	Hegern	0,87	0,87	Winterweizen	2002	8,3	11,9	7,3

Abb. 24: IMI_{lyzer} – Softwaremodul für die Prozessdatenauswertung in der Gewannebewirtschaftung.

6.3 Versuchsplanung

Nachdem mit der Gemarkung Zeilitzheim ein geeigneter Versuchsstandort für die Durchführung eines praxisnahen Versuchs in der Gewannebewirtschaftung gefunden war (Kap. 6.1), wurde ein Versuchskonzept zur Erprobung der technischen Möglichkeiten zum Management in der Gewannebewirtschaftung erstellt. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Verbundforschungsprojekts pre agro¹ durchgeführt. Im Fokus standen dabei die Automatisierbarkeit der georeferenzierten Erfassung und teilschlagbezogenen Verarbeitung von Prozessdaten als Grundlage für arbeitssparende Abrechnungssysteme zum einfachen Management der Gewannebewirtschaftung.

6.3.1 Bildung der Versuchsgewanne

Nach intensiven Bemühungen konnten in der Gemarkung Zeilitzheim drei Versuchsgewanne mit insgesamt 21 Hektar Fläche gebildet werden. Dies war gleichzeitig die erforderliche Mindestanzahl, um die Versuche mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsvarianten wie geplant durchführen zu können. Im ganzen haben dabei sieben Landwirte Einzelschläge in unterschiedlicher Anzahl eingebracht. Abbildung 25 zeigt die Lage der drei Versuchsgewanne. Ebenfalls im Bild erkennbar ist das Wegenetz und die daraus resultierende Größe der einzelnen Gewanne bei einer flächendeckenden Umsetzung der Gewannebewirtschaftung.

¹ Verbundprojekt pre agro, Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau, 1999 bis 2002, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BmBF). Hier: Teilprojekt I-3, Micro-Precision Farming

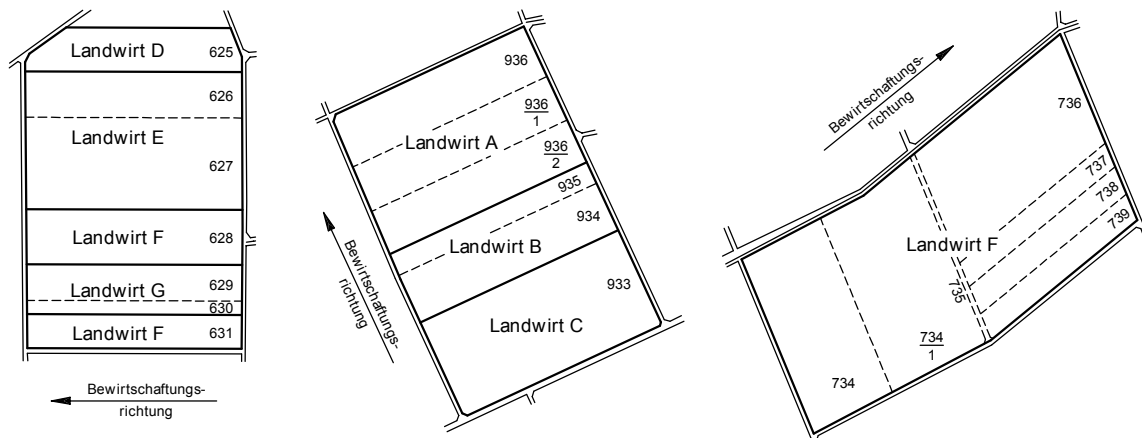


Abb. 26: Flurstücks- und Nutzungsstruktur der Versuchsgewanne in Zeilitzheim.

Durch die Gewannebildung wurde die Bewirtschaftungsrichtung (jeweils in Längsrichtung des Gewanns) verändert. Hierdurch verringerte sich die Vorgewendefläche erheblich. Auf den Gewannen Hausäcker und Hegern reduzierte sich die Vorgewendefläche um jeweils 32 Prozent bezogen auf die vorherige Bewirtschaftung in Streifen quer zur Gewinn-Längsseite. Im Gewinn Bandstauden reduzierte sich das Vorgewende bezogen auf eine Einzelbewirtschaftung der sechs vorhandenen Flurstücke sogar um 65 Prozent, da die Flurstücke in unterschiedlicher Bearbeitungsrichtung im Gewanne lagen. Die Berechnungen zur Veränderung der Vorgewendefläche sind in Tabelle 15 enthalten. Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass sich zwar die Vorgewendeflächen insgesamt erheblich reduzieren, es jedoch auf einzelnen Teilschlägen durch die Gewannebildung zu einem Anstieg der Vorgewendeanteile kommen kann.

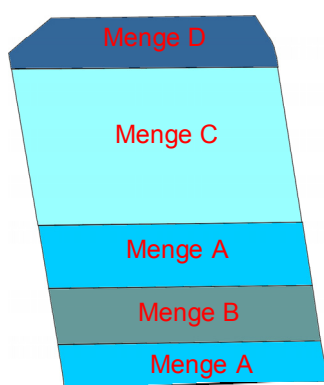
Auf jedem der drei Gewanne wurde eine der in Kapitel 5.2 beschriebenen Bewirtschaftungsstrategien umgesetzt (Abb. 26). Dabei entstanden im wesentlichen Unterschiede bei Aussaat und Düngung. Auf dem Gewinn Hausäcker wurde die einheitliche Produktionsstrategie (Kap. 5.2.2) verwirklicht und auf dem Gewinn Hegern die besitzorientierte Produktionsstrategie (Kap. 5.2.1), das bedeutet Saatgut- und Düngemenge wurden nach Erfahrungswerten der einzelnen Landwirte appliziert. Auf dem Gewinn Bandstauden wurde die standortorientierte Produktionsstrategie (Kap. 5.2.3) realisiert, das heißt es wurden Managementzonen nach zuvor abgeleiteten Standortpotenzialen gebildet und unterschiedlich behandelt (Abb. 27).

Tab. 15: Veränderung der Vorgewendeflächen auf den Versuchsschlägen durch Gewinnbildung.

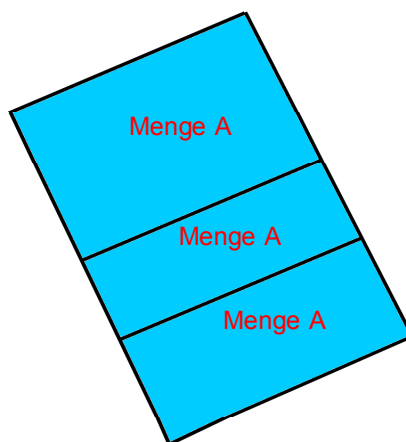
Gewinn	Hausäcker			Hegern					Bandstauden					
	A	B	C	D	E	F1	G	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Landwirt														
Breitseite [m]	217			216					82	102	182			
Längsseite [m]	147	71	102	43	137	52	51	33	197	114	26	30	27	
Fläche [ha]	3,19	1,54	2,21	0,80	2,96	1,12	1,10	0,71	1,62	2,01	2,07	0,47	0,55	0,49
Vorbeet alt [ha]	0,35	0,17	0,24	0,10	0,33	0,12	0,12	0,08	0,20	0,47	0,44	0,06	0,07	0,06
Vorbeet alt [%]	11	11	11	13	11	11	11	11	12	23	21	13	13	12
Ø Vorbeet alt [%]	11			11					18					
Vorbeet neu [ha]	0,26	0	0,26	0,26	0	0	0	0,26	0,24	0	0,14	0,03	0,04	0,03
Vorbeet neu [%]	8	0	12	33	0	0	0	37	15	0	7	6	7	6
Ø Vorbeet neu [%]	7			8					7					
Anteil von alt [%]	74	0	106	251	0	0	0	327	120	0	31	50	50	50
Ø Anteil von alt [%]	68			68					36					

Gewinn „Hegern“

(6,72 ha)

besitzorientierte
BewirtschaftungGewinn „Hausäcker“

(6,95 ha)

einheitliche
BewirtschaftungGewinn „Bandstauden“

(7,21 ha)

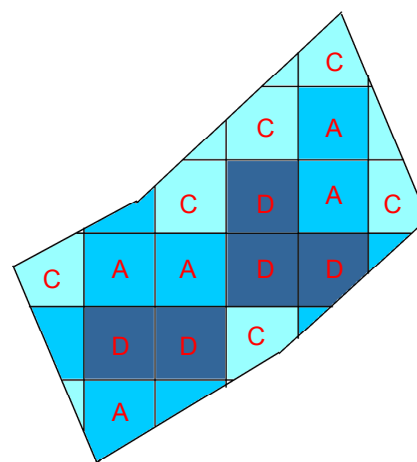
standortorientierte
Bewirtschaftung

Abb. 27: Schematische Darstellung der Verteilung von Saatgut- und Düngemittelapplikation in unterschiedlichen Produktionsstrategien auf den Versuchsgewinnen.

6.3.2 Datenerfassung und Datenauswertung

Für die Datenerfassung und –auswertung ergaben sich innerhalb des Versuchs keine Unterschiede bezüglich der Produktionsstrategien (Kap. 6.3.1). Sämtliche durchgeführten Arbeiten mit Traktoren wurden mit dem automatischen Prozessdatenerfassungssystem dokumentiert. Die anfallenden Daten wurden jeweils bei Besuchen der Projektbetriebe etwa alle drei bis vier Wochen ausgelesen und über den Büro-PC eines der mitwirkenden Landwirte an einen Server des Fachgebiets Technik im Pflanzenbau übertragen. Dort

erfolgte die weitere Datenanalyse. Die Datenspeicherkapazität der eingesetzten Speichermedien wurde hierfür ausreichend groß gewählt. Eine Bedienung des Systems zur Datenübertragung durch die Landwirte selbst erschien zwar möglich, wurde aber aufgrund der Bedeutung der erfassten Versuchsdaten für das Gesamtprojekt verworfen.

Bei Erntearbeiten fand immer eine ‚vor Ort Betreuung‘ der Systeme statt und die Erntedaten wurden direkt übernommen und analysiert. Dabei wurde anfangs auf manuelle Auswertungen mit Hilfe von GIS-Software zurückgegriffen, da diese eine Visualisierung der räumlichen Zusammenhänge in den Daten ermöglicht.

Die Entwicklung der Microsoft Access Applikation zur teilschlagorientierten Datenauswertung und Abrechnung sowohl von Ernte- als auch von Bearbeitungsmaßnahmen (Kap. 6.2.3) erfolgte parallel anhand der sich aus der Produktion ergebenden Anforderungen. Eine Installation dieses Systems auf einem PC der beteiligten Landwirte erfolgte jedoch nicht. Die Handhabung der Prototypen zur Datenerfassung und –auswertung ohne Betreuung des Entwicklers barg dafür ein zu hohes Risiko des Datenverlustes.

Um diese Risiken des Datenverlustes und der Fehlbedienung von Software zu minimieren und gleichzeitig einen effektiven und einfachen Umgang mit den Daten seitens des Managements zu ermöglichen, wurde alternativ ein Web basiertes Datenmanagementsystem für die Gewannebewirtschaftung entwickelt, welches später erläutert wird (Kap. 6.6). Dieses wurde im Rahmen des Projektes nur für die Prozessdaten von traktorbebundenen Arbeiten, nicht jedoch für Erntearbeiten mit selbstfahrenden Maschinen realisiert.

Denn während die Weiterentwicklung der automatischen Prozessdatenerfassung für Traktor-Geräte-Kombinationen und zugehöriger Datenverarbeitungssysteme Bestandteil der Untersuchungen war, wurde die zeitaufwendige Entwicklung von Importfiltern und Auswerterroutinen für die proprietären Datenerfassungssysteme eines Mähdrescherherstellers nicht als zielführend angesehen. Auf dem Gebiet der Ertragsdatenerfassung müssten zunächst Standardisierungsbestrebungen stattfinden, um einheitlich verarbeitbare und interpretierbare Datensätze von verschiedenen Herstellern von Erntemaschinen zu erhalten. Danach sollte die Integration dieser Datenströme in ein Web basiertes Datenmanagementsystem erfolgen.

6.4 Durchführung der Gewannebewirtschaftung

Wie zuvor beschrieben, sollten alle durchgeführten Maßnahmen während des Versuchszeitraumes mit der automatischen Prozessdatenerfassung bzw. mit Ertragsdatenerfassung dokumentiert werden. Tabelle 16 enthält eine gewanneweise chronologische Übersicht aller durchgeführten Maßnahmen auf den drei Versuchsgewannen im Versuchszeitraum. Bei einigen Maßnahmen konnte aufgrund technischer Ausfälle keine Datenerfassung erfolgen.

Auf dem Gewinn Hegern wurden die Aussaat und die Düngung nach der ‚besitzorientierten Strategie‘ durchgeführt. Das heißt, die Landwirte sind vor der Saat von Winterweizen (30.10.2001) und vor der zweiten Gabe von Stickstoffdünger (5.4.2002) zu ihrer üblichen Bemessung der Applikationsmenge befragt worden. Die ermittelten Werte wurden teilflächenspezifisch bei der Ausbringung, wie bereits in Abbildung 27 dargestellt, appliziert.

Auf dem Gewinn Hausäcker erfolgte keine Differenzierung der Aussaat- und Düngemenge auf den Teilschlägen der einzelnen Nutzer. Alle Maßnahmen wurden mit einheitlichen Einstellungen durchgeführt. Daher war hier kein Einsatz teilflächenspezifischer Applikationstechnik oder eine manuelle Änderung der Geräteeinstellungen während der Bearbeitung nötig.

Auf dem Gewinn Bandstauden wurde exemplarisch die ‚standortorientierte Strategie‘ angewendet. Dazu wurden aus den Ergebnissen der Ertragskartierung bei der Winterweizenernte 2001 (Kap. 6.5.2) und weiteren Erkenntnissen aus umfangreichen Untersuchungen zur Standortcharakterisierung in pre agro¹, Hoch- und Niedrigertragszonen gebildet. Dem gemäß wurden bei der Zuckerrübensaat unterschiedliche Aussaatstärken gewählt (Abb. 28). Die Bildung der Ertrags- oder Managementzonen erfolgte nach dem, zu diesem Zeitpunkt vorliegenden, aber noch nicht ausreichend überprüften, Kenntnisstand der Auswirkung von Standortunterschieden auf die anzustrebende Pflanzendichte und Düngemenge bei Zuckerrüben.

¹ Verbundprojekt pre agro, Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau, 1999 bis 2002, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BmBF). Hier: Projektbereich II (Standort- und Bestandesanalyse) und Projektbereich III (Management in der Informationsverarbeitung)

Tab. 16: Übersicht durchgeführter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsgewannen im Versuchszeitraum.

Gewann	Saison	Frucht	Datum	Maßnahme	Prozessdaten vorhanden
Hausäcker	99/00	Zuckerrüben	10.2000	Ernte	ja
	00/01	Winterweizen	01.08.2001	Ernte	ja
			02.08.2001	Bodenbearbeitung	ja
	01/02	Winterweizen	03.10.2001	Bodenbearbeitung	ja
			11.10.2001	Saat	ja
			09.03.2002	Düngung	ja
			30.03.2002	Pflanzenschutz	ja
			05.04.2002	Düngung	ja
			11.04.2002	Pflanzenschutz	nein
			16.05.2002	Pflanzenschutz	nein
			23.05.2002	Düngung	nein
			03.06.2002	Pflanzenschutz	ja
			10.08.2002	Ernte	ja
	02/03	Zuckerrüben	28.08.2002	Bodenbearbeitung	ja
			30.08.2002	Pflanzenschutz	ja
			17.09.2002	Bodenbearbeitung	ja
	Hegern	00/01	Zuckerrüben	20.10.2001	Ernte
01/02		Winterweizen	30.10.2001	Saat	ja
			09.03.2002	Düngung	ja
			04.04.2002	Pflanzenschutz	ja
			05.04.2002	Düngung	ja
			23.05.2002	Düngung	nein
			03.06.2002	Pflanzenschutz	ja
			29.07.2002	Ernte	ja
02/03		Wintergerste	09.08.2002	Bodenbearbeitung	ja
			14.09.2002	Bodenbearbeitung	ja
			02.10.2002	Saat	ja
Bandstauden	00/01	Winterweizen	13.08.2001	Ernte	ja
			14.08.2001	Bodenbearbeitung	ja
	01/02	Zuckerrüben	11.09.2001	Bodenbearbeitung	ja
			17.10.2001	Bodenbearbeitung	ja
			04.2002	Saat	nein
			04.2002	Pflanzenschutz	nein
			02.05.2002	Pflanzenschutz	ja
			10.05.2002	Düngung	ja

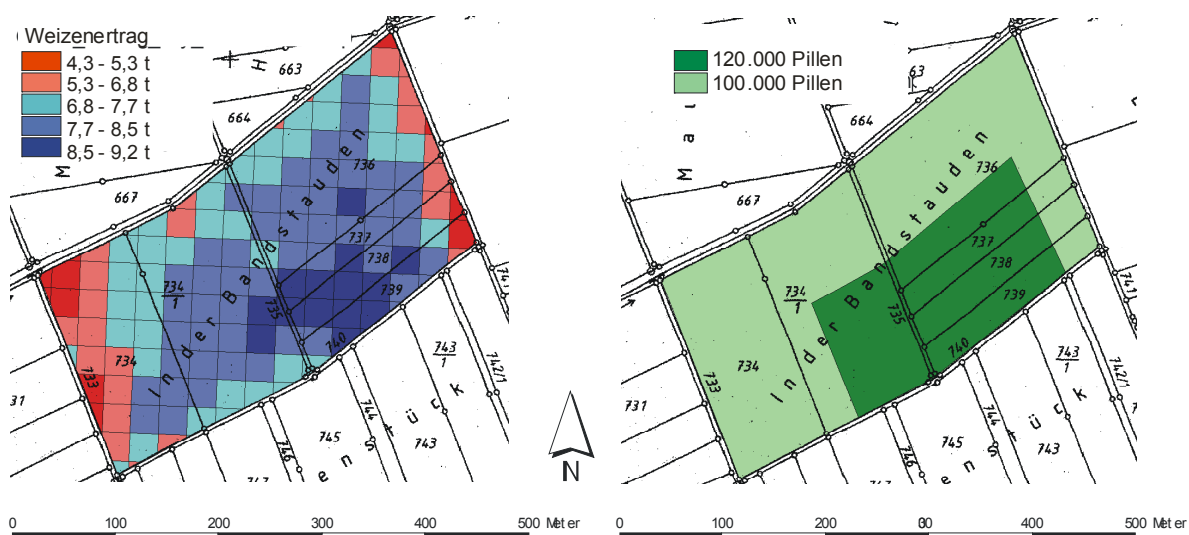


Abb. 28: Winterweizenertrag und Saatstärke bei darauf folgenden Zuckerrüben auf dem Gewann Bandstauden (2001/2002).

6.5 Ergebnisse der Gewannebewirtschaftung

Primäres Ziel des Bewirtschaftungsversuchs in Zeilitzheim war zunächst, die einzusetzende Technik für die Datenerfassung und -verarbeitung weiterzuentwickeln und zu erproben. Danach sollten einerseits die getroffenen Annahmen und die durchgeführten Kalkulationen zur Wirtschaftlichkeit anhand real erfasster Daten überprüft (Abb. 29), zum anderen ebenfalls anhand der bei der Bewirtschaftung erfassten Daten untersucht werden, inwieweit Korrekturen für die besizorientierte Abrechnung benötigt würden. Gegebenenfalls sollten geeignete Korrekturalgorithmen entwickelt werden (Kap. 6.5.3 und Kap. 6.5.4). Die Notwendigkeit von Datenkorrekturen könnte sich dabei in erster Linie durch die sich verändernden Vorgewendeanteile bei den einzelnen Landwirten nach der Gewannebildung ergeben. Weiterhin galt es, umweltrelevante Effekte, beispielsweise durch die Einsparung von Vorgewendeflächen, zu quantifizieren. Da dies rein kalkulatorisch erfolgt, wurde dies bereits abgehandelt (Tab. 15). Ebenfalls umweltrelevant ist die Einsparung von Wegezeiten, die im Folgenden anhand der Bewirtschaftung der drei Versuchsgewanne quantifiziert wird (Tab. 17). Die durchgeführten Arbeiten zur Erosionsprognose (Kap. 5.4.5) und zur Landschaftsgestaltung und -nutzung (Kap. 5.4.6) wurden bereits vorgestellt.

6.5.1 Arbeitserledigung

Ein direkter Vergleich benötigter Arbeitszeiten und daraus entstehender Kosten zwischen den Einzelschlägen oder Teilschlägen vor und nach der Gewannebildung kann an dieser Stelle nicht gezogen werden, da im Vorfeld der Gewannebewirtschaftung keine Datener-

fassung auf den selben Flächen stattgefunden hat. Allerdings wurden die installierten Datenerfassungssysteme bei einem der beteiligten Landwirte im Versuchszeitraum nicht nur bei der Arbeit auf den Gewannen, sondern während des gesamten Traktoreinsatzes genutzt. Auf diese Weise konnten erstmals Unterschiede zwischen der Bewirtschaftung kleiner und großer Schläge anhand im Arbeitseinsatz erfasster Daten nachvollzogen werden.

Während des Versuchszeitraums war es nicht möglich, für alle zu untersuchenden Arbeitsverfahren (Bodenbearbeitung, Saat, Pflanzenschutz und Düngung) ausreichend viele Datensätze zu gewinnen, um Unterschiede statistisch absichern zu können. Jedoch bestätigt der Trend, der sich aus Abbildung 29 ergibt, die durchgeführten Kalkulationen über den benötigten Zeitaufwand auf kleinen und großen Schlägen. Verglichen werden Maßnahmen in verschiedenen Arbeitsverfahren, die jeweils auf Schlägen unter einem Hektar, von ein bis drei Hektar und über drei Hektar Größe durchgeführt wurden. Bei der vorhandenen Arbeitsbreite der Leitmechanisierung von drei Metern fällt vor allem der eklatante Unterschied in der tatsächlich benötigten Arbeitszeit zwischen sehr kleinen Schlägen von unter einem Hektar und der folgenden Kategorie von Schlägen über einem Hektar Größe auf. In der Darstellung sind nur die reinen Feldarbeitszeiten, bestehend aus Rüstzeit auf dem Feld, tatsächlicher Arbeitszeit (Hauptzeit) und Wendezeit berücksichtigt.

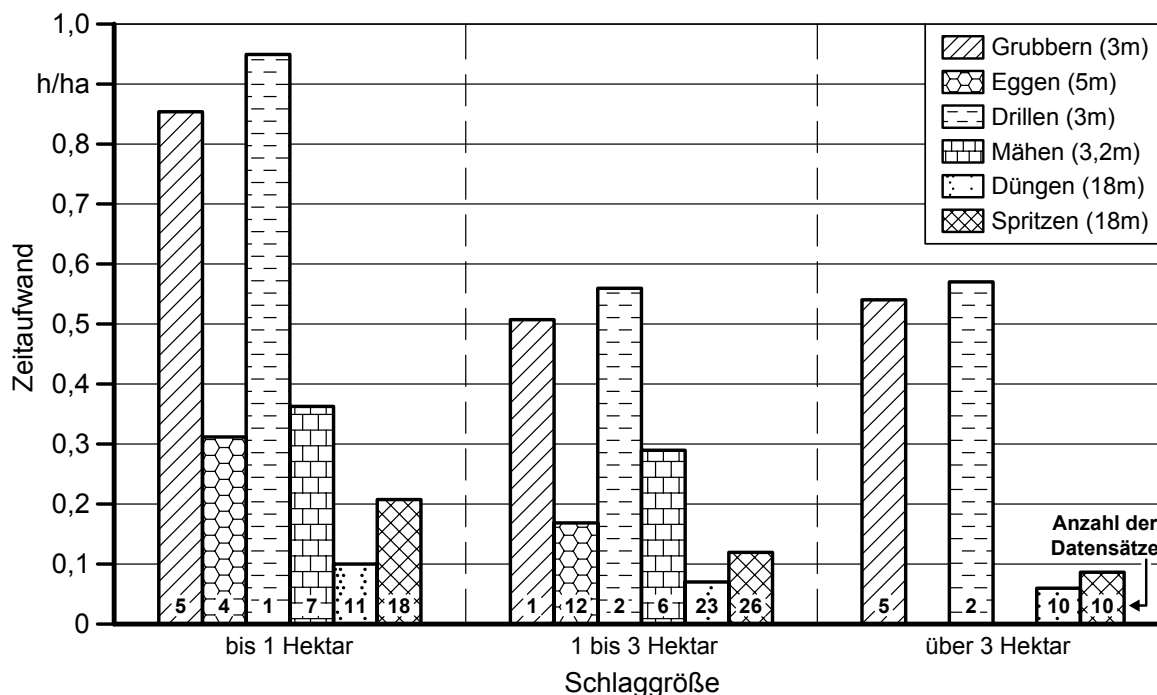


Abb. 29: Zeitaufwand für verschiedene Arbeiten auf Schlägen unterschiedlicher Größe in Zeilitzheim.

Daneben können für die Gewanne Hausäcker und Hegern die Weg- und Zeitersparnis aufgrund der Gewannebildung errechnet werden. Auf beiden Gewannen wird in der Sai-

son 2001/2002 die gesamte traktorgebundene Arbeit von einem der beteiligten Landwirte erledigt. Die Entfernung der Hofstelle des Landwirts zu den Gewannen beträgt 2,2 beziehungsweise 2,3 Kilometer. Für jede Maßnahme müssen die Gewanne nur einmal angefahren werden. Im ursprünglichen Zustand wurde das Gewinn Hausäcker von drei Landwirten mit Hof-Feld Entfernungen von 1,8 bis 2,0 Kilometer und das Gewinn Hegern von vier Landwirten mit Hof-Feld Entfernungen von 1,6 bis 2,2 Kilometern angefahren. Es ergeben sich die in Tabelle 17 dargestellten Einsparungseffekte für Fahrweg, Fahrzeit und Kraftstoffverbrauch bei der Feldanfahrt von 61 Prozent für das Gewinn Hausäcker und 71 Prozent für das Gewinn Hegern gegenüber der Ausgangssituation.

Tab. 17: Weg- und Zeitersparnis bei der Feldanfahrt im Vergleich von Einzelschlag- und Gewannebewirtschaftung für die Gewanne Hausäcker und Hegern in Zeilitzheim in der Saison 2001/2002 bei einer Feldanfahrtsgeschwindigkeit von 20 km/h.

Gewinn	Hausäcker		Hegern	
Anzahl der Nutzer	3		4	
<i>Bewirtschaftungsweise</i>	<i>Einzelschlag</i>	<i>Gewinn</i>	<i>Einzelschlag</i>	<i>Gewinn</i>
Hof-Feld Entfernung [km]				
Landwirt 1	2,0	2,2	1,9	2,3
Landwirt 2	1,9		2,2	
Landwirt 3	1,8		2,2	
Landwirt 4			1,6	
Strecke/Maßnahme [km]	5,7	2,2	7,9	2,3
Anzahl Maßnahmen	10		7	
Strecke gesamt [km]	57,0	22,0	55,3	16,1
Zeitaufwand [h]	2,85	1,10	2,77	0,81
Reduzierung [%]		61		71

6.5.2 Produktion und besitzorientierte Abrechnung

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse aus den durchgeführten Messungen bei Anbau und Ernte auf den drei Versuchsgewannen vorgestellt. Im Vordergrund stehen dabei nicht mögliche pflanzenbauliche Interpretationen der erfassten Daten und erstellten Kartierungen. Vielmehr soll aufgezeigt werden, in welcher Weise differenzierte Abrechnungsmodelle auf dieser Datengrundlage aufbauen können.

Anbau- und Pflegemaßnahmen

Zunächst erfolgt eine Übersicht der durchgeführten traktorgebundenen Maßnahmen auf den Gewannen Hausäcker und Hegern in der Saison 2001/2002 (Tab. 18). Beide waren mit Winterweizen bestellt.

Die dargestellten Einsatzzeiten ergeben sich aus den Aufenthaltszeiten der Maschinen auf den Teilschlägen. Diese lassen sich aus den Daten der automatischen Prozessdatenerfassung in Verbindung mit den Teilschlagumrissen im Gewinn errechnen. Dabei können unterschiedliche Stand- und Befüllzeiten sowie auch unterschiedliche Wendezeitan-teile auf den Flächen der einzelnen Landwirte entstehen, die jeweils nicht ausschließlich am Ort des Auftretens verursacht werden. Deshalb bedürfen diese Zeitanteile einer nach-träglichen Korrektur (Kap. 6.5.3).

Tab. 18: Übersicht der traktorgebundenen Bearbeitungsmaßnahmen auf den Gewannen Hausäcker und Hegern in der Saison 2001/2002.

Maßnahme	Datum	<i>Feldarbeitszeiten auf dem Gewinn Hausäcker</i>					
Landwirt		A	B	C	gesamt		
Grubbern	03.10.2001	1,53	0,67	1,22	3,42		
Saat	11.10.2001	1,33	0,64	1,57	3,54		
Düngung	09.03.2002	0,12	0,06	0,13	0,31		
Pflanzenschutz	30.03.2002	0,28	0,13	0,37	0,78		
Düngung	05.04.2002	0,12	0,06	0,13	0,31		
Pflanzenschutz	11.04.2002	keine Daten					
Pflanzenschutz	16.05.2002	keine Daten					
Düngung	23.05.2002	keine Daten					
Pflanzenschutz	03.06.2002	0,20	0,10	0,16	0,46		
Grubbern	28.08.2002	1,57	0,71	1,14	3,42		
	gesamt	5,15	2,37	4,72	12,24		
		<i>Feldarbeitszeiten auf dem Gewinn Hegern</i>					
Landwirt		D	E	F(I)	G	F(II)	gesamt
Saat	30.10.2001	0,48	1,59	1,36	0,59	0,41	4,43
Düngung	09.03.2002	0,06	0,09	0,17	0,07	0,05	0,44
Pflanzenschutz	04.04.2002	0,10	0,15	0,29	0,08	0,08	0,70
Düngung	05.04.2002	0,05	0,18	0,07	0,05	0,04	0,39
Düngung	23.05.2002	keine Daten					
Pflanzenschutz	03.06.2002	0,06	0,18	0,07	0,08	0,07	0,46
Grubbern	09.08.2002	0,41	0,78	0,35	0,28	0,38	2,20
	gesamt	1,16	2,97	2,31	1,15	1,03	8,62

Aus den Daten lassen sich Kartierungen verschiedener Prozessparameter erstellen, die als zusätzliche Korrekturfaktoren für die Abrechnung der Maßnahmen dienen können. So konnte bei der Bodenbearbeitung die aufgewendete Zugkraft erfasst und kartiert werden.

Abbildung 30 zeigt eine Kartierung der Messpunkte bei der Bodenbearbeitung mit dem Flügelschargrubber auf dem Gewinn Hausäcker. Unterschiedliche Zugkräfte (gemessen in kN) sind dabei durch Farbabstufungen gekennzeichnet.

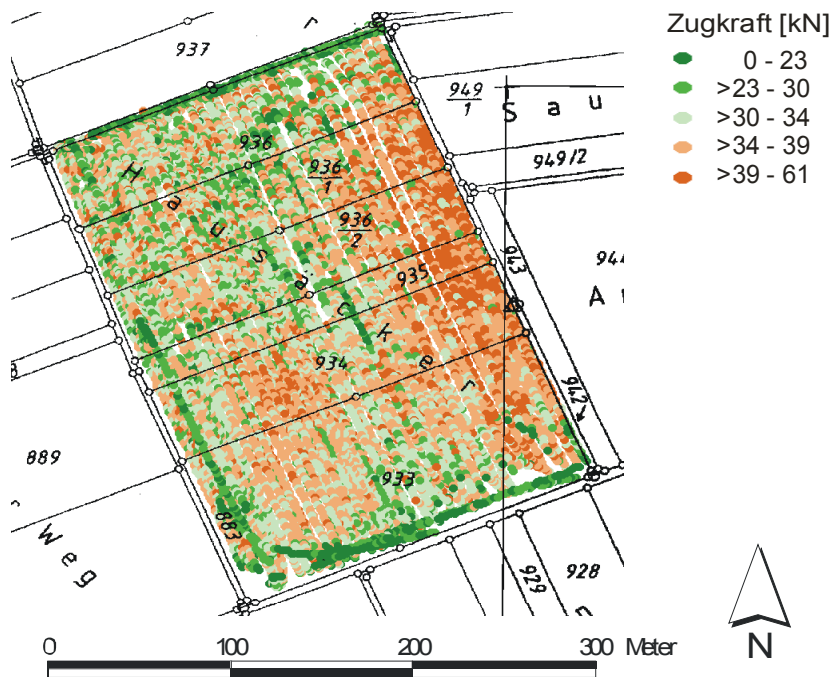


Abb. 30: Zugkraftmesswerte beim Grubbern auf dem Gewinn Hausäcker am 02.08.2001.

Abbildung 31 zeigt die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Zugkraftwerte an den erfassten Datenpunkten aus Abbildung 30.

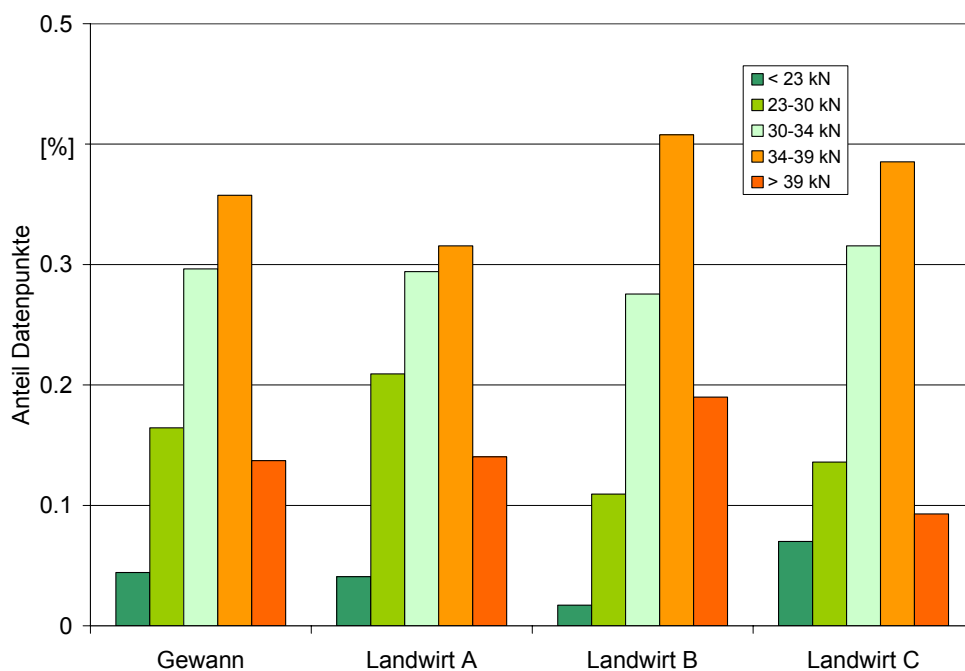


Abb. 31: Häufigkeitsverteilung der erfassten Zugkraftwerte [kN] auf dem Gewinn Hausäcker und auf den Teilschlägen beim Grubbern am 02.08.2001.

Weiterhin können auf Basis der erfassten Zugkraftmesswerte deren Mittelwerte und Standardabweichungen für das gesamte Gewinn, wie auch für die einzelnen Teilschläge berechnet werden (Tab. 19). Durch einen Vergleich der teilschlagbezogenen Mittelwerte mit dem Mittelwert des Gewinns lassen sich dabei die Unterschiede zwischen den Teilschlägen herausarbeiten. In Tabelle 19 ist mit der Arbeitsgeschwindigkeit noch ein weiterer Prozessparameter auf die gleiche Weise dargestellt.

Tab. 19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Zugkraft- und Geschwindigkeitsmesswerte auf dem Gewinn Hausäcker und auf den Teilschlägen sowie Abweichungen der Teilschläge vom Gesamtmittelwert.

	Gewinn	Landwirt A	Landwirt B	Landwirt C
Zugkraft Mittelwert [kN]	34,1	33,8	35,5	33,5
Zugkraft Standardabw. [kN]	5,6	5,7	4,8	5,7
<i>Abweichung vom Gewinnemittelwert [%]</i>		-1	+4	-2
Geschwindigkeit Mittelwert [km/h]	8,37	7,91	8,73	8,75
Geschwindigkeit Standardabw.g [km/h]	0,89	0,92	0,61	0,75
<i>Abweichung vom Gewinnemittelwert [%]</i>		-5	+4	+4

Diese Information kann beispielsweise Hinweise auf unterschiedliche Bodenverhältnisse und damit auf unterschiedlichen Kraftstoffverbrauch und unterschiedlichen Verschleiß der Bodenbearbeitungswerkzeuge liefern. Im berechneten Beispiel fällt auf, dass auf dem Teilschlag von Landwirt A eine niedrigere Arbeitsgeschwindigkeit realisiert wurde als auf den anderen beiden Teilschlägen. Dies ist durch ein etwas schwierigeres Terrain bezüglich der Hangneigung zu erklären. Dagegen ist bei Landwirt B der Zugkraftbedarf höher als bei Landwirt C, obwohl dort die gleiche Geschwindigkeit gefahren wurde. Dies entspricht den dort vorherrschenden schwereren Bodenverhältnissen. Die geringere Standardabweichung der Zugkraftmesswerte auf dem Teilschlag des Landwirts B könnte auf homogenere Bodenverhältnisse hindeuten, ist aber in diesem Fall eher dadurch zu begründen, dass der Teilschlag in der Mitte des Gewinns liegt, also kaum Beschleunigungsvorgänge bei der Bearbeitung anfallen.

Eine ähnliche Verfahrensweise und Interpretation ist auch mit anderen Prozesswerten vorstellbar. Inwieweit diese für eine Abrechnungskorrektur verwendbar sind und auf welche Weise diese Korrekturberechnungen durchgeführt werden könnten, wurde in dieser Arbeit nicht näher beleuchtet und sollte Bestandteil zukünftiger Untersuchungen sein.

Erntemaßnahmen

In den Erntejahren 2001 und 2002 wurden alle Erntemaßnahmen (Winterweizen- und Zuckerrübenenernte) durch Ertragsmesssysteme erfasst. Die Ertragskartierung des Gewanns Bandstauden war dabei vor allem für die Ableitung der Managementzonen für den folgenden Zuckerrübenanbau von Interesse (Kap. 6.4). Die Daten der 2002 durchgeführten Ertragsmessung im Zuckerrübenroder auf dem Gewinn Bandstauden können nicht verwendet werden, da die Qualität der Messergebnisse des Prototypsystems aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse bei der Ernte in Verbindung mit der Querneigung des Schlages unzureichend war. Die Ergebnisse der Ernten werden nun chronologisch abgehandelt.

In Tabelle 20 sind die gemessenen Erträge der Winterweizenernte 2001 auf den Gewannen Hausäcker und Bandstauden sowie die korrigierten Hektarerträge auf den Teilschlägen und die jeweils zugeteilten Gesamtmengen dargestellt. Die korrigierten Ertragswerte werden berechnet, indem die gemessene Gesamterntemenge der anschließend auf einer Fuhrwerkswaage gewogenen Gesamterntemenge gegenübergestellt wird. Hieraus lassen sich die mittlere Abweichung des Messsystems berechnen und alle gemessenen Ertragswerte um diesen Faktor korrigieren. Die aus der Ertragsmessung beispielhaft abgeleitete Kartierung des Winterweizenertrages auf dem Gewinn Bandstauden wurde bereits in Abbildung 28 beschrieben.

Tab. 20: Übersicht der gemessenen und korrigierten Winterweizenerträge auf dem Gewannen Hausäcker und Bandstauden im Erntejahr 2001.

Gewinn	Hausäcker				Bandstauden F (=gesamt)
	A	B	C	gesamt	
Landwirt					
Ertragsmessung [t/ha]	8,25	8,17	8,99	8,47	9,16
<i>Korrekturfaktor (ermittelt durch Gegenwiegen der Gesamtmenge)</i>				0,96	0,99
Korrigierter Ertrag [t/ha]	7,94	7,87	8,66	8,15	9,08
Relativer Ertrag [%]	97,4	96,5	106,3	100,0	100,0
Fläche im Gewinn [ha]	3,15	1,60	2,20	6,95	7,21
zugeteilte Erntemenge [t]	25,01	12,59	19,05	56,65	65,47

Aus dem für jeden Teilschlag berechneten korrigierten Hektarertrag lässt sich durch Multiplikation mit der jeweiligen Flächengröße die Erntemenge für jeden Landwirt (zugeteilte Erntemenge) ermitteln. In der Summe müssen die berechneten Teilschlagerntemengen der gewogenen Gesamterntemenge des Gewanns entsprechen. Zusätzlich lassen sich aus den korrigierten Hektarerträgen der Teilschläge die Erträge relativ zum mittleren Hek-

tarertrag des Gewanns darstellen (Relativer Ertrag), was einen Leistungsvergleich zwischen den Teilschlägen ermöglicht.

Die Ergebnisse der Ertragsmessung bei der Zuckerrübenenernte 2001 auf dem Gewinn Hegern sind in Abbildung 32 in Form einer Ertragspunktekartierung dargestellt. Um eine Überprüfung des Messsystems und eine nachträgliche Korrektur der Daten vornehmen zu können, wurde die Erntemenge jedes Teilschlages auf eine eigene Rübenmiete gelegt. So konnte bei der Abfuhr eine getrennte Verwiegung erfolgen. Die Erntemenge des Vorgewendes wurde ebenfalls getrennt gelagert und später gemäß der absoluten Ertragsanteile der einzelnen Teilschläge auf diese verteilt. Die Vorgehensweise zur Korrektur und Verteilung der Erträge der Einzelschläge ist in Tabelle 21 zusammengefasst.

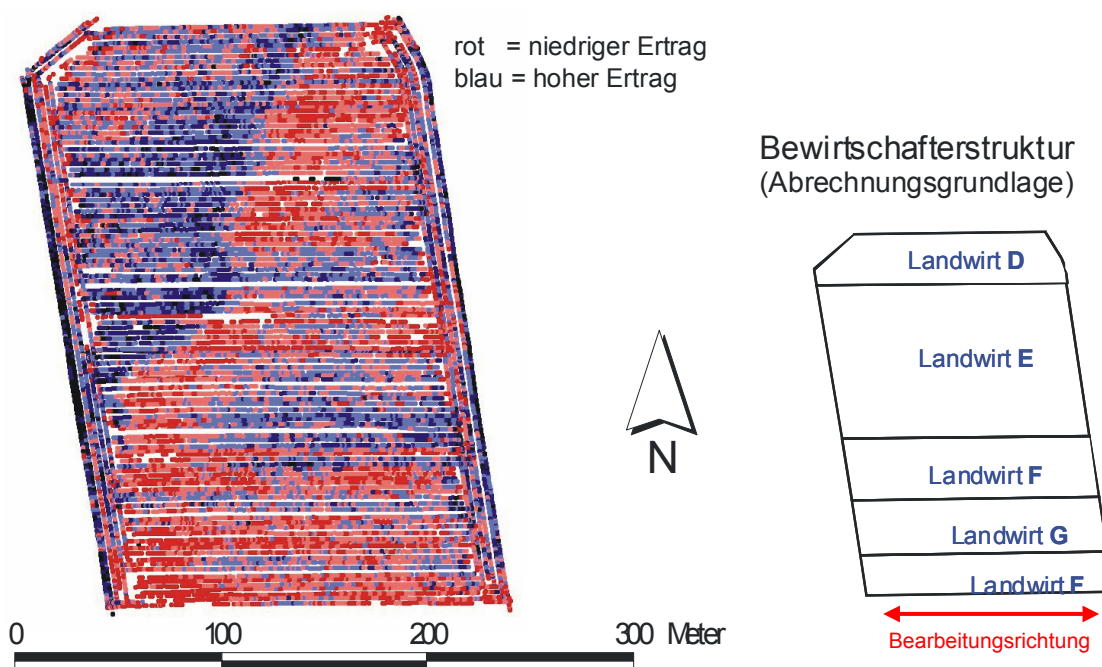


Abb. 32: Ergebnis der Zuckerrüben-ertragsmessung 2001 (links) und Bewirtschaftungsstruktur (rechts) auf dem Gewinn Hegern.

Es fällt auf, dass sich trotz der Bewirtschaftung und Ernte in Querrichtung des Gewanns deutlich Hoch- und Niedrigertragszonen in Gewannelängsrichtung zeigten. Diese ermittelten Zonen stimmen mit den durchgeführten Bodenuntersuchungen und den Erfahrungen der Landwirte überein. Gleichzeitig ist dies ein Hinweis auf die Praktikabilität der Zuckerrüben-ertragsmessung zur Feststellung von Ertragsunterschieden in verschiedenen Teilschlägen. Die berechnete mittlere Abweichung der gemessenen zu den gewogenen Teilerträgen von 5,5 Prozent ist akzeptabel. Allerdings haben spätere Versuche gezeigt, dass diese Ergebnisse zum einen unter schwierigen Erntebedingungen deutlich schlechter ausfallen können und zum anderen die Qualität der Messungen mit Hilfe von Wiegerollen im Elevatorband stark abhängig von der Bauart des Roders ist.

Tab. 21: Übersicht der Ergebnisse der Ertragsmessung und der Verteilung der Erntemenge von Zuckerrüben auf dem Gewinn Hegern 2001.

Ertrag	D	E	F(I)	G	F(II)	Vorbeet	gesamt
gemessen [t]	37,05	131,70	54,25	40,03	26,90	59,64	349,57
gewogen [t]	33,84	125,60	51,62	37,40	29,96	52,04	330,46
Abweichung [%]	-8,7	-4,6	-4,8	-6,6	+0,2	-12,7	-5,5
Vorbeetanteil [%]	12,3	45,6	18,7	13,6	9,8		100,0
Vorbeetanteil [t]	6,40	23,73	9,73	7,08	5,10		52,04
Gesamtertrag [t]	40,24	149,33	61,35	44,48	35,06		330,46
Fläche [ha]	0,87	2,92	1,16	1,04	0,73		6,72
Flächenertrag [t/ha]	46,25	51,14	52,89	42,77	48,03		49,18

Bei den Ergebnissen der auf die Kultur Zuckerrüben folgenden Winterweizenernte 2002 auf dem Gewinn Hegern muss beachtet werden, dass der besitzorientierten Produktionsstrategie folgend (Kap. 6.4) unterschiedliche Aussaat- und Düngemengen appliziert wurden, die sich auch in den Ernteergebnissen widerspiegeln (Tab. 22). Teilweise waren die Ertragsunterschiede wohl auch auf Bodenunterschiede zurückzuführen, die bei der Entscheidung der Landwirte über die unterschiedlichen Aussaat- und Düngemengen aber ebenfalls bereits eine Rolle gespielt haben.

Tab. 22: Besitzorientierte Differenzierung von Saatstärke und Düngermenge sowie Bonitur- und Ernteergebnisse auf dem Gewinn Hegern (2001/2001, Winterweizen).

	Datum	Landwirte					gesamt
		D	E	F(I)	G	F(II)	
<i>Größe des Teilschlages [ha]</i>		0,87	2,92	1,16	1,04	0,73	6,72
Saatstärke [Körner / m ²]	30.10.2001	300	400	350	350	300	360
1. N-Gabe [kg N / ha]	09.03.2002	54	54	54	54	54	54
2. N-Gabe [kg N / ha]	05.04.2002	54	68	41	54	54	58
3. N-Gabe [kg N / ha]	23.05.2002	81	95	68	81	81	85
Summe N [kg N / ha]		189	217	163	189	189	197
<i>Anzahl Boniturstellen</i>		2	3	3	1	2	11
Pflanzen [1/m ²]	06.03.2002	268	388	300	332	292	320
ährentragende Halme [1/m ²]	11.04.2002	512	572	548	576	508	543
ährentragende Halme [1/m ²]	06.06.2002	376	396	356	400	308	365
Blattflächenindex	30.05.2002	4,71	4,98	4,36	5,30	4,45	4,69
Ertragsmessung [t/ha]	29.07.2002	8,3	8,6	7,2	7,3	7,7	8,0

Die unterschiedliche Bemessung der Applikationsmengen diene in diesem Fall in erster Linie der Untersuchung der Umsetzbarkeit während der Saat und der Düngung. Da auf dem Gewinn Hegern die Bearbeitungsrichtung quer zum Gewinn, also unverändert zur vorherigen Bewirtschaftungsrichtung der einzelnen Feldstücke, gewählt wurde, wurden die Grenzen der Teilschläge im Gewinn bei der Arbeit nicht gekreuzt, sondern die Teilschläge nacheinander abgearbeitet. Dabei ist es problemlos möglich, ohne den Einsatz teilflächenspezifischer Applikationstechnik an den Grenzlinien der Teilschläge die Maschineneinstellung zu verändern. Allerdings treten bei der Arbeit mit dem Schleuderdüngerstreuer systembedingt Übergangszonen zwischen den Teilschlägen auf, an welchen die Applikationsmenge zwischen den beiden gewünschten Werten variiert.

Bei einer Drehung der Bearbeitungsrichtung längs zum Gewinn würden die Grenzlinien der einzelnen Teilschläge bei jeder Fahrt gekreuzt, so dass eine Änderung der Applikationswerte sinnvoll nur elektronisch angesteuert erfolgen kann. Da zu erwarten ist, dass auch eine Verstellung per Knopfdruck bei jedem Wechsel zwischen zwei Teilschlägen eine hohe Belastung für den Fahrer darstellen würde, müsste dann eine GPS-gestützte Steuerung der Applikationsmenge eingesetzt werden.

Eine pflanzenbauliche Interpretation der ermittelten Bestandeswerte auf den Teilschlägen kann nur sehr grob erfolgen, da kein eigentlicher pflanzenbaulicher Versuch (z.B. in Form eines Streifenversuchs mit einheitlichen und variierten Applikationsmengen) zur Referenzierung angelegt worden ist. Die höheren Erträge auf den Teilschlägen D und E entsprechen im Wesentlichen den besseren Standortpotenzialen, wie auch bei der Zuckerrüben-ernte aus Abbildung 32 ersichtlich, und sind weniger durch die Saatstärke oder 2.N-Düngung bedingt. Teilschlag F(I) weist allerdings beim Weizen 2002 ein deutlich niedrigeres Ertragsniveau im Verhältnis zum restlichen Gewinn auf als bei den Zuckerrüben 2001. Hier könnte ein Grund in der niedrigen 2.N-Gabe liegen.

Zur Auswirkung der unterschiedlichen Saatstärke kann festgehalten werden, dass mit Ausnahme des Teilschlages F(II) bis Anfang Juni ein weitgehender Ausgleich bei der Anzahl ährentragender Halme durch die weizentypische Bestandesdynamik stattfindet. Insgesamt dürfte die höhere gesamt N-Menge die besseren Standortbedingungen auf dem größten Teilschlag E noch verstärkt haben, was sich im deutlichen Ertragsunterschied zu F und G zeigt. Um eine belastbare Aussage zur Auswirkung der besitzorientiert differenzierten Applikation in Gewannen vornehmen zu können, müssten mehrjährige Streifenversuche mit „einheitlichen“ und „betriebsüblichen“ Varianten bei einer stärkeren Differenzierung der N-Menge durchgeführt werden. Da jedoch die besitzorientierte Applikation nicht pflanzenbaulich begründbar ist, stellt sich die Frage, ob der nötige Aufwand gerechtfertigt wäre.

6.5.3 Korrektursysteme der besitzorientierten Ertragszuteilung

Da Ernteerträge auf einer Fläche oft sehr starke Heterogenitäten aufweisen, kann auf die georeferenzierte Erfassung und Zuteilung der Ernte bei der Gewannebewirtschaftung kaum verzichtet werden. Die Verwendung einfacher flächenbezogener Abrechnungssysteme einerseits oder von Korrektursystemen zur ‚realistischeren‘ Abrechnung der Teilflächen innerhalb eines Gewanns andererseits wurden in Kapitel 5.3 angesprochen.

Im Folgenden sollen die Unterschiede zwischen Abrechnungsverfahren mit und ohne Korrekturen an konkreten Beispielen des Bewirtschaftungsversuchs in Zeilitzheim verdeutlicht werden. Tabelle 23 zeigt die Differenzen zwischen zugeteiltem und tatsächlichem Ertrag am konkreten Beispiel der Winterweizenernte 2001 auf dem Gewinn Hausäcker.

Tab. 23: Differenz zwischen flächenanteiliger und auf der Basis von Ertragsmessung zugeteilter Erntemenge auf den Teilschlägen des Gewanns Hausäcker (Winterweizen, 2001).

	Landwirt A	Landwirt B	Landwirt C	gesamt
<i>Fläche [ha]</i>	3,15	1,60	2,20	6,95
gemessener Ertrag [t/ha]	8,21	7,95	8,77	8,33
<i>gewogener Ertrag [t/ha]</i>				8,04
<i>Korrekturfaktor für Messung</i>			$8,04 / 8,33 = 0,965$	
korrigierter Ertrag [t/ha]	7,92	7,67	8,46	8,04
Erntemenge nach Fläche [t]	25,33	12,86	17,67	55,86
Erntemenge nach Ertragsmessung [t]	24,96	12,28	18,62	55,86
Differenz [t]	+0,37	+0,58	-0,95	+/- 0,00

Wie sich zeigt, wäre die Zuteilung für Landwirt C ohne den Einsatz der georeferenzierten Ertragsmessung im Mähdrescher um fast eine Tonne (-0,95 t) niedriger ausgefallen, wobei Landwirt B, der den geringsten Flächenanteil am Gewinn besitzt, davon am meisten profitiert hätte (+0,58 t).

Allerdings werden durch die Veränderung der Vorgewendeflächen durch die Gewannebildung im Vergleich zur vorherigen Einzelschlagbewirtschaftung weitere Korrekturen notwendig. Um dies zu verdeutlichen, wird in Tabelle 24 zunächst die Vorgewendeflächen der Teilschläge im Gewinn Hausäcker an den Stirnseiten zur Bewirtschaftungsrichtung vor und nach der Gewannebildung verglichen (1). Anschließend wird unter der Annahme eines 20-prozentigen Minderertrages auf den stirnseitigen Vorgewendeflächen berechnet, welche Ertragseinbußen die einzelnen Teilflächen bei einem angenommenen mittleren Ertrag von 8 Tonnen pro Hektar durch ihre Vorgewendeflächen im Gewinn zu erwarten hätten (2).

Tab. 24: Vorgewendeflächen bei Einzelschlag- (E) und Gewanne- (G) -bewirtschaftung und erwartete Mindererträge bei 20% Ertragsdepression am Vorgewende und 8 t/ha Ertragsdurchschnitt auf dem Gewinn Hausäcker.

		Landwirt A		Landwirt B		Landwirt C		gesamt	
Fläche [ha]		3,15		1,60		2,20		6,95	
<i>Bewirtschaftung</i>		<i>E</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>G</i>
(1)	Stirnseitenlänge [m]	292	210	144	0	204	220	640	430
	Stirnseitenfläche [ha]	0,35	0,25	0,17	0,00	0,24	0,26	0,76	0,51
	<i>Stirnseitenanteil [%]</i>	<i>11</i>	<i>8</i>	<i>11</i>	<i>0</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>11</i>	<i>7</i>
(2)	Minderertrag [t]	0,56	0,40	0,27	0,0	0,38	0,42	1,22	0,82

Zwar wird ersichtlich, dass im Falle von Landwirt A die Vorgewendefläche gegenüber der Einzelschlagbewirtschaftung zurückgeht, und diese bei Landwirt C nahezu unverändert bleibt. Dennoch profitiert Landwirt B in weitaus höherem Maße, da hier durch die mittige Lage des Teilschlages im Gewinn keine Vorgewendeflächen mehr vorhanden sind. Ein anzuwendendes Korrekturverfahren muss demzufolge sicherstellen, dass die erwarteten Mindererträge auf den Vorgewendeflächen gemäß der eingebrachten Flächenanteile der Einzelschläge verteilt werden.

Das in (1) dargestellte Korrekturverfahren legt durch Vorgewende bedingte Ertragseinbußen auf alle beteiligten Flächen anteilig der Teilschlaggröße um. Dabei muss jedoch zuvor festgelegt werden, ob und in welchem Ausmaß Ertragsminderungen auf Vorgewendefekte zurückzuführen sind. Dies kann durch die in Abbildung 33 beschriebene Ermittlung der Erträge auf Vorgewendeflächen im Vergleich zu Restflächen der einzelnen Teilschläge geschehen.

(1)

$$E_{i_{korr}} = A_i \cdot \left(e_{i_{rest}} - \left(\sum_{i=1}^n (e_{i_{rest}} \cdot A_i - E_i) \right) \div A_g \right)$$

- mit:
- n = Anzahl der Teilschläge im Gewinn
 - i = Index des Teilschlages
 - A_g = Fläche des Gewanns g [ha]
 - A_i = Fläche des Teilschlages i im Gewinn [ha]
 - E_i = gemessener Ertrag auf dem Teilschlag i [t]
 - $E_{i_{korr}}$ = korrigierter Ertrag für den Teilschlag i [t]
 - $e_{i_{rest}}$ = ermittelter Ertrag [t/ha] des Teilschlages i ohne Vorgewende

Jedoch waren solche Vorgewendeeffekte in den vorliegenden Daten nicht eindeutig identifizierbar. So zeigen Untersuchungen zum Ertragsverhalten auf und neben den Vorgewenden zu den Durchschnittserträgen auf den Teilschlägen des Gewanns Hausäcker keine eindeutigen Zusammenhänge bezüglich Ertragshöhe und Vorgewende. Teilweise wurden sogar höhere Erträge am Vorgewende erzielt. Es ist deshalb zu vermuten, dass negative Effekte durch Mehrfachüberrollung der Fläche durch Effekte der Bodenbeschaffenheit und höhere Düngegaben durch Überlappung überlagert werden. Abbildung 33 zeigt eine Analyse der 12 Meter breiten Vorgewende an den Stirnseiten sowie der danebenliegenden 12 Meter breiten Streifen im Vergleich zu den jeweiligen Durchschnittswerten der betroffenen Teilflächen auf der Grundlage einer Ertragskartierung aus dem Jahr 2004 auf dem Gewinn Hausäcker.

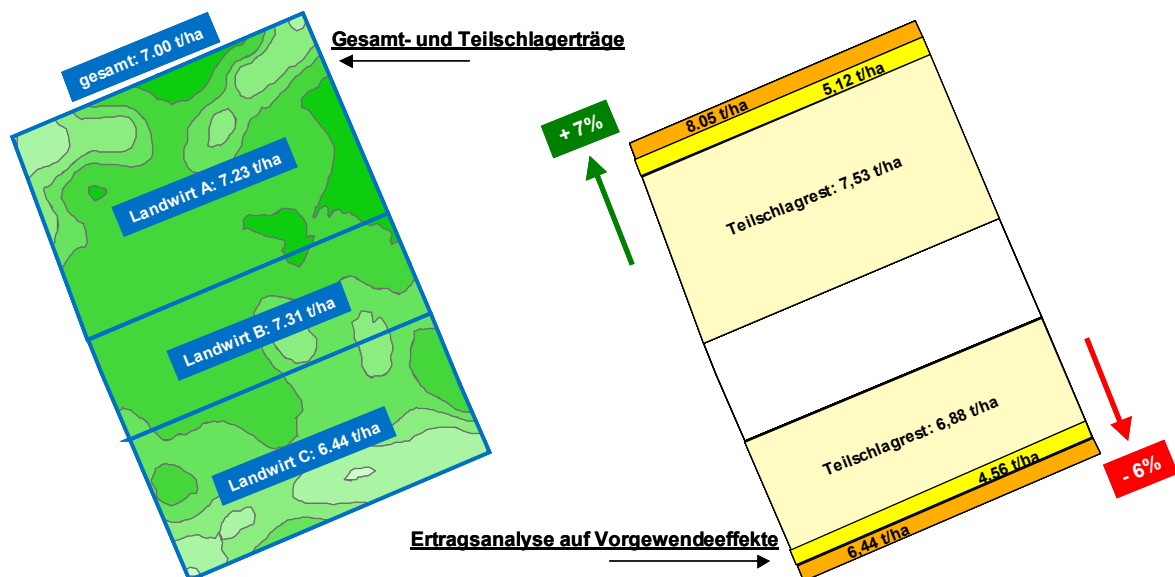


Abb. 33: Untersuchung der Vorgewendeflächen auf dem Gewinn Hausäcker hinsichtlich möglicher Ertragsdepressionen (Winterweizen, 2004).

Ein mögliches Korrekturverfahren bestünde darin, die Vorgewendeflächen auf Unterschiede im Ertrag verglichen mit den Restflächen eines Teilschlages zu überprüfen und bei der Überschreitung eines vorgegebenen Schwellenwertes den dort entstandenen Minderertrag flächenanteilig den einzelnen Teilschlägen anzulasten.

6.5.4 Korrektursysteme der besitzorientierten Aufwandsabrechnung

Ebenso wie die Erträge, kann auch der Bewirtschaftungsaufwand entweder flächenbezogen oder gemäß den tatsächlich entstandenen Aufwendungen in jedem Teilschlag abgerechnet werden. Insgesamt sind jedoch nicht so ausgeprägte teilschlagbezogene Unterschiede in den entstehenden Kosten zu erwarten, wie dies bei der Verteilung der Erträge zu erwarten ist. Dennoch können Unterschiede in der Bodenbeschaffenheit und der Ge-

ländeausprägung einerseits sowie asymmetrisch verteilte Nebenzeiten bei der Arbeitserledigung andererseits dazu führen, dass eine Kostenverschiebung zwischen den Teilschlägen eines Gewanns entsteht, die für einzelne beteiligte Landwirte nicht akzeptabel ist (Kap. 5.3 und 6.5.2). An einigen Beispielen aus der Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim soll deshalb die Korrektur der Einsatzzeit erläutert werden.

Da bei der automatisierten Prozessdatenerfassung auch der Arbeitsstatus der mitgeführten Arbeitsgeräte erfasst wird, kann eine Analyse von Haupt- und Nebenzeiten bei der Feldarbeit durchgeführt werden. Dies ermöglicht die direkte Zuteilung der Hauptzeit, also der Zeit, in welcher ein Arbeitsgerät tatsächlich Feldarbeit ausführt, und gleichzeitig die flächenanteilige Zuteilung der Nebenzeiten, die beispielsweise durch unterschiedliche Vorgewendeanteile und zufällig gewählte Orte für die Befüllung von Arbeitsgeräten entstehen. Im Gegensatz zu einer nur flächenanteiligen Aufteilung der Einsatzzeit, die ebenfalls die entstandenen Nebenzeiten gerecht auf die Teilschläge verteilen würde, werden so durch schwerere oder leichtere Bodenverhältnisse oder durch erschwerte Bedingungen in hängigem Gelände entstandene Arbeitszeitunterschiede berücksichtigt. Das verwendete Korrekturverfahren, bei welchem die ‚verrechenbare Einsatzzeit‘ aus einer positionsbezogenen Hauptzeitkomponente und einer flächenanteiligen Nebenzeitkomponente errechnet wird, ist in (2) beschrieben.

(2)

$$T_{i_{\text{korr}}} = T_i^a + \left(A_i \sum_{i=1}^n (T_i^w + T_i^u) \right)$$

<u>mit:</u>	n	= Anzahl der Teilschläge im Gewinn
	i	= Index des Teilschlages
	A_i	= Fläche des Teilschlages i im Gewinn [ha]
	T_i^a	= gemessener Arbeitszeit auf dem Teilschlag i [h]
	T_i^w	= gemessener Wendezeit auf dem Teilschlag i [h]
	T_i^u	= gemessener Unterbrechungszeit auf dem Teilschlag i [h]
	$T_{i_{\text{korr}}}$	= korrigierter Zeitaufwand für den Teilschlag i [h]

Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist die Aufteilung der Feldarbeitszeit in Hauptzeiten (Arbeitszeit) und Nebenzeiten (Wende- und Standzeit). Dies geschieht anhand der erfassten Prozessdaten. So kann für das Beispiel „Bodenbearbeitung mit angebautem Gerät“ anhand der erfassten Hubwerksposition in Verbindung mit einem positiven Geschwindigkeitswert zwischen „Arbeit“ und „Wenden“ unterschieden werden. Die Standzeit kann immer anhand des Prozessdatums „Geschwindigkeit“ (=0) berechnet werden. Die Zuteilung der Datenpunkte zu den einzelnen Teilschlägen erfolgt jeweils durch die erfass-

ten Positionsdaten in Verbindung mit den bekannten Schlagumrissdaten. Die Verweilzeiten ergeben sich aus den Zeitinkrementen der Prozessdatenpunkte (=1s). An zwei Beispielen der Bodenbearbeitung mit dem Flügelschargrubber auf dem Gewinn Hausäcker wird die Auswirkung der Korrektur in Tabelle 25 verdeutlicht.

Tab. 25: Beispiele für die Anwendung des Korrekturverfahrens zur Zuteilung der verrechenbaren Einsatzzeit auf den Teilschlägen nach der Bodenbearbeitung auf dem Gewinn Hausäcker (2001).

	Landwirt A	Landwirt B	Landwirt C	gesamt
Teilschlagfläche [ha]	3,15	1,60	2,20	6,95
<i>Stoppelbearbeitung am 02.08.2001</i>				
ermittelte Einsatzzeit [h]	1,75	0,73	1,20	3,68
<i>davon Arbeitszeit [h]</i>	<i>1,54</i>	<i>0,73</i>	<i>1,01</i>	<i>3,28</i>
<i>davon Wendezeit [h]</i>	<i>0,18</i>	<i>0,00</i>	<i>0,18</i>	<i>0,36</i>
<i>davon Standzeit [h]</i>	<i>0,02</i>	<i>0,00</i>	<i>0,02</i>	<i>0,04</i>
korrigierte Einsatzzeit [h]	1,72	0,85	1,11	3,68
<i>Zeitaufwand unkorrigiert [h/ha]</i>	<i>0,56</i>	<i>0,46</i>	<i>0,55</i>	<i>0,53</i>
<i>Zeitaufwand korrigiert [h/ha]</i>	<i>0,55</i>	<i>0,53</i>	<i>0,50</i>	<i>0,53</i>
<i>Grundbodenbearbeitung am 03.10.2001</i>				
ermittelte Einsatzzeit [h]	1,53	0,67	1,22	3,42
<i>davon Arbeitszeit [h]</i>	<i>1,36</i>	<i>0,66</i>	<i>0,91</i>	<i>2,93</i>
<i>davon Wendezeit [h]</i>	<i>0,11</i>	<i>0,00</i>	<i>0,18</i>	<i>0,29</i>
<i>davon Standzeit [h]</i>	<i>0,06</i>	<i>0,01</i>	<i>0,12</i>	<i>0,19</i>
korrigierte Einsatzzeit [h]	1,57	0,81	1,04	3,42
<i>Zeitaufwand unkorrigiert [h/ha]</i>	<i>0,49</i>	<i>0,42</i>	<i>0,55</i>	<i>0,49</i>
<i>Zeitaufwand korrigiert [h/ha]</i>	<i>0,50</i>	<i>0,51</i>	<i>0,47</i>	<i>0,49</i>

Die ermittelten Gesamtzeiten (3,68 h am 02.08.2001 und 3,42 h am 03.10.2001) werden jeweils in Arbeits-, Wende- und Standzeitanteile aufgeteilt. Durch die Kombination aus tatsächlich ermittelter Hauptzeit und flächenanteiliger Nebenzeit ergibt sich für jeden Teilschlag ein von der tatsächlichen ortsgebundenen Zeiterfassung leicht unterschiedlicher korrigierter Einsatzzeitwert (z.B. am 02.08.2001 auf Teilschlag A 1,72 h statt 1,75 h). Die ermittelten Unterschiede erscheinen zunächst nicht groß, jedoch würde aufgrund der nicht vorhandenen Wendevorgänge auf dem mittleren Teilschlag Landwirt B mit einer Minderzuteilung benötigter Arbeitszeit von 0,12 h am 02.08.2001 und 0,14 h am 03.10.2001 profitieren, was wiederum die anderen beiden Beteiligten zu tragen hätten. Bei langjähriger Zusammenarbeit und unterschiedlichen Arbeitsgängen würden deshalb ohne Korrekturverfahren im Laufe der Zeit erhebliche Ungerechtigkeiten in der Abrechnung entstehen.

Bei einigen Arbeitsverfahren, wie beispielsweise der Stoppelbearbeitung mit dem Flügel-schargrubber, sind also die entstehenden Zeitdifferenzen zwischen ortsbezogener und korrigierter Datenzuteilung in der Regel gering. Bei anderen Verfahren, wie beispielsweise der Saat, können jedoch hohe rüstzeitbedingte Unterschiede entstehen. So erfolgt die Befüllung des Saattanks oder des Düngerstreuers meist am selben Ort eines Gewanns. Dem betroffenen Teilschlag würde so eine viel zu hohe Nebenzeit angelastet. Die durchgeführte Korrektur am Beispiel der Winterweizensaat 2001 auf dem Gewinn Hegern zeigt Tabelle 26. Zusätzlich wird die besitzbezogene differenzierte Aussaatmenge dargestellt.

Tab. 26: Beispiele für die Anwendung des Korrekturverfahrens zur Zuteilung der verrechenbaren Einsatzzeit auf den Teilschlägen nach der teilflächenvariierten Aussaat auf dem Gewinn Hegern (2001).

Landwirt	D	E	F(I)	G	F(II)	gesamt
Teilschlagfläche [ha]	0,87	2,92	1,16	1,04	0,73	6,72
ermittelte Einsatzzeit [h]	0,53	1,57	1,27	0,73	0,44	4,54
<i>davon Arbeitszeit [h]</i>	0,37	1,15	0,52	0,47	0,29	2,80
<i>davon Wendezeit [h]</i>	0,09	0,20	0,14	0,11	0,06	0,60
<i>davon Standzeit [h]</i>	0,08	0,21	0,61	0,15	0,09	1,14
korrigierte Einsatzzeit [h]	0,60	1,91	0,81	0,74	0,48	4,54
<i>Zeitaufwand unkorrigiert [h/ha]</i>	0,61	0,54	1,09	0,70	0,60	0,68
<i>Zeitaufwand korrigiert [h/ha]</i>	0,69	0,65	0,70	0,71	0,66	0,68
Saatstärke [Körner / m ²]	300	400	350	350	300	360
Saatgutaufwand [kg/ha]	148	198	173	173	148	178
Saatgutmenge [kg]	129	578	201	180	108	1196

Durch die systembedingten Standzeiten (Befüllung der Sämaschine), die sich nicht gleichmäßig auf die Teilschläge im Gewinn verteilen, sondern an wenigen Punkten konzentriert sind, ergibt sich eine erhebliche Verschiebung zwischen tatsächlich erfasster ortsgebundener Zeit (1,27 h) und verrechenbarer Zeit (0,81 h) für den Teilschlag F(I). Bei einem Preis für Traktor und Fahrer von 35 €/h ergibt sich hieraus ein Abrechnungsunterschied von 16,10 Euro für Landwirt F. In der Summe entsprechen die korrigierten Einsatzzeiten auf den Teilschlägen immer der tatsächlich erfassten Einsatzzeit im Gewinn.

Bei einer besitzorientiert unterschiedlichen Applikationsmenge (Saatgut in Tabelle 26) auf den Teilschlägen lässt sich die jeweilige Applikationsmenge manuell errechnen, was jedoch zusätzlichen Managementaufwand bedeutet. Im Falle einer standortspezifischen GPS-gestützten Applikation ist aufgrund der von den Teilschlägen unabhängigen Verteilung der Managementzonen die automatische Mengenermittlung anhand erfasster Prozessdaten unumgänglich.

6.6 Web basiertes Informationsmanagement für die Gewannebewirtschaftung

Wie in Kapitel 6.2.3 beschrieben, wurde zunächst eine Softwareapplikation auf der Basis von Microsoft Access für das Datenmanagement und die Abrechnung von Maßnahmen in der Gewannebewirtschaftung entwickelt. Da eine solche innerbetriebliche Softwarelösung für den PC mit einem hohen Risiko von Fehlbedienung und Datenverlust wie auch mit hohem Aufwand für Pflege und Aktualisierung verbunden ist, wurde ab 2002 eine Web basierte Lösung favorisiert und entwickelt.

Durch ein serverbasiertes Datenmanagement kann ein höherer Aufwand für die Datensicherung betrieben werden. Gleichzeitig entfällt wegen des hohen Automatisierungsgrades weitgehend das sonst notwendige Erlernen der Datenverarbeitung durch den Benutzer. Die Aktualisierung der Programmfunktionalität erfolgt jeweils nur einmal auf dem Daten-server, der die Webanwendung bereitstellt. Die Nutzung des Systems kann an unterschiedlichen Orten über das Internet mit Hilfe eines einfachen Webbrowsers erfolgen. Das im Rahmen dieser Arbeit konzipierte und entwickelte ‚Web basierte Datenmanagementsystem für die Gewannebewirtschaftung‘ ist in Abbildung 34 schematisch dargestellt.

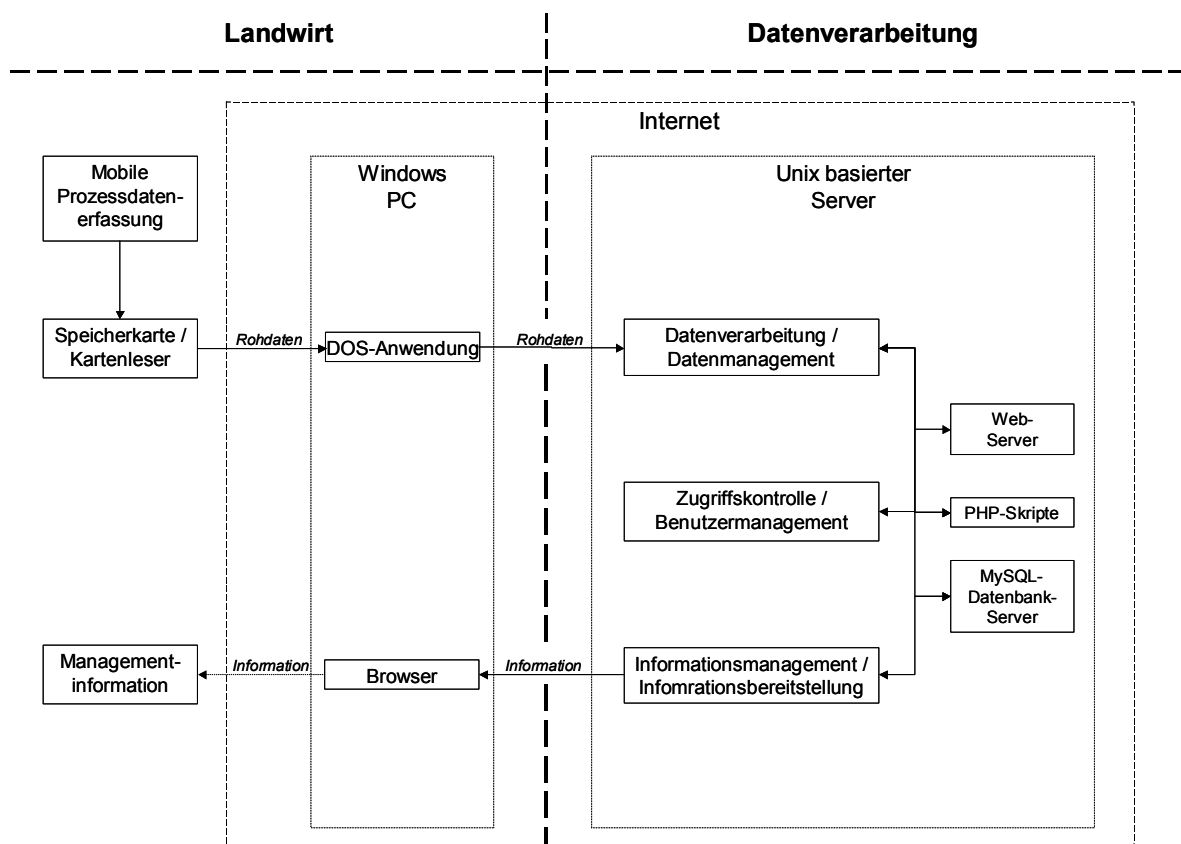


Abb. 34: Schematischer Aufbau des Web basierten Datenmanagementsystems für die Gewannebewirtschaftung auf Basis der automatisierten Prozessdatenerfassung.

Alle serverseitig eingesetzten Softwarekomponenten sind frei verfügbar (Open Source). Bei der Software MySQL-Datenbankserver handelt es sich um ein leistungsfähiges SQL-Datenbanksystem, welches die anfallenden Datenmengen aus der automatisierten Prozessdatenerfassung aufnehmen, verarbeiten und vorhalten kann.

Die serverbasierte (Web basierte) Lösung stellt meist gleichzeitig auch eine außerbetriebliche Lösung dar. Auf Großbetrieben kann jedoch auch der Einsatz eines eigenen serverbasierten (und vernetzten) Datenmanagementsystems erwogen werden. Die Weitergabe von Daten an außerbetriebliche Systeme sehen allerdings viele Landwirte als problematisch an. Um solchen Vorbehalten vorzubeugen und die Akzeptanz solcher Systeme zu steigern, muss die technische und rechtliche Absicherung gegen unbefugte Zugriffe auf betriebliche Daten bei der Entwicklung solcher Systeme einen hohen Stellenwert einnehmen.

Das entwickelte Web basierte Managementsystem für die Gewannebewirtschaftung ermöglicht die Durchführung der Datenverarbeitung vom Einlesen der Daten bis zum Ausdrucken von teilschlagspezifischen Abrechnungen. Vom Benutzer hochgeladene Rohdaten werden vom System in mehreren Schritten verarbeitet:

- Plausibilitätsprüfung aller gelieferten Datenpunkte (Vollständigkeit, Positionsdaten).
- Eliminierung fehlerhafter Datenpunkte.
- Räumliche Zuordnung gültiger Datenpunkte zu Gewannen und Teilschlägen.
- Teilschlagspezifische Auswertung der Daten.
- Besitzorientierte Abrechnung der durchgeführten Maßnahmen unter Anwendung verschiedener implementierter Korrekturverfahren.

6.6.1 Teilschlagspezifische Datenzuordnung und –verrechnung

Zu Beginn der Datenverarbeitung werden alle aufgezeichneten Datenpunkte einer geographischen Einheit (z.B. einem Feldstück / Teilschlag) zugeordnet. Dies geschieht durch den Vergleich der in jedem Punkt enthaltenen GPS-Positionsdaten mit geographischen Umriss-Daten von Feldstücken oder anderen räumlichen Einheiten (Kap. 5.3.2). Vorbedingung ist, dass alle relevanten Feldstücke, Hofstellen, Transporträume, etc. in digitalisierter und georeferenzierter Form vorliegen. Nun bekommt jeder Datenpunkt ein zusätzliches Attribut zugeordnet, welches den räumlichen Bezug beispielsweise zu einem Feldstück enthält. Auf diese Weise können zunächst während der Arbeit Daten ohne Auftrags- oder Schlagbezug erfasst und dann im Post-processing Verfahren Teilmengen von Punktdaten mit räumlichem Bezug zu einem Schlag oder – wie in der Gewannebewirtschaftung benötigt – zu einem Teilschlag gebildet werden (Abb. 35).

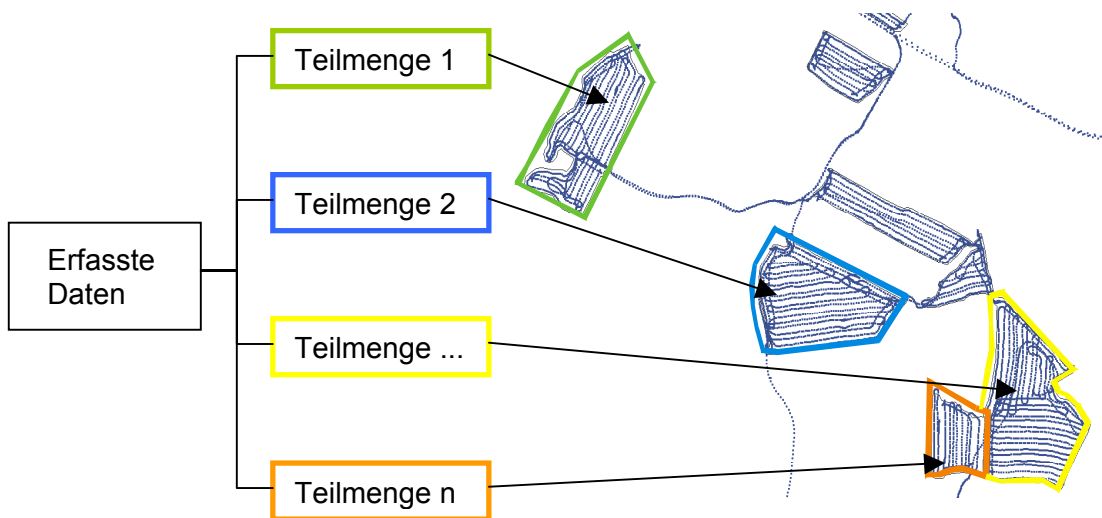


Abb. 35: Aufteilung erfasster Prozessdaten anhand der enthaltenen Positionsdaten und bekannter räumlicher Strukturen wie z.B. Feldstücke oder Teilschläge.

Die Abbildung zeigt auf, wie anhand der vorhandenen Umrissdaten einzelner Feldstücke die gesamte Datenpunktmenge in Untermengen aufgeteilt wird. Dabei werden Datenpunkte, die eigentlich zum Arbeitsvorgang gehören, jedoch außerhalb des Umrisses liegen (Wendevorgang, grüner Umriss) nicht dem Feldstück zugeordnet und können somit auch nicht in die Berechnungen zur durchgeführten Maßnahme einbezogen werden. Dies könnte in Zukunft durch eine aufwendige Zeitreihenanalyse der Datenpunkte korrigiert werden. Alle nicht zugeordneten Datenpunkte (Transportfahrten außerhalb der Feldgrenzen oder Feldfahrten ohne verfügbare Umrisse) werden tageweise zu einer „Rest“- oder „Transport“-Maßnahme zusammengefasst und können im vorliegenden System nicht bei der Auswertung der Feldarbeiten berücksichtigt werden.

Im nächsten Schritt erfolgt über eine inhaltliche Analyse der Daten die automatische Detektion der durchgeführten Maßnahmen. Dies geschieht durch die Gruppierung von Datenpunkten anhand enthaltener Prozessinformation. So kann beispielsweise eine Teilmenge von Datenpunkten gebildet werden, die in einem bestimmten Zeitraum mit einer bestimmten Maschinenkombination auf einem bestimmten Teilschlag erfasst wurden. Technisch gesehen wird dies durch Filterung der datenbankseitig gespeicherten Informationen mit Hilfe der Datenbankabfragesprache SQL nach mehreren Kriterien durchgeführt. Die relevanten Kriterien für diese Datengruppierung sind:

- die räumliche Information (Zugehörigkeit eines Datenpunktes zu einem Feldstück).
- die Identifikation des eingesetzten Traktors.
- die Identifikationen der am Traktor angebauten Arbeitsgeräte.
- die Zeitinformation (plausible Zeitspanne, die für eine Maßnahme benötigt wird).

Abbildung 36 stellt schematisch die Bildung von abrechnungsrelevanten Maßnahmen aus den unstrukturierten Rohdaten der Prozessdatenerfassung durch Gruppierung von Informationen dar.

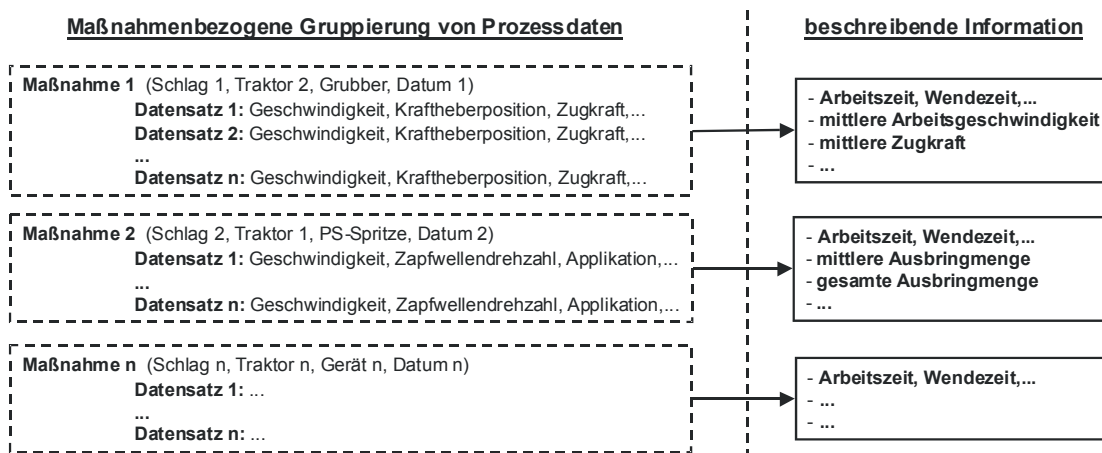


Abb. 36: Bildung von Maßnahmen und beschreibender Information aus Prozessdaten.

Nach der erfolgten Maßnahmenbildung lassen sich verschiedene Parameter bilden, welche die durchgeführte Maßnahme mit Bezug zum Schlag oder Teilschlag beschreiben. Wichtige Größen sind in diesem Zusammenhang die Summe der Einsatzzeit und der jeweiligen Haupt- und Nebenzeiten und die Summe von Ausbringmengen bzw. von Erntemengen. Es lassen sich aber auch zusätzliche Größen, wie die mittlere Arbeitsgeschwindigkeit oder die mittlere aufgewendete Zugkraft, teilschlagspezifisch errechnen und für benötigte Korrekturen vor der Abrechnung verwenden (Kap. 5.3.2 und Kap. 6.5.2).

Nach der erfolgten Datenverarbeitung stehen die Ergebnisse dem Benutzer in Form einer Maßnahmenübersicht zur Verfügung. Hierbei werden zunächst die gesamten Gewanne mit beschreibenden Größen wie Einsatzdatum und -dauer, Arbeitsverfahren, eingesetzten Geräten, benötigter Zeit und bearbeiteter Fläche dargestellt. Durch Auswahl einer Maßnahme erfolgt eine teilschlagbezogene Aufschlüsselung der aus der Prozessdatenerfassung gewonnenen Informationen (Kap. 6.6.2).

6.6.2 Flexible Abrechnungs- und Korrekturmöglichkeiten

Für die Berücksichtigung unterschiedlicher Wünsche der beteiligten Landwirte und zur besseren Adaption an unterschiedliche Arbeitssituationen mit verschiedenen Arbeitsgeräten wurden die in Kapitel und 6.5.4 beschriebenen Korrekturalgorithmen erweitert und stehen bei der Erstellung von Abrechnungen aus dem Web basierten System als Korrekturoptionen zur Verfügung. Dabei können verschiedene Optionen sowohl für den ‚Zeitmodus‘ als auch für den ‚Flächenmodus‘ gewählt werden, da die meisten Arbeiten eine zeit-

gebundene (Traktor, Fahrer) und eine flächengebundene (Arbeitsgerät) Komponente in der Abrechnung enthalten.

Zunächst werden in Abbildung 37 schematisch die unterschiedlichen möglichen Verfahren zur teilschlagspezifischen Abrechnung ohne georeferenzierte Datenerfassung, mit georeferenzierter Datenerfassung und mit zusätzlicher Datenkorrektur skizziert. Anschließend werden die in dieser Arbeit entwickelten und im Web basierten Datenmanagementsystem implementierten Korrekturverfahren kurz erläutert.

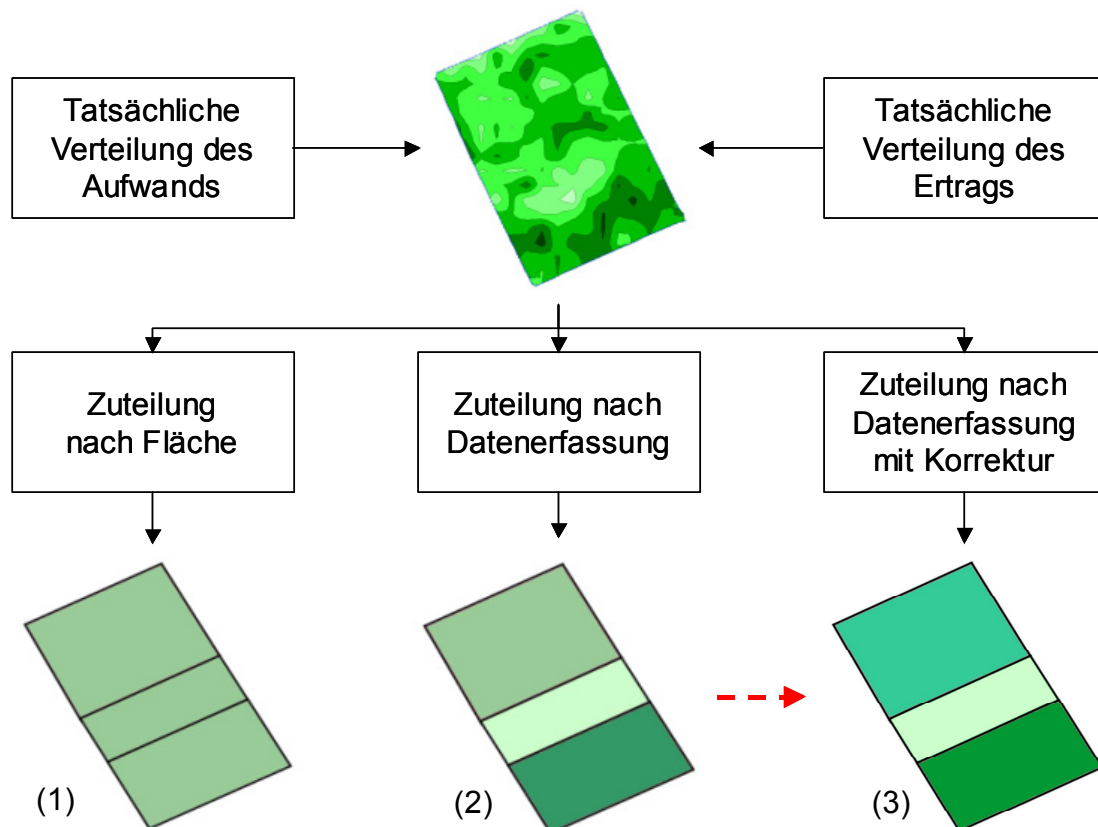


Abb. 37: Teilschlagspezifische Zuteilung eines realen Aufwandes oder Ertrages nach Flächenanteil im Gewinn (1), nach Prozessdatenerfassung (2) und nach Prozessdatenerfassung mit zusätzlicher Korrektur (3).

Die in der Abbildung verwendeten Farbabstufungen unter (1), (2) und (3) dienen der Kennzeichnung unterschiedlich zugeteilter hektarbezogener Aufwendungen oder Erträge in den verschiedenen Abrechnungsverfahren. In (1) werden aus dem Gesamtaufwand oder dem Gesamtertrag des Gewinns ein mittlerer hektarbezogener Wert gebildet und danach Ertrag und Aufwand flächenanteilig verteilt. Variante (2) berücksichtigt ausschließlich die bei der Arbeit erfassten Prozess- oder Ertragsdaten. Jedem Teilschlag wird ein hektarbezogener Wert entsprechend dem Mittelwert aller im Teilschlag befindlicher Datenpunkte zugeordnet. In (3) erfolgt je nach gewähltem Korrekturalgorithmus eine Anpassung der in (2) errechneten Teilschlagmittelwerte.

Zeitmodus – tatsächlich gemessene Zeit

Bei Auswahl dieser Option wird die aus der Datenerfassung berechnete Einsatzzeit für den jeweiligen Teilschlag ohne Korrektur verrechnet.

Zeitmodus – flächenanteilige Zeit

Es wird die für das gesamte Gewinn gemessene Einsatzzeit gemäß des Anteils einer Teilfläche am gesamten Gewinn auf diese zugeteilt.

Zeitmodus – nach anteiliger Fläche korrigierte Zeit

In diesem Fall wird die in Kapitel 6.5.4 beschriebene Zeitermittlung nach tatsächlicher Haupt- und anteiliger Nebenzeit angewendet. Das heißt, die Einsatzzeit je Teilschlag ergibt sich aus der tatsächlichen Hauptzeit und einer der Größe des Teilschlages anteiligen Nebenzeit.

Zeitmodus – nach bearbeiteter Fläche korrigierte Zeit

In diesem Fall wird ebenfalls die Zeitermittlung nach tatsächlicher Haupt- und anteiliger Nebenzeit angewendet. Bezogen wird die anteilige Nebenzeit dabei aber nur auf die tatsächlich auf einem Teilschlag bearbeitete Fläche. Dies ist von Bedeutung, wenn bei einer Maßnahme nur Teile einer Fläche bearbeitet werden (z.B. selektives Abspritzen von Unkrautnestern).

Flächenmodus – tatsächlich bearbeitete Fläche

Im Regelfall wird diese Option für die Verrechnung von Arbeitsgeräteleistungen zur Anwendung kommen. Die bearbeitete Fläche, die aus der Prozessdatenerfassung ermittelt werden kann, wird verrechnet. Dabei ist es – wie auch schon bei der Trennung von Haupt- und Nebenzeiten – wichtig, detektieren zu können, wann sich ein Arbeitsgerät tatsächlich in Arbeitsstellung oder im Arbeitsmodus befindet. Bei Bodenbearbeitungsgeräten geschieht dies durch die Erfassung der Position der Heckhydraulik, bei Applikationsgeräten durch die Erfassung der Durchflussmenge.

Flächenmodus – anteilig bearbeitete Fläche

Hier wird eine nur auf Teilbereichen oder der Gesamtfläche eines oder mehrerer Teilschläge durchgeführte Maßnahme anteilig allen Teilflächen angelastet. Beispiele hierfür wären ein zusätzlicher Arbeitsgang auf Vorgewendeflächen oder das partielle Nachsäen einer Feldfrucht.

Die Kosten für Rüstzeit und Anfahrt werden vereinfacht durch eine Anfahrtspauschale abgedeckt. Für deren Verrechnung auf die Teilschläge stehen ebenfalls zwei Optionen zur Verfügung:

Pauschale auf alle Teilstücke verteilen

Die angegebene Anfahrtspauschale wird zu gleichen Teilen auf alle Teilstücke eines Gewanns verteilt. Von einer flächenanteiligen Zuteilung wird abgesehen, da die entstandenen Kosten von der Größe des Teilschlags unabhängig sind.

Pauschale auf ausgewählte Teilstücke verteilen

Für den Fall, dass eine Arbeit nur auf einem oder mehreren, aber nicht auf allen Teilschlägen eines Gewanns ausgeführt wird und die entstehenden Kosten auch nur diesen angelastet werden sollen, können hier einzelne Teilschläge bestimmt werden. Auf diese wird die Pauschale zu gleichen Teilen verteilt.

Nach der Auswahl der Korrekturoptionen werden spezifische Rechnungsdatensätze für die Teilschläge eines Gewanns erstellt. Diese können wahlweise als Druckansicht oder als Exportdatei im Textformat ausgegeben werden. Dies ermöglicht die Übernahme in Abrechnungssoftware, insofern diese über eine frei definierbare Textimport-Schnittstelle verfügt.

6.6.3 Datenverarbeitungsbeispiel für das Projekt Zeilitzheim

In diesem Kapitel wird anhand eines Datenbeispiels der Ablauf der Datenverarbeitung demonstriert.

Die Daten werden vom System zur Automatischen Prozessdatenerfassung auf einer PCMCIA-Speicherkarte abgelegt. Je nach Größe des verfügbaren Datenspeichers (16, 32 oder 65 MByte) können dabei etwa zwischen 30 und 120 Einsatzstunden aufgezeichnet werden. Die Speicherkarte muss demnach regelmäßig aus dem Aufzeichnungssystem entnommen und im Büro des Landwirts ausgelesen werden. Im Idealfall besitzt jeder Traktorfahrer zwei Speicherkarten mit der dort abgelegten Fahreridentifikation (Kap. 6.2.2), um jeweils eine volle gegen eine leere Karte im System austauschen zu können.

Zum Auslesen der Speicherkarte wird ein PCMCIA-Kartenleser am PC des Landwirts benötigt. Die auf der Speicherkarte abgelegten Daten werden mit einem Übertragungsprogramm (DOS-Anwendung) vom PC des Landwirts aus per Internet an den datenverarbeitenden Server übertragen (Abb. 38).

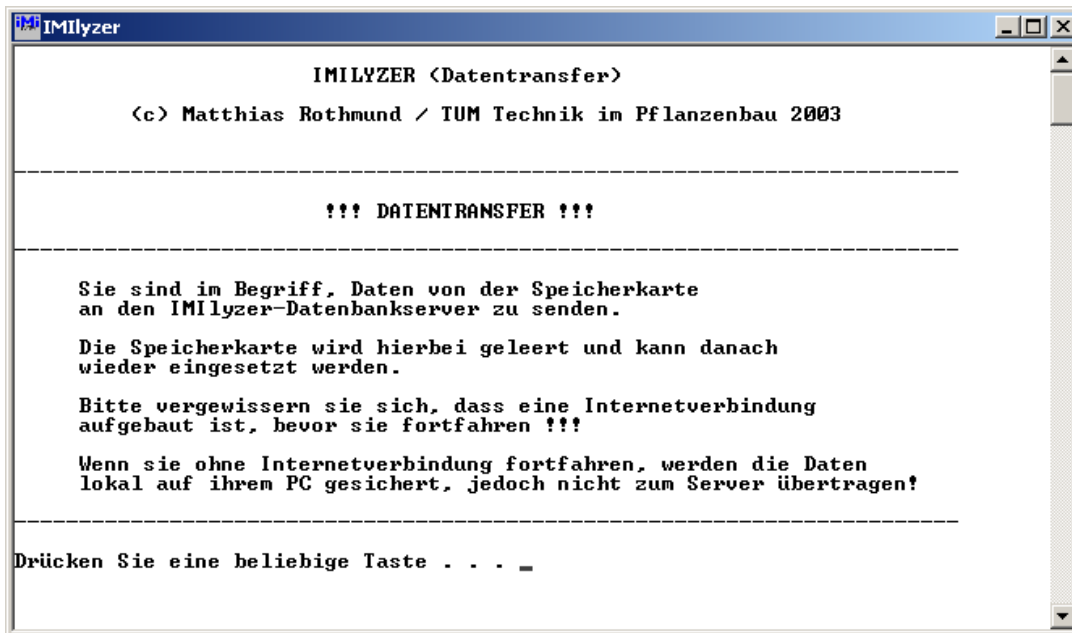


Abb. 38: Startbildschirm des Programms zum Datentransfer von Prozessdaten via Internet vom Betriebs-PC zum datenverarbeitenden Server.

Die DOS-Anwendung besteht aus einer Kaskade von Kommandoaufrufen in verschiedenen interagierenden Dateien, die in eine einfache Benutzerführung eingebunden sind. In den einzelnen Kommandos werden sowohl DOS-Befehle genutzt als auch weitere Anwendungen (lokale MySQL-Anwendung, File-Transfer-Programm) aufgerufen. Während der Datenübertragung kann der Landwirt sich eine erste statistische Auswertung über den Umfang und die Qualität der aufgezeichneten Daten anzeigen lassen (Abb. 39).

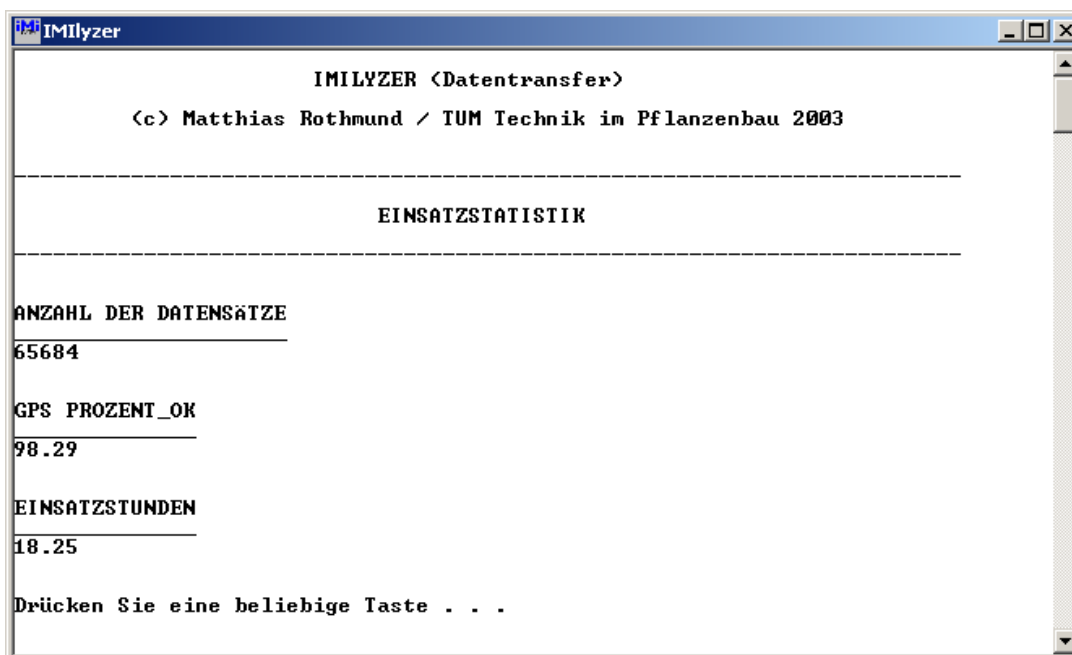


Abb. 39: Einfache Statistik zum Umfang und zur Qualität der übermittelten Prozessdaten im Datentransferprogramm.

Nach der Datenübertragung muss die weitere Verarbeitung serverseitig gestartet werden. Dieser Vorgang ließe sich durch eine regelmäßige Abfrage nach neuen Datendateien automatisieren, wurde aber zur besseren Verfolgbarkeit während der Forschungsarbeiten manuell ausgeführt. Alle weiteren in Kapitel 6.6.1 beschriebenen Schritte der Datenverarbeitung laufen automatisiert ab:

- Plausibilitätsprüfung.
- räumliche Datenzuordnung.
- Detektion von Maßnahmen.
- Bildung schlag- und teilschlagspezifischer Parameter.
- Vorhalten von Ausgangs- und Ergebnisdaten in einer SQL-Datenbank.

Die benötigte Rechnerzeit für die Datenverarbeitung steigt mit zunehmender zu verarbeitender Datenmenge und mit zunehmender Anzahl vorhandener Schlagumrisse überproportional an. Verantwortlich dafür ist die genutzte Funktion zur räumlichen Datenzuordnung (Point in Polygon). Diese überprüft die Koordinaten jedes Datenpunkts auf Zugehörigkeit zu jedem vorhandenen Schlagumriss (Polygon).

Je nach Rechenleistung des genutzten Systems kann so eine Verarbeitung von großen Datenmengen (>100 MByte) ein bis mehrere Stunden in Anspruch nehmen. Hierbei handelt es sich um Anhaltswerte. Genaue Tests zur Performance wurden nicht durchgeführt.¹

Nach Beenden der Datenverarbeitung stehen ohne Zeitverzögerung die in Kapitel 6.6.2 beschriebenen Informationen und Abrechnungsmöglichkeiten zur Verfügung. Abbildung 40 zeigt einen Ausschnitt aus der gewannebezogenen Maßnahmenübersicht, angezeigt in einem Webbrowser. Die erkannten Maßnahmen (zusammenhängende Feldarbeiten) werden rückwärts chronologisch aufgelistet, so dass jeweils die aktuell durchgeführten Maßnahmen im oberen Bereich der Liste zu finden sind.

¹ Im Rahmen des pre agro II Projektes werden derzeit am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau der TU München im Teilprojekt 8 „Integration der automatischen Prozessdatenerfassung in betriebliche Informationsflüsse“ Forschungsarbeiten zur Weiterentwicklung des Datenmanagements durchgeführt. Dabei steht die vollständige Automatisierung der gesamte Datenübertragung und Datenverarbeitung in einem integrativeren Ansatz im Mittelpunkt. Hierbei findet ein Wechsel des Datenbanksystems von MySQL zu PostgreSQL statt, und die bisher verwendete Skriptsprache PHP wird durch die Skript- und Programmiersprache Python ersetzt. Daher wurde auf eine detaillierte Leistungsüberprüfung des bestehenden Systems verzichtet.

Suchergebnis in der Datenbank Automatische Prozessdatenerfassung

Hinweise zum Suchergebnis

- Die Tabelle mit den Suchergebnissen enthält alle verfügbaren Informationen zur Gewannebewirtschaftung.
- In der Tabelle links können einzelne Maßnahmen zur Anzeige von Teilschlaginformation ausgewählt werden.
- Sie können auch direkt zur [Rechnungsdatenbank](#) wechseln.

Teilschlaginformation für ausgewählte Maßnahme:

	Datum	Beginn	Ende	Betrieb	Schlag	Schlaggröße [ha]	Arbeitsverfahren	Fahrer	Traktor	Gerät	Zeit [h]	bearbeitete Fläche [ha]
<input type="radio"/>	14.11.2002	12:19	12:52	Gewann	Hegern	6.7200	Pflanzenschutz	Herbert	Case Maxxum (125PS)	Rau Feldspritze	0.43	5.74
<input checked="" type="radio"/>	02.10.2002	11:03	16:10	Gewann	Hegern	6.7200	Saat	Herbert	Case CS (150PS)	Kreisleger-Drillkombination	3.11	6.66
<input type="radio"/>	17.09.2002	13:31	17:11	Gewann	Hausacker	6.9500	primäre Bodenbearbeitung	Herbert	Case CS (150PS)	Lemken Grubber	2.84	7.06
<input type="radio"/>	14.09.2002	13:53	16:33	Gewann	Hegern	6.7200	nicht definiert	Herbert	Case CS (150PS)	kein Gerät	2.06	n. b.
<input type="radio"/>	30.08.2002	12:37	14:47	Gewann	Hausacker	6.9500	Pflanzenschutz	Herbert	Case Maxxum (125PS)	Rau Feldspritze	0.49	5.85
<input type="radio"/>	09.08.2002	09:46	12:11	Gewann	Hegern	6.7200	nicht definiert	Herbert	Case CS (150PS)	kein Gerät	2.21	n. b.
<input type="radio"/>	31.07.2002	20:28	23:27	Gewann	Hausacker	6.9500	nicht definiert	Herbert	Case Maxxum (125PS)	kein Gerät	0.07	n. b.
<input type="radio"/>	30.07.2002	08:57	09:01	Gewann	Hegern	6.7200	nicht definiert	Herbert	Case CS (150PS)	kein Gerät	0.08	n. b.

Abb. 40: Übersicht durchgeführter Maßnahmen auf den Gewannen, automatisch erstellt auf Grundlage automatisch erfasster Prozessdaten (Anzeige im Webbrowser).

Jede Zeile der Liste bildet eine Maßnahme, wobei jeweils das Ausführungsdatum, der Arbeitsbeginn, das Arbeitsende, der Betriebsname, der Schlag-(Gewanne-)name (eigentlich der Name der Bewirtschaftungseinheit), die Gewannegröße, das Arbeitsverfahren, der Fahrername, die Traktorbezeichnung, die Gerätebezeichnung, die Ausführungszeit und die bearbeitete Fläche dargestellt sind.

Die Bezeichnungen für Fahrer, Traktor und Gerät entstammen dabei nicht den Prozessdaten, sondern werden aus den Identifikationskennzeichnungen, welche in den Prozessdaten enthalten sind über eine Verknüpfung mit einer Stammdatentabelle aus der Datenbank gebildet. Es ist also erforderlich, vor der Datenverarbeitung die entsprechenden Stammdaten dort zu hinterlegen. Dies kann über die Benutzeroberfläche im Webbrowser geschehen. Die Bezeichnung der Bewirtschaftungseinheit (Schlags, Feldstück oder Gewann) wird bei der räumlichen Datenzuordnung jedem Datensatz hinzugefügt. Durch eine vorhandene eindeutige Zuordnung jeder Bewirtschaftungseinheit zu einem Betrieb (in diesem Fall zum Betrieb „Gewann“) kann der jeweilige Betriebsname mitgeführt werden. Das Arbeitsverfahren wird aus dem genutzten Anbau- oder Anhängengerät am Traktor identifiziert.

Jeder Maßnahme kann im bestehenden System genau ein Datum zugeordnet werden. Erstreckt sich die Bearbeitung einer Bewirtschaftungseinheit über mehrere Tage, so wird sie in mehrere Maßnahmen aufgeteilt. Die Differenz zwischen Arbeitsende und Arbeitsbeginn einer Maßnahme entspricht nicht zwangsläufig der Ausführungszeit. Wird die Bewirtschaftungseinheit während der Durchführung verlassen, so ist die berechnete Ausführungszeit kürzer als diese Differenz. Die bearbeitete Fläche ergibt sich aus dem auf Basis der erfassten Prozessdaten berechneten zurückgelegten Weg auf dem Feld und der entweder in den Prozessdaten oder in den Stammdaten enthaltenen Gerätearbeitsbreite. Durch Überlappungen bei der Bearbeitung können sich Werte ergeben, die über der in den Stammdaten hinterlegten Größe der Bewirtschaftungseinheit liegen.

Durch Auswahl einer Maßnahme aus Abbildung 40 werden für diese abrechnungsrelevante Größen nach Teilschlägen gegliedert angezeigt. In Abbildung 41 sind die errechneten teilschlagspezifischen Informationen aus einer teilschlagübergreifenden Bearbeitung im Gewinn dargestellt, die je nach gewählter Korrekturoption für die Erstellung der Abrechnungsdaten verwendet werden.

Gewinn Hegern, (6.7200 Hektar)

Maßnahme: Saat am 02.10.2002 von 11:03 bis 16:10

Fahrer: Herbert Traktor: Case CS (150PS) Gerät: Kreiseleggen-Drillkombination

Einsatzzeit: 3.11 Stunden Einsatzfläche: 6.66 Hektar

	Teilschlag	Teilschlaggröße [ha]	bearbeitete Fläche [ha]	anteilige bearbeitete Fläche [ha]	gemessene Zeit [h]	anteilige Zeit [h]	anteilige Zeit nach bearbeiteter Fläche korrigiert [h]	anteilige Zeit nach anteiliger Fläche korrigiert [h]	
<input type="checkbox"/>	Hegern/Mösllein	1.0400	0.95	1.03	0.39	0.48	0.46	0.45	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Hegern/Herbert1	0.7300	0.71	0.72	0.61	0.34	0.35	0.35	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Hegern/Herbert2	1.1600	1.19	1.15	0.51	0.54	0.57	0.57	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Hegern/Drescher	2.9200	2.85	2.90	1.12	1.35	1.30	1.30	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Hegern/Danzberger	0.8700	0.96	0.85	0.47	0.40	0.43	0.44	<input checked="" type="checkbox"/>

Rechnungsdatenbank

- Die ausgewählten Teilschlag-Maßnahmen können in die Rechnungsdatenbank übernommen werden.
- Wählen sie hierzu die gewünschten Abrechnungsmodi bezüglich Zeit und Fläche aus und wechseln sie dann zur Rechnungsdatenbank.
- Sie können eine Anfahrtpauschale angeben, die zu gleichen Teilen auf die Teilschlagnutzer umgelegt wird.
- Die Rechnungsdaten können anschließend noch verändert werden (nur bei 'Gewinnebewirtschaftung' möglich).
- Bereits in der Rechnungsdatenbank enthaltene Maßnahmen werden nicht erneut übernommen.

Zeitmodus

tatsächlich gemessene Zeit
 flächenanteilige Zeit
 nach bearbeiteter Fläche korrigierte Zeit
 nach anteiliger Fläche korrigierte Zeit

Flächenmodus

tatsächlich bearbeitete Fläche
 anteilig bearbeitete Fläche

Anfahrtpauschale (€):

Pauschale auf alle Teilstücke verteilen
 Pauschale auf ausgewählte Teilstücke verteilen

Abb. 41: Teilschlagbezogene Analyse einer Saatmaßnahme auf dem Gewinn Hegern mit Korrekturoptionen zur Erstellung einer Abrechnung (Anzeige im Webbrowser).

Im Kopfbereich der angezeigten Tabelle befinden sich die auf das gesamte Gewinn bezogenen Informationen zum Fahrer, den eingesetzten Maschinen, der gesamten Arbeitszeit und der gesamten bearbeiteten Fläche. Im restlichen Tabellenbereich befinden sich die teilschlagbezogenen Informationen. Neben der Teilschlagbezeichnung, bestehend aus dem Namen des Gewinns und dem Namen des Teilschlagnutzers, befindet sich die in den Stammdaten hinterlegte Größe des Teilschlags.

In den restlichen, farbig in Grün-, Gelb- und Orangetönen gekennzeichneten Spalten erscheinen die berechneten Werte zu den tatsächlich gemessenen und anteilig verrechneten bzw. korrigierten Einsatzflächen und Einsatzzeiten gemäß den Korrekturoptionen aus Kapitel 6.6.2. Nach Auswahl einer Korrekturoption und optionaler Angabe einer Anfahrtspauschale (im unteren Bereich des Bildschirms aus Abbildung 40) kann die Druckansicht für die Rechnungserstellung aktiviert werden. Dabei wird für jeden beteiligten Landwirt eine Rechnung erstellt. Es ist jedoch auch möglich die berechneten Rechnungsdatensätze abzuspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufzurufen und auszudrucken.

7 Diskussion

Die erarbeiteten Modelle zur Gewannebewirtschaftung, die in Kapitel 5 ausführlich dargestellt wurden, sollen nun im Hinblick auf die im Bewirtschaftungsversuch (Kapitel 6) gewonnenen Ergebnisse kritisch diskutiert und eingeordnet werden. Den Schwerpunkt der Arbeiten im Bewirtschaftungsversuch Zeilitzheim bildeten die Entwicklung und Umsetzung technischer Hilfsmittel für das Management von Gewannebewirtschaftungssystemen. Über die Möglichkeiten einer reinen Modellanalyse hinaus konnten hier jedoch eine Reihe von ökonomischen und ökologischen Potenzialen abgeschätzt sowie Erfahrungen im Bereich der gesellschaftlichen Auswirkungen gesammelt werden. Um dieses heterogene Themenfeld abzudecken, ist die folgende Diskussion nach unterschiedlichen Aspekten gegliedert:

- Technik und Softwareeinsatz
- Aufwands-, Kosten- und Gewinnentwicklung
- Umweltbeeinflussung und Landschaftsgestaltung
- soziologische Zusammenhänge

7.1 Technik- und Softwareeinsatz

In Kapitel 5.3 wurde aufgezeigt, dass die Einführung einer Gewannebewirtschaftung zwar grundsätzlich ohne den Einsatz zusätzlicher Technik möglich ist, damit jedoch auftretende Heterogenitäten bei Ertrag und Aufwand unberücksichtigt blieben. Um dies zu beheben, muss GPS-gestützte Datenerfassungstechnik in Traktor-Geräte-Kombinationen und in Erntemaschinen eingesetzt werden. Dabei ist abzuwägen, inwieweit zum einen mögliche Fehlzuteilungen von Ertrag und Aufwand die erwarteten Einsparungen und Mehrerträge bei der Gewannebewirtschaftung kompensieren können, und wie sehr zum anderen die Unkenntnis der tatsächlichen teilschlagspezifischen Produktionsergebnisse die Akzeptanz einer geplanten Gewannebewirtschaftung vermindert. Um eine sichere Bewertung der geldwerten Verschiebungen von Ertrag und Aufwand zwischen den Teilschlägen vornehmen zu können, müssten weitere Untersuchungen auf möglichst heterogenen Gewanneflächen durchgeführt werden. An dieser Stelle kann aufgrund der in den Bewirtschaftungsversuchen ermittelten Daten deshalb nur eine erste Abschätzung vorgenommen werden.

In Kapitel 6.5.3, Tabelle 23 wird bei der Winterweizenernte auf dem Gewinn Hausäcker für Landwirt C mit dem höchsten teilschlagspezifischen Ertrag ein Verlust von 0,95 Tonnen errechnet, hätte die Ernte ohne Ertragsmessung stattgefunden. Gleichzeitig profitierten die anderen Beteiligten indem ihnen 0,37 (Landwirt A) bzw. 0,58 (Landwirt B) Tonnen Ertrag zuviel zugeteilt würden. Ausschließlich der Know-how-Effekte (Kapitel 7.1) stünde dem ein kalkulierter Mehrertrag durch ökonomische Effekte der Gewannebewirtschaftung von etwa 150 Euro pro Hektar entgegen. Tabelle 27 zeigt die resultierenden Verschiebungen für die einzelnen Beteiligten bei einem Weizenpreis von 110 Euro pro Tonne.

Tab. 27: Gegenüberstellung von kalkulatorischem Mehrertrag und Ertragsverzerrungen bei Gewannebewirtschaftung ohne Ertragserfassung (am Beispiel der Winterweizenproduktion auf dem Gewinn Hausäcker 2001).

	Landw. A (3,15 ha)	Landw. B (1,60 ha)	Landw. C (2,20 ha)	Gewinn (6,95 ha)
Kalkulatorischer Mehrertrag [€] *	+472,50	+240,00	+330,00	+1042,50
Fehlzuteilung Winterweizenertrag [€]	+40,70	+63,80	-104,50	±0,00
Teilschlagbezogene Bilanz [€]	+513,20	+303,80	+225,50	+1042,50
Flächenbezogene Bilanz [€/ha]	+162,92	+189,88	+102,50	+150,00
Gewinn/Verlust durch Fehlzuteilung [€/ha]	+12,92	+39,88	-47,50	±0,00

* ohne Berücksichtigung des mittleren Mehrertrags von 150 €/ha durch Know-how-Effekte

Die Ergebnisse zeigen, dass in diesem Berechnungsbeispiel zwar in allen Fällen die Vorteile durch Gewannebewirtschaftung die Nachteile durch Fehlzuteilungen einer Ernte ohne Ertragserfassung überwiegen. Dennoch geht Landwirt C etwa ein Drittel des zu erwartenden Mehrertrages verloren, da sein Teilschlag ertragsstärker ist, als die der anderen Beteiligten. Entsprechend können die Landwirte A und B Mehrerträge über den erwarteten Betrag hinaus erzielen. Deshalb stellt die teilflächenspezifische Erfassung des Ernteertrages sicher die wichtigste Komponente in der Datenerfassung bei der Gewannebewirtschaftung dar. Die Kosten für die Ertragserfassung werden dabei von WAGNER (2005) bei einer jährlichen Auslastung des Mähdreschers von 400 Hektar Erntefläche mit 5 €/ha angegeben und liegen damit bei weitem unter der geringsten in Tabelle 27 berechneten Fehlzuteilung von 12,92 €/ha.

Im Gegensatz dazu sind die Unterschiede zwischen einer korrigierten Zeiterfassung (Kap. 6.5.4) und einer einfachen flächenbezogenen Zuteilung der Arbeitszeit bei maschinengebundenen Arbeiten relativ gering. Hier konnte aus den vorliegenden Daten eine maximale Abweichung von zwei Minuten pro Hektar je Arbeitsgang und Teilschlag ermittelt werden. In einem konstruierten Extremfall, in welchem innerhalb von zehn Bearbeitungsgängen in einem Produktionszyklus diese Abweichung immer auf demselben Teilschlag aufträte,

könnte so eine Differenz von 20 Minuten entstehen, was bei Arbeitskosten von 15 Euro pro Stunde und Traktorkosten von 25 Euro pro Stunde einer Kostenverschiebung von 13 Euro pro Hektar und Jahr entspräche. Dieser Extremfall ist jedoch äußerst unwahrscheinlich.

Somit ist die GPS-gestützte Ertragserfassung bei der Ernte eine unabdingbare Voraussetzung für die Akzeptanz der Gewannebewirtschaftung bei den Landwirten. Die Bedeutung der Prozessdatenerfassung liegt dagegen nicht so sehr bei gerechten Abrechnung des entstandenen Zeitaufwands, sondern in der Bereitstellung einer Datengrundlage für das Management. Bei einer automatisierten Erfassung und Verarbeitung von Prozessdaten kann die Abrechnung mit den einzelnen beteiligten Landwirten ebenfalls automatisiert erfolgen. Außerdem können so künftig benötigte Dokumentationsdaten für die Kontrollbehörden trotz besitzübergreifender Gewannebewirtschaftung teilschlagspezifisch bereitgestellt werden. Unabdingbar wird die Prozessdatenerfassung auf Traktor-Geräte-Kombinationen, wenn auf den gebildeten Gewannen eine teilflächenspezifische Applikation von Saatgut, Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln eingeführt wird. Vor allem bei der sensorgestützten Applikation bildet die gleichzeitige Datenerfassung die einzige Möglichkeit, die ausgebrachten Mengen je Landwirt teilschlagspezifisch zu ermitteln.

Neben der Frage der Notwendigkeit einzelner technischer Systeme für die Gewannebewirtschaftung stellt sich vor allem die Frage der Verfügbarkeit. Derzeit kann nur die Ertragserfassung im Mähdrusch als nahezu uneingeschränkt praxistauglich bezeichnet werden. Da der Mähdrusch überwiegend im Lohnverfahren erledigt wird, ist es möglich, diese Technik ohne eigene Investitionen in einer bestehenden oder geplanten Gewannebewirtschaftung einzuführen. Damit bestehen in einer Getreidefruchtfolge keine technischen Hindernisse für eine wirtschaftliche Gewannebildung.

Anders im Feldfutterbau: Hier stehen momentan nur Prototypensysteme für die Ertragsermittlung, beispielsweise im Feldhäcksler, zur Verfügung. Eine Möglichkeit, diese Problematik zu umgehen, besteht in der teilschlagweisen Ernte zum Beispiel von Silomais, die in der Regel unabhängig von den Saatreihen erfolgen kann. Allerdings geht hier durch den erhöhten Arbeitszeitbedarf bei der Ernte ein Teil des Vorteils der rationelleren Bewirtschaftung wieder verloren.

Dagegen wird die gewanneweise Produktion von Zuckerrüben derzeit in der Praxis kaum Akzeptanz finden, da hier ebenfalls keine Ertragsmesssysteme bei den Herstellern erhältlich sind. Der Einbau und Betrieb einer individuellen Lösung zur Ertragserfassung im Zuckerrübenroder erfordert eine intensive technische Betreuung und ein aufwändiges Da-

tenmanagement und scheidet damit für den Praxiseinsatz aus. Aufgrund der hohen erzielbaren Deckungsbeiträge bei Zuckerrüben können sich aber gerade hier oben erwähnte Ertragsverschiebungen zwischen den Teilschlägen besonders bemerkbar machen. Tabelle 28 zeigt die Unterschiede zwischen der Ertragszuteilung mit und ohne Ertragserfassung am Beispiel der Zuckerrübenernte auf dem Gewinn Hegern 2001 anhand der Preise von A-, B- und C-Rüben. Bei den gezeigten Verschiebungen von Erträgen zwischen den einzelnen Teilschlägen von über 300 Euro pro Hektar scheidet deshalb eine gemeinsame Bewirtschaftung ohne die Möglichkeit einer sicheren Datenerfassung aus.

Tab. 28: Differenzen auf den Teilschlägen des Gewanns Hegern bei der Zuckerrübenernte 2001 mit und ohne Ertragserfassung bezogen auf A-, B- und C- Rüben.

Landwirt	D	E	F(I)	G	F(II)
Teilschlaggröße [ha]	0,87	2,92	1,16	1,04	0,73
Ertrag mit Messung [t/ha]	46,25	51,14	52,89	42,77	48,03
zugeteilte Menge [t]	40,24	149,33	61,35	44,48	35,06
Ertrag ohne Messung [t/ha]	49,18	49,18	49,18	49,18	49,18
zugeteilte Menge [t]	42,79	143,61	57,05	51,15	35,90
Ertragsdifferenz [t/ha]	+2,93	-1,96	-3,71	+6,41	+1,15
Mengendifferenz [t]	+2,55	-5,72	-4,30	+6,67	+0,84
<u>A – Rüben</u> (€ 48/t)					
flächenbezogene Ertragsdifferenz [€/ha]	+141	-94	-178	+308	+55
teilschlagbezogene Ertragsdifferenz [€]	+122	-275	-206	+320	+40
<u>B – Rüben</u> (€ 26/t)					
flächenbezogene Ertragsdifferenz [€/ha]	+76	-51	-96	+167	+30
teilschlagbezogene Ertragsdifferenz [€]	+66	-149	-112	+173	+22
<u>C – Rüben</u> (€ 9/t)					
flächenbezogene Ertragsdifferenz [€/ha]	+26	-18	-33	+58	+10
teilschlagbezogene Ertragsdifferenz [€]	+23	-51	-39	+60	+8

Für den Fall, dass ein funktionssicheres Ertragsmesssystem für den eingesetzten Rübenroder in einer Gewannebewirtschaftung zu Verfügung stünde, können aus dem Versuch zur Ermittlung der Rübenertragsmenge auf dem Gewinn Hegern (Tab. 28) vertretbare Kosten für die Ertragsermittlung von bis zu 10 €/ha abgeleitet werden, da dies der geringsten Fehlzuteilung auf einem Teilschlag bei C-Rüben entspricht.

Die automatisierte Prozessdatenerfassung wurde bereits seit 1998 an der Technischen Universität München am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau entwickelt und seit 2000 in mehreren Prototypsystemen auf den Versuchsstationen der Universität eingesetzt [AUERNHAMMER, SPANGLER und DEMMEL, 2000]. Das System basiert auf der Nutzung eines standardisierten elektronischen Kommunikationssystems nach dem LBS-Standard (Landwirtschaftliches BUS-System, DIN 9684/2-5). Die im Rahmen dieser Dissertation

durchgeführte Datenerfassung im Projekt Zeilitzheim wurde ebenfalls mit diesem System realisiert.

Die 1986 begonnene Normungsarbeit zu LBS wurde 1997 abgeschlossen. Parallel begann ab 1990 die Arbeit an einer internationalen Norm zur Implementierung eines landwirtschaftlichen BUS-Systems für Traktor-Geräte Kombinationen, mit Namen ISOBUS (ISO 11783). Nachdem absehbar war, dass sich diese ISO-Norm durchsetzen würde, wurde die Fortschreibung der DIN 9684 im Jahr 2002 eingestellt. Datenerfassungssysteme auf Grundlage des ISO 11783 Standards werden derzeit bereits von einigen Elektronikherstellern im landwirtschaftlichen Umfeld angeboten (z.B. Fa. Agrocom, Fa. Müller-Elektronik, Fa. WTK-Elektronik). Allerdings handelt es sich in keinem Fall um vollständig automatisierte, das heißt benutzerunabhängige Systeme (Kap. 6.2.2), sondern die Datenerfassung muss auftragsbezogen vom Fahrer gestartet werden.

Die Übertragung des Ansatzes der Automatischen Prozessdatenerfassung von der LBS in eine ISOBUS-Version wird derzeit an der Technischen Universität München realisiert. Die Nutzung landwirtschaftlicher BUS-Systeme (DIN 9684, ISO 1173) ermöglicht die Realisierung der Prozessdatenerfassung in einfacher Weise, da keine eigene Sensorik zur Bereitstellung der Daten installiert wird. Die Daten vorhandener Sensoren werden am landwirtschaftlichen BUS-System durch verschiedene Teilnehmer, wie die Traktor-ECU, unterschiedliche Geräte-ECUs oder den GPS-Empfänger, bereitgestellt. Ein zusätzlicher Teilnehmer, der Taskcontroller, übernimmt unter anderem die Aufgabe der Datenaufzeichnung.

Durch die zu erwartende Marktdurchdringung mit ISOBUS-fähigen Traktoren und Geräten in den nächsten Jahren ist auch mit der Verfügbarkeit von ISOBUS-kompatiblen Datenloggern in diesem Zeitraum zu rechnen. Für Traktoren älterer Bauart stehen heute bereits ISOBUS-Nachrüstsätze zur Verfügung (z.B. Fa. Müller-Elektronik, Fa. WTK-Elektronik), um die Bedienung von ISOBUS-Anbaugeräten zu ermöglichen. Solche Nachrüstlösungen basieren entweder auf der Nutzung einer im Traktor vorhandenen Signalsteckdose (nach DIN 9684/1), welche Vorfahrtgeschwindigkeit, Motor- und Zapfwellendrehzahl sowie den Hubwerksstatus als digitale Information zur Verfügung stellt, oder auf eigens anzubringenden Sensoren zur Ermittlung dieser Daten. Bei der Nutzung solcher Nachrüstlösungen wie auch durch unterschiedliche Interpretation der im Standard verfügbaren Möglichkeiten bei der Implementierung eines BUS-Systems im Traktor durch verschiedene Hersteller ist mit Einschränkungen bei der Datenverfügbarkeit zu rechnen. Während beispielsweise die Vorfahrtgeschwindigkeit bei allen Systemen als Information bereitgestellt wird, ist dies beim Kraftstoffverbrauch nicht immer der Fall.

Daten des GPS-Empfängers waren bei bisherigen Systemen nicht direkt am landwirtschaftlichen BUS verfügbar, sondern wurden separat in den Datenlogger eingespeist, bzw. durch einen eigenen Controller am BUS-System bereitgestellt. Die Nutzung des NMEA 2000 Standards und CAN-fähige GPS-Empfänger (z.B. Fa. Trimble) ermöglichen in Zukunft die direkte Integration von Positions- und Zeitdaten in ISOBUS.

Bei der Realisierung der automatischen Prozessdatenerfassung ergeben sich weitere Herausforderungen in der Datenhaltung, Datenverarbeitung und der Informationsgewinnung und –nutzung. Die Menge und Struktur der gewonnenen Daten impliziert die Konzeption von Auswertungssystemen auf der Basis leistungsfähiger Datenbanksysteme. Die Potenziale der Automatischen Prozessdatenerfassung bezüglich der Teilautomatisierung von Dokumentationsaufgaben im landwirtschaftlichen Betrieb wurden erstmals von DEMMEL, ROTHMUND, SPANGLER und AUERNHAMMER (2001) aufgezeigt.

In Tabelle 29 sind beispielhaft die beschreibenden Größen für eine durchgeführte Maßnahme aufgeführt, welche ohne manuelle Aufzeichnungen aus automatisch erfassten Prozessdaten mit Hilfe eines datenbankgestützten Auswertungsprogramms generiert wurden. In Kapitel 6.2.3, Abbildung 24 und Kapitel 6.6.3, Abbildung 40 und Abbildung 41 wurde bereits aufgezeigt, wie die gewonnenen Daten zur automatisierten Generierung von Schlagkarteiinformation und bis hin zur Ableitung teilflächenspezifischer und abrechnungsrelevanter Größen genutzt werden können.

Der zeitlichen Einordnung und den Bezeichnungen von Schlag, Maschinen und Arbeitsverfahren im Kopfbereich von Tabelle 29 folgen Informationsblocks zur Einsatzzeit, Wegstrecke, Arbeits- und Umdrehungsgeschwindigkeiten sowie zur bearbeiteten Fläche und zur Applikationsmenge. Die Potenziale dieser Art der Datenanalyse werden schon an diesem Einzelbeispiel sichtbar:

- Die mögliche Aufteilung der Einsatzzeiten und –wege in Arbeits- und Wendeanteile erlauben eine detaillierte arbeitswissenschaftliche Analyse.
- Die ableitbaren Standardabweichungen der Geschwindigkeitswerte, der Zapfwelkenumdrehung und der Applikationswerte ermöglichen Aussagen über die Arbeits- und Prozessqualität.

Diese Analyseoptionen werden erst durch eine zeitlich und räumlich hochauflösende GPS-gestützte automatische Datenerfassung ermöglicht und sind auf der Basis manueller Aufzeichnungen nicht zu realisieren.

Tab. 29: Aggregierte Information einer Düngemaßnahme, durchgeführt mit automatischer Prozessdatenerfassung (nach ROTHMUND, DEMMEL, AUERNHAMMER, 2002).

Datum	Startzeit	Stoppzeit	Schlag	Traktor	Gerät	Maßnahme
30.04.2001	19:45	20:30	TH 01	MB-Trac	Exaktstreuer	Düngen
benötigte Zeit auf dem Feld						
Gesamt		Arbeit		Wenden		Stand
0,59 h		61 %		23 %		16 %
						Zeit/Fläche
						0,12 h/ha
zurückgelegter Weg auf dem Feld						
Gesamt		Arbeit		Wenden		Weg/Fläche
4,11 km		81 %		19 %		0,87 km/ha
Arbeitsgeschwindigkeit				Zapfwellengeschwindigkeit (Arbeit)		
Mittel		Standardabweichung		Mittel		Standardabweichung
9,26 km/h		2,27 km/h		450 min ⁻¹		61 min ⁻¹
bearbeitete Fläche				applizierte Menge		
Summe				Summe	Mittel	Standardabw.
4,75 ha				955,6 kg	203,4 kg/ha	34,9 kg/ha

Die Vorteile der automatischen Prozessdatenerfassung beim Einsatz in der Gewannebewirtschaftung liegen auf der Hand. Auf der erfassten Datengrundlage kann eine teilschlag- und besitzspezifische Datenzuteilung und damit Abrechnung des Aufwands bei der Bewirtschaftung erfolgen. Die benötigte Auswertungssoftware muss dabei leicht zu handhaben sein, um den Arbeitsaufwand für diese Managementtätigkeit so gering wie möglich zu halten [ROTHMUND, DEMMEL und AUERNHAMMER, 2003b].

Im Verlauf der Untersuchungen in Zeilitzheim und der damit verbundenen Anforderung ein derartiges System zur Verfügung zu stellen, zeigte sich bald, dass eine lokal installierte Softwarelösung beim verantwortlichen Landwirt zu Problemen führte. Zum einen liegen diese in der fehlenden Möglichkeit einer Kontrolle der Datenverarbeitungsvorgänge und der zentralen Behebung von Programmfehlern. Zum anderen erfordern die anfallenden Datenmengen die Nutzung leistungsfähiger Rechner und Serversoftware. Zudem müssen die anfallenden Daten mittels professioneller Backup-Systeme gegen Verlust gesichert werden.

Als Folge dieser Erkenntnisse wurde ein Web basiertes Datenmanagement favorisiert und entwickelt. Da die genannten Probleme in gleicher Weise auf die Verarbeitung von automatisch erfassten Daten außerhalb der Gewannebewirtschaftung zutreffen, wurde dieses Konzept insgesamt für die Entwicklung eines Daten- und Informationsmanagements für die automatische Datenerfassung herangezogen [ROTHMUND, DEMMEL und AUERNHAM-

MER, 2003c]. Bei einer Verwendung der gewonnenen Information über die Anforderungen der Gewannebewirtschaftung hinaus sprechen hier noch weitere Gründe für die Nutzung des Internets und serverbasierter, vernetzter Datenmanagementsysteme. Diese ermöglichen die Integration unterschiedlicher Datenquellen (Kap. 8.4) und die über- und außerbetriebliche Nutzung beispielsweise für das Management von Maschinenringen oder die Übernahme von Daten zur Rückverfolgbarkeit und zur Beantragung von Förderungen.

Momentan ist am Markt keine Software für das Management der Gewannebewirtschaftung unter Einbeziehung automatisch erfasster Daten verfügbar. Im selben Maße, in dem die ISOBUS-Technologie in die Praxis Einzug hält, ist mit einigem Zeitverzug auch die Verfügbarkeit von Software zum teilschlagspezifischen Datenmanagement zu erwarten. Insofern dort neben pflanzenbaulichen auch ökonomische Kennzahlen berücksichtigt werden, lässt sich eine derartige Software auch in der Gewannebewirtschaftung nutzen.

7.2 Aufwands-, Kosten- und Gewinnentwicklung

Die Ergebnisse aller durchgeführten Kalkulationen zur wirtschaftlichen Auswirkung der Bildung gemeinsam bewirtschafteter Gewanne aus kleineren Einzelschlägen sind übereinstimmend und eindeutig. Eine Vergrößerung von Bewirtschaftungseinheiten von ca. ein bis zwei Hektar auf ca. fünf bis zehn Hektar Schlaggröße führt, unterstellt man eine Leitmechanisierung von drei Metern Arbeitsbreite, zu Kostendegressionen bei der Arbeitserledigung um etwa 30 Prozent. Dass die rationellere Bewirtschaftung auf größeren Schlägen zu einer Verbesserung der arbeitswirtschaftlichen Effizienz führt, ist bekannt und war deshalb auch nicht anders zu erwarten.

Es war jedoch überraschend, dass bei gleichbleibender Mechanisierung bereits eine relativ geringe Vergrößerung der Schläge von einer Ausgangsgröße von 1,1 auf 3,8 Hektar nahezu den gleichen Einsparungseffekte an Arbeitszeit und –kosten (-30%) erbrachte [CZEKALLA, SCHÜTZ, SIFT und ZUBER, 2001]. Zuvor war eine ähnliche Reduktion um 34 Prozent der Arbeitszeit für einen Modellbetrieb bei einer Schlagvergrößerung von 1,4 auf 6,8 Hektar [DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND, 2000] für die Winterweizenproduktion berechnet worden.

Die durchschnittliche Schlaggröße von 3,8 Hektar als Kalkulationsgrundlage bei CZEKALLA et al. (2001) ergab sich aufgrund der Einbeziehung der tatsächlichen Flurstrukturen in der Gemeinde Zeilitzheim, für welche die Berechnungen durchgeführt wurden. Die Berechnung der Effekte an einem realen Beispiel unterstreicht hierbei die Aussagekraft dieser Kalkulation.

Zusätzlich konnte durch den Einsatz automatischer Prozessdatenerfassungssysteme bei der Bewirtschaftung kleinerer und größerer Schläge ein Degressionseffekt beim Arbeitsaufwand erstmals in der Praxis ohne den störenden Einfluss von manuellen Zeitmessungen unter ‚Versuchsbedingungen‘ gezeigt werden (Kapitel 6.5.1, Abb. 29). Eine vergleichende Untersuchung zwischen beiden Erfassungssystemen (automatische Prozessdatenerfassung und manuelle Zeiterfassung durch Zeitnehmer) liegt zwar nicht vor, aber es können bei der automatisierten Erfassung realistische Einsatzbedingungen unterstellt werden, da keine sicht- oder spürbare Beeinflussung des Fahrers durch das System besteht.

Die Betrachtung der Maschinenkosten konnte in beiden Kalkulationen nur für den variablen Kostenanteil erfolgen, da eine Einbeziehung der Festkosten die Kenntnis des Einsatzumfanges erfordert. Eine entsprechende Untersuchung wird in Kapitel 8.3 aufgegriffen. Da üblicherweise bei der Berechnung der Maschinenkosten lediglich die Traktorkosten zeitabhängig ermittelt werden, ist die relative Ersparnis bei den variablen Maschinenkosten geringer als bei den Arbeitskosten.

Bei DEIGLMAYR et al. wird die Einsparung an variablen Maschinekosten mit ca. fünf Prozent angegeben. Bei CZEKALLA et al. (2001) werden Erntearbeiten in der Kalkulation im Lohnverfahren durchgeführt und nicht den Maschinenkosten zugerechnet. Für die verbleibenden traktorgebundenen Arbeiten ergibt sich damit eine Kostenreduktion um 25 Prozent, da durch den Wegfall der eigenen Erntemaschinen der Anteil der Traktorkosten an den gesamten variablen Maschinenkosten stark ansteigt. Bei allen angeführten Kalkulationen wurde eine für kleinstrukturierte Regionen typische Arbeitsbreite der Leitmechanisierung von drei Metern (Bodenbearbeitung, Saat) mit einer entsprechenden Arbeitsbreite bei Dünge- und Pflanzenschutzarbeiten (15 oder 18 Meter) angenommen.

Die Frage nach der optimalen Gewannegröße kann nur in Zusammenhang mit der unterstellten Arbeitsbreite beantwortet werden. Außerdem spielt auch die Schlagform eine Rolle. Bei idealer Schlagform (rechteckiger Schlag, Längen-Breiten Verhältnis 2:1) ergeben sich nach AUERNHAMMER (1999) aus einer Kalkulation mit dem Programm ZEFA für eine 3-Meter Mechanisierung die größten Rationalisierungspotenziale bei einer Schlagvergrößerung bis zu fünf Hektar (Abb. 42).

Eine Vergrößerung bis auf ca. zehn Hektar bringt weitere aber weniger stark ausgeprägte Reduktionen bei den Arbeiterledigungskosten mit sich. Eine Vergrößerung von Bewirtschaftungseinheiten über 10 Hektar hinaus bringt kaum zusätzliche Vorteile. Wie ebenfalls zu entnehmen ist, bewegen sich bei ungünstiger Schlagform die Einsparpotenziale

etwa im selben Bereich, jedoch verbleibt der Arbeitszeitbedarf bis Schlaggrößen von über 15 Hektar insgesamt über dem der günstigeren Schlagform.

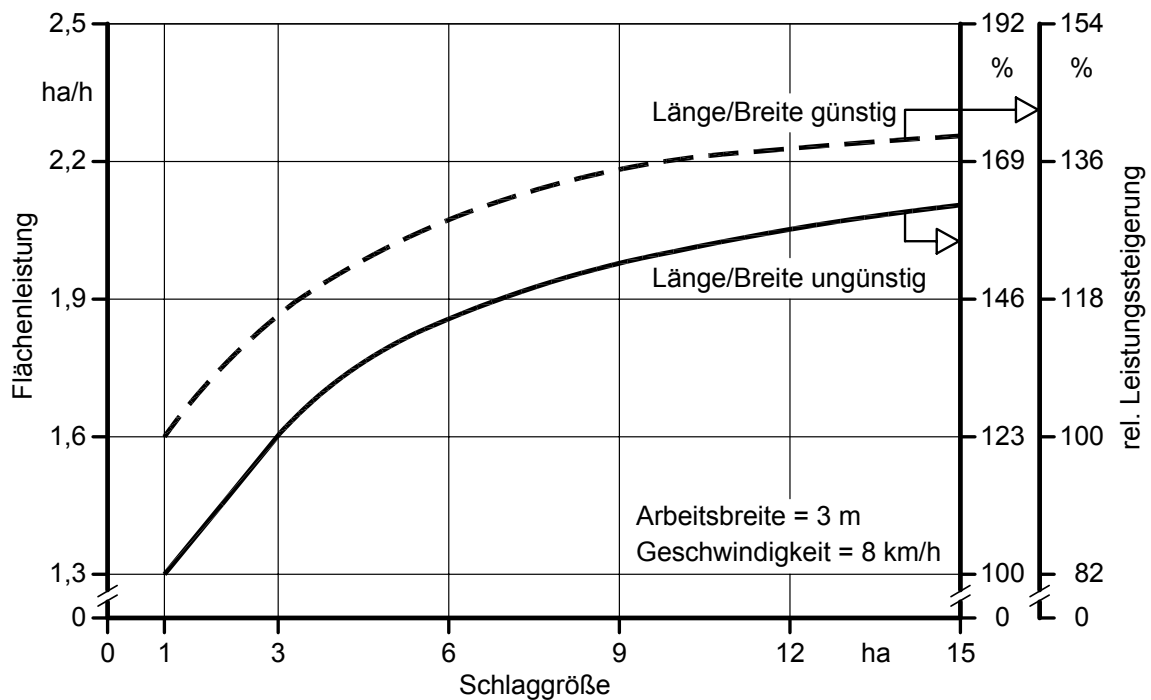


Abb. 42: Entwicklung der Arbeitsleistung bei steigender Schlaggröße und unterschiedlicher Schlagform (nach AUERNHAMMER 1999, berechnet mit ZEFA nach Daten von BOCK, MEIBLER und ZELLER, 1999).

Bei größeren angenommenen Arbeitsbreiten (beispielsweise 6 m oder 9 m) ergeben sich ähnliche Effekte, allerdings bei entsprechend größeren Bewirtschaftungseinheiten. Die Kurven, welche in Abbildung 43 die Leistungssteigerung in Abhängigkeit der Schlaggröße bei unterschiedlichen Arbeitsbreiten darstellen, wurden mit dem Kalkulationsprogramm KaMAK [Steinberger, 2004] erstellt. Die erreichten Arbeitsleistungen liegen bei gleichen Voraussetzungen etwas höher als nach AUERNHAMMER (1999) in Abbildung 42. Die mit roten Pfeilen gekennzeichneten lotrechten Linien zeigen die Punkte identischer Steigung in den drei Kurven an. Daran ist ersichtlich, dass sich bei zunehmender Arbeitsbreite der Grenznutzen einer zusätzlichen Schlagvergrößerung deutlich in Richtung größerer Bewirtschaftungseinheiten verschiebt.

Die mit Hilfe der automatischen Prozessdatenerfassung ermittelten Werte für das Grubbern mit einer Arbeitsbreite von 3 Metern auf unterschiedlichen Schlägen in Zeilitzheim (Kap. 6.5.1, Abb. 29) bestätigen das Ergebnis der Kalkulation mit KaMAK. Bei Schlaggrößen um drei Hektar lag der Zeitbedarf bei 0,5 h/ha was einer Leistung von 2 Hektar pro Stunde entspricht.

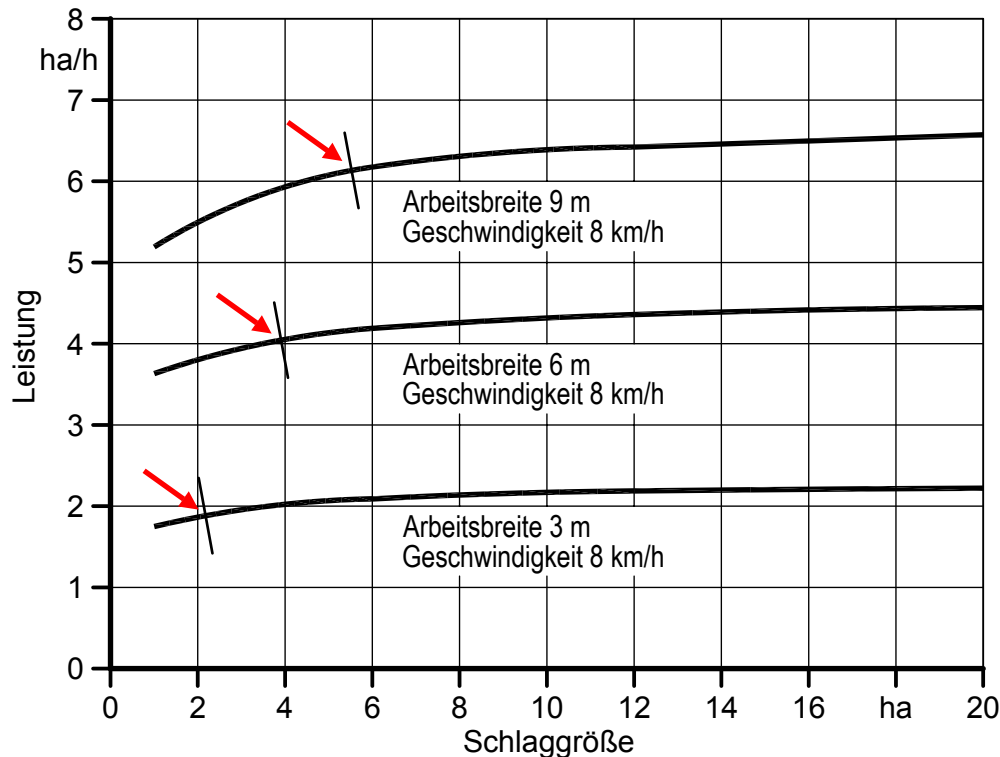


Abb. 43: Entwicklung der Arbeitsleistung bei steigender Schlaggröße und unterschiedlichen Arbeitsbreiten (berechnet mit KaMAK nach STEINBERGER, 2004).

Die Möglichkeiten der Vergrößerung von Bewirtschaftungseinheiten durch Gewannebildung müssen in den Diskussionen um rationellere Bewirtschaftung auf größeren Schlägen immer im Zusammenhang mit vorhandenen Restriktionen durch Landschaftsstruktur und Landschaftsplanung gesehen werden (Kapitel 7.3). Die Wahl der Arbeitsbreite der eingesetzten Maschinen muss sich dabei an der Gesamtheit der zu bewirtschaftenden Fläche beziehungsweise der dafür zur Verfügung stehenden Zeit orientieren, nicht an einzelnen größeren Schlägen oder Gewannen.

Neben den verringerten Arbeitszeiten, die sich auf Arbeits- und Maschinenkosten auswirken und die sich im Wesentlichen durch geringere Nebenzeiten auf größeren Schlägen und durch verringerte Rüst- und Wegezeiten bei verringerter Schlaganzahl ergeben, hat die gemeinsame Bewirtschaftung von Gewannen eine Reihe anderer Effekte, die sich auf die Wirtschaftlichkeit der Produktion auswirken. Als direkt erfassbare und somit bewertbare Effekte sind hier Rabatte und Preisaufschläge bei gemeinsamem Ein- und Verkauf sowie Rabatte bei Lohnunternehmern zu nennen. Allerdings müssen diese im Einzelfall erfragt und quantifiziert werden. CZEKALLA et al. (2001) ermittelten für die Gemeinde Zeilitzheim bei gemeinsamem Betriebsmitteleinkauf für 600 Hektar Ackerfläche Preisnachlässe von fünf Prozent für Saatgut und Düngemittel sowie von zehn Prozent für Pflanzenschutzmittel. Bei der gemeinsamen Vermarktung der Ernte von 200 Hektar Winterweizen-

produktion wären Preisaufschläge von zwei bis fünf Prozent bei direktem Absatz an eine Mühle oder ein Futtermittelwerk möglich gewesen. Örtliche Lohnunternehmer hätten bei der Zusage über fest kalkulierbare Einsatzflächen Rabatte in der Höhe von zehn Prozent gewährt.

Durch die Verringerung von Rand- und Vorgewendeflächen sind Ertragssteigerungen denkbar. Für die 600 Hektar Ackerfläche der Gemarkung Zeilitzheim könnte durch eine gemarkungsweite Gewannebildung nach CZEKALLA et al. (2001) dieser Flächenanteil von 22,8 Prozent der Gesamtfläche bei Einzelschlagbewirtschaftung auf 13,1 Prozent bei Gewannebewirtschaftung (Vorgewendebreite 12m, Randfläche 3m der Nettolängsseiten, Gewannegröße 3,8 ha) vermindert werden. Wird eine Ertragsdepression von 20 Prozent auf diesen Flächen unterstellt, so ergibt sich eine Ertragssteigerung von etwa zwei Prozent bei Gewannebewirtschaftung. Allerdings konnten solche Ertragsdepressionen auf den Untersuchungsflächen nicht nachgewiesen werden. Um diesen Vorgewendeeffekt experimentell nachweisen zu können, müssten mehrjährige Versuche auf zahlreichen möglichst homogenen Schlägen durchgeführt werden. Gleiches gilt für den Nachweis eines verminderten Wirkstoffbedarfs beim Pflanzenschutz auf Randflächen.

Der erstmals von DEIGLMAYR, HAHNENKAMM und ROTHMUND (2000) unterstellte Know-how-Effekt beschreibt den möglichen Ertragszuwachs bei denjenigen an der Gewannebewirtschaftung beteiligten Landwirten, die vor der gemeinsamen Bewirtschaftung das vorhandene Standortpotenzial eines Schlages nicht voll ausgenutzt haben. CZEKALLA et al. (2001) konnten diese Ertragsunterschiede durch eine Befragung der Landwirte über deren erzielte langjährige Durchschnittserträge bei verschiedenen Feldfrüchten bestätigen (Kapitel 5.4.3, Tab. 9). So erzielt der Landwirt mit dem niedrigsten langjährigen Durchschnitt bei Winterweizen 5,5 Tonnen Ertrag pro Hektar und Jahr, der mit dem höchsten Durchschnitt 7,5 Tonnen und das Mittel aller Landwirte liegt bei 6,3 Tonnen. Unterstellt man im Mittel der Einzelschläge je eines Landwirtes gleiche Standortbedingungen unter den Landwirten, so bedeutet das einen möglichen Ertragszuwachs von durchschnittlich 2 Tonnen pro Hektar und Jahr für den ‚schlechtesten‘ und 1,2 Tonnen im Mittel aller Landwirte. Die Gründe für die unterschiedlichen Erträge bei ähnlichen Standortbedingungen sind unterschiedlich. Zum einen gibt es tatsächlichen Defizite bei einem Teil der Landwirte bezüglich spezialisiertem Wissen über Bestandesführung im Allgemeinen und aktuellen Pflanzenschutzstrategien im Speziellen. Zum anderen sind in Zeilitzheim durch Weinbau und Tourismus die Arbeitskapazitäten für den Ackerbau bei einigen Betrieben knapp. Die durch die Zusammenarbeit im Gewinn eingebrachte Arbeitszeit und speziellen Kenntnisse einzelner für das Bestandesmanagement können demnach zu einer mittleren Ertragssteigerung führen, die sich jedoch für den einzelnen je nach Ausgangssituation unter-

schiedlich auswirkt. Anhand eines teilschlagspezifischen Vergleichs der Winterweizenerträge auf dem Gewinn Hegern der Jahre 2000 und 2002 kann diese Entwicklung nachvollzogen werden (Tab. 30).

Tab. 30: Ertragsvergleich (Winterweizen) dreier Teilschläge auf dem Gewinn Hegern 2000 und 2002 und daraus abzuleitende Effekte bei Einsatz des besten verfügbaren Spezialisierungswissens.

	Teilschlag 1	Teilschlag 2	Teilschlag 3	gesamt
Teilschlaggröße [ha]	0,73	1,04	2,92	4,69
Ertrag 2000 [t/ha] (suboptimale Bewirtschaftung)	4,08	3,53	3,33	3,49
Ertrag 2002 [t/ha] (optimale Bewirtschaftung)	6,43	6,73	7,49	7,32
abgeleitetes Ertragspotenzial im Vgl. zu Teilschlag 1 [%]	100	105	116	111
projizierter Ertrag 2000 [t/ha] (bei optimaler Bewirtschaftung)	4,08	4,28	4,73	4,53
Mehrertrag bei optimaler Bewirtschaftung 2000 [t/ha]	0,00	0,75	1,40	1,04
Mehrertrag bei optimaler Bewirtschaftung 2000 [%]	0	21	42	30
Mehrertrag bei optimaler Bewirtschaftung 2000 [€/ha] (Weizenpreis: 110 €/t)	0	83	154	114

In dem insgesamt sehr schlechten Erntejahr 2000 erreichte Landwirt 1, der gleichzeitig über das beste Spezialisierungswissen zur Bestandesführung verfügt den höchsten Ertrag auf dem südlichsten Teilschlag. Im insgesamt besseren Jahr 2002 übernahm Landwirt 1 die Bestandesführung auf allen drei Teilschlägen. Der erzielte Ertrag spiegelt nun nicht mehr die vorhandenen Know-how-Unterschiede zwischen den Landwirten, sondern das unter Einsatz des selben Wissens erreichbare Ergebnis gemäß der unterschiedlichen Standortbedingungen auf den Teilschlägen wider. Projiziert man das Ergebnis aus dem Jahr 2002 in das Jahr 2000, so hätte Landwirt 2 bei gemeinsamer Gewannebewirtschaftung damals 4,27 statt 3,53 Tonnen pro Hektar oder 21 Prozent mehr erwirtschaften können. Bei Landwirt 3 hätte dies 4,75 statt 3,33 Tonnen pro Hektar und somit sogar 43 Prozent Mehrertrag ergeben. Im Durchschnitt der drei betrachteten Teilschläge hätte sich so bereits bei dem ungewöhnlich niedrigen Ertragsniveau des Jahres 2000 ein Mehrertrag von 114 Euro pro Hektar (bei einem Weizenpreis von 110 €/t) ergeben.

Für die 590 Hektar Ackerfläche der Gemarkung Zeilitzheim ergibt sich nach der von CZEKALLA et al. (2001) ermittelten Fruchtfolge (Kapitel 5.4.1) und der aus den diskutierten

Effekten resultierenden Deckungsbeitragssteigerung je Frucht (Kapitel 5.4.3,) ein errechneter Mehrertrag von etwa 180.000 Euro pro Jahr, der bei einer flächendeckenden Gewannebewirtschaftung erzielt werden könnte. In Abbildung 44 sind die Anteile der einzelnen Effekte dargestellt.

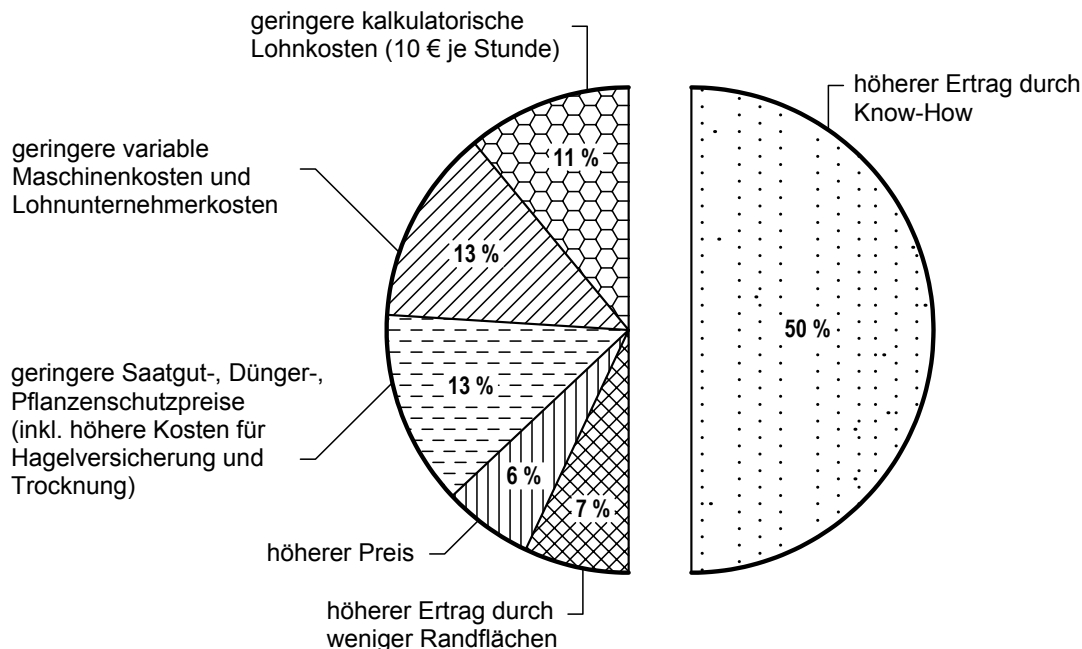


Abb. 44: Anteile der einzelnen Effekte an der Deckungsbeitragssteigerung durch Gewannebewirtschaftung (kalkuliert für die Gemarkung Zeilitzheim).

7.3 Umweltbeeinflussung und Landschaftsgestaltung

Im Bereich der Umweltwirkungen birgt die Gewannebewirtschaftung sowohl zu beachtende Risiken als auch erhebliche Potenziale. Das größte Risiko liegt in einer unter Umständen erheblichen Vergrößerung von Bewirtschaftungseinheiten, ohne dass angemessene Ausgleichsmaßnahmen getroffen werden [FREISLEBEN, 2003] (Kap. 5.4.6). Werden dabei im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten Saumstrukturen, wie Feldrandgehölze, Grünwege und Felddraine unkontrolliert entfernt, kann dies zu einer Artenverarmung, aber zumindest zu einer Artenverschiebung führen. Für viele Pflanzenarten würde sich so der nötige nicht landwirtschaftlich genutzte Rückzugsraum verringern. Viele Tierarten könnten die größeren Entfernungen zwischen geeigneten Lebensräumen aufgrund ihres geringen Aktionsraumes nicht mehr überbrücken. Für andere Tierarten gingen überlebenswichtige schützende Strukturen verloren.

Da bei rein eigenverantwortlichen Kooperationen zwischen den Landwirten in der Regel das wirtschaftliche Interesse überwiegen wird, kann es sinnvoll sein, von staatlicher Seite durch gezielte Förderprogramme lenkend in die Gewannebildung einzugreifen. Hierzu ist

eine gezielte Integration des Ansatzes Gewannebewirtschaftung in den Maßnahmenkatalog der Direktionen für ländliche Entwicklung (bzw. ähnlicher Behörden außerhalb Bayerns) empfehlenswert. Dort ist die nötige Fachkompetenz für die Organisation, die Bewertung bestehender Strukturen und für eventuelle Infrastrukturverbesserungsmaßnahmen vorhanden. Ebenso können die bestehenden Modellansätze für die Gewannebewirtschaftung dort erweitert und verfeinert, bzw. an sich ändernde Gegebenheiten angepasst werden.

Es würde so einerseits die wirtschaftlich sinnvolle Gewannebewirtschaftung, die bislang kaum Eingang in die Praxis gefunden hat, gefördert und andererseits eine Bindung an bestimmte Auflagen möglich. Da durch Gewannebildung oft ein Flächengewinn, fast immer aber ein Ertragsgewinn entsteht, kann ‚frei werdende‘ Fläche zur Schaffung zusätzlicher und vernetzter Biotopstrukturen verwendet werden. Ohne finanzielle Anreize ist hier jedoch seitens der Landwirte mit massivem Widerstand zu rechnen.

In jedem Falle ist bei einer Gewannebildung darauf zu achten, den größtmöglichen Erosionsschutz zu gewährleisten. Dies liegt zum einen im Einzelinteresse jedes beteiligten Landwirtes, ist zum anderen aber auch Bestandteil der guten fachlichen Praxis, zu der jeder Landwirt verpflichtet ist. In vielen Fällen ist durch Gewannebildung eine verringerte Erosion zu erwarten, da auf größeren Schlägen nahezu unabhängig vom Längen-Breiten Verhältnis entlang der Hanglinien gearbeitet werden kann.

Für die Gemarkung Zeilitzheim ergaben sich aus den durchgeführten Erosionsmodellierungen kaum Einschränkungen bezüglich der erlaubten Schlaglängen in Gefällerrichtung oder der anbaubaren Fruchtfolgen (Kap. 5.4.5). Jedoch stellt sich hier die Situation naturgemäß in verschiedenen Regionen völlig unterschiedlich dar, was eine individuelle Betrachtung erfordert. Im Rahmen von Maßnahmen für eine gemeindeweite Förderung von Gewannestrukturen ist daher die Durchführung von Expertisen zur Situation des Bodenschutzes empfehlenswert.

Eine hohe Bedeutung kommt der Idee der Gewannebewirtschaftung im Bereich des organischen (ökologischen) Landbaus zu. In Kapitel 5.4.4 konnte an mehreren Beispielen eindrucksvoll dargestellt werden, welche Auswirkungen die Größe zusammenhängender Bewirtschaftungseinheiten auf den Anteil der Grenzflächen zu konventionell bewirtschafteten Flächen und damit auf die Höhe des unerwünschten Stoffeintrages aus diesen Flächen hat.

Nach den von HUBER (2002) modellierten Szenarien für einen ökologisch bewirtschafteten Flächenanteil von zwanzig Prozent in der Gemarkung Zeilitzheim, wären dort bei einer

gleichmäßigen Verteilung der ‚Ökoschläge‘ in der jetzigen zersplitterten Flurstruktur etwas weniger als zwei Drittel der ökologisch bewirtschafteten Fläche durch die umliegende Bewirtschaftung beeinflusst. In der Regel stellt jedoch genau dies die Standardsituation organisch wirtschaftender Betriebe dar. Auch wenn diese Diskussion bislang nicht öffentlichkeitswirksam geführt wurde, so handelt es sich bei diesen zwei Dritteln Flächenanteil streng genommen nicht um einwandfrei ökologisch erzeugte Rohstoffe.

Das von BACHMAIER und KOHLSCHÜTTER (2004) entwickelte Modell und dessen Implementierung in Form der Windows-Software QuickTrift durch KOHLSCHÜTTER (2003) stellen ein wertvolles Werkzeug dar, um die Einträge von Pflanzenschutz- und Düngemitteln durch Winddrift von umliegenden Flächen für konkrete Bewirtschaftungssituationen zu ermitteln und damit die Vorteile einer Gewannebildung für die organische Landwirtschaft abschätzen zu können [KOHLSCHÜTTER, ROTHMUND und BACHMAIER, 2005].

Neben dem bisher betrachteten Bodenschutz und dem Erhalt und der Förderung der Biodiversität sowie den Belangen des organischen Landbaus spielt vor allem auch die Landschaft selbst als Gut eine Rolle. Deshalb ist darauf zu achten, dass durch die Vergrößerung von Bewirtschaftungsstrukturen das Landschaftsbild nicht merklich in seinem Erholungswert vermindert wird. Da es sich hierbei jedoch um objektiv schwer zu beurteilende Sachverhalte handelt und häufig genau dieses Ziel nicht mit dem Ziel der deutlich verbesserten Effizienz bei der maschinellen Bewirtschaftung vereinbar ist, schlägt FREISLEBEN (2003) für das Anwendungsbeispiel Zeilitzheim eine Diversifizierung der Nutzung in verschiedenen Regionen der Gemarkung vor (Kap. 5.4.6, Abb. 19).

Während in bereits ausgeräumten Fluren der Gemarkung, in welchen zusätzlich gute bis sehr gute Böden vorherrschen, eine weitere Intensivierung der Produktion stattfinden könnte, sollte in ökologisch sensibleren, aber gleichzeitig schlechter nutzbaren und daher noch mit Strukturelementen, wie Streuobstanlagen, ausgestatteten Bereichen eine deutliche Extensivierung und ein Ausbau vorhandener und eine Anlage neuer Landschaftselemente stattfinden. Wie bereits im Zusammenhang mit ökologischen Aspekten vorgeschlagen, könnte auch für diese landschaftsplanerischen Aspekte der zu erwartende Widerstand der Landwirte bei Einführung eines Förder- und Betreuungsprogramms für die Gewannebildung durch entsprechende finanzielle Anreize vermindert werden.

7.4 Soziologische Zusammenhänge

Nachdem sich die Bearbeitung der „Idee Gewannebewirtschaftung“ in einem Forschungsprojekt abgezeichnet hatte und – in Zusammenarbeit mit der Direktion für ländliche Entwicklung in Würzburg – mit Zeilitzheim ein geeignet erscheinender Versuchsstandort gefunden worden war, begannen dort bereits im Jahr 1999 Vorgespräche mit den örtlichen Landwirten durch Herrn Dipl.-Ing.agr. Markus Peterreins (†). Im Laufe der Verhandlungen um eine Realisierung des Projektes stellte sich heraus, dass bis auf wenige Ausnahmen keine Bereitschaft zur Kooperation in Form einer Gewannebewirtschaftung gegeben war. Und dies, obwohl bezüglich der erwarteten wirtschaftlichen Vorteile ein breiter Konsens unter den Landwirten bestand, dass diese tatsächlich eintreten würden.

Bei Betrachtung der Rationalisierungspotenziale durch Gewannebildung unter dem Eindruck eines steigenden wirtschaftlichen Drucks auf die Landwirte liegen die Argumente für eine Zusammenarbeit auf der Hand. Da diese jedoch in vielen Fällen von den Landwirten trotzdem abgelehnt wird, sind andere Gründe für diese ablehnende Haltung zu suchen. Ein wesentlicher Grund innerhalb der Gemeinde Zeilitzheim liegt darin, dass die meisten Betriebe nicht allein von der Landwirtschaft leben. Die Bewirtschaftung der eigenen Flächen und vor allem mit eigener Mechanisierung stellt für viele Nebenerwerbslandwirte eine wertvolle Freizeitbeschäftigung dar. Zusätzlich ist durch die vorhandenen Zuckerrübenkontingente diese Freizeitbeschäftigung meist auch mit einem finanziellen Gewinn verbunden.

Der Tatsache, dass dieser Gewinn durch Kooperation in Gewannen noch vermehrt werden könnte, steht die Befürchtung entgegen, dass ein Teil der kooperierenden Landwirte einen erheblichen Teil seiner Entscheidungsfreiheit und seiner eigenverantwortlichen Nebenerwerbsarbeit verlieren könnte. Besonders groß dagegen ist die Affinität zur Gewannebewirtschaftung bei denjenigen Landwirten, die entweder ein innerbetriebliches Potenzial durch Reduzierung der Mechanisierungsbreite bei gleichzeitigem Ausbau bestimmter Lohnunternehmertätigkeiten (hier handelt es sich um Haupterwerbs- und Vollerwerbsbetriebe) sehen, oder deren Arbeitskapazitäten durch andere gewinnträchtigere Betriebszweige (z.B. intensive Milchwirtschaft oder Weinbau) begrenzt sind.

Da in Zeilitzheim noch ungewöhnlich viele kleine Betriebe wirtschaften und die Besitze in der zersplitterten Flur gleichmäßig verteilt sind, gelingt es kaum, Gewanne aus mehreren nebeneinanderliegenden Schlägen zu finden, in welchen alle Bewirtschafteter zur Zusammenarbeit bereit sind. Hinzu kommt, dass eine Zusammenarbeit in einzelnen Gewanne nur dann sinnvoll ist, wenn keine Investitionen in technische Ausstattungen getätigt wer-

den müssen. Eine Ergänzung der Mechanisierung oder gar eine vollständige Neumechanisierung innerhalb einer Gemeinschaft kann nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur bei einer gemarkungsweiten Gewannebewirtschaftung unter Einbeziehung der meisten Landwirte eines Ortes oder über mehrere Orte erfolgen.

In Zeilitzheim ist die Bereitschaft zur Kooperation in Maschinengemeinschaften ebenfalls kaum gegeben. Die Berechnung der ‚Wirtschaftlichkeit‘ einer Maßnahme erfolgt unter den praktischen Landwirten nicht zwangsläufig nach dem aus der Betriebswirtschaftslehre bekannten Muster. So bedeutet im Einzelfall der Umstand, dass ein Landwirt seine längst abgeschriebene Maschine stehen lassen muss, um dann eine durch einen anderen Landwirt auf dem Gewinn durchgeführte Maßnahme bezahlen zu müssen, einen konkreten wirtschaftlichen Verlust. Im Gegensatz dazu würde die Tatsache, dass er die abgeschriebene Maschine nicht durch eine neuwertige ersetzen muss, sondern in der kooperativen Gewannebewirtschaftung Maschinenkosten einsparen kann, in der Berechnung eines Ökonomen eine Verbesserung bedeuten.

Neben den tatsächlich nicht vorhandenen wirtschaftlichen Zwängen für die meisten Zeilitzheimer Landwirte, spielen auch persönliche Vorbehalte eine Rolle für die Ablehnung von Zusammenarbeit. Vor allem bei der großen Zahl der Betriebe stellt dies ein Ausschlusskriterium für die Gewannebewirtschaftung dar.

Im geglückten Projekt zum ‚Freiwilligen Nutzungstausch‘ in der Gemeinde Ettlleben (Kap.3.4.1) stellen sich zwei Dinge völlig anders als in Zeilitzheim dar: Zum einen gab es dort deutlich weniger Betriebe, die sich einigen mussten, zum anderen wird nach dem Nutzungstausch weiterhin völlig eigenständig gearbeitet. Allerdings ist diese Form des Tausches rechtlich komplizierter zu handhaben, da das Einverständnis der Verpächter benötigt wird. Der Vorgang des Tauschens selbst ist bei heterogenen Flurstrukturen mit unterschiedlichen Bodenqualitäten äußerst schwierig und unterliegt ähnlichen Problemen wie die Flurneuordnung.

Eine gezielte Förderung der Gewannebildung, gewissermaßen als Hilfe zur Selbsthilfe, und eine spezifische Beratung und Betreuung könnte helfen, die vorhandenen Barrieren abzubauen und damit kleinräumig strukturierte Agrargebiete im Wettbewerb besser aufzustellen.

In jedem Fall werden bei der Umsetzung einer Gewannebewirtschaftung Arbeitskapazitäten frei und die Entlohnung der im System verbliebenen Arbeit steigt. Es stellt sich nun die Frage, ob die gewonnene Arbeitszeit zu einer gleichwertigen oder höheren Entlohnung als bisher anderweitig eingesetzt werden kann. Dies wird regional unterschiedlich sein. Im

Fall Zeilitzheim ist dies durch Weinbau, Tourismus und je nach Konjunkturlage durch Arbeitsmöglichkeiten in der nahegelegenen Industriestadt Schweinfurt möglich. Bei näherer Betrachtung stellt sich aber für den an der Gewannebewirtschaftung Beteiligten diese Frage zunächst nicht, da nach den durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen auch ohne Berücksichtigung der Arbeitskosten der Gewinn pro Fläche deutlich ansteigt. Der beteiligte Landwirt hat demnach also die Möglichkeit, mehr zu verdienen und gleichzeitig weniger zu arbeiten – oder nach Möglichkeit die frei werdende Arbeitszeit zusätzlich einzusetzen.

Um die soziologischen Zusammenhänge bei Kooperationen zwischen Landwirten im Allgemeinen und bei der Gewannebewirtschaftung im Speziellen näher zu beleuchten, sollten in Zukunft Untersuchungen durch Sozialwissenschaftler in Betracht gezogen werden. Die Wirtschaftlichkeit und die Umweltverträglichkeit der Gewannebewirtschaftung konnte nachgewiesen werden. Die grundsätzlichen technischen Fragen zur Umsetzung sind beantwortet. Die zunehmende serienmäßige Nutzung von Informationstechnologie in der Landwirtschaft wird in einiger Zeit die technische Realisierung nahezu ohne Zusatzinvestitionen ermöglichen. Die Gründe für die mangelnde Akzeptanz von Gewannebewirtschaftungssystemen in der Praxis sind demnach woanders zu suchen. Die Aufgabe, die vorhandenen Barrieren in den Köpfen der Landwirte abzubauen, kann allerdings nicht im Rahmen eines allein landtechnisch-ökonomisch ausgerichteten Forschungsprojektes bewältigt werden.

8 Schlussfolgerungen

Somit stellt sich abschließend die Frage, welche Wirkung die Gewannebewirtschaftung in verschiedenen Bereichen moderner Landwirtschaft entfaltet. Diese in den bisherigen Betrachtungen nicht berücksichtigten indirekten Folgen einer großflächigen und weiträumigen Umsetzung der Gewannebildung sollen nun betrachtet werden.

8.1 Gewannebildung als Teil einer modernen Landwirtschaft

Die Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Produktion sind weltweit, aber auch in Europa, in Deutschland, ja sogar innerhalb Bayerns sehr unterschiedlich. Unternehmerisch geprägte Betriebe in großflächigen Agrarstrukturen mit meist einem oder mehreren spezialisierten Produktionszweigen stehen den bäuerlichen Familienbetrieben mit gemischter Produktion in häufig kleinstrukturierten Agrarregionen gegenüber. Ohne Zweifel wird gerade in diesen kleinstrukturierten Gebieten der Strukturwandel und die mehr unternehmerisch geprägte Ausrichtung der Betriebe weiter fortschreiten. Dennoch ergeben sich gerade durch diesen Strukturwandel neue Fragen bezüglich des Technikeinsatzes und der Partizipation am technischen Fortschritt (Kap. 2).

Während in großen Betrieben, die auch über große Schlagstrukturen verfügen, neue Techniken meist problemlos eingeführt werden können, da die Investitionskosten bei Auslastung der Mechanisierung nur eine untergeordnete Rolle spielen, sind bei der ‚notgedrungenen‘ Übermechanisierung in kleinen Strukturen die Zykluszeiten der Maschinen länger und die Investition in Zusatzausstattung muss sorgfältiger abgewogen werden. Eine angepasste Technologieentwicklung sollte jedoch für unterschiedliche Bedingungen eine gleichermaßen fortschrittliche Technik bereitstellen. Ein hohes Potenzial birgt dabei gerade im kleinstrukturierten Bereich die Entwicklung der Feldrobotik. Aber auch die Gewannebewirtschaftung hilft durch Ihre höhere Effizienz bei der Bearbeitung von Flächen, die Maschinenstückkosten zu senken und somit moderne Technologien eher einsetzen zu können.

Aus diesem Grund ist es unabdingbar, die Zusammenarbeit bei der Bewirtschaftung von Gewannen mit gemeinsamen angepassten Mechanisierungsstrategien zu verknüpfen (Kap. 8.3). Als Puzzleteil in modernen Landwirtschaftssystemen hilft die Gewannebewirtschaftung durch kurzfristige Effizienzsteigerung bei der Produktion und Nutzbarkeit moderner Informationstechnologien der Landwirtschaft in kleinstrukturierten Regionen, konkurrenzfähiger zu werden. Dies wirkt dem befürchteten Trend entgegen, dass ‚unpro-

duktive' Flächen bei steigendem Preisdruck zunehmend aus der Produktion fallen könnten, und somit das soziale Gefüge und das Landschaftsbild in einigen ländlichen Regionen nachhaltig verändert werden könnte.

Mittel- und langfristig könnten gerade die neusten Entwicklungen im Bereich der Automatisierung und der Feldrobotik eine konkurrenzfähige Produktion in kleinstrukturierten Gebieten unter Berücksichtigung von Kulturlandschafts- und Umweltaspekten ermöglichen. Durch die zunehmende Unabhängigkeit maschineller Tätigkeiten von der menschlichen Arbeitskraft kann neben dem derzeitigen Trend zu immer größeren Maschinen auch eine Entwicklung zu zwar hoch-technisierten, jedoch strukturangepassten und bodenschonenden Maschinen erfolgen. Diese mögliche Entwicklung sollte deshalb zukünftig in die nun angedachten Konzepte zur überbetrieblichen Bewirtschaftung von Flächen miteinbezogen werden.

8.2 Precision Farming durch Gewannebewirtschaftung

Von AUERNHAMMER (1998) wurde die Gewannebewirtschaftung in kleinstrukturierten Regionen einmal als ‚Umkehrung‘ der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung in großstrukturierten Regionen bezeichnet. Damit ist gemeint, dass auf die gleiche Art, auf die große Schläge virtuell in Teilflächen oder Managementzonen unterteilt werden, um auf diesen standortgerecht wirtschaften zu können, die Besitzungen einzelner Landwirte innerhalb eines Gewanns ebenfalls als virtuelle Teilschläge oder Managementzonen in einem größeren Schlag gesehen werden können. Dies sagt jedoch zunächst noch nichts über die gewählte Strategie bei der gemeinsamen Bewirtschaftung aus (Kap. 5.2).

Innerhalb des gebildeten Gewanns können die Teilschläge der Beteiligten als Managementzonen im Sinne der Applikationsmengen von Betriebsmitteln angesehen werden. Es ist aber auch möglich, den Bezug zu den Besitzgrenzen bei der Applikation aufzuheben und neue Managementzonen nach pflanzenbaulichen und bodenkundlichen Gesichtspunkten zu bilden. Damit ist die Gewannebewirtschaftung Wegbereiter einer Einführung von teilflächenspezifischen Precision Farming Strategien in kleinstrukturierten Gebieten. Denn auf den vorhandenen Einzelschlägen mit Schlaggrößen bis zu wenigen Hektar lässt sich in der Regel weder eine sinnvolle Unterteilung in unterschiedliche Standorte vornehmen, noch variable Applikationstechnik sinnvoll einsetzen.

Während bei der klassischen Anwendung der Teilflächenstrategie auf großen Flächen nach der standortbezogenen Applikation eine ökonomische Bewertung derselben Zonen erfolgt, muss bei der Gewannebewirtschaftung zusätzlich unabhängig von den gebildeten

Managementzonen eine ökonomische Betrachtung der Teilschläge der einzelnen Landwirte erfolgen. Da diese unterschiedlichen Anforderungen an die georeferenzierte Auswertung erfasster Daten hohe Anforderungen an das Management stellen, liegt hier die Entwicklung automatisierter Systeme von der pflanzenbaulichen Fragestellung bis zur Abrechnungstätigkeit nahe. Damit wäre die Gewannebewirtschaftung bei umfangreicher Praxiseinführung ein Technologie-,Treiber' für den gesamten Bereich des Precision Farming, sowohl im Bereich der pflanzenbaulichen Informationsgewinnung und -verarbeitung, als auch im Bereich der ökonomischen Bewertung, der bislang in der Forschung über teilflächenspezifische Systeme nicht ausreichend untersucht wurde.

Da ein großer Teil der landwirtschaftlichen Flächen in Bayern, Deutschland und Europa kleinstrukturiert ist, würde eine Förderung der Gewannebewirtschaftung gleichzeitig eine Förderung teilflächenspezifischer und damit umweltschonender variabler Applikationstechnik bedeuten, welche heute nur auf Großbetrieben in wenigen Regionen zum Einsatz kommt. Dies bedeutet aber auch, dass neben der staatlichen Forcierung eine weitere und intensivere Forschung auf diesem Gebiet betrieben werden muss.

Zu bewältigende Aufgabenstellungen sind hierbei die systematische Untersuchung der schwierigen sozio-ökonomischen Zusammenhänge in der Landwirtschaft kleinstrukturierter Regionen, aber vor allem auch die ökologischen Auswirkungen großflächig umgesetzter Precision Farming Technologie in überbetrieblichen Bewirtschaftungssystemen im integrierten und im organischen Landbau.

8.3 Mechanisierungsstrategien in der Gewannebewirtschaftung

Neben der Einsparung an Arbeitszeit und –kosten sowie variablen Maschinenkosten, könnte durch Kooperation in Gewannen ein erheblicher Teil der in kleinstrukturierten Regionen mit hoher Eigenmechanisierung normalerweise sehr hohen Maschinenfestkosten eingespart werden. Eine solche Betrachtung konnte im Praxisversuch Zeilitzheim nicht durchgeführt werden, da lediglich drei Versuchsgewanne mit insgesamt etwa 20 Hektar Fläche bewirtschaftet wurden. Die Verbindung mit einer angepassten gemeinsamen Mechanisierungsstrategie ist nur dann möglich, wenn die Gewannebewirtschaftung großflächig durchgeführt wird.

STEINBERGER und EBERL (2003) haben am Beispiel der ‚Ökoregion Landl‘ im Landkreis Neumarkt (Oberpfalz) eine Untersuchung durchgeführt, in der für etwa 300 Hektar Fläche von 10 Betrieben die ökonomischen Auswirkungen einer gemeinsamen Mechanisierung für die bestehende Fruchtfolge mit und ohne Gewannebildung kalkuliert wurden. Zunächst

wurde eine gemeinsame vollständige Mechanisierung ohne Nutzung weiterer überbetrieblicher Leistungen (z.B. Mähdrusch durch Lohnunternehmer) der derzeitigen Mechanisierung der einzelnen Betriebe gegenübergestellt. Es ergab sich eine Reduzierung der Fixkostenbelastung durch Maschinen pro Hektar und Jahr von durchschnittlich 787 Euro auf 351 Euro, also um etwa 55 Prozent. Dabei verringerte sich die Belastung einzelner Betriebe um bis zu 85 Prozent. Durch die im Folgenden modellierte Gewannebildung mit einer Schlagvergrößerung von im Mittel 1,7 auf 9,4 Hektar konnte durch die Arbeitszeitreduzierung die Mechanisierung insgesamt reduziert und somit die Fixkostenbelastung um weitere sieben Prozent gesenkt werden. Diese Reduzierung konnte für das betrachtete Beispiel nicht höher ausfallen, da aufgrund vorhandener Arbeitsspitzen nur wenige Maschinen eingespart werden konnten.

In einem weiteren Schritt wurde in einem Optimierungsmodell für jede einzelne Maschine überprüft, ob der Einsatz wirtschaftlicher über eine Eigenmechanisierung oder über die Inanspruchnahme zusätzlicher Dienstleistungen durch Lohnunternehmer erfolgen kann. Hierdurch konnten die Fixkosten um weitere 33 Prozent gesenkt werden. Bei Ausschöpfung aller möglichen Maßnahmen konnte so die modellierte Fixkostenbelastung pro Hektar und Jahr von 787 Euro auf 215 Euro und somit um etwa 73 Prozent gesenkt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ursache für geringere Fixkostenbelastungen eher in der gemeinsamen Mechanisierung und der Vermeidung der vorherrschenden Übermechanisierung zu suchen ist, während die Verringerung der variablen Kosten auf die Schlagvergrößerung durch Gewannebildung zurückgeführt werden kann. Durch die Einsparung an Arbeits- und Wegezeiten kann dabei vor allem bei Einsatzflächen, die über die von STEINBERGER und EBERL (2003) untersuchten 300 Hektar weit hinausgehen können, eine weitere deutliche Einsparung bei der nötigen Mechanisierung erfolgen. Die Verbindung von gemeinsamer Flächenbewirtschaftung und gemeinsamer Mechanisierung stellt somit ein schlagkräftiges Instrument zur massiven Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in kleinstrukturierten Regionen dar.

Die weitgehend bekannten Zusammenhänge von rationeller überbetrieblicher Bewirtschaftung und ressourcen- und kosteneffizienter Produktion sollten nun durch entsprechende Anreize eine weite Verbreitung in der Praxis finden. Dazu müssen Modelle erarbeitet werden, auf welche Weise solche Anreize für die Praxis unter Berücksichtigung einer volkswirtschaftlich positiven ökonomischen und ökologischen Gesamtbilanz geschaffen und wie deren Wirkung quantifiziert werden kann.

8.4 Entwicklung von Informationsmanagementsystemen

Aus technischer Sicht stellt die Verbindung von Automatisierter Datenerfassung und geeigneten Informationsmanagementsystemen mit standardisierten Schnittstellen zur universellen Datennutzung den Schwerpunkt für die Realisierung von Managementsystemen für die Gewannebewirtschaftung dar. Damit sind hier kaum Unterschiede zum Konzept eines umfassenden Daten- und Informationsmanagements für Precision Farming Anwendungen im Allgemeinen auszumachen. Es muss lediglich besonderes Augenmerk auf die Möglichkeit einer teilschlagspezifischen Zuteilung der gewonnenen Daten und auf die datenbruchfreie Abwicklung von der Erfassung bis zur Abrechnung gelegt werden. Dies gilt aber wiederum gleichermaßen für den Einsatz in teilflächenspezifischen Bewirtschaftungssystemen und bei der Verwendung für die Abrechnung überbetrieblicher Maschineneinsätze bei Maschinenringen oder Lohnunternehmern.

Deshalb konnten die ersten Ideen zum Datenmanagement in der Gewannebewirtschaftung auch nahtlos in ein Konzept zur Erstellung eines automatisierten Dokumentationssystems zur Bereitstellung von Prozessdaten für unterschiedliche Anwendungen übernommen werden. Diese Forschungsarbeiten werden nun an der Technischen Universität im Rahmen eines Teilprojektes („Integration automatischer Prozessdokumentation in betriebliche Informationsflüsse“) des Forschungsverbundprojektes pre agro („Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung“) weitergeführt.

Mit der demnächst anstehenden Verabschiedung der Teile 10 und 11 des Standards ISO 11783 sind dann neben der Kommunikation zwischen Traktor und Geräten auch die zu verwendenden Datenformate und Schnittstellen definiert. Damit steht dann eine wesentliche Voraussetzung zur Vereinfachung der Handhabung und zur flächendeckenden Einführung von Technologien zur automatisierten Dokumentation in die Praxis zur Verfügung. Neben den definierten Formaten und Schnittstellen bleibt allerdings genug Raum für die Forschung und später für Softwarehäuser und Dienstleister wie tatsächliche Konzepte zum Datenmanagement aussehen werden.

Gegenstand der Forschung in den nächsten Jahren an der TU München werden hierbei die Erstellung geeigneter ISOBUS-kompatibler Hardwareprogrammierungen zur Datenerfassung, die Identifizierung und Integration geeigneter Datenübertragungstechniken, die Integration nicht prozessbezogener Daten, die Entwicklung vollständig internetbasierter und automatisierter Lösungen für die Datenhaltung, Datenverarbeitung und Datenbereit-

stellung (Webservices), die Entwicklung eines leistungsfähigen Datenmodells (Datenbanken) zur Verarbeitung großer Datenmengen und die Bereitstellung von Prototypen GIS-fähiger Benutzeroberflächen für Webbrowser sein.

Dabei soll intensiv an der sinnvollen Gestaltung der nun in Gang kommenden Normungsarbeiten zur inner- und außerbetrieblichen Datenvernetzung in der Innen- und Außenwirtschaft mitgewirkt werden. Diese aktuell entstehenden Standards müssen einerseits stabil genug für eine sichere Umsetzung in praxistauglichen Produkten mit hoher Akzeptanz in der Praxis und andererseits flexibel genug für die dynamische Erweiterung bei immer zu erwartenden technischen Neuerungen sein.

Die Entwicklung solcher auf internationalen Standards basierender Systeme stellt die geeignete und langfristig einsetzbare Lösung dar, um den zunehmenden Anforderungen nach Dokumentation im inner-, über- und außerbetrieblichen Bereich gerecht zu werden.

9 Zusammenfassung

Die Gewannebewirtschaftung stellt einen Ansatz der virtuellen Flurbereinigung dar, in klein strukturierten Landschaften durch gemeinsame Bewirtschaftung nebeneinanderliegender Flächen eine größere Wirtschaftlichkeit bei der Produktion zu erreichen. Bei der Gewannebewirtschaftung bleiben sowohl die vorhandenen Besitz- und Pachtverhältnisse als auch die Nutzungsverhältnisse bestehen. Die Landwirte nebeneinanderliegender Felder einigen sich auf gemeinsame Fruchtfolgen und Bearbeitungszeitpunkte und führen die Bewirtschaftung unter Verwendung der jeweils besten verfügbaren Mechanisierung und unter Nutzung des besten vorhandenen Spezialisierungswissens gemeinsam auf dem Gewinn durch. Dabei werden kaum Eingriffe in das bestehende Landschaftsbild nötig.

In den, in dieser Arbeit durchgeführten, Untersuchungen zeigte sich, dass eine Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten von vorherrschenden ein bis zwei auf fünf bis zehn Hektar zu einer Reduktion der Arbeitszeit von über 30 Prozent und einer Verringerung der variablen Maschinenkosten um etwa 25 Prozent führt. Dabei entstehen weitere positive ökonomische Effekte wie eine stärkere Marktmacht und in vielen Fällen die Realisierung höherer Ernteerträge durch die Nutzung des besten verfügbaren Wissens in der Gemeinschaft.

Durch den Einsatz GPS-gestützter Datenerfassungstechnologie lassen sich zum einen Ertrag und Aufwand teilflächengenau zuordnen. Entsprechende Datenerfassungs- und –verarbeitungssysteme wurden in dieser Arbeit entwickelt, getestet und bewertet. Neben der ökonomischen und der technischen Betrachtung wurden zum anderen Aspekte des Landschaftsschutzes und des Umweltschutzes untersucht. Der vorhandenen Gefahr einer unkontrollierten Veränderung der Landschaftsstruktur könnte durch gezielte Förderprogramme für die Gewannebewirtschaftung begegnet werden. Dies böte gleichzeitig die Möglichkeit, bestimmte ökologische Ziele, wie die stärkere Diversifizierung von Landschaften, die Biotopvernetzung und den Bodenschutz zu fördern.

Gewannebewirtschaftung sollte in größeren zusammenhängenden Arealen (Gemarkungen) realisiert werden. Es wird dann empfohlen, eine digitale Vermessung der Fluren zur Grenzsicherung und eine Erosionsprognose zur Planung der Gewinnstrukturen vorzunehmen.

Erhebliche Bedeutung könnte die Gewannebildung für den organischen Landbau gewinnen, da Randflächenanteile und damit unerwünschte Beeinflussungen durch die umliegende Bewirtschaftung minimiert werden. Trotz der überzeugenden Vorteile stehen die

meisten Landwirte der Gewannebewirtschaftung derzeit skeptisch gegenüber. Wichtige Ursachen hierfür sind die Einschränkung der individuellen Entscheidungsfreiheit innerhalb der Kooperation in Gewannen und die hohe Priorität nicht-ökonomischer Effekte wie beispielsweise des Freizeitwertes der landwirtschaftlichen Betätigung für Nebenerwerbslandwirte.

10 Summary

Transborder farming is an approach of virtual land consolidation. In small-structured landscapes, a joint cultivation of adjoining plots allows a higher economic efficiency in production. Land tenure and tenancy as well as the use of the land are not changed by transborder farming. Farmers agree in common crop rotations and points of cultivation and manage production by using the best mechanisation and the best know-how among themselves for each working process. Therefore, it is almost not necessary to change landscape elements.

Investigations where the field size have been increased from one or two hectares to five or ten hectares have shown a reduction of labour of over 30 percent and of variable machine costs of about 25 percent. At the same time, there are further positive economical effects, like a better market power and higher yields by using the best know-how among the farmers.

Using GPS-based data management techniques, yields and costs can be georeferenced and allocated to each farmer's partfield. Accordant data acquisition and processing systems have been developed, tested and evaluated within this work. Beyond the economical and technical research, aspects of landscape and environment protection have been considered. To avoid the risk of uncontrolled changes of the landscape structure, specific support programmes for transborder farming were suggested. Those could integrate further aims like a higher biodiversity, better biotope networks and soil protection.

If possible, transborder farming should be realised in larger areas, for instance within the boundaries of one or more villages. It is recommended to arrange a digital land survey and a projection of expected soil erosion previous to the planning and realisation of a transborder farming system. Transborder farming could have a great importance for organic farming in the future, because it enables the minimisation of edge areas and therefore unwanted impacts of conventional cultivation methods on the fields around the organic field.

In spite of the convincing advantages of transborder farming, most of the farmers are sceptic regarding this joint cultivation method. Main reasons for that are the restriction of individual autonomy of decision within a transborder field cooperation as well as the high priority for non-economic effects, for example the recreational meaning of farming to a part-time farmer.

11 Literatur

- AUERNHAMMER, H., 1998: Virtuelle Flurbereinigung von morgen - gewanneweise Bewirtschaftung von morgen. Bayerisches landwirtschaftliches Wochenblatt 188, H. 48, S. 29-30.
- AUERNHAMMER, H., 2000: Transborder farming in small-scale land use systems. In: Proceedings of the XIV Memorial CIGR World Congress 2000, Nov. 28 - Dec. 01, Tsukuba, Japan, CD-ROM.
- AUERNHAMMER, H., A. SPANGLER und M. DEMMEL, 2000: Automatic process data acquisition with GPS and LBS. In: Proceedings of the AgEng 2000 Conference, Warwick, Paper Number: 00-IT-005.
- AUERNHAMMER, H., M. DEMMEL und M., ROTHMUND, 2001: Gewannebewirtschaftung im Projekt "Zeilitzheim". Landtechnik 56, H. 3., S. 136-137.
- AUERNHAMMER, H. und M., ROTHMUND, 2002: Micro-precision-farming. In: Precision Agriculture – Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis (A.Werner und A. Jarfe, Hrsg.), KTBL-Sonderveröffentlichung 038., KTBL, Darmstadt, S. 447-461.
- BACHMAIER, M. und N. KOHLSCHÜTTER, 2004: Abdrift des Pflanzenschutzmittelaustrags auf Nichtzielflächen – Modellierung und Berechnung. Agrartechnische Forschung 10, H. 4-6, S. 88-97.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL), 2001: Marktfruchtbericht Bayern. „Arbeiten der LBA“, H. 26, 6. Auflage, November 2001.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 2000: Reformkonzept und Handlungsrahmen, Ministerratsbeschluss vom 22.7.1996 (Stand vom 27.06.2004).
http://www.stmlf.bayern.de/le/abteilung_e/ziele_und_aufgaben/ministerratsbeschluss.html
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 2005a: Bayerischer Agrarbericht 2004. (Stand vom 28.05.2005).
http://www.stmlf.bayern.de/agrarpolitik/daten_fakten/ab2004/
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 2005b: Broschüre ‚Digitale Feldstückskarte Bayern (FeKa)‘. (Stand vom 12.10.2005).
http://www.stmlf-design2.bayern.de/stmelf/b_4/broschuere_feldstueckskarte.pdf
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 2005c: Verfahren und Förderung in der ländlichen Entwicklung. (Stand vom 12.08.2005).
http://www.stmlf.bayern.de/landentwicklung/laendl_entwicklung/
- BOCK, U., S. MEISLER und J. ZELLER, 1999: Virtuelle Flurbereinigung in Form einer Gewannebewirtschaftung. Projektarbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- BÖKEL, M., 1999: Analyse und regionale Zuordnung der Schlaggrößen in Bayern. Diplomarbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.

- BROCKHAUS ONLINE-AUFLAGE, 2004: Stichworte ‚Gewann‘ und ‚Flurverfassung‘. (Stand vom 12.08.2005).
<http://www.brockhaus.de/>
- CZEKALLA, M., G. SCHÜTZ, A. SIFT und J. ZUBER, 2001: Möglichkeiten der Gewannebewirtschaftung in der Gemeinde Zeilitzheim. Projektarbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- CZEKALLA, M., 2002: Wirtschaftlichkeit der Gewannebewirtschaftung unter ausgewählten steuerlichen Aspekten. Diplomarbeit an der Technischen Universität München, Professur für Unternehmensforschung und Informationsmanagement.
- DEIGLMAYR, K., O. HAHNENKAMM und M. ROTHMUND, 2000: Planung und Bewertung einer Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim. Projektarbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- DEMMELE, M., 1997: Ertragsermittlung im Mähdrescher. DLG-Merkblatt 303 (überarbeitete Auflage 2001), DLG, Frankfurt.
- DEMMELE, M., H. AUERNHAMMER und J. ROTTMEIER, 1998: Georeferenced Data Collection and Yield Measurement on a Self Propelled Six Row Sugar Beet Harvester. 1998 ASAE International Meeting, July 12-16, Orlando (Florida), Paper No. 98 3103.
- DEMMELE, M., M. ROTHMUND, A. SPANGLER und H. AUERNHAMMER, 2001: Algorithms for Data analysis and first results of automatic data acquisition with GPS and LBS on tractor-implement combinations. In: Proceedings of 3rd European Conference on Precision Farming in Agriculture, 2001 June 18-20., Montpellier, France, S. 13-18.
- Demmel, M., J. Feldmann, M. Rothmund, H. Auernhammer and T. Rademacher, 2003: Planning the infrastructure for optimisation of sugar beet production in transborder farming. In: Programme book of the joint conference of ECPA – ECPLF 2003 (Eds. A. Werner and A. Jarfe), Berlin, p.188.
- DEMMELE, M., M. ROTHMUND, H. AUERNHAMMER, J. FELDMANN und T. RADEMACHER, 2004: Infrastrukturplanung zur Optimierung des Zuckerrübenanbaues in einer Gewanneflur. Landtechnik 59, H. 1, S. 36-37.
- DEUTSCHER BUNDESTAG, 2001: Regierungserklärung der Bundesministerin für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Renate Künast, zur Neuorientierung der Verbraucher- und Agrarpolitik am 8. Februar 2001. (Stand vom 14.06.2005).
<http://www.bundestag.de/bp/2001/bp0102/0102018.html>
- DÖMLING, J., 2001: Das Modell Ettlleben aus Sicht der staatlichen Landwirtschaftsberatung. In: Gewannebewirtschaftung, KTBL-Sonderveröffentlichung 034, KTBL, Darmstadt, S. 47-48.
- FREISLEBEN, N., 2003: Umweltschonendes Flächennutzungskonzept für die Gemarkung Zeilitzheim in Unterfranken. Diplomarbeit an der Technischen Universität München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie und Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- GASSER, H., 2001: Virtuelle Flurbereinigung Riedhausen. In: Gewannebewirtschaftung, KTBL-Sonderveröffentlichung 034, KTBL, Darmstadt, S. 42-44.
- HERBIG, B., 2000: Möglichkeiten der Kostensenkung im Ackerbau durch Gewannebewirtschaftung, dargestellt am Beispiel der Landbau GbR Ulsenheim. Diplomarbeit an der

Fachhochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fachbereich Landwirtschaft und Umweltsicherung.

- HERMANN, W. und A. SCHUH, 1993: Agrarpolitik. In: Die Landwirtschaft, Band 4, Wirtschaftslehre, 10. Auflage, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 68-105.
- HUBER, C., 2002: Planung und Effekte der Bildung von „Ökogewannen“ in Zeilitzheim. Bachelorarbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- KÖNIGER, A., 2000: Rechtliche Fragen zur Gewannebewirtschaftung und mögliche Lösungsansätze, Diplomarbeit, Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- KOHLSCHÜTTER, N., 2003: Modellierung der Stoffeinträge in Nicht-Zielflächen bei Pflanzenschutz und Düngung. Diplomarbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet im Pflanzenbau.
- KOHLSCHÜTTER, N., M. ROTHMUND und M. BACHMAIER, 2005: Implementierung von Abtriftberechnungen bei Pflanzenschutzmitteln und Mineraldüngern in der Software „Quick-Triff“. Zeitschrift für Agrarinformatik 13, H. 1/2005, S. 2-8.
- LEXIKOGRAPHISCHES INSTITUT MÜNCHEN, 1984: Das Moderne Universallexikon. Band 7, Stichwort ‚Gewann(e)‘, München-Augsburg-Ulm, S. 2200.
- ROTHMUND, M. und H. AUERNHAMMER, 2002a: Möglichkeiten einer gemeindeumfassenden Gewannebewirtschaftung am Beispiel Zeilitzheim. Agrartechnische Forschung 8 (2002), H. 1, S. 1-4.
- ROTHMUND, M. und H. AUERNHAMMER, 2002b: Mehrjährige Ergebnisse der Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim. In: VDI-MEG Tagungsband Landtechnik 2002. Halle/Saale 10./11. Okt., S. 169-176.
- ROTHMUND, M. and H. AUERNHAMMER, 2005: Transborder Farming - Virtual Land Consolidation for Improved Farming in Small-Scale Farming Systems. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Innovation in Food Processing Technology and Engineering (ICFPTE'04), Dec.13-15, Bangkok, Thailand, (in print).
- ROTHMUND, M., H. AUERNHAMMER und M. DEMMEL, 2002a: Eine Gemeinde umfassende Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim. Landtechnik 57, H. 1, S. 10-11.
- ROTHMUND, M., H. AUERNHAMMER und M. DEMMEL, 2002b: First results of Transborder Farming in Zeilitzheim (Bavaria). In: Proceedings of the EurAgEng Conference 2002, Budapest, Hungary, Paper Number 02-RD-006.
- ROTHMUND, M., M. DEMMEL und H. AUERNHAMMER, 2002: Nutzung von Informationen aus der automatischen Prozessdatenerfassung. Landtechnik 57, H. 3/2002, S. 148-149.
- ROTHMUND, M., M. DEMMEL und H. AUERNHAMMER, 2003a: Arbeitserfassung bei der Gewannebewirtschaftung. In: 13. Arbeitswissenschaftliches Seminar (Hrsg. F.-J. Bockisch und S. Kleisinger). Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 243, S. 13-18.
- ROTHMUND, M., M. DEMMEL and H. AUERNHAMMER, 2003b: Data Management for Transborder Farming. In: Precision Agriculture (Eds.: J. Stafford and A. Werner), Proceedings of the 4th ECPA 2003, Berlin, p. 597-602.

- ROTHMUND, M., M. DEMMEL und H. AUERNHAMMER, 2003c: Methods and Services of Data processing for Data Logged by Automatic Data Acquisition Systems. In: Management and technology applications to empower agriculture and agro-food systems, XXX CI-OSTA-CIGR V Congress Proceedings, Vol.2, September 22-24, Turin Italy, p. 713-721.
- SAILER, U., 2000: Zur Ökonomik der Gewannebewirtschaftung, dargestellt am Beispiel der Gemarkung Zeilitzheim. Diplomarbeit an der Technischen Universität München, Professur für Unternehmensforschung und Unternehmensmanagement.
- SCHREIBER, A., 2000: GPS – Ein Instrument zur Verbesserung der Ökonomie in klein-strukturierten Ackerbauregionen. Diplomarbeit an der Universität Hohenheim, Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre.
- SCHWENKE, T., M. DEMMEL, M. ROTHMUND und H. AUERNHAMMER, 2002: Ertragsermittlung im selbstfahrenden Zuckerrüben-Köpfrödebunker. In: VDI-MEG Tagungsband Landtechnik 2002, 10. und 11. Oktober, Halle-Saale, S. 253-258.
- SIPPEL, H., 1960: Wie der deutsche Bauer zum Grundeigentümer wurde. Schlitzer Bote (SB) vom 24.12.1960, Schlitz.
- STEINBERGER, G. und J. EBERL, 2003: Kalkulation der Maschinenkosteneinsparung durch Maschinengemeinschaften und Gewannebewirtschaftung an einem Praxisbeispiel. Projektarbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- STEINBERGER, G., 2004: Anpassungsfähiges Kalkulationsprogramm zur ökonomischen und arbeitswirtschaftlichen Bewertung der Mechanisierung in der Außenwirtschaft - KaMAK_{flex}. Seminararbeit an der Technischen Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.
- WAGNER, P., 2005: Precision Farming – Ökonomie und Ökologie. Vortrag auf dem IKB-Abschluss-symposium am 12.10.2005 in Freising-Weihenstephan (Stand vom 12.08.2005).
<http://ikb.weihenstephan.de/ikb2/deutsch/symposium/pdf/wagner.pdf>

Lebenslauf

Matthias Rothmund

wohnhaft in Schidlambach 5, 85414 Kirchdorf,
verheiratet seit 04.07.1997, vier Kinder

- 26.09.1972 Geboren in Bamberg
- 1979 – 1983 Besuch der Grundschule in Viereth-Trunstadt
- 1983 – 1992 Besuch des Kaiser-Heinrich Gymnasiums in Bamberg
- 1992 Allgemeine Hochschulreife
- 1992 – 1993 Zivildienst beim Malteser-Hilfsdienst Bamberg e.V.
- 1993 – 1994 Tätigkeit als Ausbilder beim Malteser-Hilfsdienst Bamberg e.V.
- 1994 – 1995 Tätigkeit als Kraftfahrer bei Spedition Hemmerlein in Reichmannsdorf
- 1995 – 2001 Studium der Agrarwissenschaften an der TU München in Weihenstephan
- 1998 Abschluss des Grundstudiums (DHP I)
- 2000 / 2001 Diplomarbeit am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau zum Thema „Entwicklung eines SQL-basierten Auswertungsprogramms für die Automatische Prozessdatenerfassung mit LBS, GPS und IMI“
- 5/2001 Abschluss des Studiums (DHP II) mit Hauptfach Pflanzenbauwissenschaften (Note 1,7)
- 5/2001 – 3/2003 Doktorand am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau (Drittmittelstelle) im Rahmen des Verbundprojektes pre agro (BmBF) zum Thema „Technische Umsetzung einer Gewannebewirtschaftung als ‚Virtuelle Flurbereinigung‘ mit ihren ökonomischen und ökologischen Potenzialen“
- seit 4/2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau.