

ABSCHLUSSBERICHT

Forschungsprojekt Nummer: 1321

**Monitoring der Umstellung auf den biologischen
Landbau (MUBIL)**

Der Abschlussbericht besteht aus einer Synthese mit den wichtigsten Inhalten des Gesamtprojekts und der Sammlung der Teilprojektsberichte als Anhang dazu.

Projektleiter:
Univ.Prof. Dr. Bernhard Freyer
Koordination:
DI Andreas Surböck
DI Markus Heinzinger
Ao.Univ.Prof. Dr. Jürgen K. Friedel

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Ökologischen Landbau (IFÖL)
Gregor-Mendel-Strasse 33, A-1180 Wien
0043 /1/ 47654 - 3750 (fax – 3792)
bernhard.freyer@boku.ac.at
oder
andreas.surboeck@boku.ac.at

Das Projekt wird dankenswerterweise aus Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) finanziert.

SYNTHESE – DIE WICHTIGSTEN INHALTE

ABSCHLUSSBERICHT

**Monitoring der Umstellung auf den biologischen Landbau
(MUBIL)**

Forschungsprojekt Nummer: 1321

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	2
2	AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE ZUR EINRICHTUNG DER MESSSTATIONEN UND ERHEBUNGSFLÄCHEN.....	6
3	AUSWIRKUNGEN VON BEWIRTSCHAFTUNGS- UND AGRARÖKOLOGISCHEN MASSNAHMEN.....	6
3.1	Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und unterschiedlicher Düngungsvarianten auf Boden und Pflanze (Kleinparzellenversuche und Referenzflächen).....	6
3.1.1	Bodenchemische, bodenphysikalische und bodenbiologische Werte.....	6
3.1.2	Bodenwasserhaushalt.....	8
3.1.3	Bodenfauna	8
3.1.4	Ackerwildkrautflora und Diasporenbank.....	9
3.1.5	Pflanzenbau (Ertrag und Qualität).....	10
3.1.6	Wirtschaftlichkeit.....	11
3.2	Auswirkungen von Landschaftselementen auf angrenzende Ackerflächen (Transekte)	12
3.2.1	Bodenchemische und bodenbiologische Werte	12
3.2.2	Bodenwasserhaushalt und mikroklimatische Werte	12
3.2.3	Pflanzenbau.....	12
3.3	Gehölze, Ökostreifen, Säume am Betrieb – Vegetationsökologie und Strukturkartierung	13
3.3.1	Hecken und Baumreihen	13
3.3.2	Ökostreifen und Säume	13
3.4	Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und agrarökologischer Begleitmaßnahmen auf die Fauna am Betrieb.....	14
3.4.1	Bodenfauna	14
3.4.2	Arthropoden (ausgewählte Nützlinge und Schädlinge).....	14
3.4.3	Wildbienen.....	14
3.4.4	Brutvogelfauna.....	15
4	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	16

1 EINLEITUNG

Eine Umstellung von konventioneller auf biologische Bewirtschaftungsweise sowie die Anlage und Pflege von Landschaftselementen (Hecken, Ökostreifen, Säume) haben Auswirkungen auf physikalische, chemische und biologische Bodenkennwerte sowie den Wasserhaushalt des Bodens. Damit einhergehend sind Veränderungen in den Pflanzengesellschaften (Ackerwildkräuter), im Bodensamenvorrat, in der oberirdisch lebenden Fauna sowie im Ertragspotential der Kulturpflanzen zu erwarten.

Im Rahmen des vorliegenden interdisziplinären Forschungsprojekts wurde dazu auf dem Biobetrieb Rutzendorf (Umstellung mit den Anbaumaßnahmen Herbst 2001) der landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH ein umfassendes Langzeitmonitoring eingerichtet. Die ersten Projektjahre 2003 bis 2005 präsentieren die Startphase des Monitorings mit folgenden Zielen:

1. Grunddatenerhebung und Planung sowie Umsetzung eines Bewirtschaftungskonzeptes inkl. Begleitbiotopen, basierend auf verschiedenen Düngungskonzepten unter Beibehaltung einer Fruchtfolge
2. Einrichten eines wissenschaftlichen Langzeitmonitorings:
 - a) auf Schlagebene
 - b) innerhalb von Kleinparzellenversuchen und Transekten
 - c) innerhalb von Begleitbiotopen (Gehölze, Saumstreifen etc.)
3. Erhebung der Ausgangssituation
4. Monitoring der Auswirkungen von Düngungsvarianten sowie der Umstellung des Betriebes auf die Umwelt, Produktion und Wirtschaftlichkeit

Das Forschungsprojekt gliedert sich in 14 Teilprojekte, in deren Bearbeitung 10 Institute und das Zentrum für Umwelt und Naturschutz der BOKU, das Ludwig Boltzmann-Institut für Biologischen Landbau und angewandte Ökologie, die Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf und die Landwirtschaftliche Bundesversuchswirtschaften (BVW) GmbH eingebunden sind (Tabelle 1). Die Teilprojekte arbeiten in Abhängigkeit ihrer Forschungsfrage auf unterschiedlichen Erhebungsflächen und Untersuchungsebenen (Tabelle 2 und 4).

Die vorliegende Synthese basiert auf den bisherigen Ergebnissen und Schlussfolgerungen aus den Abschlußberichten der Teilprojekte (siehe Anhang zur Synthese) und wurde vom IfÖL in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erstellt.

Auswirkungen von spezifischen Abstufungen im Anbausystem (Düngungsvarianten: DV 1: nur Gründüngung, GD: Luzerne; DV 2: GD + Biotonnekompost; DV 3: Stallmist - mit Luzerneabfuhr), unterschiedlichen Bodenbonitäten, dem Vergleich mit einer konventionell bewirtschafteten Referenzfläche sowie dem Zeitfaktor, sind in der Versuchsanordnung berücksichtigt (Tabelle 3) und ermöglichen so die Gewinnung einer breiten Datenbasis über die Entwicklung von Agrarlandschaften unter den Anbaubedingungen des Biologischen Landbaus. Das Monitoring dieser Entwicklung bietet eine umfassende Entscheidungsgrundlage für die Ausrichtung von agrarökologischen Maßnahmen und pflanzenbaulichen Systemen in kontinental geprägten Agrarlandschaften.

Tabelle 1: Kooperationspartner und Leiter der einzelnen Teilprojekte (TP)

TP Nr.	Institut/Department	TeilprojektleiterIN	Name des Teilprojektes	Kurzbez. der Institute
1	Institut für Ökologischen Landbau ¹	Freyer	Bodenmikrobiologie; Bodenstruktur und N-Kreislauf, Pflanzenbauliche Untersuchungen, Projektkoordination	IfÖL
2	Institut für Bodenforschung ²	Wenzel	Bodenchemie und -physik	IBF
3	Institut für Hydraulik und landes- kulturelle Wasserwirtschaft ³	Klik	Bodenwasserhaushalt und Erosion	IHLW
4	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung ⁴	Schauppen- lehner	Geoinformationssystem und Meta- datenkatalog	ILEN
5	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung ⁴	Muhar	Bodeninformationssystem	ILEN
6	Institut für Meteorologie ³	Eitzinger	Agrarmeteorologie	MET
7	Institut für Zoologie ⁵	Bruckner	Bodentiere	Zoologie
8	Ludwig-Boltzmann-Institut für Biologischen Landbau und angewandte Ökologie	Kromp	Nützlinge	LBI
9	Institut für Botanik ⁵	Bernhardt	Ackerwildkrautflora, Diasporen	Botanik
10	Institut für Zoologie ⁵	Straka	Avifauna	Zoologie
11	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung ⁴ , Zentrum für Umwelt und Naturschutz ⁵ , Zentrum für Umwelt und Naturschutz ⁵	Schacht/ Brandenburg Holzner Pachinger	Naturschutz, Landschaftsökologie /Strukturkartierung /Systemanalyse, Ökostreifen /Wildbienen	ILEN ZUN ZUN
12	Institut für Nutztierwissenschaften ¹	Zollitsch	Futtermittel	NUWI
13	Institut für Agrar- und Forstökonomie ⁶	Schneeberger	Ökonomie	Agrarökonomik
14	Landwirtschaftliche Bundesversuchs- wirtschaften (BVW) GmbH	Spuller Naglitsch	Bewirtschaftung Gesamtbetrieb	BVW
	Institut für Vermessung, Fernerkundung und Geoinformation ⁴	Heine	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	IVFL
	Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf ⁷	Refenner Wagentristl	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	VWG

¹Department für Nachhaltige Agrarsysteme; ²Department für Wald- und Bodenwissenschaften; ³Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt; ⁴Department für Raum, Landschaft, Infrastruktur; ⁵Department für Integrative Biologie; ⁶Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften; ⁷Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie

Tabelle 2: Forschungsfragen der Projektpartner in Abhängigkeit der Untersuchungsebene.

U.Ebene/ Institut	Parzellenversuch Einfluss der Düngungs- varianten ...	Transekt Einfluss der Biotop- strukturen ...	Landschaft/Betrieb Einfluss der Bewirtschaf- tung/der Landschaft ...
IfÖL	... auf Pflanze, Bodenmik- robiologie, Bodenstruktur und Stickstoffkreislauf	... auf Ertrag, Bodenmik- robiologie und Boden- struktur	... auf Ertrag, Schaderreger und Ackerwildkräuter
IBF	... auf bodenchemische Pa- rameter	... auf bodenchemische Parameter	-
IHLW	... auf bodenphysikalische Parameter	... auf den Bodenwasser- haushalt	-
MET	-	... auf das Mikroklima der Pflanzenbestände	-
Zoologie	... auf die Diversität von Bo- dentieren	... als Quelle bzw. Reser- voir für Bodentiere	... auf die Wiederbesie- delung mit Bodentieren
Zoologie	-	-	... auf die Avifauna
Botanik	... auf Ackerwildkräuter und Diasporen	-	-
LBI ZUN	-	... auf Artenreichtum und Individuendichte von ausgew. Nützlingen und Schädlingen und Wildbienen	
ILEN, ZUN	-	Bewertung vorhandener und interdisziplinäre Planung und Anlage neuer Biotopstrukturen	
Ökonomik	... auf den Deckungsbeitrag	-	... auf den Deckungsbeitrag
NUWI	... auf den Futterwert	-	-
ILEN	Erstellen und Betreuen einer Metadatenbank für das Gesamtprojekt Erarbeiten eines Bodeninformationssystems in Form einer Bodenkarte		

Tabelle 3: Übersicht über die Erhebungsflächen

Ort der Probenahme	Auswahlkriterien	Anzahl/ Code	Größe	Unter- suchungen
Kleinparzellenversuch (KPV): 12 PDF, 3 DV, 4 WH	7 Schläge; mittlere Bodenbonität	7 KPV/ S2M-S8M	KP: 72 m ² KPV: 1350 m ²	Pflanzen, Boden: N _{min}
Kleinparzellenversuch (KPV): 12 PDF, 12 BDF, 3 DV, 4 WH	1 Schlag; mittlere Bodenbonität	1 KPV/ S1M	KP: 270 m ² KPV: 4131 m ²	Pflanzen, Bo- den, Wasser
Kleinparzelle (KP): 1 PDF und 1 BDF; (Referenzfläche bio., 1 DV)	1 Schlag; geringe Bodenbonität	1 KP/ S1G	KP: 676 m ²	Pflanzen, Bo- den, Wasser
Kleinparzelle (KP): 1 PDF und 1 BDF, (Referenzfläche konv.)	1 konventionell bewirtschafteter Schlag; mittlere Bodenbonität	1 KP/ SK	KP: 918 m ²	Pflanzen, Bo- den, Wasser
Transecte: Aufnahmestrecken direkt in Landschaftselementen und in angrenzenden Ackerflächen in bestimmten Entfernungen da- zu (mit PDF und BDF)	Baumreihe mit Öko- streifen, 4 Schläge, mittlere Bodenbonität Hecke mit Öko- streifen, 2 Schläge, geringe Bodenbonität	1 Transekt Nord/ TN 1–TN 9 1 Transekt Süd/ TS 1–TS 8	Aufnahme- strecken: 20 m oder 50 m	Pflanzen, Boden, Wasser, Nützlinge, Kleinklima
Landschaftselemente	Hecken, Baumreihen, Säume, Raine, Öko- streifen, Bracheflächen	variabel	variabel	Bodentiere, Nützlinge, Avifauna, Vegetation
Ackerflächen Gesamtbetrieb	8 Schläge (3 Schläge davon bestehen aus jeweils 2 Teilschlägen)	S1-S8	variabel	Pflanzen, Avifauna

Erläuterungen und Abkürzungsverzeichnis:

- KPV: Kleinparzellenversuch, 1 KPV entspricht einem Versuch mit drei Düngungsvarianten und vier Wiederholungen = 12 Kleinparzellen
- KP: Kleinparzelle WH: Wiederholungen
- BDF: Bodendauerbeobachtungsfläche; PDF: Pflanzendauerbeobachtungsfläche, Kleinparzellen können in Bodendauerbeobachtungsflächen und Pflanzendauerbeobachtungsflächen unterteilt sein (S1M, S1G, SK), oder nur aus Pflanzendauerbeobachtungsflächen bestehen (S2M-S8M).
- DV: Düngungsvarianten: DV 1: nur Gründüngung (GD: Luzerne), DV 2: GD + Biotonnekompost, DV 3: Stallmist (mit Luzerneabfuhr)
- Code: S1M ... Kleinparzellenversuch: Schlag 1, mittlere Bodenbonität; S1G = Kleinparzelle: Schlag 1, geringe Bodenbonität; SK = Kleinparzelle: Schlag konventionell bewirtschaftet, mittlere Bodenbonität; S2M – S8M = Kleinparzellenversuche, Schläge 2 - 8, mittlere Bodenbonität; TN 1= Transekt Nord, Aufnahmestrecke 1; TS 1 = Transekt Süd, Aufnahmestrecke 1 usw.
- Ökostreifen: neu angelegte 6 m breite Brachestreifen in Ackerflächen (vorläufig nur entlang von Hecken, Baumreihen und Wegen).
- Säume: von hohen Kräutern dominierte Strukturen, die Waldränder und Hecken begleiten.

Tabelle 4: Datenerhebung Monitoring

TP Nr.	Name des TP	Monitoring							
		PDF in KPV S2M-S8M Mittlere Bodengüte	BDF in KPV S1M Mittlere Bodengüte	BDF in KP S1G Geringe Bodengüte	BDF in KP SK Mittlere Bodengüte	DBF in Transekten TN TS	DBF in Gehölzen	DBF in Säumen Ökostreifen	Gesamtbetrieb
1	Bodenkundliche Untersuchungen Pflanzenbauliche Untersuchungen:	(X) X	X X	X X	X X	X X	X X	X	X
2	Bodenchemie und-physik	(X)	X	X	X	X	X	X	
3	Bodenwasserhaushalt		X	X	X	X			
5	Bodeninformationssystem								X
7	Bodentiere	nur S4M	X		X		X	X	
8	Nützlinge					X	X	X	
9	Diasporen, Ackerwildkräuter	X	X		X				(X)
10	Avifauna						X	X	X
11-1	Strukturkartierung						X		X
11-2	Ökostreifen							X	X
11-3	Wildbienen					X	X	X	
12	Futtermittel	(X)	(X)						
13	Ökonomie	X	X						X
14	Bewirtschaftung Gesamtbetrieb								X

PDF..Pflanzendauerbeobachtungsfläche; BDF...Bodendauerbeobachtungsfläche, DBF...Dauerbeobachtungsfläche; (X): eingeschränkte Erhebung in Bezug auf Erhebungsfläche, Kultur und Jahr.

2 AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE ZUR EINRICHTUNG DER MESSSTATIONEN UND ERHEBUNGSFLÄCHEN

In einem interdisziplinären, über einen mehrjährigen Zeitraum angelegtem Forschungsprojekt, ist eine Metadatenbank als Standardinstrument für die Verwaltung und Bereitstellung von Daten unverzichtbar. In der agrarökologischen Forschung sind solche Datenbanken bislang wenig ausgereift, ebenso fehlt es an Praxiserfahrungen. Die hier vorgelegte Struktur ist klar strukturiert und bietet eine gute Basis für die weitere Bearbeitung. Die Datenbank erfordert eine kontinuierliche Pflege und eine Einführung der Nutzer. Um die Daten einem breiteren InteressentInnenkreis zugänglich zu machen, bietet sich die Erstellung einer externen Website an. Dazu bedarf es entsprechender struktureller und inhaltlicher Aufbereitungen.

In alluvialen Landschaften ändern sich die Bodenverhältnisse auf kurze Distanz. Um unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten Entwicklungen exakt mit standortspezifischen Merkmalen verknüpfen zu können, ist eine hohe Auflösung von Bodeneigenschaften unverzichtbar. Über die Kombination verschiedener Methoden, konnten die Aussagen über die Ertragsentwicklung innerhalb eines Rasters von 5 x 5 m verfeinert werden. Für die Auswertung von Kleinparzellenversuchen reichen diese Raster allerdings bislang nicht aus.

Über die automatische agrarmeteorologische Messstation wurden mittels einer Dauererfassung die für die VersuchsanstellerInnen relevanten Witterungsparameter (Luft- und Bodentemperatur, Feuchte, Niederschlag, Wind, Strahlung, Tau) am Standort Rutzendorf erfasst. Dieses standortbezogene integrative Vorgehen hat sich insofern bewährt, als die Witterungsereignisse im Marchfeld starken lokalen Differenzen unterliegen, eine Übernahme von Daten anderer Messstellen demnach problematisch gewesen wäre.

3 AUSWIRKUNGEN VON BEWIRTSCHAFTUNGS- UND AGRARÖKOLOGISCHEN MASSNAHMEN

3.1 Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und unterschiedlicher Düngungsvarianten auf Boden und Pflanze (Kleinparzellenversuche und Referenzflächen)

3.1.1 Bodenchemische, bodenphysikalische und bodenbiologische Werte

Die Umstellung von konventionellen auf biologischen Landbau verändert eine Vielzahl von Bodenparametern. Die Untersuchung ausgewählter Bodenparameter über die Zeit zur Dokumentation des Umstellungsverlaufes und des Einflusses von drei Düngungsvarianten wird durch kleinräumige Intensivbeprobungen auf Bodendauerbeobachtungsflächen durchgeführt (BDF: Kleinparzellenversuch S1M: biologisch bewirtschaftet, mittlere Bodenbonität, 3 Düngungsvarianten; Referenzparzelle S1G: biologisch bewirtschaftet, geringe Bodenbonität, 1 Düngungsvariante; Referenzparzelle SK: konventionell bewirtschaftet, mittlere Bodenbonität). Beprobungen nach dem Bodendauerbeobachtungs-konzept ermöglichten repräsentative Probenahmen in den Jahren 2003 und 2005 auf den untersuchten Kleinparzellen (KP) und bestätigten die eingangs erfolgte Auswahl homogener Flächen. Der Unterschied in den Bonitäten der einzelnen Flächen (Fläche mittlerer Bonität: S1M; Fläche geringer Bonität: S1G; konventionell bewirtschaftete Fläche: SK) war im Wesentlichen auf den unterschiedlichen Humusgehalt in den Tiefenstufen 0-30cm und 30-60cm zurückzuführen. Mit abnehmender Bonität der Flächen erfolgte eine Abnahme des organischen Kohlenstoffes in den Tiefenstufen bis 60cm, die wiederum mit einer Abnahme der Kationenaustauschkapazität auf allen Flächen korrespondierte. Die Korngrößenanalyse als bodenphysikalischer Parameter zeigt, dass an den drei Standorten (SK, S1G, S1M) der Oberboden (0-50 cm) annähernd gleichen Schluffgehalt aufweist. Beim seichtgründigen Standort (S1G) steigt er wegen des ab 65 cm Tiefe anstehenden C-Horizontes stark an. Diese Variante weist über die gesamte Untersuchungstiefe niedrigere Tongehalte und höhere Sandgehalte auf.

Die zu untersuchenden Monitoringparameter (bodenchemische Parameter inkl. Stickstoffnachlieferung, mikrobielle und pilzliche Biomasse, Mykorrhizierung) der Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) waren innerhalb eines Beprobungszeitpunktes homogen und variierten zwischen den Beprobungsterminen im Rahmen natürlicher sowie analytischer Schwankungsbreiten. Während pflanzenverfügbare Kaliumgehalte in allen Tiefenstufen der BDF weitgehend unverändert blieben, war 2005 gegenüber der Erstbeprobung 2003 vielfach eine Erhöhung der pflanzenverfügbaren Phosphatgehalte festzustellen. Grund dafür mag in einer Veränderung der organisch gebundenen Phosphatfraktion liegen, die mit konventionellen Methoden nicht erfasst werden kann. Die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor unterliegt in hohem Maße der Umsetzung der organischen Substanz im Boden (25% bis 60% des totalen Phosphors im Boden ist an die organische Substanz gebunden), während pflanzenverfügbares Kalium primär an der anorganischen Phase (Tonminerale) adsorbiert vorliegt. Die höhere Variabilität von biologischen Prozessen im Boden schlug sich im Vergleich zur „stabileren“ anorganischen Phase in einer höheren aber repräsentativen zeitlichen Variabilität der Phosphor-Pflanzenverfügbarkeit nieder. Zusätzlich zu „Monitoring nach Stand der Technik“ sind daher gerade in „low input Systemen“ wie dem Biolandbau Methoden zu entwickeln, die die Bestimmung organischer Phosphorbindungen (Phythate, Nukleotidphosphate und Phospholipide) mit einschließt.

Nach der ersten organischen Düngapplikationen (DV 2: Biotonnekompost, DV 3: Stallmist) im Herbst 2003 konnte im Vergleich zur funktionellen Kontrolle (DV 1: nur Gründüngung) im Kleinparzellenversuch S1M kein signifikanter Einfluss der Düngvarianten auf die zu untersuchenden chemischen Bodenparameter festgestellt werden. Keine signifikanten Unterschiede nach einer Düngung wiesen auch die pilzliche Biomasse, die Stickstoffnachlieferung, die Nitratverlagerung und die Mykorrhizierung der Wurzeln zwischen den drei Düngungsvarianten auf. Auffällig ist die hohe Differenz im Mykorrhizierungsgrad zwischen den beiden Beprobungsterminen, welcher auf die generell höhere Mykorrhizierung von Futterleguminosen (2005: Luzerne) gegenüber Getreide (2003: Sommergerste) zurückzuführen ist. Bei der mit der Spatenprobe beurteilten Bodenstruktur konnten ebenfalls noch keine wesentlichen Änderungen seit der Erstbeprobung 2003 gesehen werden.

Gründe für den noch geringen Einfluss der biologischen Bewirtschaftung und der Düngung auf die Bodenparameter sind in der noch kurzen Umstellungszeit, der gegenüber konventioneller Bewirtschaftung noch nicht wesentlichen Änderungen in der Fruchtfolge nach der Umstellung auf Schlag 1 (KPV S1M und KP S1G, Luzerneanbau erst ab Sommer 2004) und den noch geringen Düngermengen zu sehen.

Bereits eine kurzfristige Phase biologischer Bewirtschaftung wirkt sich auf eine Erhöhung der Stabilität der Bodenaggregate aus, bei gleichzeitiger Verringerung der Erosionsgefährdung. Die Erhöhung der Aggregatstabilität ist einerseits auf die Zufuhr an organischer Substanz und andererseits auf die Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität zurückzuführen, was durch den Anbau der Luzerne ab Sommer 2004 auf Schlag 1 (Kleinparzellenversuch S1M und Kleinparzelle S1G) gegeben war (Tabelle 5 und 6).

Tabelle 5: Vergleich der Kulturarten und Erträge auf den verschiedenen Standorten.

Erntejahr	Versuch (KPV)	S1M			S1G	SK
	Bewirtschaftung Bodenbonität	biologisch mittel			biologisch gering	konventionell mittel
2003	Kultur	Sommergerste			Sommergerste	Sommerdurum
	Düngungsvariante Ertrag in dt/ha	DV 1 24,2	DV 2 27,4	DV 3 26,8	DV 1 25,0	konventionell 61,5
2004	Kultur	Wintergerste			Wintergerste	Zuckerrübe
	Düngungsvariante Ertrag in dt/ha	DV 1 53,5	DV 2 57,2	DV 3 57,2	DV 1 36,1	konventionell 850,0
2005	Kultur	Luzerne			Luzerne	Winterweizen
	Düngungsvariante Ertrag in dt/ha	DV 1* 54,9	DV 2* 51,6	DV 3 52,8	DV 1* 54,5	konventionell 52,2

Die Ertragsdaten stammen von Ernteerhebungen in den Kleinparzellen mit Ausnahme der Angabe des Zuckerrübenenertrags im Versuch SK: Getreide: 86 % TM, Zuckerrübe: FM, Luzerne: TM; DV1*, DV2*...die Luzerne der DV 1 und DV 2 in den Versuchen S1M und S1G wurde gemulcht, in der DV3 wurde die Luzerne geschnitten und von den Parzellen abgefahren.

3.1.2 Bodenwasserhaushalt

Aus den Messungen des zeitlichen Verlaufes des gespeicherten Bodenwassers ist zu entnehmen, dass der Schlag S1M ein deutlich höheres Wasserspeichervermögen aufweist als die Schläge SK und S1G. Der Unterschied zur Variante S1G ergibt sich aufgrund der höheren Bonität der Untersuchungsfläche S1M, was durch die Untersuchung der Wasserspannung-Wasseranteilsbeziehung bestätigt wurde. Die Unterschied im Bodenwasserhaushalt zur Variante SK, welche ähnliche Bonität besitzt wie S1M, kann mit den vorliegenden Ergebnissen noch nicht erklärt werden.

Zwischen den einzelnen Düngungsvarianten (DV1 – DV3) waren bisher noch keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Differenzierungen können erst zu einem späteren Zeitpunkt erwartet werden. Als Einflussparameter gelten die Zufuhr der organischen Substanz von außen, der Aufwuchs der Gründüngungsmasse sowie die Erträge der Hauptkulturen und die damit verbundene Evapotranspiration.

3.1.3 Bodenfauna

Die Flächen des Betriebs müssen insgesamt als an Bodentieren verarmt bezeichnet werden. Das trifft in besonderem Maß für die Ackerflächen zu, wo fast alle untersuchten Tiergruppen (Horn- und Raubmilben, Springschwänze und Regenwürmer) sehr niedrige Dichten und Artenzahlen aufgewiesen haben. Beispielsweise kamen die Regenwürmer nur mit zwei spärlich vertretenen Arten vor (eine dritte wurde in einzelnen Exemplaren gefunden) und diese sind funktionell minder wertvoll. Nennenswerte Bestände der großen, tiefgrabenden Regenwurmart mit hohem bodenökologischem Wert fehlen. Ein Extrem ist die konventionelle Vergleichsfläche, die praktisch bodentierleer ist.

Wir vermuten als Gründe für diese geringen Dichten die intensiven Wirtschaftsform vor der Umstellung, das ausgeprägte Klima des Marchfelds (Sommertrocknis, Winterkälte), und die inselartige Lage des Untersuchungsbetriebs inmitten der "Agrarwüste" Marchfeld, die Wiederbesiedlungen erschwert, auch wenn die Lebensbedingungen der Tiere verbessert werden.

Eine Ausnahme von diesem generellen Trend bilden die Fadenwürmer (Nematoda), die in für temperate Äcker üblichen Dichten vorgekommen sind. Viele Nematoden sind aufgrund ihrer geringen Körpergröße, spezialisierter Überdauerungsstadien und hoher Reproduktionsfähigkeit gut für das Überleben widriger Ackerbedingungen adaptiert, was sich in vergleichsweise hohen Bestandsdichten ausdrückt.

Trotz teilweise hoher Variabilität der Tiergemeinschaften zwischen den Jahren konnten wir im Untersuchungszeitraum keinen eindeutigen Effekt der Umstellung auf die Bodenfauna erkennen. Auch die Düngungsvarianten haben sich nicht unterschieden. Das ist vermutlich auf die kurze Zeit zurückzuführen, die für die Erhebungen zur Verfügung gestanden ist. Bodentiere sind ein "träges" Landschaftselement, sie reagieren auf Veränderungen ihrer Umwelt oft nur langsam. Die verinselte Lage des Betriebes trägt wahrscheinlich ebenfalls zur verzögerten Reaktion der Bodenfauna bei. Ein weiterer Einflussfaktor auf die untersuchten Organismen ist die Bodenbearbeitungsintensität, die sowohl bei den umgestellten Flächen als auch bei der konventionellen Referenzfläche hoch war (wendende Bearbeitung mit dem Pflug) (Tabelle 6). Bei der konventionellen Bewirtschaftung sind Überlagerungseffekte mit den mineralischen Düngungsmaßnahmen sowie dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Herbiziden möglich. Von Bedeutung für die Lebensraumqualität der Bodenfauna ist auch die Bodenbedeckung, d.h. der Boden sollte so oft und lange wie möglich eine Pflanzendecke aufweisen, und die durch Hecken geschaffenen erhöhten Wassergehalte im Boden.

Tabelle 6: Bodenbearbeitungsintensität der Standorte im Vergleich der Jahre 2003-2005

Jahr	Versuch (KPV)	S1M	S1G	S4M	SK
	Bewirtschaftung Bodenbonität	biologisch mittel	biologisch gering	biologisch mittel	konventionell mittel
2003	Grundbodenbearbeitung Zeitpunkt Kultur	Pflug Herbst 2002 Sommergerste	Pflug Herbst 2002 Sommergerste	Pflug Winter 2002/03 Futtererbsen	Grubber Herbst 2002 Sommerdurum
2004	Grundbodenbearbeitung Zeitpunkt Kultur	Pflug Herbst 2003 Wintergerste	Pflug Herbst 2003 Wintergerste	Pflug Herbst 2003 Winterweizen	Pflug Herbst 2003 Zuckerrübe
2005	Grundbodenbearbeitung Zeitpunkt Kultur	Grubber Sommer 2004 Luzerne	Grubber Sommer 2004 Luzerne	Pflug Herbst 2004 Winterroggen	Pflug Herbst 2004 Winterweizen

Eine weitere Beobachtung der Besiedelungsprozesse wird eine Aussage darüber geben können, ob derart isolierte Standorte ohne spezifische „Impfungsmaßnahmen“ von außen überhaupt zu einer für biologische Betriebe sonst feststellbaren Anreicherung der Biodiversität und Biomasse der untersuchten Bodenorganismen befähigt sind. Die Düngungsvarianten können hier mehr oder weniger fördernd wirken.

3.1.4 Ackerwildkrautflora und Diasporenbank

Während die Daten der oberflächlichen Vegetation, der Aktuellen Vegetation, aus allen Untersuchungsjahren vorhanden sind, ist eine Auswertung der Diasporenproben, methodisch bedingt, bislang nur aus den Jahren 2003 und 2004 möglich. Die abgelaufenen drei Jahre des Projekts dienten vornehmlich der essentiellen Bestandserhebung. Fragestellungen bezüglich unterschiedlicher Bewirtschaftungsmethoden konnten nur ansatzweise behandelt werden, da der Einstieg in die Zielfruchtfolge und auch die Einbringung der unterschiedlichen Düngevarianten noch nicht in allen Schlägen stattfand. Deutliche Unterschiede ergaben sich jedoch sowohl bei der Erfassung der Aktuellen Vegetation als auch bei der Auswertung der Diasporenbank zwischen den umgestellten Flächen und dem konventionell bewirtschafteten Referenzschlag SK. Artenanzahlen und Samendichten waren im SK weit niedriger als in den restlichen Versuchsschlägen. Hier ist aber zu berücksichtigen, dass die Referenzparzelle SK schon bei der Erfassung der Ausgangssituation sehr geringe Samendichten aufwies. Von einem positiven Einfluss der Umstellung auf die Artendiversität kann aber ausgegangen werden.

Weder Düngevarianten (bislang nur auf drei Schlägen gedüngt) noch Kulturfrucht hatten deutlichen Einfluss auf die Artenzusammensetzung der Aktuellen Vegetation oder des Samenspeichers. Lediglich die Deckungen der Ackerwildkräuter waren unter Luzerne höher als unter Getreide. *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß) war die häufigste Art im Samenvorrat und in der Aktuellen Vegetation.

Die umfassende Fragestellung kann erst nach weiteren Untersuchungen mit Fortdauer der Zielfruchtfolge und Regelmäßigkeit der Düngung vollständig beantwortet werden. Hier darf nicht übersehen werden, dass über die Zufuhr von Stallmist von außen resp. Biotonnekompost zusätzliche Samen eingeschleppt werden können und sich die Bodenbedingungen, insbesondere durch ein mögliches höheres Nährstoffangebot in den gedüngten Varianten, für die Entwicklung der Ackerwildkräuter ändern.

3.1.5 Pflanzenbau (Ertrag und Qualität)

Erhebungen zum Pflanzenertrag und zur Qualität der Ernteprodukte wurden wie die Bodenuntersuchungen im Kleinparzellenversuch (KPV) S1M und in den Kleinparzellen (KP) S1G und SK durchgeführt. Darüber hinaus erfolgten die pflanzenbaulichen Erhebungen auch in den weiteren auf dem Biobetrieb angelegten Kleinparzellenversuchen (S2M bis S8M). Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) wurden 2003 im Herbst kurz vor dem Anbau von Wintergerste (KPV S1M) und Winterweizen (KPV S4M) gedüngt. 2004 erfolgte die Düngung im KPV S7M zum Anbau von Triticale. Ab dem Erntejahr 2004 wurde von den Parzellen der DV 3 (Stallmist) in den betreffenden Kleinparzellenversuchen die gesamte Luzerne und die benötigte Einstreumenge an Stroh abgefahren. Die Jahre 2003 und 2004 waren geprägt durch einen höheren Luzerneanteil zur Sanierung der Flächen bezüglich Bodenfruchtbarkeit und Beikräuter. Auffällig waren die hohen Ertragsschwankungen der Luzerne und des Getreides zwischen den Jahren 2004 und 2005, bedingt durch eine gute Wasserversorgung mit hohen Erträgen im Jahr 2004 und Ertragsreduktionen im Jahr 2005 aufgrund eines sehr trockenen Frühjahrs. In den Erhebungsjahren traten nur wenige Krankheiten und Schädlingen mit niedrigem Befallsgrad auf. Ein Einfluss der unterschiedlichen Düngungsvarianten auf das Auftreten von Krankheiten und Schädlinge wurde nicht festgestellt.

Die Auswirkungen der ersten Düngungsmaßnahmen mit Biotonnekompost und Stallmist auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität von Getreide waren bisher noch gering und vorwiegend in der Tendenz erkennbar. Bei der Stallmistdüngung (DV 3) konnte jedoch bei einem Versuch statistisch gesichert ein höherer Kornertrag gegenüber der DV 1 (nur Gründüngung) und auch der DV 2 (Biotonnekompost) nachgewiesen werden. Die Menge der mit Kompost bzw. Stallmist ausgebrachten Stickstoffmenge war dabei annähernd gleich. Eine organische Düngung zu Winterweizen (Erntejahr 2004) nach Futtererbsen erhöhte den Proteingehalt im Erntegut der DV 2 und 3 um ca. 0,5 Prozentpunkte gegenüber der Gründüngungsvariante (DV 1), diese Differenz war statistisch aber nicht gesichert. Bei der Stallmistvariante deuten einjährige Ergebnisse (noch vor einer organischen Düngung auf den Versuchen) auf mögliche Ertrags- und Qualitätsminderungen von Winterweizen nach Luzerne aufgrund der Abfuhr des Luzerneaufwuchses hin.

Die zeitlich und im Ausmaß unterschiedliche Wirkung der organischen Dünger ist auf die raschere Verfügbarkeit des organisch gebundenen Stickstoffs bei Stallmist im Vergleich zu Kompost zurückzuführen. Es ist anzunehmen, dass es aufgrund wiederholter Düngergaben mit Kompost und Stallmist zu Akkumulationseffekten im Boden und damit zu einer begünstigten Entwicklung der Bodenkennwerte dieser Varianten kommt. Die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und vor allem der Stickstoffnachlieferung wird wiederum die Pflanzenentwicklung beider Varianten stärker positiv beeinflussen.

Hinsichtlich des Futterwertes beeinflussen die unterschiedlichen Düngungsvarianten (Proben von der Ernte 2004: KPV S1M – Wintergerste, KPV S4M – Winterweizen) nur den Gehalt an Rohprotein, die Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungen sind aber statistisch nicht gesichert. Weizen variiert über die verschiedenen Düngungsvarianten deutlich stärker als Gerste, wobei konventionelle Vergleichsproben für beide Getreidearten höhere Proteingehalte, jedoch niedrigere Gehalte an den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein im Protein aufweisen. Bei Gerste resultieren für Gründüngung gegenüber Stallmist statistisch nicht gesicherte, höhere Werte für Lysin, Alanin und Asparaginsäure.

Unabhängig von der Düngungsvariante enthält der biologisch erzeugte Weizen tendenziell um 14 % weniger Phosphor als der konventionelle Weizen aus dem Marchfeld.

Bei Verfütterung hofeigenen Getreides sind somit regelmäßige Analysen zumindest des Rohproteingehaltes anzuraten, aus denen mit Hilfe von Schätzggleichungen Anhaltspunkte für den Gehalt an den wichtigsten Aminosäuren abgeleitet werden können.

Im Folgeprojekt sollen die Untersuchungen für Weizen fortgesetzt werden. Dabei erfolgt eine Einschränkung auf Proben aus den Jahren, in denen Winterweizen nach Erbse und darauf folgender organischer Düngung angebaut wird, um eine bestmögliche Vergleichbarkeit mit den untersuchten Proben des gegenständlichen Projekts zu gewährleisten. Zusätzlich sollen 3 Vergleichsproben der gleichen Sorte von Bio-Betrieben auf vergleichbaren Standorten sowie 3 Vergleichsproben der gleichen Sorte von vergleichbaren Standorten aus konventioneller Erzeugung untersucht werden, um die Relevanz der Ergebnisse aus dem Folgeprojekt für die Praxis abschätzen bzw. demonstrieren zu können.

3.1.6 Wirtschaftlichkeit

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wurden zunächst Deckungsbeiträge der angebauten Kulturen unter den drei Düngungsvarianten für die Jahre 2003 bis 2005 errechnet. In die Kalkulationen flossen die Ertrags- und Bewirtschaftungsdaten der Parzellenversuche ein. Die Produkterlöse orientierten sich an den Auszahlungspreisen der Aufkäufer von Bioware unter Berücksichtigung der tatsächlich erzielten Qualitäten (Futter-/Speiseware, Proteingehalt). Im Jahr 2003 (letztes Umstellungsjahr) konnten die Produkte noch nicht als anerkannte Bioware verkauft werden. Die variablen Kosten wurden - wenn vorhanden - nach den tatsächlich eingesetzten Mengen und Preisen (Saatgut, Dünger) ermittelt bzw. mit Standardwerten je nach angewandtem Produktionsverfahren errechnet.

Die einzelnen Deckungsbeiträge der angebauten Kulturen eines Untersuchungsjahres wurden anschließend nach Düngungsvarianten getrennt mit deren Anbauumfang multipliziert und zum Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeitrag summiert. Da mit den Berechnungen keine Vergleiche zu anderen Bewirtschaftungsweisen angestellt wurden, blieben die Direktzahlungen (Betriebsprämie, ÖPUL-Prämien) unberücksichtigt.

Für die Periode 2006 bis 2011 erfolgte die Kalkulation auf Basis einer definierten Zielfruchtfolge. Die Erträge für die neu hinzukommenden Kulturen (Körnermais, Kartoffel, Sonnenblume) wurden geschätzt. Da die Ertragsdaten von Winterweizen und Winterroggen aus den Versuchsergebnissen als eher extrem einzustufen sind, wurde ebenfalls durchschnittliche Erträge angenommen und gemäß der relativen Ertragsunterschiede bei den Düngungsvarianten abgestuft.

Allgemeine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der einzelnen Düngungsvarianten lassen sich aufgrund der geringen Anzahl von Untersuchungsjahren und der vergleichsweise langsam sich einstellenden Änderungen bei der Umstellung von Fruchtfolgen bzw. Bewirtschaftungsweisen nicht ableiten.

Der Fruchtfolgedeckungsbeitrag (ohne Direktzahlungen kalkuliert) war 2003 (letztes Umstellungsjahr) und 2004 (hoher Luzerneanteil) negativ, die Unterschiede zwischen den Düngungsvariante nur geringfügig (2003: zwischen -189 und -191 €/ha; 2004: zwischen -30 und -41 €/ha). Im Jahr 2005 erzielten die Düngungsvarianten 1 und 2 mit 266 €/ha den höchsten Fruchtfolgedeckungsbeitrag, die Düngungsvariante 3 lag um 40 €/ha darunter. Für die Zielfruchtfolge ergeben sich durch den Einbezug von Hackfrüchten gegenüber der Fruchtfolge im Jahr 2005 höhere Fruchtfolgedeckungsbeiträge.

3.2 Auswirkungen von Landschaftselementen auf angrenzende Ackerflächen (Transekte)

3.2.1 Bodenchemische und bodenbiologische Werte

Ein direkter Einfluss der Landschaftselemente (Hecke - TS, Baumreihe - TN) auf die Qualität der Bodenstruktur in den angrenzenden Schlägen konnte an Hand der Spatenproben nicht gesehen werden. Da die Analyse der Bodenprobennahme 2005 noch nicht vollständig abgeschlossen ist, ist eine entgeltliche Beurteilung zum Einfluss von Bodenschutzanlagen auf bodenmikrobielle Parameter und die Stickstoffnachlieferung zur Zeit noch nicht möglich. Die vorliegenden Ergebnisse im Transekt Süd (TS) weisen auf keinen Einfluss der Hecke auf die Stickstoffnachlieferung und die mikrobielle und pilzliche Biomasse in der angrenzenden Ackerfläche hin.

3.2.2 Bodenwasserhaushalt und mikroklimatische Werte

Die temporären Transektmessungen haben gezeigt, dass Hecken die klimatischen Extreme des freien Feldes abschwächen was vor allem auf der nachgewiesenen Schutzfunktion gegen Wind beruht. Weiters wurde ihr deutlicher Einfluss auf das Mikroklima im Nahbereich der Hecke nachgewiesen. Der Einfluss auf das Mikroklima ist grundsätzlich von der Heckenbildung (Höhe, Dichte, Breite) und ihrer Orientierung abhängig und reicht entfernungs-mäßig bei Wind- und Verdunstungsmessungen bis zum etwa 8 bis 10-fachen der Heckenhöhe. Darüber hinaus gelten wieder die Bedingungen des „freien Feldes“. Im mittelbaren Nahbereich der Hecke, d.h. 1 bis 2-fache Heckenhöhe zeigt sich ein besonders deutlicher – grundsätzlich positiver Effekt für die Feldfrucht bei Niederschlag, Tau und Wind durch das stark verringerte Verdunstungspotential. Letztlich sollte aber auch der Konkurrent „Hecke“ gerade in bezug auf das verfügbare Bodenwasser berücksichtigt werden, d.h. das im unmittelbaren Nahbereich (wenige Meter) durch die Wurzeln des Heckenbewuchses entzogene Bodenwasser.

Die Ergebnisse der Wassergehaltmessungen bei den Transekten Nord und Süd zeigen ein deutliche Abnahme des Wasserspeichervermögens mit zunehmender Entfernung zur Hecke. Daraus ist ein positiver Effekt der Bodenschutzanlage auf den Bodenwasserhaushalt ableitbar. Besonders ersichtlich ist dies im Winter 2004/05, wo durch Schneeakkumulation im Nahbereich der Hecke deutlich höhere Bodenwassergehalte auftraten.

3.2.3 Pflanzenbau

Der Bestand der Futterleguminosen (Rotklee und Luzerne) im Transekt Nord (TN) im Jahr 2004 war sehr heterogen, was auch auf Auswirkungen auf die Entwicklung des Winterweizens als Folgekultur im Jahr 2005 schließen lässt. Ein möglicher Einfluss der Baumreihe (TN - schlecht ausgebildete Bodenschutzanlage) auf den Pflanzenertrag konnte daher nicht interpretiert werden. Beim Transekt Süd (TS – Hecke, gut ausgebildete Bodenschutzanlage) wurde sowohl im Jahr 2004 bei Luzerne als auch im Jahr 2005 bei Winterweizen ein signifikanter Zusammenhang zwischen Ertragshöhe und Entfernung zur Hecke festgestellt. Der Gesamtluzerneertrag (Summe von 3 Schnitten) und der Kornertrag von Winterweizen stiegen vom Abstand der 10-fachen Heckenhöhe (80 m) bis unmittelbar vor der Hecke (8 m Abstand) an. Die Begründung für die Ertragserhöhungen zur Hecke hin liegt eindeutig bei den durch die Hecke beeinflussten mikroklimatischen Bedingungen in Heckennähe (geringere Verdunstung, höhere Taumengen, Schneeablagerungen) und den dadurch bedingten höheren Bodenwassergehalten.

3.3 Gehölze, Ökostreifen, Säume am Betrieb – Vegetationsökologie und Strukturkartierung

3.3.1 Hecken und Baumreihen

Die Analyse einer Struktur- und Vegetationskartierung der Hecken und Baumreihen und deren landschaftsästhetischen Bewertung, welche in Form eines Expertengutachtens anhand des Fachwissens der TeilprojektbearbeiterInnen durchgeführt wurde, hat ergeben, dass zahlreiche ökologische Defizite der bestehenden Landschaftsstrukturen vorliegen: mangelnde Vielfalt an landschaftstypischen Elementen, keine gestaffelten Altersstrukturen der Hecken, überwiegend monotoner Aufbau der Hecken, Fehlen nichtbewirtschafteter Übergangsbereiche, nahezu kein Todholzvorkommen, kein Verbund zwischen den Hecken und Flurgehölzen, selten differenzierte "Fluchten" der Hecken, zu lange Heckenfluchten, artenarme, eintönige Zusammensetzung der Hecken, hoher Anteil an nicht-einheimischen Arten, geringer Baumanteil in den Hecken. Die Anlage eines Biotopverbundsystems, eine Strukturierung und adäquate Pflege der Hecken und Baumreihen ist daher aus ökologischer und landschaftsästhetischer Sicht erforderlich. Basierend auf der Struktur- und Vegetationskartierung der Hecken und Baumreihen des Biobetriebes Rutzendorf sowie in Absprache mit verschiedenen Teilprojektteams wurde eine erste Grundlage für ein Pflegekonzept für die Hecken und Baumreihen konzipiert. Mit einer Studierendengruppe wurden bei ausgewählten Hecken erste Pflegemaßnahmen durchgeführt. Die Daten der Kartierung sind in der MUBIL Datenbank ersichtlich. Die ersten Pflegemaßnahmen werden derzeit ausgewertet (Januar 2006).

3.3.2 Ökostreifen und Säume

Die Ergebnisse zeigen zum einen, dass die vorhandene und spontan aufkommende Flora in den Ökowertstreifen spärlich ist. Auch in deren Umfeld ist das Artenpotential gering. Insofern kann die Einsaat von Wildkrautarten als einzige, effiziente Maßnahme angesehen werden, wenn das Ziel besteht, die Artenvielfalt in einer ausgeräumten Agrarlandschaft zu fördern und insbesondere auch Habitatvielfalt für die im ökologischen Landbau für den Pflanzenschutz wichtigen Nützlingsarten, zu unterstützen. Dabei ist auf die spezifischen Anforderungen der einzelnen Arten einzugehen und entsprechende Konsequenzen in der Biotopgestaltung und deren Management zu ziehen (z. B. Todholz, Pollenpflanzenangebot über das Jahr). Hervorzuheben ist das Ergebnis, dass aus den Ökowertstreifen bisher keine Zuwanderungen an „Unkräutern“ in die Ackerflächen zu beobachten war.

In der Folge wird es vor allem darum gehen, die Artenanreicherung über Ökowertstreifen zu forcieren und deren Management abzustimmen.

3.4 Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und agrarökologischer Begleitmaßnahmen auf die Fauna am Betrieb

3.4.1 Bodenfauna

So wie in den Ackerflächen war auch die Bodenfauna der Hecken und Ökostreifen sehr verarmt. Für die Ökostreifen ist das leicht erklärbar, weil sie erst im zweiten Jahr der Untersuchung angelegt worden sind und die "träge" Bodenfauna noch nicht adäquat reagieren konnte. Eine Veränderung der Situation ist aber innerhalb weniger Jahre zu erwarten und deutet sich 2005 für die Horn- und Raubmilben und die Springschwänze (durch eine Erniedrigung der Dichten und Artenzahlen) auch bereits an. Die Häufigkeit der Regenwürmer hat jedenfalls 2005 in den Ökostreifen deutlich zugenommen. Die mageren Bestände der Bodenfauna in den Hecken gehen wahrscheinlich auf deren geringes Alter und die verinselte Lage des Untersuchungsbetriebes zurück. Die Hecken wurden auf ehemaligen Ackerflächen begründet. Selbst wenn sich die Lebensbedingungen darin für Bodentiere verbessert haben, kann deren Neuzuwanderung von außen viele Jahrzehnte oder noch länger in Anspruch nehmen.

Generell ist aber von den Hecken nur eine unwesentliche Beeinflussung der Ackerfauna zu erwarten: Die Artenzusammensetzung der Hornmilben und der Springschwänze dieses Lebensraums unterscheidet sich relativ deutlich von der der Äcker, geeignete "Ackerarten" kommen darin kaum vor. Die Raubmilben der Hecken sind dagegen denen der Äcker vergleichsweise ähnlich.

3.4.2 Arthropoden (ausgewählte Nützlinge und Schädlinge)

Die Untersuchung der Laufkäferfauna zeigen eine für solche Kulturlandschaften typische Zusammensetzung. Förderlich für die Artenvielfalt erwiesen sich die im Herbst 2003 angelegten Ökowerstreifen, während die höchsten Individuendichten in den Luzernefeldern gefunden wurden. Hervorzuheben ist die Bedeutung von blühenden Wildkräutern für die Schwebfliegen, sowohl aus spontanem Aufgang (z.B.: Geruchlose Kamille) als auch aus der Ansaatmischung der Ökowerstreifen (z.B.: Färberkamille und Leindotter). Da die Schwebfliegen die wichtigsten Blattlausgegensepieler sind, sind die Effekte der Wildkrautartenzusammensetzung sowie die räumlichen Abstände zwischen Ökowerstreifen weiter zu untersuchen.

3.4.3 Wildbienen

Ein positiver Einfluss der biologischen Bewirtschaftungsweise macht sich für die Wildbienen durch ein zusätzliches Angebot an Pollenfutterpflanzen auf den Feldern, hier vor allem durch Luzerne, bemerkbar. Die Pflege dieser Flächen muss jedoch auf die Ansprüche der auf diese Pollenfutterquelle angewiesenen Arten abgestimmt werden, da sich diese Flächen sonst von einem Habitat mit reicher Pollenquelle in eine Falle verwandeln (z.B. wenn Blühzeitpunkt der Luzerne nicht erreicht wird).

Der größte Beitrag zur Diversität der Wildbienen am Biobetrieb Rutzendorf wird von den Landschaftselementen (Hecken und Ökostreifen) geleistet.

Flächen mit vorhandenen Landschaftselementen zeigen eine höhere Artendiversität und eine höhere Anzahl an spezialisierten und oberirdisch nistenden Arten als die untersuchten Acker- und Bracheflächen. Unterschiedliche Ergebnisse dabei sind auf das jeweilige Angebot an Pollenfutterpflanzen und möglichen Nisthabitaten auf den Untersuchungsstellen zurückzuführen.

Für die zukünftigen Pflege der Ökowerstreifen und Hecken können daher folgende Pflegeanleitungen gegeben werden:

- Um ein möglichst kontinuierliches Futterpflanzenangebot zu gewährleisten, sollte eine möglichst kleinräumige und gestaffelte Pflege der Ökowerstreifen und Hecken erfolgen. Den Wildbienen wird dadurch die Möglichkeit gegeben, auf benachbarte Futterquellen auszuweichen.

- Kleine Teilflächen der Landschaftselemente sollten über ein ganzes Jahr ohne Pflegeeingriff wie Mahd oder Häckseln belassen werden, damit die für verschiedene oberirdisch nistende Arten nötigen Nisthabitate wie dürre Pflanzenstängel auch über den Winter auf den Flächen verbleiben können. Hierbei sollten vor allem Flächen mit geeigneten Pflanzen (z.B. mit Königskerzen) ausgewählt werden.
- Todholz in den Hecken belassen.

3.4.4 Brutvogelfauna

Das Projektgebiet Rutzendorf zeichnet sich durch eine verarmte, für intensiv agrarisch genutzte Flächen des Marchfeldes typische Brutvogelfauna aus. Ob die von 2003 bis 2005 beobachtete Zunahme der Artenzahl und Individuenzahl der Brutvögel als natürliche Bestandesschwankung oder als Hinweis auf eine Verbesserung der agrarökologischen Gesamtsituation durch biologische Bewirtschaftung zu werten ist, kann erst bei Fortsetzung dieses Trends in den nächsten Jahren beurteilt werden. Als günstig für charakteristische Bodenbrüter der Agrarlandschaft wie Feldlerche und Wachtel erwies sich bei entsprechender Bewirtschaftung das Vorhandensein von Luzerne in der Fruchtfolge. Der aktuelle Zustand der nicht ackerbaulich genutzten Landschaftselemente bietet gegenwärtig nur einer geringen Anzahl anpassungsfähiger und weit verbreiteter Vogelarten Lebensmöglichkeit. Das mit großer Wahrscheinlichkeit mit der Neuanlage von Ökowertstreifen (Wildkrautstreifen) in Zusammenhang stehende Auftreten der Dorngrasmücke im Projektgebiet im Jahr 2005 zeigt jedoch, dass eine auf bestimmte Zielarten ausgerichtete Pflege vorhandener bzw. eine Neuanlage nicht ackerbaulich genutzter Landschaftselemente zu einer Aufwertung des Projektgebietes als Lebensraum führen kann.

Zur Erhöhung der Strukturvielfalt der ackerbaulich bewirtschafteten Flächen ist die Verkleinerung der Bewirtschaftungseinheiten, eine Untergliederung der Kulturflächen durch Brachstreifen sowie eine Diversifizierung der kultivierten Feldfrüchte anzustreben. Die Bestandespflege der Luzerne aber auch der übrigen Feldkulturen sollte bezüglich Zeitpunkt und Häufigkeit nach Möglichkeit auf die Bedürfnisse der im Gebiet vorkommenden Bodenbrüter (Feldlerche, Rebhuhn, Wachtel, Kiebitz, Fasan) abgestimmt werden.

Die Pflege und Gestaltung (v. a. Diversifizierung der Gehölzstrukturen, Anlage von Säumen) der gehölzbestandenen Sonderflächen sollte auf die Habitatansprüche von Charakterarten der halboffenen Kulturlandschaft ausgerichtet werden. Mögliche Zielarten sind Dorngrasmücke, Sperbergrasmücke, Neuntöter, Schwarzkehlchen, Goldammer, Grauammer und Hänfling.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

▪ Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und Düngungsvarianten

Im bisherigen Untersuchungszeitraum wurde noch kein eindeutiger Effekt der Umstellung auf die untersuchten bodenchemischen Parameter, auf die Bodenmikrobiologie, auf die Bodenstruktur und die Bodenfauna festgestellt. Auch die Düngungsvarianten haben sich in Bezug auf die oben genannten Parameter und auf den Bodenwasserhaushalt nicht signifikant unterschieden.

Die Gründe dafür sind in der noch kurzen Umstellungszeit, der gegenüber konventioneller Bewirtschaftung noch nicht wesentlichen Änderungen in der Fruchtfolge nach der Umstellung auf Schlag 1, den noch geringen Düngermengen und in der generell langsamen Reaktion dieser Bodenkennwerte auf Veränderungen ihrer Umwelt zu sehen.

Die kurzfristige Phase biologischer Bewirtschaftung wirkte sich aber bereits auf eine Erhöhung der Stabilität der Bodenaggregate aus, was vor allem auf den Anbau der Luzerne und die damit verbundenen Zufuhr an organischer Substanz und auf die Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität zurückzuführen ist.

Die Erkenntnisse aus den bisherigen Ergebnissen dazu sind:

Monitoring Methoden:

- Monitoring nach dem Bodendauerbeobachtungskonzept erlaubt eine repräsentative Probenahme sowie die reproduzierbare Erfassung von Bodenparametern mit kalkulierbarem analytischen Aufwand;

Zeitabhängige Veränderungen von Bodenparametern:

- Ein längerer Untersuchungszeitraum mit mehr Düngergaben ist notwendig in dem in Abhängigkeit vom Untersuchungsparameter entweder jährlich oder in größeren Zeitabständen beprobt wird;

Analytik:

- Für Anwendungen im biologischen Landbau besteht die Notwendigkeit der Entwicklung neuer Methoden zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors, die die Freisetzung aus der organischen Phase mit einschließen;

Bewirtschaftung:

- Die Verringerung der Eingriffsintensität ist in Erwägung zu ziehen, da verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen zum Thema die wendende Bodenbearbeitung als wichtigsten bestandsregulierenden Faktor für Bodentiere (v.a. Regenwürmer) ausweisen, resp. da intensive Bodenbearbeitung die Entwicklung der Bodentiere stört;

Monitoringdesign:

- Beibehaltung der konventionellen Vergleichsfläche, um einen Kontrast zu haben.

Die Auswirkungen der ersten Düngungsmaßnahmen mit Biotonnekompost und Stallmist auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität von Getreide waren noch gering. Ertrags- und Qualitätsvorteile der Düngungsvarianten 2 (Biotonnekompost) und 3 (Stallmist) gegenüber der Gründüngungsvariante zeichnen sich bisher vorwiegend in Tendenzen, aber nicht statistisch gesichert, ab. Die Düngewirkung von Stallmist war höher als die Wirkung von Kompost, bei einem Versuch konnte ein statistisch gesichert höherer Kornenertrag gegenüber der DV 1 (nur Gründüngung) und auch der DV 2 (Biotonnekompost) nachgewiesen werden. Hinsichtlich des Futterwertes beeinflussten die unterschiedlichen Düngungsvarianten nur den Gehalt an Rohprotein, die Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungen sind aber statistisch nicht gesichert.

Weitere Aussagen zu den Teilprojekten:

- Aufgrund der Tatsache, dass nicht alle Kleinparzellenversuche in den umgestellten Schlägen zumindest einmal gedüngt wurden und sich auch nicht alle Schläge in der Zielfruchtfolge befinden, ist eine Bewertung des Einflusses der Düngungsvarianten auf die Ackerwildkrautflora und die Diasporenbank noch nicht möglich.
- Vergleichbare Daten und gesicherte Aussagen zur Entwicklung des Ertrages, der Qualität des Erntegutes, der Ackerwildkrautflora und der Diasporenbank in Abhängigkeit der Düngungsvarianten werden mit zunehmender Anzahl von gedüngten Versuchen, wiederholten Düngergaben und dem Einstieg aller Schläge in die Zielfruchtfolge erwartet;
- Da sich der Diasporenvorrat der umgestellten Flächen sehr von der Aktuellen Vegetation, d.h. der auf den Flächen gekeimten Diasporen, unterscheidet, wäre eine einmalige Erfassung der Ackerwildkrautvegetation in einem Radius von 10 km um die Versuchsflächen sehr aufschlussreich. Das Besiedlungspotenzial der umgestellten Flächen und eventuelle Ausbreitungszentren von Arten könnten dadurch erfasst werden.
- Bei Verfütterung hofeigenen Getreides sind regelmäßige Analysen zumindest des Rohproteingehaltes anzuraten, aus denen mit Hilfe von Schätzgleichungen Anhaltspunkte für den Gehalt an den wichtigsten Aminosäuren abgeleitet werden können.
- Allgemeine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der einzelnen Düngungsvarianten lassen sich aufgrund der geringen Anzahl von Untersuchungsjahren und der vergleichsweise langsam sich einstellenden Ertragsentwicklungen bei der Umstellung von Fruchtfolgen bzw. Bewirtschaftungsweisen noch nicht ableiten.

▪ **Landschaftselemente (Gehölze) und ihre Auswirkungen auf angrenzende Ackerflächen**

Hecken als zentrales Begleitelement einer ökologisch genutzten Agrarlandschaft steuern den Wasserhaushalt und haben damit positiven Einfluss auf die Erträge in angrenzenden Ackerflächen bis zu einem bestimmten Abstand zur Hecke. Die Heckenstruktur spielt dabei eine zentrale Rolle. Deren Ausdifferenzierung ist demnach nicht nur aus der Perspektive der Artenförderung und Erosionsminderung, sondern auch unter wasserhaushaltlichen Überlegungen vorzunehmen. Zur Erhaltung und Aufwertung bestehender Hecken und Baumreihen ist aus ökologischer und landschaftsästhetischer Sicht eine Strukturierung und adäquate Pflege der Gehölze und in weiterer Folge die Anlage eines Biotopverbundsystems erforderlich.

- Unter Gesichtspunkten des Wasserhaushaltes sind Messungen über das Taugeschehen zu vertiefen. Zum einen interessiert die Taumenge, gerade auch in Bezug der verschiedenen Kulturpflanzenarten (z. B. Luzerne, Gründüngungsgemenge), daraus abzuleitende Hinweise für den Umbruchtermin in Verbindung mit dem Gesamtbodenwasserhaushalt, und der Einfluss der Taudauer auf die Transpiration, insbesondere wiederum bei den oben genannten Kulturen.
 - Die Untersuchungen der involvierten Teilprojekte weisen auf den hohen Einfluss der Jahreswitterung mit einer möglichen Überlagerung des Einflusses der Hecke auf die Ackerkulturen hin. Um die Daten abzusichern sind daher weitere Messungen von mehreren Jahren und von Kulturen mit unterschiedlicher Vegetationszeit erforderlich.
-

▪ **Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und der Landschaftselemente (Ökowertstreifen, Säume, Gehölze) auf die Fauna**

Bei den neu angelegten Ökowertstreifen hat sich die aktive Einsaat von Wildkrautarten im Vergleich zur spontan aufkommenden Flora als einzige, effiziente Maßnahme bewährt, wenn das Ziel besteht, die Artenvielfalt der Wildkräuter in einer ausgeräumten Agrarlandschaft zu fördern. Die Anlage der Ökowertstreifen hat sich förderlich auf die Artenvielfalt der Laufkäfer und die Individuendichten der Schwebfliegen und Wildbienen ausgewirkt. Hecken und Baumreihen sind ein wichtiges Habitat für Wildbienen, als Reservoir für die Wiederbesiedelung mit Bodentieren aber wenig geeignet. Die Ökowertstreifen bieten für die Bodenfauna dazu bessere Bedingungen.

Wichtige Punkte dazu, um generell die Artenanreicherung über Ökowertstreifen zu forcieren und im speziellen die im ökologischen Landbau für den Pflanzenschutz wichtigen Nützlingsarten zu fördern, sind:

- die Effekte der Wildkrautartenzusammensetzung auf Schwebfliegen (als wichtigste Blattlausgegensepieler) weiter zu prüfen, da diese selektive Präferenzen für bestimmte Pflanzenfamilien und -arten zeigen sowie die räumlichen Abstände zwischen Ökowertstreifen zu untersuchen, da die Schwebfliegendichten mit der Entfernung von den blütenreichen Strukturen abnimmt;
- ein geeignetes Pflegekonzept für die Ökowertstreifen entwickeln und umsetzen, um ein möglichst kontinuierliches Habitatangebot für Wildbienen und Nützlinge, vor allem Schwebfliegen, zu gewährleisten und Überwinterungsmöglichkeiten anzubieten.

Die Luzerne hat sich wiederum mit seinen multifunktionellen Eigenschaften als wertvolles Habitat ausgezeichnet (für Nützlinge, Wildbienen und die Avifauna), wobei auch hier das Management / die Bestandesführung auf die Anforderungen der genannten Tierarten abzustellen ist. Neben den ökologischen Effekten, konnten mit der Luzerne auch deutliche Impulse zugunsten einer landschaftsästhetische Aufwertung der Agrarlandschaft erzielt werden. Offen bleibt, wie diese Wertsteigerung in der Landschaft von den Landschaftsnutzern wahrgenommen wurde.

Als abschließende Schlussfolgerung aus der Synthese der Gesamtprojektergebnisse ist anzumerken:

Grundsätzlich ist der Erfolg der Umstellung eines Betriebes im Kontext zu allen Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der Fläche, der Wirtschaftlichkeit und der Integration von Begleitbiotopen und der Landnutzung im Umfeld des Betriebes zu bewerten.

Die Umstellung auf eine biologische Landbewirtschaftung sowie die Gestaltung ökologisch und landschaftsästhetisch wertvoller Strukturen wirkt sich einerseits auf die Artenzusammensetzung und Artenvielfalt positiv aus und kann andererseits einen Beitrag zur Identifikation der Bevölkerung mit ihrer Region und zur Stärkung des Umweltbewusstseins leisten und somit einen wesentlichen Grundstein für eine nachhaltige Entwicklung einer Kulturlandschaft darstellen. Die Gesellschaft wird durch ihre Wertschätzung von Maßnahmen des Naturschutzes, die sich auch in einer Attraktivierung des Landschaftsbildes manifestieren, bereiter sein, landschaftspflegende Maßnahmen zu honorieren und einen Beitrag zu leisten u.a. indem Bioprodukte gekauft werden.

Empfehlungen aus den vorliegenden Ergebnissen für die landwirtschaftliche Praxis:

Grundsätzlich sind Empfehlungen für die Beratung und die landwirtschaftliche Praxis auf Basis von drei Versuchsjahren eines Langzeitmonitorings der Umstellung auf den biologischen Landbau betreffend zurückhaltend zu formulieren. Insofern sind die nachfolgenden Ausführungen knapp gehalten:

- In Bezug auf die Auswirkungen der organischen Düngung auf die Ackerwildkrautflora und die generelle Entwicklung des Ertrages und der Qualität der untersuchten Kulturen sowie deren ökonomischen Bewertung sind weitere Versuchsjahre abzuwarten, da vorerst nur die Wirkungen von Düngegaben aus zwei Erntejahren vorliegen.
 - Bei der Wahl der Schnitt- bzw. Mulchmaßnahmen der Luzerne kann durch eine termingerechte Vorgehensweise eine gezielte Förderung von Nützlingen, Wildbienen und der Brutvogelfauna erreicht werden.
 - Die Bedeutung von gut strukturierten Hecken und deren positive Wirkung auf den Wasserhaushalt der angrenzenden Ackerfläche sollte bei der Biotopgestaltung im Trockengebiet eine höhere Beachtung erfahren.
 - Ökostreifen entwickeln sich weitaus differenzierter, wenn eine gezielte Ansaat vorgenommen wird. Die Anlage von Ökostreifen hat positive Auswirkungen auf die Entwicklung von Laufkäfern, Schwebfliegen und Wildbienen. Sie sind auch in Bezug auf die Wiederbesiedelung mit Bodentieren im Vergleich zu Hecken als effizienter einzustufen.
 - In der Umstellungsberatung ist verstärkt Augenmerk auf die Förderung der Artenvielfalt (Flora/Fauna) hinzuweisen und im Umstellungsplan sollten entsprechende Maßnahmen vorgesehen werden.
-

INHALTSVERZEICHNIS

1	TEILPROJEKT 1: BODENMIKROBIOLOGIE; BODENSTRUKTUR UND N-KREISLAUF; PFLANZENBAULICHE UNTERSUCHUNGEN; PROJEKTKOORDINATION.	8
1.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	8
1.2	EINLEITUNG	9
1.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	9
1.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	10
1.5	MATERIAL UND METHODEN	10
1.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	13
1.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	21
1.8	LITERATURVERZEICHNIS	22
1.9	ANHANG.....	23
2	TEILPROJEKT 2: BODENCHEMIE UND BODENPHYSIK.....	28
2.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	28
2.2	EINLEITUNG	28
2.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	29
2.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	29
2.5	MATERIAL UND METHODEN	29
2.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	30
2.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	33
2.8	LITERATURVERZEICHNIS	33
3	TEILPROJEKT 3: BODENWASSERHAUSHALT UND EROSION	34
3.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	34
3.2	EINLEITUNG	34
3.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	34
3.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	34
3.5	MATERIAL UND METHODEN	35
3.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	35
3.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	39
3.8	LITERATURVERZEICHNIS	39
3.9	ANHANG.....	40
4	TEILPROJEKT 4: METADATENBANK	48
4.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	48
4.2	EINLEITUNG	48
4.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	48
4.4	MATERIAL UND METHODEN	48
4.5	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	50
4.6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	51
4.7	LITERATURVERZEICHNIS	51
5	TEILPROJEKT 5: BODENINFORMATIONSSYSTEM	52
5.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	52
5.2	EINLEITUNG	52
5.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	52
5.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	53
5.5	MATERIAL UND METHODEN	53
5.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	54
5.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	54
5.8	LITERATURVERZEICHNIS	54
5.9	ANHANG.....	56

6	TEILPROJEKT 6: AGRARMETEOROLOGIE	58
6.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	58
6.2	EINLEITUNG	58
6.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	58
6.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	59
6.5	MATERIAL UND METHODEN	59
6.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	60
6.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	64
6.8	LITERATURVERZEICHNIS	65
6.9	ANHANG.....	66
7	TEILPROJEKT 7: BODENTIERE	69
7.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	69
7.2	EINLEITUNG	69
7.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	70
7.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	70
7.5	MATERIAL UND METHODEN	71
7.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	71
7.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	74
7.8	LITERATURVERZEICHNIS	74
7.9	ANHANG.....	75
8	TEILPROJEKT 8: NÜTZLINGE.....	79
8.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	79
8.2	EINLEITUNG UND ZIELE DER ARBEIT.....	79
8.3	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	80
8.4	MATERIAL UND METHODEN	80
8.5	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	81
8.6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	84
8.7	LITERATURVERZEICHNIS	86
8.8	ANHANG.....	87
9	TEILPROJEKT 9: ACKERWILDKRAUTFLORA, DIASPOREN	89
9.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	89
9.2	EINLEITUNG	89
9.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	89
9.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	90
9.5	MATERIAL UND METHODEN	90
9.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	91
9.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	93
9.8	LITERATURVERZEICHNIS	93
9.9	ANHANG.....	94
10	TEILPROJEKT 10: AVIFAUNA	99
10.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	99
10.2	EINLEITUNG	99
10.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	99
10.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	100
10.5	MATERIAL UND METHODEN	100
10.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	101
10.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	103
10.8	LITERATURVERZEICHNIS	104
10.9	ANHANG.....	105

11	TEILPROJEKT 11/1: NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE / STRUKTURKARTIERUNG.....	107
11.1	ZUSAMMENFASSUNG /SUMMARY	107
11.2	EINLEITUNG	107
11.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	108
11.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	108
11.5	MATERIAL UND METHODEN	108
11.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	109
11.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	115
11.8	LITERATUR, GUTACHTEN UND INFORMATIONEN	115
12	TEILPROJEKT 11/2+11/3: NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE / ÖKOSTREIFEN / SYSTEMANALYSE / WILDBIENEN.....	117
12.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	117
12.2	EINLEITUNG	117
12.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	118
12.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	119
12.5	MATERIAL UND METHODEN	119
12.6	VORLÄUFIGE ERGEBNISSE UND DISKUSSION	122
12.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	129
12.8	LITERATURVERZEICHNIS	129
12.9	ANHANG.....	131
13	TEILPROJEKT 12: FUTTERMITTEL	135
13.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	135
13.2	EINLEITUNG	135
13.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	136
13.4	HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN	136
13.5	MATERIAL UND METHODEN	136
13.6	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	136
13.7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	139
13.8	LITERATURVERZEICHNIS	140
14	TEILPROJEKT 13: ÖKONOMIE	141
14.1	ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	141
14.2	EINLEITUNG	141
14.3	THEMA UND ZIELE DER ARBEIT.....	141
14.4	MATERIAL UND METHODEN	142
14.5	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	144
14.6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	145
14.7	LITERATURVERZEICHNIS	145
14.8	ANHANG.....	146

ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

ABBILDUNG 1:	SPATENPROBENNAHME 2005 AUF DEM KPV S1M UNTER LUZERNE.....	23
ABBILDUNG 2:	N_{\min} -GEHALTE NACH LUZERNEUMBRUCH UNTER WINTERWEIZEN.	24
ABBILDUNG 3:	TROCKENMASSEERTRAG ERNTE 2004 LUZERNE INSGESAMT VON 1.-3. SCHNITT UND TROCKENMASSEERTRAG ERNTE 2005 WINTERWEIZEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ENTFERNUNG ZUR HECKE (TRANSEKT SÜD).....	26
ABBILDUNG 4:	ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT UND PH-WERTE DER BEPROBUNGEN 2003 UND 2005 AUF ALLEN BODENDAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN IN 3 TIEFENSTUFEN.....	31
ABBILDUNG 5:	KATIONENAUSTAUSCHKAPAZITÄT 2003 UND 2005 IN 3 TIEFENSTUFEN SOWIE ORGANISCHER KOHLENSTOFF 2003 IN 2 TIEFENSTUFEN AUF ALLEN BDF.	32

ABBILDUNG 6: PFLANZENVERFÜGBARE P- UND K-KONZENTRATIONEN DER JAHRE 2003 UND 2004 AUF ALLEN BDF IN 3 TIEFENSTUFEN. UNTERSCHIEDLICHE ZEITLICHE VARIABILITÄTEN DER P UND K-PFLANZENVERFÜGBARKEIT.	33
ABBILDUNG 7: ZEITLICHER VERLAUF DES NIEDERSCHLAGES, DER LUFTTEMPERATUR UND DES IN 0-60 CM BODENTIEFE GESPEICHERTEN BODENWASSERS BEI DEN UNTERSUCHTEN VARIANTEN.	37
ABBILDUNG 8: ZEITLICHER VERLAUF DES IN 0-90 CM GESPEICHERTEN BODENWASSERS AM STANDORT TRANSEKT SÜD IN ABHÄNGIGKEIT DER ENTFERNUNG VON DER HECKE	38
ABBILDUNG 9: WASSERSPANNUNGS-WASSERANTEILSBEZIEHUNG UNTERSCHIEDLICHER BODENTIEFEN (10-12,5 CM, 28-30,5 CM, 40-42,5 CM, 65-67,5 CM, 85-87,5 CM) BEI DER VARIANTE SK.	41
ABBILDUNG 10: WASSERSPANNUNGS-WASSERANTEILSBEZIEHUNG UNTERSCHIEDLICHER BODENTIEFEN (10-12,5 CM, 28-30,5 CM, 50-52,5 CM, 80-82,5 CM) BEI DER VARIANTE S1G.	42
ABBILDUNG 11: WASSERSPANNUNGS-WASSERANTEILSBEZIEHUNG UNTERSCHIEDLICHER BODENTIEFEN (10-12,5 CM, 28-30,5 CM, 50-52,5 CM, 70-72,5 CM, 100-102,5 CM) BEI DER VARIANTE S1M.	43
ABBILDUNG 12: ZEITLICHER VERLAUF DER TROCKENDICHTE (UND STANDARDABWEICHUNGEN) IN 10-15 CM BODENTIEFE BEI DEN UNTERSUCHTEN VARIANTEN.	44
ABBILDUNG 13: ZEITLICHER VERLAUF DER TROCKENDICHTE (UND STANDARDABWEICHUNGEN) IN 30-35 CM BODENTIEFE BEI DEN UNTERSUCHTEN VARIANTEN.	44
ABBILDUNG 14: ZEITLICHER VERLAUF DES WASSERDURCHLÄSSIGKEITSBEIWERTES (UND STANDARDABWEICHUNGEN) IN 10-15 CM BODENTIEFE BEI DEN UNTERSUCHTEN VARIANTEN.	45
ABBILDUNG 15: ZEITLICHER VERLAUF DES WASSERDURCHLÄSSIGKEITSBEIWERTES (UND STANDARDABWEICHUNGEN) IN 30-35 CM BODENTIEFE BEI DEN UNTERSUCHTEN VARIANTEN.	45
ABBILDUNG 16: ZEITLICHER VERLAUF DER AGGREGATSTABILITÄT (UND STANDARDABWEICHUNGEN) DER UNTERSUCHTEN VARIANTEN VON APRIL BIS SEPTEMBER 2005.	46
ABBILDUNG 17: ZEITLICHER VERLAUF DES IN 0-90 CM GESPEICHERTEN BODENWASSERS AM STANDORT TRANSEKT NORD IN ABHÄNGIGKEIT DER ENTFERNUNG VON DER HECKE	46
ABBILDUNG 18: TIEFENVERLAUF DES MITTLEREN BODENWASSERANTEILES WÄHREND DES MESSPERIODEN 2003, 2004 UND 2005 AM STANDORT TRANSEKT SÜD FÜR UNTERSCHIEDLICHE ENTFERNUNGEN VON DER HECKE.	47
ABBILDUNG 19: METADATENBANK MIT SUCHFUNKTION UND FILTER.	49
ABBILDUNG 20: BILDDATENBANK MIT SUCHFUNKTION FILTER UND ZEITLEISTE	50
ABBILDUNG 21: COKRIGING-MODELL BASIERENT AUF DEN PARAMETERN HANGNEIGUNG, KURVATUR UND LANDFORMENMODELL	56
ABBILDUNG 22: REGRESSIONSMODELL (801.615 - (PROFIL KURVATUR * 1.163) - (0.032 * [DIFFERENZ ZUR SÜDOST-RICHTUNG (120 GRAD)) - (DHM5M * 4.723) - (HANGNEIGUNG * 8.349).	57
ABBILDUNG 23: DIE MESSSTATIONEN DER TRANSEKTMESSUNG AUF DER SÜDOST-SEITE DER HECKE.	59
ABBILDUNG 24: WITTERUNGSVERLAUF IN RUTZENDORF 2004.	60
ABBILDUNG 25: NIEDERSCHLAGSSUMMEN ZU BEIDEN SEITEN DER HECKE IM SOMMER 2003.	61
ABBILDUNG 26: EINFLUSS DER HECKE AUF DIE STRAHLUNDSINTENSITÄT UND DIE DAUER DER TAUEREIGNISSE IM ABSTAND VON 1 M UND 3 AUF BEIDEN SEITEN DER HECKE.	62
ABBILDUNG 27: SUMMENLINIE DER VERDUNSTUNGSMENGEN EPOT UND AKTUELL (ET 80M) IN VERSCHIEDENEN DISTANZEN (8 M, 20 M, 80 M) VON DER HECKE UND GESAMTSUMME IN DER ZEIT VOM 6. - 14. JULI 2004 IM TRANSEKT SÜD.	63
ABBILDUNG 28: SCHNEEPROFILE VOM 10. MÄRZ 2005.	63
ABBILDUNG 29: EINFLUSS DER SCHNEEDECKE AUF DIE BODENTEMPERATUREN	64
ABBILDUNG 30: WITTERUNGSVERLAUF 2003, RUTZENDORF.	66
ABBILDUNG 31: WITTERUNGSVERLAUF 2005, RUTZENDORF.	66
ABBILDUNG 32: GESAMTNIEDERSCHLAGSSUMMEN IM SOMMER 2003, RUTZENDORF.	67
ABBILDUNG 33: TEMPERATURVERLAUF AN EINEM SONNENTAG AUF BEIDEN SEITEN DER HECKE UND ZUM VEGLEICH DIE MESSUNG DER DAUERSTATION IN 80 METER ENTFERNUNG AUF DER SO-SEITE.	67
ABBILDUNG 34: DER EINFLUSS DER HECKE AUF DIE STRAHLUNGSSUMMEN UND DIE DAUER DER TAU-EREIGNISSE AUF BEIDEN SEITEN UND IN VERSCHIEDENEN ABSTÄNDEN ZUR HECKE.	67

ABBILDUNG 35: WINDGESCHWINDIGKEITEN IN 1, 2 UND 5 METERN HÖHE UND IN ABSTÄNDEN VON 8, 24 UND 50 METERN ZUR HECKE IM TRANSEKT SÜD AM 4. (WINDRICHTUNG NW) UND 9. JULI (WINDRICHTUNG SO) 2004.....	68
ABBILDUNG 36: ABUNDANZEN UND ARTENZAHLEN DER ORIBATIDEN (HORNMILBEN)	75
ABBILDUNG 37: ABUNDANZEN UND ARTENZAHLEN DER COLLEMBOLEN (SPRINGSCHWÄNZE).....	75
ABBILDUNG 38: ABUNDANZEN UND ARTENZAHLEN DER GAMASINEN (RAUBMILBEN).....	76
ABBILDUNG 39: MULTIVARIATE ORDINATION (NONMETRIC MULTIDIMENSIONAL SCALING) DER ORIBATIDENGEMEINSCHAFTEN DES BIOBETRIEBS RUTZENDORF.....	76
ABBILDUNG 40: MULTIVARIATE ORDINATION (NONMETRIC MULTIDIMENSIONAL SCALING) DER COLLEMBOLENGEMEINSCHAFTEN DES BIOBETRIEBS RUTZENDORF.....	77
ABBILDUNG 41: MULTIVARIATE ORDINATION.....	77
ABBILDUNG 42: ABUNDANZEN DER LUMBRICIDEN (REGENWÜRMER) DER NUTZUNGSTYPEN DES BIOBETRIEBS RUTZENDORF.	77
ABBILDUNG 43: ABUNDANZEN UND FAMILIENZAHLEN DER NEMATODEN (FADENWÜRMER) DER NUTZUNGSTYPEN DES BIOBETRIEBS RUTZENDORF.....	78
ABBILDUNG 44: MATURITY ("REIFE") DER NEMATODENGEMEINSCHAFTEN DER NUTZUNGSTYPEN DES BIOBETRIEBS RUTZENDORF.....	78
ABBILDUNG 45: ANZAHL DER 2004 AN 8 BONITURTERMINEN ZWISCHEN 27. APRIL UND 26. JULI ENTLANG DER VERSCHIEDENEN AUFNAHMESTRECKEN BEOBACHTETEN SCHWEBFLIEGEN.	85
ABBILDUNG 46: ANZAHL DER 2005 AN 7 BONITURTERMINEN ZWISCHEN 3. JUNI UND 22. JULI ENTLANG DER VERSCHIEDENEN AUFNAHMESTRECKEN BEOBACHTETEN SCHWEBFLIEGEN.. ...	85
ABBILDUNG 47: ARTENZAHLEN NACH SCHLÄGEN UND JAHREN	91
ABBILDUNG 48: DIASPOREANZAHL JE M ² DER KLEINPARZELLEN NACH SCHLÄGEN.....	92
ABBILDUNG 49: ARTENZAHLEN DER KLEINPARZELLEN NACH JAHREN.....	94
ABBILDUNG 50: VERGLEICH DER ARTENRÜCKGÄNGE NACH FRUCHTFOLGE 2004 - 2005	94
ABBILDUNG 51: ACKERWILDKRAUTDECKUNG NACH JAHREN	95
ABBILDUNG 52: ACKERWILDKRAUTDECKUNG NACH SCHLÄGEN UND JAHR	95
ABBILDUNG 53: ACKERWILDKRAUTDECKUNGEN NACH KULTURART	96
ABBILDUNG 54: ARTENZAHLEN NACH DÜNGEVARIANTEN.....	96
ABBILDUNG 55: ACKERWILDKRAUTDECKUNGEN NACH DÜNGEVARIANTEN	97
ABBILDUNG 56: DIASPORENDICHTEN UNTER LUZERNE 2003 – 2004	97
ABBILDUNG 57: DIASPORENMENGEN NACH DÜNGUNG UND NACH JAHREN.....	98
ABBILDUNG 58: DARSTELLUNG DER HECKENDICHTE AUF DEM BETRIEBSGELÄNDE.....	109
ABBILDUNG 59: LAGEPLAN GEHÖLZSTRUKTUREN	113
ABBILDUNG 60: KARTIERUNG UND MAßNAHMENVORSCHLÄGE	114
ABBILDUNG 61: VERGLEICH VOR DEM SCHNITT UND NACH DEM SCHNITT	114
ABBILDUNG 62: WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN DEN VARIABLEN IM SYSTEMMODELL "ÖKOSTREIFEN RUTZENDORF"	125
ABBILDUNG 63: ROLLENVERTEILUNG DER VARIABLEN IM SYSTEMMODELLS "ÖKOSTREIFEN RUTZENDORF".....	126

TABELLENVERZEICHNIS:

TABELLE 1: AUFWANDMENGEN UND NÄHRSTOFFGEHALTE VON BIOTONNEKOMPOST UND STALLMIST IN DEN GEDÜNGTEN KLEINPARZELLENVERSUCHEN (KPV) DER JAHRE 2003 BIS 2005.....	14
TABELLE 2: BODENBIOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN UND STICKSTOFFHAUSHALT DES KPV S1M UND DER REFERENZPARZELLEN S1G UND SK IM APRIL 2003 UND 2005.....	16
TABELLE 3: ERTRÄGE IN DEN KLEINPARZELLENVERSUCHEN IN ABHÄNGIGKEIT DES ERNTEJAHRES, DER FRUCHTFOLGE UND DER ORGANISCHEN DÜNGUNG.	18
TABELLE 4: ACKERBEIKRAUTAUFNAHMEN SCHLÄGE 1 - 8 (JAHRE 2004 UND 2005, ANFANG JULI) 23	
TABELLE 5: PARAMETER ZUR BESTANDESENTWICKLUNG UND QUALITÄT DES GETREIDES DER ERNTE 2004.	24
TABELLE 6: PARAMETER ZUR BESTANDESENTWICKLUNG UND QUALITÄT DES GETREIDES DER ERNTE 2005.	25
TABELLE 7: PRODUKTIONSMAßNAHMEN UND ERTRÄGE DER JAHRE 2003 BIS 2005 AUF DEN SCHLÄGEN DES BIOBETRIEBS RUTZENDORF	27

TABELLE 8: WESENTLICHE BODENPHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DER UNTERSUCHTEN VARIANTEN ZU VERSUCHSBEGINN (SEPTEMBER 2003).....	36
TABELLE 9: MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN DER TROCKENDICHTE, DES WASSERDURCHLÄSSIGKEITSBEIWERTES (K-WERT), DER AGGREGATSTABILITÄT WÄHREND DES UNTERSUCHUNGSZEITRAUMES (SEPTEMBER 2003 – OKTOBER 2004) FÜR DIE UNTERSUCHTEN VARIANTEN.....	37
TABELLE 10: KORNGRÖßENVERTEILUNG, ORGANISCHER KOHLENSTOFFGEHALT (OC) UND GESAMTSTICKSTOFFGEHALT (NGES) BEI KONVENTIONELLER VARIANTE (SK), KLEINPARZELLENVERSUCH (S1M) UND VARIANTE MIT GERINGER BONITÄT (S1G).....	40
TABELLE 11: LAGE DER AUFNAHMESTRECKEN FÜR BODENFALLEN (2003 & 2004) UND SCHWEBFLIEGENBEOBACHTUNGEN (2003, 2004 & 2005).....	80
TABELLE 12: ECKDATEN ZU DEN SCHWEBFLIEGENBONITUREN	81
TABELLE 13: ANZAHL ALLER BEOBACHTETEN SCHWEBFLIEGEN PRO ART UND ERNÄHRUNGSTYP (E) IHRER LARVEN.....	83
TABELLE 14: GESAMTANZAHL DER 2003 BEOBACHTETEN SCHWEBFLIEGEN PRO STANDORT UND DIE PROZENTUELLEN ANTEILE FÜR SCHWEBFLIEGEN MIT APHIDOPHAGEN LARVEN (SYRPHINAE) UND KOPRO-, PHYTO- ODER SAPROPHAGEN LARVEN (MILESIINAE).....	83
TABELLE 15: GESAMTANZAHL DER 2004 UND 2005 BEOBACHTETEN SCHWEBFLIEGEN-INDIVIDUEN (IND.) PRO AUFNAHMESTRECKE (AS), UND DIE PROZENTUELLEN ANTEILE FÜR SCHWEBFLIEGEN MIT APHIDOPHAGEN LARVEN (SYR., SYRPHINAE) UND KOPRO-, PHYTO- ODER SAPROPHAGEN LARVEN (MIL., MILESIINAE).....	84
TABELLE 16: CARABIDENFÄNGE IN VERSCHIEDENEN FELDERN UND LANDSCHAFTSELEMENTEN DES UMSTELLUNGSBETRIEBS RUTZENDORF VON MAI BIS SEPTEMBER 2003.....	87
TABELLE 17: CARABIDENFÄNGE IN VERSCHIEDENEN FELDERN UND LANDSCHAFTSELEMENTEN DES UMSTELLUNGSBETRIEBS RUTZENDORF VON MAI BIS SEPTEMBER 2004.....	88
TABELLE 18: FRUCHTFOLGEN DER UNTERSUCHTEN SCHLÄGE	91
TABELLE 19: VERGLEICH AKTUELLE VEGETATION MIT DIASPORENBANK	98
TABELLE 20: HÄUFIGKEIT UND ÖKOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG DER BRUTVÖGEL IM PROJEKTGEBIET RUTZENDORF IN DEN BRUTPERIODEN 2003 UND 2005.....	101
TABELLE 21: ABUNDANZ DER FELDLERCHE (REVIERE/10 HA) ZUR ERSTBRUT (ANFANG APRIL – MITTE MAI) UND ZWEITBRUT (ENDE MAI – ANFANG JULI) AUF DEN TEILFLÄCHEN DES PROJEKTGEBIETES RUTZENDORF IN DEN JAHREN 2003 UND 2005.....	102
TABELLE 22: IM UNTERSUCHUNGSGEBIET (PROJEKTGEBIET RUTZENDORF UND NÖRDLICH ANGRENZENDE SCHOTTERGRUBE) IN DEN JAHREN 2003 UND 2005 BEOBACHTETE VOGELARTEN UND IHR STATUS. BRUTVOGEL IM PROJEKTGEBIET (BP), BRUTVOGEL IN DER SCHOTTERGRUBE (BS), BRUTVOGEL IN DER UMGEBUNG (BU), NAHRUNGSGAST (NG), DURCHZÜGLER (D).....	105
TABELLE 23: LAGE UND BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSTRANSEKTE WILDBIENEN	122
TABELLE 24: NAME UND BESCHREIBUNG DER IM SUBSYSTEM ÖKOWERTSTREIFEN VERWENDETEN VARIABLEN	124
TABELLE 25: LISTE DER AUS DEN ANSAATEN ETABLIERTEN PFLANZENARTEN UND IHRER HERKÜNFTE.....	131
TABELLE 26: URSPRÜNGLICH VORHANDENE PFLANZENARTEN AUF DEN BRACHESTREIFEN ENTLANG DER HECKE 4 UND DEN BAUMREIHEN 10 UND 11	133
TABELLE 27: FUTTERWERT (ROHNÄHRSTOFF- UND ENERGIEGEGHALT) UNTERSCHIEDLICH GEDÜNGTER WEIZENPROBEN IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEM WEIZEN	137
TABELLE 28: GEHALT AN AMINOSÄUREN VON UNTERSCHIEDLICH GEDÜNGTEN WEIZENPROBEN IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEM WEIZEN	137
TABELLE 29: GEHALT AN MENGINELEMENTEN VON UNTERSCHIEDLICH GEDÜNGTEN WEIZENPROBEN IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEM WEIZEN	138
TABELLE 30: FUTTERWERT (ROHNÄHRSTOFF- UND ENERGIEGEGHALT) UNTERSCHIEDLICH GEDÜNGTER GERSTENPROBEN.....	138
TABELLE 31: GEHALT AN AMINOSÄUREN IN UNTERSCHIEDLICH GEDÜNGTEN GERSTENPROBEN ..	139
TABELLE 32: GEHALT AN MENGINELEMENTEN VON UNTERSCHIEDLICH GEDÜNGTEN GERSTENPROBEN	139
TABELLE 33: GESAMT- BZW. FRUCHTFOLGEDECKUNGSBEITRÄGE IM UNTERSUCHUNGSZEITRAUM	144

TABELLE 34: GESCHÄTZTE FRUCHTFOLGEDECKUNGSBEITRÄGE DER ZIELFRUCHTFOLGE MIT KÖRNERMAIS	144
TABELLE 35: GESCHÄTZTE FRUCHTFOLGEDECKUNGSBEITRÄGE DER ZIELFRUCHTFOLGE MIT KARTOFFELN.....	144
TABELLE 36: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN WINTERWEIZEN >13% PROTEIN...	146
TABELLE 37: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN WINTERWEIZEN <13% PROTEIN...	146
TABELLE 38: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN WINTERROGGEN	147
TABELLE 39: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN TRITICALE	147
TABELLE 40: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN WINTERGERSTE	148
TABELLE 41: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN SOMMERGERSTE	148
TABELLE 42: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN FUTTERERBSE.....	149
TABELLE 43: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN LUZERNE	149
TABELLE 44: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN WINTERWEIZEN - ZIELFRUCHTFOLGE	150
TABELLE 45: DECKUNGSBEITRAG PRODUKTIONSVERFAHREN WINTERROGGEN - ZIELFRUCHTFOLGE	150
TABELLE 46: DECKUNGSBEITRÄGE PRODUKTIONSVERFAHREN KÖRNERMAIS, KARTOFFELN UND SONNENBLUME - ZIELFRUCHTFOLGE	151
TABELLE 47: VARIABLE KOSTEN DÜNGUNG.....	151
TABELLE 48: VARIABLE KOSTEN ZWISCHENFRÜCHTE	152
TABELLE 49: VARIABLE KOSTEN ZWISCHENFRÜCHTE	153
TABELLE 50: VARIABLE MASCHINENKOSTEN JE ARBEITSGANG	154
TABELLE 51: ÜBERSICHT DECKUNGSBEITRÄGE	154
TABELLE 52: GESAMTDECKUNGSBEITRÄGE DER DÜNGUNGSVARIANTEN - UNTERSUCHUNGSZEITRAUM.....	155
TABELLE 53: GESAMTDECKUNGSBEITRÄGE DER DÜNGUNGSVARIANTEN - ZIELFRUCHTFOLGE MIT KÖRNERMAIS	156
TABELLE 54: GESAMTDECKUNGSBEITRÄGE DER DÜNGUNGSVARIANTEN - ZIELFRUCHTFOLGE MIT KARTOFFELN.....	157

1 TEILPROJEKT 1: BODENMIKROBIOLOGIE; BODENSTRUKTUR UND N-KREISLAUF; PFLANZENBAULICHE UNTERSUCHUNGEN; PROJEKTKOORDINATION

Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf ausgewählte bodenmikrobiologische, -physikalische und chemische sowie pflanzenbauliche Parameter in der Umstellung auf den biologischen Landbau; Koordination des Gesamtprojekts.

Bearbeiter: A. Surböck, M. Heinzinger, M. Gollner, J.K. Friedel, B. Freyer.
Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien.

1.1 Zusammenfassung / Summary

Auf dem Biobetrieb Rutzendorf im Marchfeld wurde ein Langzeitmonitoring zur Untersuchung von Veränderungen ausgewählter Bodeneigenschaften und der pflanzenbaulichen Entwicklung bei der Umstellung auf den biologischen Landbau und in Abhängigkeit von drei Düngungsvarianten (DV 1: nur Gründüngung: Luzerne; DV 2: GD + Biotonnekompost; DV 3: Stallmist, Luzerne abgeführt) eingerichtet. Weiters wurden die Auswirkungen vorhandener Biotopstrukturen am Betrieb auf den Boden und die Erträge in angrenzenden Ackerflächen erhoben. Bodenuntersuchungen (Bodenstruktur, Bodenbiologie, N-Haushalt) zeigten homogene Ausgangsbedingungen im ersten Erhebungsjahr 2003, und nach bisher vorliegenden Ergebnissen keine bzw. nur geringe Veränderungen nach einmaliger Düngung und mit fortgeschrittener biologischer Bewirtschaftung. Die Auswirkungen der ersten Düngungsmaßnahmen mit Biotonnekompost und Stallmist auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität von Getreide waren bisher noch gering und vorwiegend in der Tendenz erkennbar. Bei der Stallmistdüngung konnte jedoch bei einem Versuch statistisch gesichert ein höherer Kornertrag gegenüber der DV 2 (Biotonnekompost) und DV 1 (nur Gründüngung) nachgewiesen werden. Bei der Stallmistvariante deuten einjährige Ergebnisse (noch vor einer organischen Düngung auf den Versuchen) auf mögliche Ertrags- und Qualitätsminderungen von Winterweizen nach Luzerne aufgrund der Abfuhr des Luzerneaufwuchses hin. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Ertrag und Entfernung zu einer Hecke wurde festgestellt. Sowohl Luzerne als auch Winterweizen erreichten aufgrund einer besseren Wasserversorgung höhere Erträge mit zunehmender Nähe zur Hecke. Für konkrete Aussagen sind bei beiden Forschungsthemen die Ergebnisse weiterer Untersuchungen in den nächsten Jahren abzuwarten.

A long term field monitoring was established in 2003 at the biofarm "Rutzendorf", located in the Marchfeld region east of Vienna, Austria. The aims of the project are: examination of changes concerning soil and plant parameters with the conversion to organic farming; investigation of the effects of different organic fertilisation systems (green manure, communal green forage compost, farmyard manure) on soil properties and on crop performances; analysis of the influence of existing biotops on soil quality and crop yield in neighbouring fields. The statistical appraisal of the soil survey in the selected trial plots (content and subsequent supply of nitrogen, microbial and fungal biomass, soil structure) examined in spring 2003 resulted in no significant differences. Generally first manuring with compost and farmyard manure showed still little effects on development, yield and quality of cereals. However a fertilization with farmyard manure achieved already in contrast to compost a significant higher yield than system 1 with only green manure. Preliminary results at system 3 indicate a reduction of yield and quality of winter wheat after lucerne because of the removal of lucerne biomass at this system. A significant regression regarding the influence of a hedge on yields in the adjacent field was detected at the total yield of three cuts of the lucerne 2004 and at the yield of winter wheat 2005. This could be explained by a higher availability of soil water closer to the hedge. For secure statements on both topics investigations over more years are necessary.

1.2 Einleitung

Im biologischen Landbau müssen im Vergleich zur konventionellen Produktion andere acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen das Anbausystem versorgen und steuern. Eine zentrale Bedeutung kommt dabei der Gestaltung der Fruchtfolge zu. Ein nachhaltiges Nährstoffmanagement wird durch eine effiziente Nutzung der Nährstoffvorräte des Bodens, der Stickstofffixierung und durch verlustmindernde Bewirtschaftungsmaßnahmen erzielt. Die Ausgestaltung der Landschaft mit naturnahen Biotopen trägt wesentlich zur Förderung der Stabilität des Agrar-Ökosystems, eine wichtige Grundlage für die biologische Bewirtschaftung, bei.

1.3 Thema und Ziele der Arbeit

Gegenstand der Untersuchung ist das Ausmaß und die Geschwindigkeit von Veränderungen der Bodeneigenschaften und der pflanzenbaulichen Entwicklung bei der Umstellung auf den biologischen Landbau unter pannonischen Klimabedingungen. Eine gute Nährstoffversorgung während früherer konventioneller Bewirtschaftung lässt einen biologischen Anbau ohne externe Nährstoffergänzung über einige Jahre oder Jahrzehnte zu. Langfristig sind jedoch Strategien zur weitgehenden Schließung von Nährstoffkreisläufen bzw. zur stärkeren Förderung der Mobilisierung der Nährstoffvorräte im Boden zu entwickeln. Innerhalb der biologischen Wirtschaftsweise wurden von daher die Wirkungen auf Boden und Pflanze und das Potential von einem ausschließlich auf Gründüngung (Düngungsvariante 1), einem auf Zukauf von externen organischen Düngern (Düngungsvariante 2: Biotonnekompost) und einem auf über die Tierhaltung teilweise geschlossenen Nährstoffkreislauf (Düngungsvariante 3: Stallmist) basierenden System untersucht. Biotopstrukturen wie Hecken, Baumreihen oder Ökostreifen dienen als Nützlingsreservoir und haben Einfluss auf das Mikroklima in angrenzenden Ackerflächen. Die Auswirkungen vorhandener Biotopstrukturen am Betrieb auf den Boden und die Erträge in angrenzenden Ackerflächen sind ein weiteres Thema der Arbeit.

Die Projektziele umfassen Aufgaben auf der betrieblichen Ebene, auf der Ebene von Feldversuchen sowie der Organisation des gesamten Projektes.

Betriebliche Ebene

- Planen und dokumentieren der Umstellung und der längerfristigen Bewirtschaftung des Biobetriebes Rutzendorf in Zusammenarbeit mit der BVW GmbH. Wahrnehmen von organisatorischen Aufgaben zur Unterstützung der Betriebsführung.

Ebene Feldversuch

- Einrichten und kontinuierliches betreuen von Dauerbeobachtungsflächen (Kleinparzellenversuche, Kleinparzellen und Transekte). Umsetzen der Düngungsvarianten in den Kleinparzellenversuchen für das Gesamtprojekt.
- Feststellen von:
 - Entwicklungen von Bodeneigenschaften (Bodenstruktur, Stickstoffmineralisation, mikrobielle und pilzliche Biomasse, Mykorrhiza, Nitratdynamik im Boden),
 - Stoffeinträge über organische Dünger, Stoffabfuhr über Ernteprodukte, das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen sowie die Entwicklung von Erträgen und Qualitäten der Ernteproduktemit zunehmende Dauer biologischer Bewirtschaftung und in Abhängigkeit von drei Düngungsvarianten.
- Feststellen von Art und Ausmaß des Einflusses von Biotopstrukturen auf ausgewählte Bodenparameter (Bodenstruktur, Stickstoffnachlieferung, mikrobielle und pilzliche Biomasse) und Erträge in angrenzenden Ackerflächen.

Projektkoordination

- Sichern einer hohen Qualität bei der Umsetzung des Gesamtprojekts MUBIL durch wissenschaftliche und operative Koordination der 14 Teilprojekte.

1.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Bei der Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung wurden aufgrund geänderter Fruchtfolgen (v.a. Futterleguminosenanbau, Zwischenfruchtbau) und einer organischen Düngewirtschaft (v.a. tierische Dünger) positive Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit (z.B. Qualität der organischen Bodensubstanz, den Humushaushalt und die Bodenstruktur) beobachtet (Herrmann und Plakolm 1993, S. 265; Fließbach und Mäder, 2000; Fließbach et al., 2000b). Da in viehlosen Systemen keine tierischen Dünger zur Verfügung stehen, fehlen deren zusätzlichen positiven Effekte auf die Bodenstruktur, auf das Bodenleben und die Mobilisierung von Bodennährstoffvorräten. Mittel- bis langfristig sind daher Unterschiede bei der Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit, den Erträgen sowie der Qualität der Ernteprodukte zwischen Systemen mit dem Einsatz von unterschiedlichen organischen Düngern (Biotonnekompost, Stallmist) und einem nur auf eine Gründüngung aufgebautem System zu erwarten.

Bodenschutzanlagen (Hecken) können die Windgeschwindigkeit bis zu einer Distanz ihrer 10-fachen Bestandshöhe reduzieren (Wright and Brooks, 2002). Damit beeinflussen sie die Verdunstungsleistung der Pflanzen und den Wasserhaushalt des Bodens, was wiederum Auswirkung auf den Ertrag und auf die Bodenvorgänge haben kann.

1.5 Material und Methoden

1.5.1 Betriebliche Ebene

Das Auftreten von Beikräutern (Ackerwildkräuter) auf allen 8 Großschlägen wurde im Juli 2004 und 2005 in Abstimmung mit dem Institut für Botanik (TP 9) erhoben. Die Bonitur erfolgte auf einer Fläche von 100 m² (10 m x 10 m) an verschiedenen Stellen eines Schlages. Dabei wurden die Deckungsgrade (in %) der angebauten Kultur und der Beikräuter und die Gesamtdeckung der Vegetation erfasst. Die Kulturen auf den Großflächen wurden durch regelmäßiges Begehen (eine Begehung = Fläche diagonal und beiderseits stirnseitig) auf Krankheits- und Schädlingsbefall gemäß den Anleitungen des Sorten und Saatgutblattes (BFL 2002) bonitiert. Die Schlaggrenzen wurden jährlich überprüft und ggf. mit GPS neu eingemessen. Die jährliche, schlagspezifische Anbauplanung (Hauptkulturen und Zwischenfrüchte) erfolgte innerhalb eines festen Fruchtfolgerahmens und wurde in Zusammenarbeit mit der BVW GmbH unter Berücksichtigung der aktuellen pflanzenbaulichen Entwicklung auf den Schlägen durchgeführt. Die Düngungsflächen auf den Großschlägen wurden an Hand vorhandener Bodenkarten unter Berücksichtigung der Bodenbonität und möglicher Einflüsse von angrenzenden Biotopstrukturen ausgewählt. Es sollen jährlich 2 Schläge und jeweils 2 ha pro Düngungsvariante 2 und 3 und Schlag von der BVW GmbH mit Unterstützung des IfÖL's maschinell gedüngt werden. Die Düngermengen werden auf die Ausbringungsmengen je ha der Kleinparzellenversuche abgestimmt. Im Sommer 2005 erfolgte die erste Düngung auf den Schlägen 3 und 5 vor dem Anbau von Körnermais zur Zwischenfrucht bzw. vor Winterweizen.

1.5.2 Einrichten von Dauerbeobachtungsflächen (Versuchsanlage)

Anhand von bodenkundlichen Voruntersuchungen wurden thematische Karten (ILEN – TP5 und IBF – TP2) erstellt, welche Grundlage für die Auswahl von bezüglich Bodenbonität und -homogenität geeigneter Flächen waren. Diese wurden im Gelände evaluiert (IBF - TP2) und die genaue Lage der Dauerbeobachtungsflächen in den Schlägen festgelegt. Zur Erstaufnahme der Koordinaten und zur Wiederfindung der Eckpunkte der Versuche nach Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurde ein DGPS-Gerät (Satellitengestütztes Vermessungssystem) eingesetzt. Auf den Monitoringflächen erfolgte die gleiche Bewirtschaftung (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung) wie auf den Großschlägen, nur die Düngung und die Ernte wurden parzellenspezifisch durchgeführt.

Dauerbeobachtungsflächen zum Feststellen von Veränderungen nach der Bewirtschaftungsumstellung über die Zeit sowie in Abhängigkeit von drei Düngungsvarianten sind zweifaktorielle Kleinparzellenversuche (KPV S1M – S8M, randomisierte komplette

Blockanlage in vierfacher Wiederholung) auf Flächen mit mittlerer Bodenbonität auf allen acht Schlägen des Biobetriebes. Jede Frucht der achtfeldrigen Zielfruchtfolge kann daher jedes Jahr erfasst werden. Als Referenzflächen dazu wurde je eine Kleinparzelle auf einer Fläche im Schlag 1 mit geringer Bodenbonität (S1G) und eine Kleinparzelle auf einem unmittelbar an den Biobetrieb angrenzenden konventionell bewirtschafteten Schlag (SK) ausgewiesen. Die Transekte auf den Schlägen 2/1 (Transekt Süd TS - geringe Bodenbonität – gut ausgebildete Bodenschutzanlage - Hecke) und 6/1 (Transekt Nord TN - mittlere Bodenbonität – schlecht ausgebildete Bodenschutzanlage - Baumreihe) bestehen aus in bestimmten Abständen zu bestehenden Hecken bzw. Baumreihen eingerichteten Aufnahmestrecken.

1.5.3 Ebene Feldversuch

1.5.3.1 Kleinparzellenversuche (KPV), Kleinparzellen (KP)

- Planung und Umsetzung der Düngungsvarianten

Die geprüften Düngungsvarianten unterscheiden sich hinsichtlich der Art, Menge und Qualität der Zufuhr von organischer Substanz und der Einbringung von Nährstoffen in das Betriebssystem.

- *Düngungsvariante 1 (DV 1) „Gründüngung“*: Auf eine externe Nährstoffzufuhr wird verzichtet. Die Flächen werden nur mit organischer Substanz aus der Gründüngung (GD: Luzerne und Zwischenfrüchte) versorgt.
- *Düngungsvariante 2 (DV 2) „GD + Biotonnekompost“*: Zusätzlich zur Gründüngung findet eine Zufuhr von organischer Substanz und Nährstoffen aus externen Quellen statt. Es wurde Biotonnekompost (Qualitätsklasse A+) von Kompostierungsanlagen der Stadt Wien eingesetzt (hergestellt aus organischen Abfällen aus dem Garten- und Grünflächenbereich und aus getrennt gesammelten organischen Haushaltsabfällen). Grundlage für die Berechnung der Aufwandmenge für die DV 2 ist der geschätzte Entzug an Phosphor und Kalium durch die Marktfrüchte der Zielfruchtfolge, welcher durch die Nährstoffe im eingesetzten Kompost ausgeglichen werden soll.
- *Düngungsvariante 3 (DV 3) „Stallmist“*: Weitgehend geschlossene Betriebskreisläufe werden simuliert. Dazu wird organischer Dünger aus Tierbeständen in das Betriebssystem eingebracht. Die zweijährigen Luzerne der Zielfruchtfolge liefert die Futtergrundlage für eine Mutterkuhherde mit umgerechnet 0,5 GVE/ha. Der anhand dieser Vorgaben und Literaturangaben berechnete Mistanfall beträgt 182 dt/ha. Luzerne und das für die Einstreu benötigte Stroh wurde von den Parzellen dieser Düngungsvariante händisch abgeführt. Der Rindermist wurde von einem Biobetrieb im Marchfeld mit Mutterkuhhaltung bezogen.

Die Nährstoffanalyse der organischen Dünger wurde an der AGES (Kompetenzzentrum Elemente) durchgeführt. Die Ausbringung des Düngers auf den KPV erfolgte händisch parzellenscharf und gleichmäßig verteilt. 2003 und 2004 wurde kurz vor dem Anbau des Wintergetreides gedüngt und der Dünger mit einem Grubber eingearbeitet. Die Auswahl der in der Umstellungsphase gedüngten KPV erfolgte an Hand des Nährstoffbedarfs der Kultur und der Fruchtfolgestellung. Gemäß der Zielfruchtfolge ist zukünftig die Düngung von jährlich zwei KPV zu Winterweizen nach Körnerleguminose und zur Hackfrucht geplant.

- Bodenkundliche Untersuchungen

Die Bodenprobenahme wurde im April 2003 und 2005 im KPV S1M und in den Referenzparzellen S1G und SK in Zusammenarbeit mit dem IBF (TP 2) durchgeführt. Die Beprobung erfolgte in 3 Tiefenstufen (0-30 cm; 30-60 cm; 60-90 cm). Mineralischer Stickstoff wurde in allen Tiefenstufen bestimmt, die weiteren Parameter nur in der Tiefenstufe 0-30 cm. Die Proben wurden im Labor entsprechend den Anforderungen der unterschiedlichen Untersuchungsparameter aufbereitet und mit folgenden Methoden analysiert:

- Mineralischer Stickstoff (N_{\min}): Die Messungen des Nitrat- und Ammoniumgehaltes erfolgte nach ÖN L1091 (1988: 2).
- Mikrobielle Biomasse: Die Gehalte an mikrobieller Biomasse wurden mittels Fumigations-

Extraktions-Methodik geschätzt und in mikrobiellen Biomasse-Kohlenstoff sowie - Stickstoff umgerechnet (Brookes et al. 1985; Vance et al. 1987).

- Stickstoffnachlieferung: Die Stickstoffmineralisation wurde im anaeroben Brutversuch (Kandeler et al. 1993) an der AGES vom Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung ermittelt.
- Ergosterol: Der Ergosterolgehalt, als Summenparameter für die pilzliche Biomasse, wurde durch alkalische Extraktion und Auftrennung der Extraktionsprodukte mittels HPLC festgestellt (Djajakirana et al. 1996).

Weitere Bodenuntersuchungen im KPV S1M und den KP S1G und SK:

- Mykorrhiza und Durchwurzelungsintensität: Die Probenahme erfolgte Mitte Mai 2003 und 2005 mittels eines N_{\min} -Bohrstocks (\varnothing 3,6 cm) in 0-30 cm Tiefe. Die Wurzeln wurden aus den Bodenproben ausgewaschen und werden bis zur Auswertung nach Tennant (1975) und McGonigle et al. (1990) in 50% Alkohol gelagert.
- Bodenstruktur und Penetrationswiderstand: Die Beurteilung der Bodenstruktur erfolgte jährlich 2003 bis 2005 anhand von Spatenproben (Görbing 1947, Diez 1991). Der Eindringwiderstand wurde mittels eines Penetrometers erhoben.
- Nitratverlagerung: Mit Nitratmonitoringboxen bzw. SIA-Boxen (**S**elektiv und **I**ntegrativ **A**kkumulierende Systeme, <http://www.terraquat.com>) wurde die Stickstoffverlagerung im Boden, innerhalb eines Jahres gemessen (Messperioden: 2003 bis 2004 und 2004 bis 2005). Der Ein- und Ausbau der Boxen erfolgte jeweils im Herbst. Die SIA-Boxen liegen ca. 1,20 m tief im ungestörten Boden. Das Bodenwasser kann sich entsprechend seinem natürlichen Gradienten ungehindert durch die Boxen bewegen, während das Nitrat an den Oberflächen eines Adsorbers gebunden wird. Die Bestimmung des Nitrats erfolgt nach Desorption photometrisch nach ÖN L 1091 (1988: 2).

In den Jahren 2003 (KPV: S4M, S7M), 2004 (KPV: S2M, S3M, S5M, S6M) und 2005 (KPV: S8M) sind im Spätherbst nach einem Leguminosenumbruch N_{\min} -Proben (0-90 cm) auf den KPV gezogen worden. Die Proben wurden in 3 Horizonte aufgeteilt und im Labor der Nitrat- und Ammoniumgehalt nach ÖN L 1091 (1988: 2) gemessen.

- Pflanzenbauliche Untersuchungen

Beim Getreide wurde die Bestandesentwicklung (Bestockung, Bestandesdichte, Bestandeshöhe, Lagerung, Jahre 2003 - 2005) aufgenommen und das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen (durch visuelle Befallsschätzung und Umlegung in Bonitierungsnoten gemäß dem Sorten und Saatgutblatt des BFL, 2002) zu bestimmten Terminen bonitiert. Das Getreide wurde mit einem Parzellenmähdrescher auf den vorgesehenen Erntestreifen jeder Parzelle geerntet. Die Ertragerhebung bei Luzerne erfolgte in den Kleinparzellen der DV 3 durch händische Quadratmeterernten jeweils zu 3 Schnittterminen (Termine: 1. Schnitt im Mai, 2. Schnitt im Juli, 3. Schnitt im August). Bei dieser Variante wurde die mittels Motorbalkenmäher geschnittene Luzerne und das Getreidestroh (berechneter Einstreubedarf) der gesamten Parzellenfläche händisch abgeführt. Beim Erntegut wurde die Trockenmasse bestimmt und folgende Qualitätskriterien beim Getreide untersucht: Tausendkorngewicht (TKG), Hektolitergewicht (in der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf, Jahre 2004 und 2005), Fallzahl, Sedimentationswert und Amylogrammwert (im Labor Korneuburg der RWA AG, Jahr 2004). Die Bestimmung der Nährstoffgehalte vom gesamten Erntegut der Jahre 2004 und 2005 erfolgte an vorgetrockneten und gemahlten Mischproben: Stickstoff und Kohlenstoff durch Verbrennung mittels eines C/N-Analyzers (Elementanalysator der Fa. Leco) an der BOKU, Phosphor und Kalium an der AGES (Kompetenzzentrum Elemente). Die Nährstoffgehalte werden für die Ermittlung der Rohproteingehalte (über den N-Gehalt) und zur Berechnung von Nährstoffbilanzen von den einzelnen Düngungsvarianten verwendet.

Die Messergebnisse der KPV wurden mit statistischen Tests (ANOVA – paarweiser Mittelwertvergleich nach Tukey, $p < 0,05$) auf signifikante Unterschiede geprüft und in Grafiken und Tabellen dargestellt.

1.5.3.2 Transekte

Die Erhebungen in den Ackerflächen wurden auf der Windschattenseite in bestimmten Entfernungen zur den Biotopstrukturen (ein-, zwei-, drei-, fünf- und zehnfachen der Wuchshöhe der Hecke - TS bzw. Baumreihe - TN) durchgeführt. Darüber hinaus wurden weitere auf der Betriebsfläche verteilte Aufnahmestrecken beprobt. Bodenproben wurden im April 2003 und 2005 in 0-30 cm Bodentiefe zur Analyse des Gehalts an mikrobieller und pilzlicher Biomasse und der Nachlieferung von Stickstoff gezogen (Analysenmethoden: siehe Punkt 1.5.3.1 Bodenkundliche Untersuchungen). Die Bodenstruktur wurde an Hand von Spatenproben und mit einem Penetrometer beurteilt. Zu 3 Schnittterminen der Luzerne 2004 wurden jeweils 4 m² je Aufnahmestrecke händisch geschnitten und der Trockenmasseertrag festgestellt. 2005 wurden 6 x 2 m² Winterweizen pro Aufnahmestrecke geerntet und im Standbetrieb mit einem Parzellenmähdrescher gedroschen. Die statistische Auswertung des Einflusses der Biotopstrukturen auf die Ackerflächen erfolgte mittels Regression und Berechnung des Bestimmtheitsmaß (R²).

1.6 Ergebnisse und Diskussion

1.6.1 Betriebliche Ebene

Produktionsmaßnahmen: Die Produktionsmaßnahmen in den Jahren 2003 – 2005 sind in der Tabelle 7 im Anhang zusammengefasst. Bei der Grundbodenbearbeitung kam bisher in der Regel der Pflug zum Einsatz. Die Stoppelbearbeitung wurde mit einem Flügelscharrgrubber durchgeführt. Die Fruchtfolge in der Umstellung war geprägt durch einen erhöhten Luzerneanteil. Der Einstieg in die Zielfruchtfolge erfolgte schlagspezifisch in Abhängigkeit der vor der Umstellung angebauten Kulturen. Zwischenfrüchte als Gemenge aus Körnerleguminosen und Nicht-Leguminosen wurden so oft wie möglich in die Fruchtfolge eingebaut.

Beikrautentwicklung: Bei der mehrjährigen Luzerne am Schlag 8 kam es zu einer Zunahme im Bedeckungsgrad der Ackerbeikräuter und der Anzahl der Beikrautarten vom ersten zum zweiten Anbaujahr der Luzerne. Bei einem Fruchtwechsel auf die Luzerne ist sowohl eine starke Zunahme im Bedeckungsgrad der Beikräuter als auch eine Zunahme der Beikrautarten gegeben (Schlag 1). Ein Grund dafür liegt in der Beeinträchtigung der Entwicklung der Luzerne und ihrer Konkurrenzkraft im Jahr 2005 durch die bis in den Juli herrschende Trockenheit. Der Fruchtwechsel von der Luzerne auf Getreide bewirkte eine Abnahme des Beikrautbedeckungsgrades und der Anzahl der Beikrautarten. Der Beikrautdruck in Getreide ist insgesamt als gering zu beurteilen, was auf ein konsequentes Striegeln von Seiten der BVW GmbH und auf ein allgemein geringes Beikrautauftreten in den Jahren 2004 und 2005 in den Getreideschlägen zurückzuführen ist (Tabelle 4 im Anhang).

Auftreten von Krankheiten und Schädlingen: Im Jahr 2004 wurde bei Wintergerste und Winterweizen ein sehr geringer Befall mit Getreidehähnchen (*Oulema lichenis* und *O. melanopus*) (ca. 1-2 % Blattflächenverlust) und das Auftreten von Blattnekrosen in Wintergerste und Getreidemehltau (*Erysiphe graminis*) in Winterweizen in geringen bis mittleren Umfang festgestellt. Im Spätsommer 2004 war ein stärkerer Blattrandkäferbefall (*Sitona lineatus*) auf allen Luzerneflächen zu beobachten. Als nennenswerten Krankheitsbefall 2005 ist ein mittel bis starker Befall der Triticales auf Schlag 7 mit Echtem Mehltau (*Erysiphe graminis*) zu nennen. Alle Winterweizenschläge hatten 2005 unter Wassermangel zu leiden, was zu einem frühzeitigen Absterben des Blattapparates führte.

1.6.2 Ebene Feldversuch

1.6.2.1 Kleinparzellenversuche (KPV), Kleinparzellen (KP)

▪ Umsetzung der Düngungsvarianten

Im Herbst 2003 erfolgte auf den KPV S1M und S4M zum Anbau des Wintergetreides die erste Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist. Im Jahr 2004 gab es aufgrund des hohen Luzerneanteils nur eine düngungswürdige Kultur in der Fruchtfolge (Tabelle 1 und 3). 2005 wurden hingegen drei Kleinparzellenversuche gedüngt. Mit den ausgebrachten Mengen an Biotonnekompost und Stallmist wurden ähnlich hohe Werte an Gesamt-Phosphor und an organischer Substanz gedüngt. Mit dem Biotonnekompost wurden gegenüber dem Stallmist wesentlich geringere Mengen an Gesamtkalium auf die Parzellen gebracht. Der gedüngte Gesamtstickstoff lag zwischen 138 kg/ha (Stallmist, KPV S1M, 2003) und 217 kg/ha (Stallmist, KPV S7M, 2005) (Tabelle 1). Die Berechnung der Aufwandmengen für die DV 2 erfolgte anhand der negativen Bilanzsalden an Phosphor und Kalium der Zielfruchtfolge und der Gehalte dieser Nährstoffe im eingesetzten Kompost. Aufgrund der in den Jahren 2003 und 2004 dadurch teilweise sehr hohen Gesamtstickstoffgaben wurde 2005 die Kompostmenge soweit reduziert, dass die jährlich erlaubte Stickstoffmenge von 170 kg je Hektar pro Jahr auf einem Schlag gemäß Bio-Austria Richtlinien und EU-Nitratrichtlinie nicht überschritten wird. Stallmist soll zukünftig öfter umgesetzt werden, um ein qualitativ hochwertiges und einheitliches Düngungsmaterial in Richtung Stallmistkompost mit einem über die Jahre konstanten Stickstoffgehalt und C/N-Verhältnis zu bekommen.

Tabelle 1: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) der Jahre 2003 bis 2005.

Jahr*	KPV	Düngungs-variante (DV)	Aufwandmengen, FM dt/ha	Gesamtstickstoff (N), kg/ha	Gesamtphosphor (P), kg/ha	Gesamtkalium (K), kg/ha	Organische Substanz, kg/ha	C/N Verhältnis
2003	S1M	DV 2 - Biotonnekompost	168	180	33	130	4331	14,1
	S1M	DV 3 - Stallmist	182	138	25	203	4025	15,5
	S4M	DV 2 - Biotonnekompost	168	180	34	130	4345	14,1
	S4M	DV 3 - Stallmist	214	162	30	238	4724	15,5
2004	S7M	DV 2 - Biotonnekompost	188	208	30	118	6113	16,7
	S7M	DV 3 - Stallmist	182	217	48	365	5782	14,7
2005	S3M, S5M, S6M	DV 2 - Biotonnekompost	150	167	29	123	4605	16,1
	S3M, S5M, S6M	DV 3 - Stallmist	182	128	37	390	5867	23,9

Jahr*...Jahr der Ausbringung des Düngers; KPV...Kleinparzellenversuch; DV...Düngungsvarianten: DV 1: Gründüngung, DV 2: Biotonnekompost, DV 3: Stallmist.

- Bodenkundliche Untersuchungen

Im Jahr 2003 wurde mit Spatenproben (bei S1M, S1G, SK) die Ausgangssituation der Bodenstruktur beschrieben, die 2005 erwartungsgemäß annähernd gleich blieb (Abbildung 1 im Anhang). Bei der Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung mit dementsprechenden Fruchtfolgen und einer organischen Düngewirtschaft sind positive Auswirkungen auf die Bodenstruktur zu erwarten (Fließbach et al. 2000b). 3 Jahre einer 8-jährigen Leitfruchtfolge mit bisher einmaliger Düngerausbringung beim KPV S1M, sind noch zu wenig, um deutlich sichtbare Auswirkungen auf die Bodenstruktur und um Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten festzustellen. Die dominierende Bodenart im Bereich des KPV S1M und der Referenzparzellen ist schluffiger Lehm. Die Elastizität des Bodens und die Gefügestabilität wurden als gering eingestuft – der Boden wird für eine optimale Bearbeitung sehr schnell zu trocken oder zu nass. Die Bodenverdichtungen sind vor allem im trockenen Zustand deutlich mit dem Penetrometer zu messen. Bei den Spatenproben wurde generell ein geringes Vorkommen von Regenwürmern festgestellt. Die Bodengare muss weiter gefördert werden, um die Bodendurchlüftung und Wasserspeicherkapazität zu verbessern. Auf der KPV S1M und der KP S1G verrotteten die Getreidestrohrückstände von vergangenen Erntejahren größtenteils binnen einer Vegetationsperiode.

Im April 2003 wurden im KPV S1M und in den KP S1G und SK die Ausgangswerte verschiedener Bodenparameter erhoben (Tabelle 2). Die für die Prüfung der Düngungsvarianten ausgewählten Parzellen des KPV S1M zeigten hinsichtlich aller untersuchten Parameter erwartungsgemäß keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die Varianten weisen vor der ersten Düngung gleiche Ausgangsbedingungen auf. Die Werte der Referenzparzelle S1G mit geringer Bodenbonität, wie S1M auf Schlag 1 eingerichtet, lagen in ähnlicher Höhe wie im KPV S1M mit mittlerer Bodenbonität. Die Höhe der bodenbiologischen Parameter der Kleinparzelle (SK) auf einem konventionell bewirtschafteten Schlag war mit Ausnahme des Mykorrhizabesiedlungsgrades hingegen deutlich niedriger, was auf eine unterschiedliche Schlaggeschichte und Bewirtschaftungsintensität (Fruchtfolge, Düngung, Pflanzenschutz), bei noch konventioneller Bewirtschaftung in beiden Schlägen, zurückzuführen ist. Die Differenzen der N_{\min} -Werte der Parzelle SK beruhen auf Unterschieden in Art und Höhe der N-Düngung im Vergleich zur biologischen Bewirtschaftung. Die Nitratverlagerung von Herbst 2003 bis Herbst 2004 ist in allen Erhebungsflächen trotz Unterschieden in der Stickstoffdüngung (S1M unter Wintergerste mit unterschiedlicher organischer Düngung, S1G unter Wintergerste ohne Düngung, SK unter Zuckerrübe mit mineralischer Düngung) als sehr gering zu beurteilen. In der folgenden Messperiode von Herbst 2004 bis Herbst 2005 wurde kein Stickstoff in tiefere Bodenschichten verlagert, die Nitrat-Messwerte lagen daher bei allen Erhebungsflächen bei null (Tabelle 2).

Im April 2005 fand eine Wiederholungsbeprobung von allen Bodenparametern statt (Tabelle 2). Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigten im wesentlichen nur geringe Veränderungen zur ersten Beprobung und keinen Einfluss der im Herbst 2003 durchgeführten organischen Düngung im KPV S1M. Gründe dafür sind in der noch kurzen Umstellungszeit, der gegenüber konventioneller Bewirtschaftung noch nicht wesentlichen Änderungen in der Fruchtfolge nach der Umstellung auf Schlag 1 (2002: Triticale, 2003: Sommergerste, 2004: Wintergerste, ab Juni 2004 Luzerne, einmaliger Zwischenfruchtanbau mit wenig Biomasseaufwuchs) und den geringen Düngermengen zu sehen. Bei den bodenmikrobiologischen Parametern (mikrobielle und pilzliche Biomasse) ist auch ein gewisser jahresspezifischer Einfluss zu berücksichtigen, der zu höheren Unterschieden zwischen verschiedenen Bestimmungszeitpunkten führen kann. Die hohe Differenz im Mykorrhizierungsgrad zwischen den Beprobungsterminen ist auf die unterschiedlichen Kulturen in beiden Jahren zurückzuführen. Futterleguminosen (2005: Luzerne) weisen generell eine höhere Mykorrhizierung als Getreide (2003: Sommergerste) auf. Der Grad der Mykorrhizierung der Luzernewurzeln ist in der DV 1 tendenziell am höchsten. Bei den DV 2 und 3 mit organischer Düngung zeichnet sich ein Trend ab, dass die Düngung mit Stallmist die Entwicklung der arbuskulären Mykorrhiza fördert, während Kompost die Entwicklung des Wurzelsystems der Luzernepflanzen zu fördern scheint. Die konventionell bewirtschaftete Parzelle (SK) wurde mangels einer vergleichbaren Kultur 2005 (Winterweizen) nicht beprobt.

Tabelle 2: Bodenbiologische Eigenschaften und Stickstoffhaushalt des KPV S1M und der Referenzparzellen S1G und SK im April 2003 und 2005.

KPV, KP	Jahr	S1M						S1G		SK	
		DV 1		DV 2		DV 3		DV 1		konv. Bew.	
Düngungsvarianten/ Bodenparameter		MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
Mikrobielle Biomasse, mg Cmic/kg Boden	2003	425 a	14	446 a	19	433 a	32	484	74	316	17
	2005	370 a	35	401 a	63	333 a	51	301	23	291	43
Mikrobielle Biomasse, mg Nmic/kg Boden	2003	58 a	2,0	60 a	1,9	58 a	3,3	62	1,4	44	2,7
	2005	74 a	3,6	67 a	18,5	78 a	5,3	48	5,9	52	3,9
Pilzliche Biomasse, µg Ergosterol/g TS Boden	2003	0,9 a	0,3	1,1 a	0,4	1,0 a	0,5	1,1	0,1	0,4	0,0
	2005	0,8 a	0,1	0,8 a	0,1	0,7 a	0,1	0,6	0,0	0,4	0,0
Mykorrhizabesiedlungs- grad in %	2003	28 a	1,2	29 a	1,6	28 a	2,0	27	2,2	27	2,2
	2005	72 a	10	64 a	8	69 a	4	69	9	-	-
Stickstoffnachlieferung, µgNH4-N/gTS Boden/7d	2003	18,3 a	1,3	19,3 a	1	20,3 a	2,2	20,0	1,4	13,0	0,0
	2005	24,8 a	1,0	25,8 a	1,7	26,0 a	3,9	25,0	0,8	20,8	1,3
N _{min} -Gehalt, kg/ha, 0-90 cm Bodentiefe	2003	63 a	8	73 a	14	66 a	22	58	5	124	24
	2005	36 a	16	34 a	13	35 a	12	36	2	53	4
Nitratverlagerung, kg Nitrat-N/ha/Jahr	2003-04	1,3 a	0,6	1,3 a	0,2	1,4 a	0,4	2,7	1,4	1,6	1,2
	2004-05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

DV...Düngungsvarianten: DV 1: Gründüngung, DV 2: Biotonnekompost, DV 3: Stallmist.
 KPV...Kleinparzellenversuch, KP...Kleinparzelle; MW...Mittelwert, Stabw...Standardabweichung;
 Mittelwerte mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Untersuchungsparameters und des
 Kleinparzellenversuchs S1M unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Nach Leguminosenumbruch wurde der Gehalt an pflanzenverfügbarem bzw. mineralisierbarem Stickstoff im Boden im Herbst ermittelt, um das Auswaschungsrisiko über die Wintermonate abschätzen zu können. Im Herbst 2003 wurde nach Futtererbsen Winterweizen (KPV S4M, mit organischer Düngung zum Anbau) und Winterroggen (KPV S7M, ohne organische Düngung) gebaut. Die N_{min}-Werte in den Kleinparzellenversuchen lagen bis in eine Bodentiefe von 90 cm zwischen 126 und 166 kg/ha (KPV S4M) bzw. zwischen 121 und 141 kg/ha (KPV S7M). Der N_{min}-Gehalt der DV 2 (Biotonnekompost) im KPV S4M war signifikant höher als die Werte der DV 1 (nur Gründüngung) und DV 3 (Stallmist). Die höhere Menge an Gesamtstickstoff im Kompost gegenüber Stallmist kann eine Ursache für die höheren N_{min}-Gehalte sein, wobei über 90 % des Stickstoff des Komposts organisch gebunden sind und erst von Mikroorganismen langsam verfügbar gemacht werden müssen (Buchgraber et al., 2003). Beim KPV S7M wurde kein Unterschied im N_{min}-Gehalt zwischen den Varianten festgestellt. Luzerne wurde im Herbst 2004 auf 4 Schlägen (KPV S2M, S3M, S5M, S6M) und im Herbst 2005 auf einem Schlag (KPV S8M) umgebrochen und anschließend Winterweizen angesät. Bei der Probennahme und Auswertung 2004 wurden die Düngungsvarianten über die Kleinparzellenversuche gemittelt. Der N_{min}-Gehalt der DV 3 lag im Mittel mit 88 kg/ha deutlich unter den Gehalten der DV 1 und 2, wobei nur der Unterschied zur DV 2 statistisch signifikant war. Im Jahr 2005 wies die DV 3 im Vergleich zu beiden Varianten (DV 1 und 2) einen signifikant geringeren Wert auf (Abbildung 2 im Anhang). Die Ursache dafür liegt in der Schnittnutzung der Luzerne der DV 3 (Stallmist), bei welcher große Stickstoffmengen über die Biomasseerträge der Luzerne abgefahren wurden, während bei den DV 1 und 2 der gesamte Luzerneaufwuchs als Mulchmaterial auf den Parzellen blieb.

- Pflanzenbauliche Untersuchungen

Das Jahr 2003 diente vor allem zur Einrichtung der Kleinparzellenversuche (KPV) und zur Prüfung der Bodenhomogenität der Versuchsflächen. Es waren noch keine Parzellen mit Biotonnekompost oder Stallmist gedüngt, Luzerne und Stroh der Parzellen der Düngungsvariante (DV) 3 wurde nicht abgefahren. Die Ertragserhebungen, welche im Juli 2003 sowohl bei den Druschfrüchten (Tabelle 3) als auch bei der Luzerne (in der Tabelle nicht dargestellt) durchgeführt wurden, zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den für die einzelnen Düngungsvarianten vorgesehenen Parzellen innerhalb eines Versuches. Die Eignung der Kleinparzellenversuche für die Prüfung der verschiedenen Düngungsvarianten wurde damit bestätigt. Im Versuch S7M konnte aufgrund eines hohen Beikrautdrucks kein Ertrag erhoben werden.

Im Jahr 2004 wurde in allen Kleinparzellenversuchen mit Luzerne als Ausgleich für den fehlenden Schnitt im Jahr davor der Aufwuchs der Luzerne der Düngungsvariante 3 (Stallmist) abgefahren. Die Trockenmasseerträge waren mit 85 bis 104 dt/ha (Summe von 3 Schnitten bei im Mittel 22 % TM) aufgrund einer guten Etablierung der Bestände im zweiten bzw. dritten Luzernejahr und günstiger Wachstumsbedingungen mit ausreichend Niederschlag für die ersten beiden Luzerneschnitte sehr hoch (Tabelle 3). Die günstige Witterung 2004 führte auch zu hohen Kornerträgen beim Wintergetreide. Die erste Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) in den KPV S1M und S4M ergab keine signifikanten Unterschiede beim Wintergersten- bzw. Winterweizenertrag im Jahr 2004 zwischen den geprüften Düngungsvarianten. Bei der Annahme einer Nährstoffverfügbarkeit des Biotonnekomposts im ersten Anwendungsjahr von 15 % (Bidlingmaier, 2000: 228, Buchgraber et al., 2003: 32) standen dem Wintergetreide 27 kg/ha Stickstoff aus Kompost zur Verfügung. Bei Stallmist wären bei 20 % Stickstoffverfügbarkeit im Anwendungsjahr (Stein-Bachinger et al., 2004: 99) 28 kg/ha Stickstoff (KPV S1M) bzw. 32 kg/ha (KPV S4M) nutzbar. Der Stickstoffausnutzungsgrad kann in Abhängigkeit des organischen Düngers, der Standortbedingungen, des Witterungsverlaufs und der Fruchtfolge stark schwanken (Stein-Bachinger et al., 2004: 99). Bei der Ausbringung des Stallmistes kann es zusätzlich in Abhängigkeit der Festmistform, des Rottegrades und der Witterung bei der Düngung zu Stickstoffverlusten kommen (Herrmann und Plakolm, 1993: 177). Die geringe Ertragswirkung von Kompost und Stallmist lässt auf niedrige Ausnutzungsraten des Stickstoffs im Anwendungsjahr und eine langsame N-Mineralisierung aus den Düngern schließen.

Das Jahr 2005 war geprägt durch sehr geringe Niederschlagsmengen und damit trockene Bedingungen bis kurz vor der Getreideernte im Juli. Der Gesamtluzerneertrag bei der DV 3 lag daher, vor allem bedingt durch einen reduzierten Luzerneaufwuchs bei den ersten beiden Schnitten, mit im Mittel 53 dt/ha TM nur bei ca. 60 % des Ertrages von 2004 (Tabelle 3). Besonders Winterweizen konnte aufgrund der Trockenheit sein Ertragspotenzial trotz guter Vorfrucht nicht ausschöpfen. Negativ beeinflusst wurden die Wachstumsbedingungen des Weizens auch durch den hohen Wasserverbrauch der Luzerne im Vorjahr, einem späten Umbruchtermin der Luzerne und einer späten Aussaat des Winterweizens. Deutlich erkennbar ist der Trockenstress an den geringen Strohmengen (von 8,8 bis 12,8 dt/ha TM Stroh), welche von den Parzellen der DV 3 abgefahren wurden. Die geringsten Erträge bei allen KPV mit Winterweizen wies die Düngungsvariante 3 (Stallmist) auf, wobei die Unterschiede zu den DV 1 und 2 bei den Versuchen S5M und S6M am größten waren. Bodenunterschiede kamen aufgrund des extremen Trockenstresses des Winterweizens im Jahr 2005 besonders zur Wirkung. In den Versuchen S5M und S6M hatte jeweils eine Parzelle der DV 1 und 2 eine etwas bessere Wasserversorgung aufgrund von Bodenunterschieden, was höhere Erträge aber auch sehr hohe Standardabweichungen ergab. Die statistische Auswertung zeigte daher keine Unterschiede im Winterweizenertrag zwischen den Düngungsvarianten. Gründe für Ertragsunterschiede zwischen der DV 3 (Stallmist) und den DV 1 und 2 noch vor einer organischen Düngung könnten in der N-Abfuhr von der Fläche bei der Schnittnutzung der DV 3 und einer möglichen Reduktion der Bodenverdunstung durch die Bedeckung des Bodens mit Mulchmaterial bei DV 1 und DV 2 liegen.

Tabelle 3: Erträge in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit des Erntejahres, der Fruchtfolge und der organischen Düngung.

Erntejahr		2003				2004				2005						
KPV	DV	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Tukey-Test Gruppe	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Tukey-Test Gruppe	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Tukey-Test Gruppe	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)
S1M	DV 1	Sommergerste	24,2	a	4,3	H	<u>Wintergerste</u>	53,5	a	1,8	H	Luzerne				M
	DV 2		27,4	a	1,7	H		57,2	a	4,9	H		M			
	DV 3		26,8	a	2,2	H		57,2	a	6,0	15,8		52,8			
S1G	DV 1		25,0		3,1	H		36,1		6,3	H					M
S2M	DV 1	Luzerne				M	Luzerne				M	Winterweizen	35,0	a	2,3	H
	DV 2					M		M	33,3	a	2,6		H			
	DV 3					M		85,0	32,8	a	2,7		10,8			
S3M	DV 1	Luzerne				M	Luzerne				M	Winterweizen	47,6	a	5,2	H
	DV 2					M		M	50,5	a	7,2		H			
	DV 3					M		91,9	45,3	a	4,9		12,8			
S4M	DV 1	Futtererbse	27,5	a	6,7	H	<u>Winterweizen</u>	65,8	a	2,0	H	Winterroggen	31,7	a	7,1	H
	DV 2		23,8	a	7,3	H		68,5	a	1,6	H		35,2	a	0,5	H
	DV 3		24,0	a	6,4	H		65,9	a	1,7	29,0		40,4	a	4,0	H
S5M	DV 1	Luzerne				M	Luzerne				M	Winterweizen	38,6	a	16,2	H
	DV 2					M		M	37,4	a	16,0		H			
	DV 3					M		93,5	26,4	a	1,2		8,8			
S6M	DV 1	Luzerne				M	Luzerne				M	Winterweizen	35,3	a	18,0	H
	DV 2					M		M	40,5	a	16,6		H			
	DV 3					M		104,0	24,2	a	4,7		H			
S7M	DV 1	Futtererbse	k.E.			H	Winterroggen	64,3	a	3,9	H	<u>Triticale</u>	26,6	a	1,1	H
	DV 2		k.E.			H		66,1	a	5,3	H		27,3	a	4,6	H
	DV 3		k.E.			H		70,6	a	3,0	50,1		37,2	b	3,2	H
S8M	DV 1	Triticale	27,9	a	2,0	H	Luzerne				M	Luzerne				M
	DV 2		29,1	a	0,7	H		M	M	M						
	DV 3		29,1	a	0,5	H		85,5			53,4					

KPV...Kleinparzellenversuch; DV...Düngungsvarianten: DV 1: Gründüngung, DV 2: Biotonnekompost, DV 3: Stallmist; Kultur...die Kultur wurde vor dem Anbau mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt, H...das Stroh wurde gehäckselt und auf den Parzellen belassen, M...die Luzerne wurde gemulcht und das Mulchmaterial auf den Parzellen belassen; k.E....keine Ernte durchgeführt; Stabw...Standartabweichung; Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Die Winterroggenerträge im Versuch S4M stiegen von der DV 1 (nur Gründüngung, 31,7 dt/ha), über die DV 2 (Biotonnekompost) bis zur DV 3 (Stallmist) mit 40,4 dt/ha stark an. Eine Wirkung der Düngung im ersten Folgejahr durch eine allmähliche Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs im Kompost und vor allem im Stallmist ist wahrscheinlich. Die Unterschiede im Roggenertrag konnten statistisch aber nicht abgesichert werden. Ein signifikant höherer Triticaleertrag bei Düngung mit Stallmist (DV 3) gegenüber einer Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) bzw. keiner Düngung (DV 1) wurde im Versuch S7M festgestellt. Die gute Ertragswirkung des Stallmists zeigte sich hier bei einer Kultur mit mittlerem bis hohem Nährstoffbedarf in nicht optimaler Fruchtfolgestellung besonders deutlich.

Ab dem Erntejahr 2004 konnte das Getreide als anerkannte Bioware vermarktet werden. Die Qualitätsparameter des Weizens und Roggens der Ernte 2004 lagen über den geforderten Mindestwerten für Speisegetreide. Zwischen den Düngungsvarianten wurde in diesem Erntejahr kein Unterschied in der Qualität des Getreides festgestellt. Die Proteingehalte des Winterweizens der DV 2 und 3 (mit Biotonnekompost- und Stallmistdüngung) lagen über der ungedüngten Variante, dieser Unterschied konnte statistisch jedoch nicht abgesichert werden (Tabelle 5 im Anhang). Ein Sprung mit den aufgrund der Düngung höheren Proteinwerten (KPV S4M: im Mittel um 0,5 Prozentpunkte höher als ohne organische Düngung) in eine höhere Proteingehaltsklasse mit besserem Preis wäre aber möglich. Die langsame Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs im Kompost und Stallmist stellte den Nährstoff im Gegensatz zum Ertrag zeitgerecht für die Erhöhung des Rohproteingehalts in Winterweizen zur Verfügung. Die signifikanten Unterschiede im Rohproteingehalt des Roggens noch vor der ersten Düngung sind auf die ungleiche Entwicklung der Vorfrucht Futtererbse innerhalb des Versuches zurückzuführen. Auffällig sind die sehr hohen Rohproteingehalte des Weizens der Ernte 2005 (Tabelle 6 im Anhang). Diese sind bedingt durch die niedrigen Erträge, da der von der Vorfrucht Luzerne vorhandene Stickstoff nicht in Kornertrag umgesetzt und für die Bestandesentwicklung genutzt wurde. Innerhalb der Kleinparzellenversuche mit Winterweizen wird dieser Zusammenhang vor allem bei den KPV S5M und S6M deutlich, wo die DV 3 die geringsten Kornerträge aber die höchsten Proteingehalte hatte. Bei den KPV S2M und S3M mit geringeren Ertragsunterschieden zwischen den Düngungsvarianten wies die DV 3 den niedrigsten Rohproteingehalt auf. Bei Versuch S3M ist dieser Unterschied zu den Varianten 1 und 2 statistisch signifikant, was sich durch die hohe N-Abfuhr mit der Luzerne bei der Stallmistvariante begründen lässt.

Bei der Bestandesentwicklung des Getreides innerhalb der Versuche wurden sowohl 2004 als auch 2005 keine Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten festgestellt (Tabelle 5 und 6 im Anhang). Eine Ausnahme war die Triticale im Versuch S7M (Erntejahr 2005) mit einem statistisch gesichert höheren Längenwachstum der Pflanzen in der DV 3. Schon zu Beginn der Vegetation konnte der Einfluss des Stallmists aufgrund einer stärkeren Narbendichte und einer dunkleren Farbe des Triticales dieser Variante gegenüber den Parzellen der DV 1 und 2 beobachtet werden. Im Jahr 2004 wurde in Winterweizen (KPV S4M) wie im Gesamtschlag ein Befall mit Getreidehähnchen (*Oulema lichenis* und *O. melanopus*) im Ausmaß von 1-2 % Blattflächenverlust und ein geringer bis mittlerer Befall mit Echtem Mehltau (*Erysiphe graminis*) festgestellt. Im KPV S6M trat Anfang August 2004 ein Randfraß an allen Luzernepflanzen durch den Blattrandkäfer (*Sitona lineatus*) auf, der Blattflächenverlust blieb mit 5 % jedoch relativ gering. Aufgrund des frühen Absterbens des Blattapparates von Winterweizen im Jahr 2005 wurde kein Krankheits- und Schädlingsbefall beobachtet. In der Triticale (KPV S7M) wurde ein starker Befall (Boniturnote 7) mit Getreidemehltau (*Erysiphe graminis*) bonitiert. Ein Unterschied zwischen den Düngungsvarianten bezüglich des Befalls mit Krankheiten und Schädlingen wurde nicht festgestellt.

1.6.2.2 Transekte

▪ Bodenkundliche Untersuchungen

Bei den Transekten Süd und Nord fanden sich in der dreijährigen Spatenbeprobung tendenziell mehr Regenwürmer als bei der Beprobung von S1M, S1G und SK. Ein direkter Einfluss der Hecke auf die Bodenstruktur konnte an Hand der Spatenproben aber nicht gesehen werden.

2003 und 2005 wurden in den Transekten Bodenprobennahmen zur Beurteilung des Einflusses von Bodenschutzanlagen auf bodenmikrobielle Parameter und die Stickstoffnachlieferung durchgeführt. Die Analysewerte im Transekt Süd (Hecke – gut ausgebildete Bodenschutzanlage) lagen in beiden Jahren und in allen Entfernungen zur Hecke auf einem ähnliche Niveau. Die Ergebnisse zeigten daher eindeutig, dass die Hecke keinen Einfluss auf die mikrobielle Biomasse, die pilzliche Biomasse und die Stickstoffnachlieferung in der angrenzenden Ackerfläche hatte. Im Transekt Nord (Baumreihe – schlecht ausgebildete Bodenschutzanlage) wurde 2003 ein signifikanter Einfluss der Baumreihe aufgrund von steigenden Bodenkenntwerten (mikrobielle und pilzliche Biomasse, Stickstoffnachlieferung) mit zunehmender Nähe zur Baumreihe festgestellt. 2005 war dieser Zusammenhang bei allen Parametern weniger deutlich und konnte statistisch auch nicht gesichert werden. Mit den vorliegenden Ergebnissen kann daher ein möglicher Einfluss der Baumreihe auf die untersuchten Bodenparameter nicht sicher beurteilt werden.

▪ Pflanzenbauliche Untersuchungen

Der Bestand der Futterleguminosen (Rotklee und Luzerne) im Transekt Nord (TN) im Jahr 2004 war sehr heterogen, was auch auf Auswirkungen auf die Entwicklung des Winterweizens als Folgekultur im Jahr 2005 schließen lässt. Ein möglicher Einfluss der Baumreihe (schlecht ausgebildete Bodenschutzanlage) auf den Pflanzenertrag konnte daher nicht interpretiert werden. Ertragerhebungen im Jahr 2004 in bestimmten Abständen zu einer gut ausgebildeten Bodenschutzanlage (TS: Transekt Süd – Leeseite zur einer dichten, ca. 8 m hohen Hecke) ergaben bei jedem Luzerneschnitt den höchsten Ertrag unmittelbar neben der Hecke. Die statistische Auswertung ergab jedoch nur beim dritten Luzerneschnitt und beim Gesamtluzerneertrag (Summe der Erträge von drei Schnitten) einen signifikanten Zusammenhang zwischen Ertrag und Entfernung zur Hecke. Die Trendlinie beim Gesamtluzerneertrag zeigt ein hohes Bestimmtheitsmaß (siehe Abbildung 3 im Anhang), 42 % der Variabilität des Ertrages sind durch die Entfernung von der Hecke erklärbar. Beim dritten Schnitt Mitte August ist eine deutliche kontinuierliche Ertragszunahme mit abnehmender Entfernung zur Hecke erkennbar, was durch den geringeren Bodenwassergehalt im Hochsommer mit größerem Heckenabstand erklärt werden kann. Das Jahr 2005 war durch ein sehr trockenes Frühjahr geprägt, was einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung des Winterweizens hatte. Die Auswertung der Winterweizenernte 2005 erbrachte einen signifikanten Zusammenhang zwischen Kornertrag und Entfernung zur Hecke mit höheren Winterweizenerträgen in Heckenähe (Bestimmtheitsmaß $R^2=0,55$) (Abbildung 3 im Anhang). Beim Transekt Süd (TS) wurde der Heckenabstand 24 m nicht in die Auswertung mit einbezogen, da dort ein erhöhter Sandanteil den Wassergehalt entsprechend überproportional reduziert. Die Ergebnisse der Teilprojekte 3 und 6 zeigen den Einfluss der Hecke auf den Bodenwassergehalt und auf verschiedene mikroklimatische Parameter, was wiederum Auswirkungen auf den Pflanzenertrag hat. Ein positiver Einfluss von Hecken auf den Pflanzenertrag aufgrund des Verdunstungsschutzes bei trockenen Bedingungen wurde bei Untersuchungen in Deutschland nachgewiesen (Bruckhaus und Buchner, 1995).

1.7 Schlussfolgerungen

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse des Projekts ist zu beachten, dass die bisherigen Erhebungsjahre die Startphase des Langzeitmonitorings präsentieren. Die Erhebungsflächen wurden eingerichtet, die Fruchtfolge wurde auf die Umstellung der Schläge abgestimmt und die organische Düngung richtete sich nach den in der Umstellung angebauten Kulturen. Die vorliegenden Ergebnisse lassen aber interessante vorläufige Schlussfolgerung zu:

Die Parzellen der Düngungsvarianten 1 – 3 im KPV S1M wiesen vor der ersten Düngung hinsichtlich bodenmikrobiologischer Parameter und der Stickstoffverfügbarkeit gleiche Ausgangsbedingungen auf. Die Auswahl einer homogenen Fläche für diesen Versuch aufgrund von bodenkundlichen Voruntersuchungen wurde bestätigt. Aufgrund der kurzen Umstellungszeit und einer erst einmaligen Düngung traten noch keine Veränderungen der Bodenkennwerte zur Ausgangssituation auf.

Tendenziell sind positive Wirkungen nach einmaliger Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte erkennbar. Bei einer Düngung mit Stallmist (KPV S8M, Ernte 2005) konnte statistisch gesichert ein höherer Kornertrag gegenüber der DV 2 (Biotonnekompost) und DV1 (nur Gründüngung) nachgewiesen werden. Die zeitlich und im Ausmaß unterschiedliche Wirkung der organischen Dünger ist auf die raschere Verfügbarkeit des organisch gebundenen Stickstoffs bei Stallmist im Vergleich zu Kompost zurückzuführen. Es ist anzunehmen, dass es aufgrund wiederholter Düngergaben mit Kompost und Stallmist zu Akkumulationseffekten im Boden und damit zu einer begünstigten Entwicklung der Bodenkennwerte dieser Varianten kommt. Die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und vor allem der Stickstoffnachlieferung wird wiederum die Pflanzenentwicklung beider Varianten stärker positiv beeinflussen. Bei der Stallmistvariante (DV 3) könnte sich die Abfuhr der Luzerne negativ auf den nachfolgenden Winterweizen bezüglich Ertrag und Proteingehalt, aber günstig auf das Stickstoffauswaschungsrisiko über den Winter auswirken. Für gesicherte Aussagen zum Vergleich der Düngungsvarianten sind die Ergebnisse in den nächsten Jahren abzuwarten.

Ein Ertragseinfluss einer gut ausgebildeten Bodenschutzanlage (Hecke) konnte durch Ertragssteigerungen mit zunehmender Heckennähe, beruhend auf der dort herrschenden besseren Wasserversorgung, eindeutig nachgewiesen werden. Die Untersuchungen der involvierten Teilprojekte dazu weisen auf den hohen Einfluss der Jahreswitterung mit einer möglichen Überlagerung des Einflusses der Hecke auf die Ackerkulturen hin. Für gesicherte Aussagen sind deshalb die Ergebnisse von mehreren Jahren und von Kulturen mit unterschiedlicher Vegetationszeit erforderlich.

1.8 Literaturverzeichnis

- BFL (2002): Sorten- und Saatgutblatt 2002. Schriftenreihe 59/2002 des Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, 10. Jahrgang, Sondernummer 13. BMLFUW, Wien.
- Bidlingmaier, W. (2000): Biologische Abfallverwertung. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- Buchgraber, K., Amlinger, F. und Tulkin, R. (2003): Produktion und Einsatz von Kompost in der Landwirtschaft und im Gemüsebau. Der fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage „Kompost“. Heft 12/2003, S. 25-36.
- Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G., and Jenkinson, D. S. (1985) Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 837-842.
- Bruckhaus, A. und Buchner, W. (1995): Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfrucht-ertrag und ökologische Kenngrößen. *Ber.Ldw.* 73: 435-465.
- Diez, T. (1991): Beurteilung des Bodengefüges im Feld - Möglichkeiten, Grenzen und ackerbauliche Folgerungen. Sonderheft, Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Bd. 2, S, Verlag P. Parey. p.96-103.
- Djajakirana, G., Joergensen, R. G., & Meyer, B. (1996): Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biol. Fertil. Soils* 22, 299-304.
- Fließbach, A. and Mäder, P. (2000): Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biol Biochem* 32, 757-768.
- Fließbach, A., Hany, R., Rentsch, D., Frei, R., & Eychorn, F. (2000b): DOC trial: soil organic matter quality and soil aggregate stability in organic and conventional soil. Alföldi, T., Lockeretz, W., and Niggli, U. (Eds.). S. 11. *Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference.*
- Görbing, J. (1947): Die Grundlage der Gare im praktischen Ackerbau, Lehrbuchverlag, Hannover.
- Herrmann, G. und Plakolm, G. (1993): Ökologischer Landbau, Grundwissen für die Praxis. Verlagsunion Agrar.
- Kandeler, E., Schinner, F., Öhlinger, R., & Margesin, R. (1993): Bestimmung der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch. In F. Schinner, R. Öhlinger, E. Kandeler, and R. Margesin (ed.), *Bodenbiologische Arbeitsmethoden.*, 2 ed. Springer Berlin, p.160-161.
- McGonigle TP, Miller MH, Evans DG, Fairchild GL and Swan JA, 1990b: A new method which gives an objective measure of colonisation of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115: 495-501.
- ÖN L1091(1988): Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von mineralischem Stickstoff - Nmin-Methode.
- Stein-Bachinger, K., Bachinger, J. und Schmitt, L. (2004): Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. Ein Handbuch für Beratung und Praxis. KTBL-Schrift 423. Hrsg: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Tennant D, 1975: A test of modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63: 995-1001.
- Vance, E. D., Brookes, P. C., and Jenkinson, D. S. (1987) An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703-707.
- Wright, A.J. and Brooks; S.J (2002): Effect of windbreaks on potato production for the Atherton Tablelands of North Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42 (6): 797-807.

1.9 Anhang

Tabelle 4: Ackerbeikrautaufnahmen Schläge 1 - 8 (Jahre 2004 und 2005, Anfang Juli)

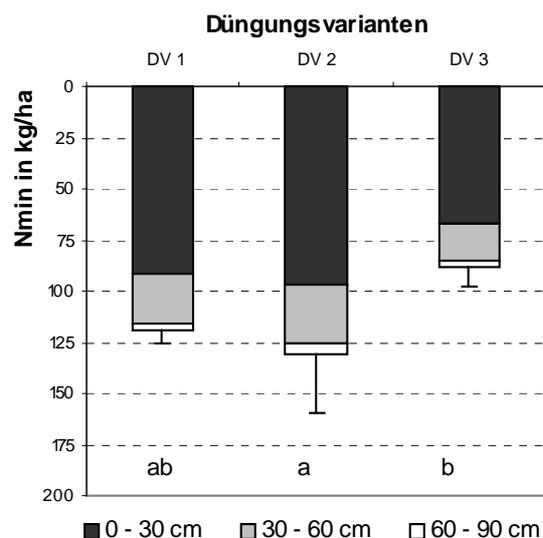
Schlag	S1	S1	S2	S2	S3	S3	S4	S4	S5	S5	S6	S6	S7	S7	S8	S8
Jahr	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Kultur	SG	Luz	Luz	WW	Luz	WW	WW	WR	Luz	WW	Luz	WW	WR	T	Luz	Luz
Bestandeshöhe Kultur in cm	58	55	63	63	71	63	103	108	73	45	74	59	142	78	68	53
Bedeckungsgrad Kultur in %	72	84	81	56	84	49	70	33	85	25	91	35	80	28	95	72
Bedeckungsgrad Ackerbeikräuter in %	0,2	10,8	1,9	0,1	4,0	0,2	0,6	0,4	12,5	0,2	12,3	0,4	8,0	2,4	1,8	18,3
Gesamtdeckung in %	83	89	82	55	87	50	70	33	88	25	94	35	84	30	95	86
Beikrautarten	9	16	16	4	15	4	18	14	19	2	25	8	16	14	13	20

* SG: Sommergerste, Luz: Luzerne, WW: Winterweizen, WR: Winterroggen, T: Triticale

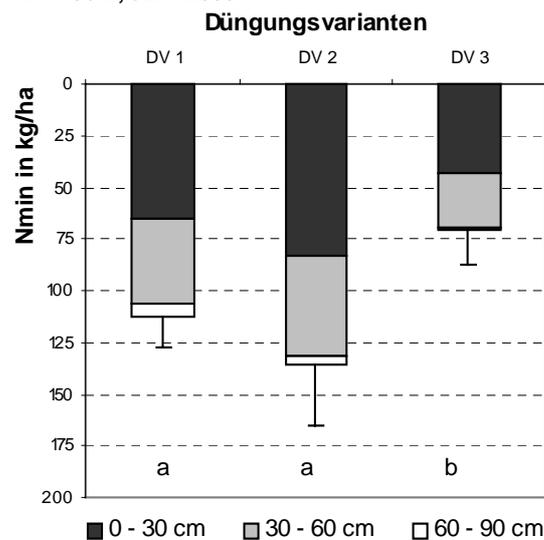


Abbildung 1: Spatenprobennahme 2005 auf dem KPV S1M unter Luzerne.

KPV: S2M, S3M, S5M, S6M; Jahr 2004



KPV: S8M; Jahr 2005



KPV...Kleinparzellenversuch; DV...Düngungsvarianten: DV 1: Gründüngung, DV 2: Biotonnekompost, DV 3: Stallmist; T ... Fehlerindikatoren stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar; Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Abbildung 2: N_{min}-Gehalte nach Luzerneumbruch unter Winterweizen (Links: Mittelwerte der KPV S2M, S3M, S5M und S6M - Dez. 2004; Rechts: KPV S8M - Dez. 2005).

Tabelle 5: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität des Getreides der Ernte 2004.

DV	KPV	Kultur	Bestandes- höhe, cm	Stabw	Bestandes- dichte, Pfl./m ²	Stabw	TKG, g 86%TS	Stabw	Hektoliter- gewicht, kg	Stabw	Rohprotein, %	Stabw	Fallzahl, sec.	Stabw	Sediment- ationswert, Eh	Stabw
DV 1	S1M	WG	69	a 4,0	236	a 29	61,4	a 0,6	69,3	a 0,2	11,4	a 0,2				
DV 2	S1M	WG	70	a 1,0	245	a 28	62,3	a 0,4	69,2	a 0,3	11,2	a 0,4				
DV 3	S1M	WG	71	a 4,2	233	a 16	62,7	a 2,1	69,0	a 0,9	11,4	a 0,5				
DV 1	S1G	WG	54	1,5	195	17	57,5	2,4	68,2	0,6	9,2	0,7				
DV 1	S4M	WW	99	a 1,0	459	a 20	45,4	a 1,1	85,9	a 0,5	12,3	a 0,6	399	a 44	40,8	a 3,4
DV 2	S4M	WW	99	a 1,0	494	a 38	45,5	a 0,6	85,7	a 0,4	12,7	a 0,2	412	a 13	43,0	a 1,8
DV 3	S4M	WW	100	a 0,5	485	a 32	45,3	a 1,1	86,1	a 0,6	12,8	a 0,1	404	a 37	44,5	a 2,5
DV 1	S7M	WR	141	a 2,5	381	a 41	31,7	a 2,9	79,5	a 0,6	7,9	ab 0,4	371*			
DV 2	S7M	WR	142	a 2,4	413	a 22	32,2	a 1,3	79,9	a 1,0	7,5	a 0,4	371*			
DV 3	S7M	WR	143	a 1,3	390	a 37	31,9	a 1,1	79,8	a 1,1	8,4	b 0,4	371*			

DV...Düngungsvarianten: DV 1: Gründüngung, DV 2: Biotonnekompost, DV 3: Stallmist.

KPV...Kleinparzellenversuch; WG...Wintergerste, WW...Winterweizen, WR...Winterroggen;

Stabw...Standardabweichung; TKG...Tausendkorngewicht.

WR, S7M: die Analyse der Fallzahl und des Amylogrammwertes wurde von einer Mischprobe des gesamten KPV durchgeführt, daher liegt nur ein Wert vor; Amylogramm A.E.: 1360;

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Untersuchungsparameters und Kleinparzellenversuchs unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Tabelle 6: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität des Getreides der Ernte 2005.

DV	KPV	Kultur	Bestandes- höhe, cm		Bestandes- dichte, Pfl./m ²		TKG, g 86%TS		Hektoliter- gewicht, kg		Rohprotein, %	
				Stabw		Stabw		Stabw		Stabw		Stabw
DV 1	S2M	WW	59	a 0,8	327	a 45	37,2	a 0,9	81,9	a 0,3	16,5	a 0,4
DV 2	S2M	WW	57	a 1,0	325	a 55	36,4	a 0,8	81,9	a 0,3	16,9	a 0,2
DV 3	S2M	WW	57	a 5,4	319	a 51	36,2	a 1,2	81,5	b 0,4	16,2	a 0,7
DV 1	S3M	WW	71	a 3,6	351	a 28	41,5	a 1,8	83,1	a 0,7	15,7	a 0,7
DV 2	S3M	WW	71	a 3,6	361	a 48	42,3	a 2,7	83,3	a 1,1	15,5	a 0,6
DV 3	S3M	WW	68	a 4,7	326	a 25	41,6	a 0,9	83,0	a 0,6	14,0	b 0,8
DV 1	S4M	WR	112	a 7,4	271	a 24	33,1	a 1,6	76,9	a 0,5	8,1	a 0,4
DV 2	S4M	WR	116	a 1,9	296	a 7	33,1	a 0,8	76,5	a 0,2	7,9	a 0,7
DV 3	S4M	WR	120	a 3,4	283	a 28	33,4	a 0,8	76,7	a 0,5	8,3	a 0,6
DV 1	S5M	WW	60	10,6	345	a 20	38,5	a 2,8	81,8	a 2,1	16,8	a 1,4
DV 2	S5M	WW	56	10,6	371	a 48	38,0	a 2,9	81,5	a 2,0	16,8	a 2,2
DV 3	S5M	WW	k.D.	0,0	292	b 22	34,9	a 0,3	80,0	a 0,2	18,0	a 0,7
DV 1	S6M	WW	58	a 12,5	375	a 78	38,9	a 1,7	82,0	a 1,4	15,5	a 1,8
DV 2	S6M	WW	61	a 12,5	341	a 39	39,3	a 2,0	82,3	a 1,1	15,9	a 1,0
DV 3	S6M	WW	54	a 5,0	296	a 25	36,1	a 0,7	80,8	a 0,4	16,6	a 0,1
DV 1	S7M	T	69	a 0,9	251	a 45	37,3	a 0,3	74,3	a 0,2	8,8	a 0,7
DV 2	S7M	T	71	a 1,7	244	a 30	36,8	a 0,8	73,6	a 0,8	9,4	a 0,8
DV 3	S7M	T	76	b 0,9	290	a 21	37,4	a 0,4	74,4	a 0,6	9,8	a 0,7

DV...Düngungsvarianten: DV 1: Gründüngung, DV 2: Biotonnekompost, DV 3: Stallmist.

KPV...Kleinparzellenversuch; WW...Winterweizen, WR...Winterroggen, T...Triticale;

Stabw...Standardabweichung; TKG...Tausendkorngewicht; k.D....keine Daten vorhanden.

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben innerhalb eines Untersuchungsparameters und Kleinparzellenversuchs unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test: $P < 0,05$).

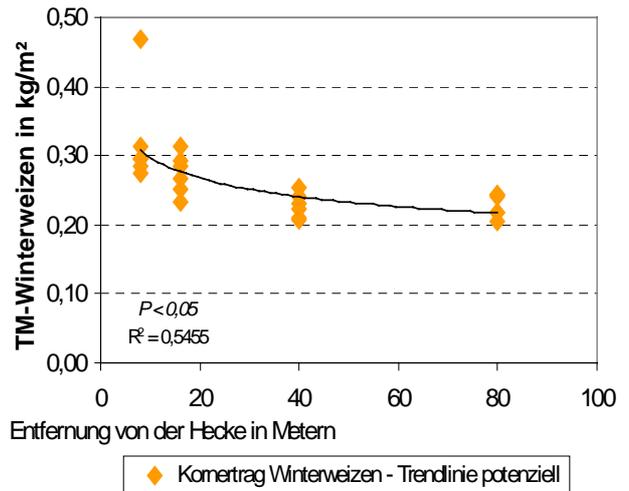
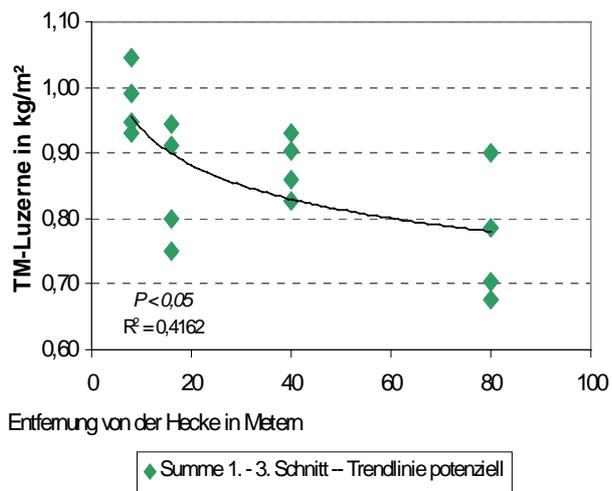


Abbildung 3: Trockenmasseertrag Ernte 2004 Luzerne insgesamt von 1.-3. Schnitt (links) und Trockenmasseertrag Ernte 2005 Winterweizen (rechts) in Abhängigkeit von der Entfernung zur Hecke (Transekt Süd).

Tabelle 7: Produktionsmaßnahmen und Erträge der Jahre 2003 bis 2005 auf den Schlägen des Biobetriebes Rutzendorf (Quelle: BVW GmbH).

Schlag	KPV	Erntejahr 2003					Erntejahr 2004					Erntejahr 2005							
		Hauptfrucht	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflegemaßnahmen	Ertrag Schlag (kg/ha) FM Ernte	Hauptfrucht	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflegemaßnahmen	Ertrag Schlag (kg/ha) FM Ernte	Hauptfrucht	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflegemaßnahmen	Ertrag Schlag (kg/ha) FM Ernte
1	S1M S1G	Sommergerste	Prosa	182,9	24.03.2003	2 x Hackstriegel	2407	Wintergerste	Virgo	158,6	02.10.2003	3 x Hackstriegel	4.153	Luzerne	La-bella-camp.-bea	22,1	19.07.2004	Mehrmaliges Mulchen (3x)	-
2	S2M	Luzerne	Palava	20,0	15.04.2003	Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Luzerne	Palava			Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Winterweizen	Capo	187,5	27.10.2004	3 x Hackstriegel 1 x Walzen	3391
3	S3M	Luzerne	Palava	20,0	16.04.2003	Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Luzerne	Palava			Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Winterweizen	Capo	176,5	27.10.2004	3 x Hackstriegel 1 x Walzen	3593
4	S4M	Futtererbse	Livoletta	124,3	20.03.2003	2x Hackstriegel	1585	Winterweizen	Capo	176,5	27.10.2003	3 x Hackstriegel 1 x Walzen	5.331	Winterroggen	Amilo	174,7	01.10.2004	2 x Hackstriegel	2515
5	S5M	Luzerne	La-bella-camp.-bea	19,0	02.04.2002	Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Luzerne	La-bella-camp.-bea			Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Winterweizen	Capo	178,0	13.11.2004	2 x Hackstriegel 1 x Walzen	2860
6	S6M	Luzerne	La-bella-camp.-bea	18,4	15.05.2002	Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Luzerne	La-bella-camp.-bea			Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Winterweizen	Capo	175,6	12.11.2004	2 x Hackstriegel 1 x Walzen	2189
7	S7M	Futtererbse	Livoletta	124,3	20.03.2003	2x Hackstriegel	1447	Winterroggen	Amilo	165,0	07.10.2003	2 x Hackstriegel	5.832	Triticale	Trimaran	175,0	04.10.2005	2 x Hackstriegel 1 x Walzen	2510
8	S8M	Triticale	Trimaran	175,0	21.10.2002	1 x Hackstriegel 1 x Walzen	2707	Luzerne	Palava	20,0	02.05.2003	Mehrmaliges Mulchen (3x)	-	Luzerne	Palava			Mehrmaliges Mulchen (3x)	-

Anmerkung: Die Schläge 2, 5 und 6 bestehen jeweils aus 2 Teilschlägen. Die Angaben zu den Produktionsmaßnahmen beziehen sich nur auf jenen Teilschlag auf welchen der Kleinparzellenversuch eingerichtet wurde: Schlag 2 – Teilschlag 2/2, Schlag 5 – Teilschlag 5/1, Schlag 6 – Teilschlag 6/2. Die Ertragsangaben beziehen sich ebenfalls auf die Großschläge.

2 TEILPROJEKT 2: BODENCHEMIE UND BODENPHYSIK

Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf bodenbiologische physikalische, und –chemische Parameter in der Umstellung auf den biologischen Landbau

BearbeiterInnen: W.W. Wenzel (Teilprojektleitung), R. Unterbrunner, E. Netherer und P. Sommer.

Institut für Bodenforschung, AG Rhizosphärenökologie und Biogeochemie, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, BOKU Wien.

2.1 Zusammenfassung / Summary

Die Umstellung von konventionellen auf biologischen Landbau verändert eine Vielzahl von Bodenparametern. Die Untersuchung ausgewählter Bodenparameter über die Zeit erlaubt neben der Ausweisung homogener Flächen als Basis für kleinräumige Intensivbeprobungen auch die Dokumentation des Umstellungsverlaufes.

Beprobungen nach dem Bodendauerbeobachtungskonzept (Blum et al., 1996) ermöglichten repräsentative Probenahmen in den Jahren 2003 und 2005 auf allen Kleinparzellen (KP). Die zu untersuchenden Monitoringparameter der BDF sind innerhalb eines Beprobungszeitpunktes homogen und variieren zwischen den Beprobungsterminen im Rahmen natürlicher sowie analytischer Schwankungsbreiten. Eine Adaption der Phosphoranalytik ermöglichte die Detektion von pflanzenverfügbarem Phosphor im Jahr 2005 im Gegensatz zu den Vorjahren auch in den Tiefenstufen 30-60cm und 60-90cm auf allen KP. Ein Jahr nach den ersten organischen Düngeapplikationen konnte im Vergleich zur Gründüngungsvariante auf den BDF kein signifikanter Einfluß auf die zu untersuchenden Bodenparameter festgestellt werden.

A large number of soil parameters are affected by the change of conventional to organic farming. An investigation of selected soil parameters with time allows the indication of homogenous areas as a basis for small scale intense sampling and the documentation of the progression of the cultivation change.

Sampling according to the "soil long term monitoring concept" allowed representative samplings in 2003 and 2005 for all parcels.

The monitoring parameters of the soil long term monitoring areas to be investigated were homogenous within one sampling date, but showed variations – within natural and analytical variation limits – between the sampling dates.

The adaption of phosphorus analysis allowed the detection of plant available phosphorus in 2005 also in the sampling depths of 30-60cm and 60-90cm for all parcels.

One year after the first organic fertilizer application no significant influence on the investigated soil parameter could be determined, compared to the fertilization with cover crops on the soil long term monitoring areas.

2.2 Einleitung

Die Qualität der Ressource Boden ist notwendige Voraussetzung für eine nachhaltige Agrarwirtschaft. Die Sicherung des Produktionsfaktors Boden ist langfristig gleichbedeutend mit dem Erhalt seiner ökologischen Funktionsfähigkeit. Die Erfassung und Quantifizierung des Ist-Zustandes sowie der weiteren Veränderungen der biotischen und abiotischen Komponenten im Feldmaßstab stellen hohe Ansprüche an die Analytik und an das Probenahmedesign. Die Ergebnisse der bodenkundlichen Untersuchungen dienen der Steuerung des Betriebsmitteleinsatzes und liefern Grundlagen für die Erstellung standortangepasster Fruchtfolgen.

2.3 Thema und Ziele der Arbeit

Bodenmonitoring auf Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) ist Element der Überwachung und Kontrolle sowie der Vorhersage und ggf. Steuerung des Verlaufes der Umstellung von konventioneller auf biologische Landwirtschaft.

Ziele des Teilprojektes waren:

- Ausweisung und Einrichtung von in sich homogener Bodendauerbeobachtungsflächen auf Böden unterschiedlicher Bonität
- Ausweisung und Einrichtung von Transekten quer zu ausgewählten Hecken zur Untersuchung des Einflusses der Windschutzwirkung auf die Qualität des Oberbodens
- Erfassung des Ist-Zustandes der Bodenqualität durch Bestimmung charakteristischer Bodenparameter
- Durchführung einer Wiederholungsbeprobung zur Untersuchung der zeitlichen Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ausgewählter Bodenparameter sowie ggf. die Erfassung erster Auswirkungen der organischen Düngapplikationen

2.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

In der Umstellungsphase von konventioneller zu biologischer Landwirtschaft sind Bodenmüdigkeit und damit verbundene Ertragsdepressionen (Gisi et al., 1990) wahrscheinlich. In diesem Zusammenhang ist das Management des Stickstoff-, Phosphor und Kali-Kreislaufes essentiell. Neben der Erfassung von Totalgehalten zur Stoffbilanzierung kommt vor allem der Bestimmung der Bioverfügbarkeit dieser Nährstoffe große Bedeutung zu. Neben analytischen Aspekten ist vor allem ein repräsentatives Probenahmedesign unerlässlich zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse als Grundlage der Dokumentation des Umstellungsverlaufes über die Zeit.

2.5 Material und Methoden

3 Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) wurden auf Schlag 1 auf einer Fläche mittlerer Bonität (S1M) eingerichtet. Auf den einzelnen Teilflächen (Strata) der 3 BDF wurden vom Institut für ökologischen Landbau (IFÖL) 3 Düngevarianten (DV1: Gründüngung; DV2: Biotonnekompost; DV3: Stallmist) in je 4 Wiederholungen realisiert, wobei DV1 als funktionelle Kontrolle dient. Eine weitere BDF auf einer Fläche geringer Bonität (S1G) entspricht in der Behandlung der BDF der Gründüngungsvariante (DV1). Der Vergleich mit einer konventionell bewirtschafteten Fläche (SK) wird durch die Installation einer BDF außerhalb des nunmehr auf biologischen Landbau umgestellten Areals ermöglicht.

Die Beprobung der BDF erfolgte in 3 Tiefenstufen (0-30cm; 30-60cm; 60-90cm), während die Transekte nur in der ersten Tiefenstufe (0-30cm) beprobt wurden.

Unter Verweis auf den Zwischenbericht 2003 (Punkt 2.3 Material und Methoden) für Detailfragestellungen erfolgt im Weiteren die Gliederung der Arbeitspakete der Jahre 2003-2005 in chronologischer Reihenfolge:

2003

- Karten- und Literaturerhebungen des Bearbeitungsgebietes zur Vorselektion von Parzellen für Boden- und Pflanzendauerbeobachtungsflächen (BDF und PDF) sowie zur Einrichtung von Transekten entlang von Hecken
- Evaluierung der ausgewählten Parzellen im Feld mittels feldbodenkundlicher Ansprache und der Erhebung bodenchemischer Parameter
- Einrichtung von BDF und PDF sowie Heckentransekten und erste Vollbeprobung im April 2003 nach dem Bodendauerbeobachtungskonzept (Blum et al; 1996) in 3 Tiefenstufen in Kooperation mit dem IFÖL

2004

- Probenaufbereitung und Messung folgender Bodenparameter
 - pH, (ÖNORM L 1083-89) und E.L. (ÖNORM L 1092-93)
 - Karbonatgehalt (ÖNORM L 1084)
 - Kationenaustauschkapazität (ÖNORM L 1086-1)
 - Organischer Kohlenstoff (ÖNORM L 1080)
 - Phosphor (P) und Kalium (K) im Säureaufschluß (L 1085)
 - P und K im Calcium-Acetat-Lactatextrakt (CAL; L 1087)

2005

- Wiederholungsbeprobung- und Messungen der oben genannten Parameter im Jahr 2005

2.6 Ergebnisse und Diskussion

Schwerpunktmäßig erfolgte die Darstellung der Analysenergebnisse auf Basis des Vergleichs der BDF-Beprobungen 2003 und 2005. Der Fokus lag auf der Betrachtung der Streuungen der Werte innerhalb eines Beprobungstermines als Maß für die Qualität des Probenahmedesigns sowie auf Variabilitäten korrespondierender Datenpunkte der beiden Beprobungstermine als Maß für natürliche (z.B. Witterung,...) sowie methodisch-analytisch bedingte Schwankungen über die Zeit.

Der Einfluß der Düngevarianten war als Unterschied der Behandlungen DV2 und DV3 zur funktionellen Kontrolle (DV1) abzulesen. Der Einfluß der Bonität eines Bodens auf Veränderungen im Zuge der Umstellung auf biologische Landwirtschaft war anhand des Vergleichs der DV1 mit der BDF der gering bonitierten Fläche anzusehen. Die Miteinbeziehung einer konventionell bewirtschafteten BDF erlaubte einen qualitativen Vergleich (ohne experimenteller Gleichbehandlung in Form von Fruchtfolge etc.) mit der funktionellen Kontrolle DV1 im Kleinparzellenversuch (KPV) auf der Fläche S1M.

2.6.1 Einfluß der Düngevarianten auf pH und elektrische Leitfähigkeit EL

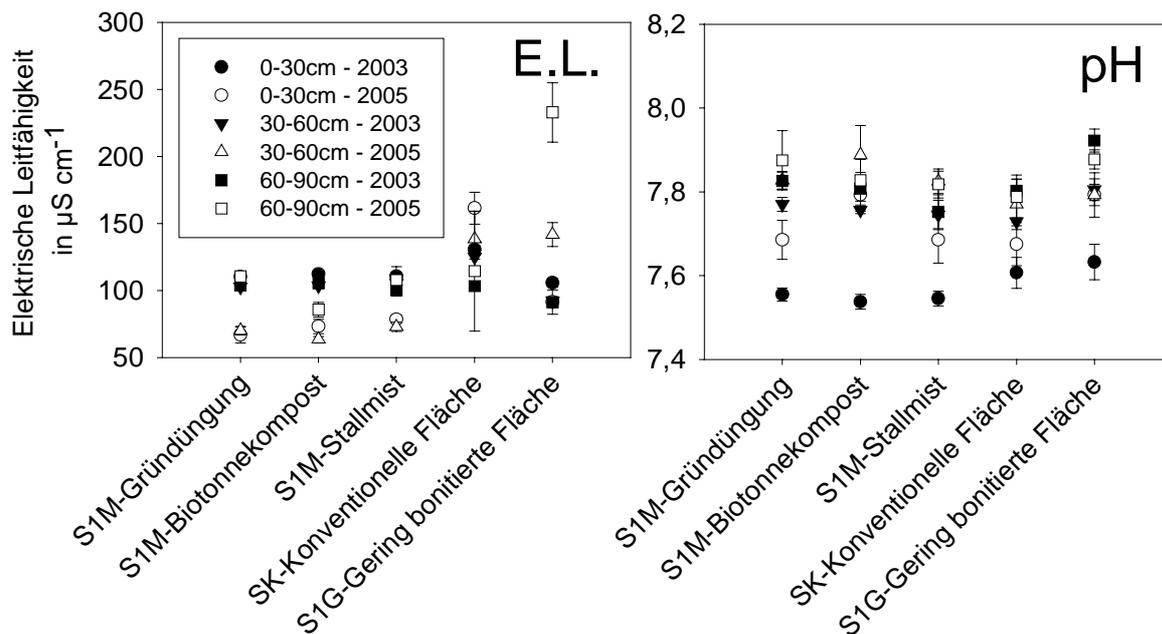
Die pH-Werte der Bodendauerbeobachtungsflächen lagen im Karbonatpufferbereich und schwankten ab einer Tiefe von 30cm zwischen 7.7 und 7.9 auf allen BDF. Die pH-Werte der ersten Tiefenstufe (0-30cm) waren erwartungsgemäß aufgrund des höheren Anteils an organischer Substanz in der Tiefenstufe 0-30cm geringfügig erniedrigt. Die pH-Wert Unterschiede der ersten Tiefenstufe (0-30cm) zwischen den beiden Beprobungsterminen zeigten erhöhte Werte für den Beprobungstermin 2005 auf allen BDF (Abbildung 4). Die Unterschiede von maximal zwei-zehntel pH-Einheiten lagen jedoch im methodisch-analytischen Schwankungsbereich der Messungen.

Die Messungen der elektrische Leitfähigkeit (EL) auf allen BDF zeigten eine deutliche Erniedrigung der Werte im Jahr 2005 auf den Düngevarianten DV1 bis DV3 in den Tiefenstufen bis 60cm von über $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ auf $60 \mu\text{S cm}^{-1}$. Im Vergleich dazu wies die gering bonitierte Fläche (S1G) steigende Werte im Unterboden auf mit bis zu $230 \mu\text{S cm}^{-1}$ in der dritten Tiefenstufe (60-90cm; Abbildung 4).

Da mineralische Düngung sowohl auf der Fläche der Düngevarianten (S1M) wie auch auf dem Standort S1G (gering bonitierte Fläche) seit 2 Jahren nicht mehr erfolgte, konnte die Reduktion der elektrischen Leitfähigkeit EL im Jahr 2005 nicht als eine Folge der Umstellung auf biologische Landwirtschaft interpretiert werden. Die Differenz zum Beprobungsjahr 2003 bewegte sich im Rahmen natürlicher, witterungsbedingter Schwankungsbreiten.

Die im Vergleich zur Erstbeprobung 2003 dreifach erhöhte Leitfähigkeit in der dritten (60-90cm) Tiefenstufe der gering bonitierten Fläche kann auf ein Artefakt im Zuge der Probenmessung zurückzuführen sein. In der Wirkung vergleichbar wäre eine erhöhte Wassersättigung dieser Tiefenstufe vor dem Beprobungszeitpunkt, die ebenfalls mit einem erniedrigten Redoxpotential und damit einer erhöhten Löslichkeit einherginge. Im Gegensatz zu S1M (Fläche mittlerer Bonität) wurden auf der konventionell bewirtschafteten Fläche etwa gleiche elektrische Leitfähigkeiten in allen Tiefenstufen (bis 90cm) gemessen.

Die Bestimmung von pH und EL im Jahr 2005 zeigte 1 Jahr nach den ersten Applikationen organischer Dünger keinen signifikanten Einfluß der Düngevarianten auf Fläche S1M (mittlere Bonität).



T ... Fehlerindikatoren stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar

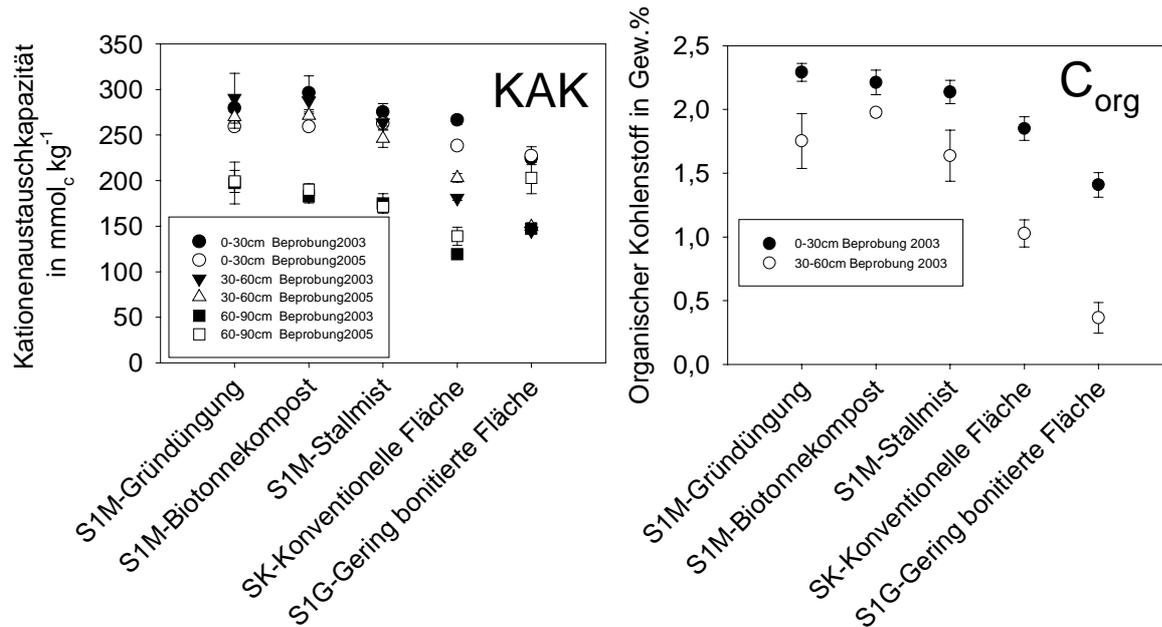
Abbildung 4: Elektrische Leitfähigkeit und pH-Werte der Beprobungen 2003 und 2005 auf allen Bodendauerbeobachtungsflächen in 3 Tiefenstufen.

2.6.2 Einfluß der Düngevarianten auf die Kationenaustauschkapazität KAK

Die Kationenaustauschkapazität der ersten beiden Tiefenstufen (0-30 und 30-60cm) auf den 3 BDF von SK (Fläche mittlerer Bonität) lag reproduzierbar zwischen 260 und 290 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$ zu den Beprobungsterminen 2003 und 2005. Die Differenz der KAK zwischen den Tiefenstufen 0-30cm und 30-60cm auf den BDF stieg ausgehend von Fläche S1M (mittlere Bonität) über Fläche SK (konventionelle Bewirtschaftung) hin zum Standort S1G (geringe Bonität) an. Dieser Trend korrespondierte mit der Abnahme der organischen Substanz in der zweiten Tiefenstufe (30-60cm) der o.g. Flächen (Abbildung 5).

Die KAK der dritten Tiefenstufe (60-90cm) auf S1M lag reproduzierbar zwischen 170 und 200 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$ und verringerte sich auf der Fläche SK auf etwa 130 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Die Bestimmung der KAK im Jahr 2005 zeigte ein Jahr nach den ersten Applikationen organischer Dünger keinen signifikanten Einfluß der Düngevarianten auf Fläche S1M (mittlere Bonität; Abbildung 5).



T ... Fehlerindikatoren stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar

Abbildung 5: Kationenaustauschkapazität 2003 und 2005 in 3 Tiefenstufen sowie organischer Kohlenstoff 2003 in 2 Tiefenstufen auf allen BDF.

2.6.3 Einfluß der Düngevarianten auf die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor und Kalium

Pflanzenverfügbare P- und K- Konzentrationen, per Konvention im Calciumacetatlactat-Extrakt (CAL) gemessen, zeigten auf allen BDF auffallend geringe Streuungen innerhalb eines Beprobungstermines. Analog zu den oben dargestellten Parametern wurde auch hier das Konzept von Intensivbeprobungen auf kleinen repräsentativen Flächen nach dem Bodendauerbeobachtungsschema bestätigt (Abbildung 6).

Eine adaptierte Phosphoranalytik ermöglichte im Jahr 2005 erstmals den Nachweis von pflanzenverfügbarem Phosphat in den Tiefenstufen 30-60cm und 60-90cm auf allen BDF.

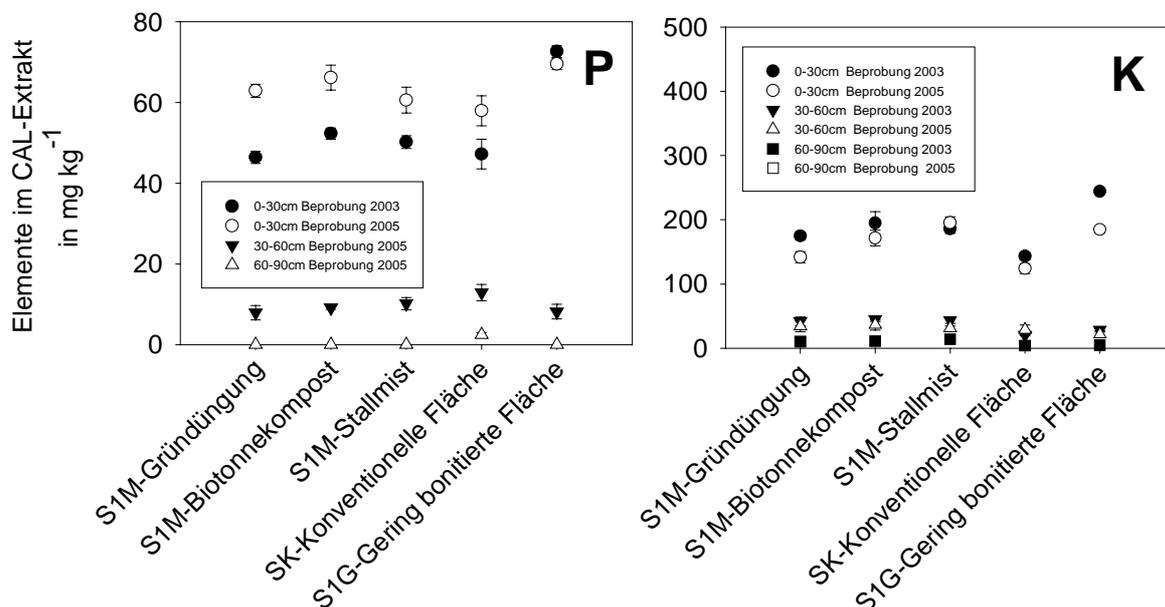
Die pflanzenverfügbaren Phosphorkonzentrationen der Tiefenstufe 0-30cm der Flächen S1M (mittlere Bonität) und SK (konventionell bewirtschaftete Fläche) im Jahr 2005 lagen bei 60 mg kg⁻¹, jene des sorptionsschwächeren S1G (gering bonitierte Fläche) bei etwa 70 mg kg⁻¹.

Die pflanzenverfügbaren Kaliumkonzentrationen der Tiefenstufe 0-30cm der Flächen S1M (mittlere Bonität), SK (konventionell bewirtschaftete Fläche) sowie S1G (gering bonitierte Fläche) in den Jahren 2003 und 2005 lagen etwa zwischen 150 und 200 mg kg⁻¹ bei hoher Reproduzierbarkeit der Flächen S1M und SK.

Sämtliche BDF konnten daher als mit P und K „ausreichend versorgt“ entsprechend den Düngemittlempfehlungen des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit (2000) eingestuft werden. Die reproduzierbar hohen Schwankungen im CAL-extrahierbaren Phosphor der Beprobungen 2003 und 2005 gaben die natürliche Variabilität der Pflanzenverfügbarkeit dieses Nährstoffes wieder und waren nicht auf P-Einträge (max. 40 kg P ha⁻¹) durch die organische Substanz der Düngevarianten zurückzuführen, da die funktionelle Kontrolle DV1 (Gründüngung) diese Schwankung mitmachte (Abbildung 6).

Die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor unterliegt in hohem Maße der Umsetzung der organischen Substanz im Boden (25% bis 60% des totalen Phosphors im Boden ist an die organische Substanz gebunden), während pflanzenverfügbares Kalium primär an der anorganischen Phase (Tonminerale) adsorbiert vorliegt (Scheffer /Schachtschabel; 2002). Die höhere Variabilität von biologischen Prozessen im Boden schlug sich im Vergleich zur „stabileren“ anorganischen Phase in einer höheren aber repräsentativen zeitlichen Variabilität

der Phosphor-Pflanzenverfügbarkeit nieder. Zusätzlich zu „Monitoring nach Stand der Technik“ sind daher gerade im Biolandbau Methoden zu entwickeln, die die Bestimmung organischer Phosphorbindungen (Phythate, Nukleotidphosphate und Phospholipide) mit einschließt.



T ... Fehlerindikatoren stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar

Abbildung 6: Pflanzenverfügbare P- und K-Konzentrationen der Jahre 2003 und 2004 auf allen BDF in 3 Tiefenstufen. Unterschiedliche zeitliche Variabilitäten der P und K-Pflanzenverfügbarkeit.

2.7 Schlussfolgerungen

- Monitoring nach dem Bodendauerbeobachtungskonzept erlaubt eine repräsentative Probenahme sowie die reproduzierbare Erfassung von Bodenparametern mit einem Minimum an analytischen Aufwand.
- Für Anwendungen im biologischen Landbau besteht die Notwendigkeit der Entwicklung neuer Methoden zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors, die die Freisetzung aus der organischen Phase mit einschließen.

2.8 Literaturverzeichnis

- Blum, W. E. H., Riedler C. und Wenzel, W. W. (1996): Bodendauerbeobachtung. Empfehlung für eine einheitliche Vorgangsweise in Österreich. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie
- Blum, W. E. H., Spiegel, H. und Wenzel, W. W. (1996): Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft
- Gisi, U., Schenker, R., Stadelmann, F.X. und Sticher, H. (1990): Bodenökologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart-New York
- Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2000): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. 5.Auflage. Hersteller: Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
- Scheffer, F. und Schachtschabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Auflage .Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg-Berlin

3 TEILPROJEKT 3: BODENWASSERHAUSHALT UND EROSION

Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten und Gehölzstrukturen auf den Bodenwasserhaushalt in der Umstellung auf den biologischen Landbau

BearbeiterInnen: A. Klik, K. Hollaus, P. Faustmann, S. Lenz, N. Emerstorfer, P. Cepuder, G. Kammerer, F. Kastanek, W. Loiskandl
Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, BOKU Wien.

3.1 Zusammenfassung / Summary

Eine Umstellung von konventioneller auf biologische Bewirtschaftungsweise sowie der Einsatz von Bodenschutzanlagen haben Auswirkungen auf physikalische, chemische, aber auch biologische Bodenkennwerte und beeinflussen positiv den Wasserhaushalt des Bodens. Das Monitoring dieser Veränderung ist wichtig, um die Auswirkungen der Maßnahmen abschätzen zu können und um eine nachhaltige Agrarwirtschaft zu gewährleisten.

A change from conventional to organic farming and the insertion of soil protection systems affect soil physical, chemical and biological parameters and influence positively the water balance of the agricultural used soil. To monitor the influence of these measures on soil quality parameters is crucial to guarantee a sustainable agriculture.

3.2 Einleitung

Die Qualität der Ressource Boden sowie Menge und Beschaffenheit der Ressource Wasser sind notwendige Voraussetzungen für eine nachhaltige Agrarwirtschaft. Die Erfassung der Veränderung von Bodenqualitätskennwerten durch eine Umstellung auf biologische Bewirtschaftungsweise sowie unterschiedliche Bewirtschaftungsvarianten sind wesentlich, um die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und den Bodenschutz abschätzen und bewerten zu können.

3.3 Thema und Ziele der Arbeit

Das Teilprojekt 3, Bodenwasserhaushalt und Erosion, umfasst zwei wesentliche Themenbereiche. Einerseits sollen die Auswirkungen der Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau anhand der Veränderung wesentlicher bodenphysikalischer Parameter sowie des Wasserhaushalts untersucht und quantifiziert werden, andererseits soll der Einfluss von Bodenschutzanlagen auf den Wasserhaushalt erfasst und bewertet werden.

3.3.1 Spezielle Ziele der Arbeit

Die Ziele des Teilprojekts „Bodenwasserhaushalt und Erosion“ sind:

- 1) die Erfassung der Auswirkungen unterschiedlicher ökologischer Bodenbewirtschaftung (Düngungsvarianten) auf bodenphysikalische Kennwerte;
- 2) die Erfassung des Einflusses von bestehenden und neuangelegten Landschaftselementen auf den Bodenwasserhaushalt.

3.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Eine Umstellung von konventioneller auf biologische Landwirtschaft beeinflusst eine Vielzahl von Bodenparametern. Die Zufuhr von organischer Substanz in Verbindung mit einer geeigneten Bodenbearbeitung und Fruchtfolge soll den Humusgehalt heben, die Bodenwasserverhältnisse verändern und insgesamt die natürliche Bodenfruchtbarkeit erhöhen. Durch Bodenschutzanlagen ist im Lee eine Abnahme der Windgeschwindigkeit bis zu einer Distanz von etwa dem 10-fachen der Bestandeshöhe messbar (Frielinghaus et al.,

1997). Dies bewirkt einerseits eine Verminderung der Bodenerosion durch Wind und andererseits eine Verbesserung des Bodenwasserhaushalts.

3.5 Material und Methoden

3.5.1 Grunduntersuchung

Die Erhebung der Bodenausgangssituation wurde an drei ausgewählten Standorten (Biodüngungsvariante mittlerer und geringer Bodenbonität – S1M und S1G, konventionelle Referenzfläche mittlerer Bodenbonität - SK) im Mai 2003 durchgeführt. Pro Variante wurden abhängig von den vorliegenden Bodenhorizonten in mehreren Tiefen gestörte und ungestörte Bodenproben entnommen und die wesentlichen bodenphysikalische Kenngrößen untersucht. Dabei handelt es sich um die Korngrößenverteilung (ÖNORM L1061-1/2, 2002), die Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung (ÖNORM L1063, 1988), den Porenanteil (n ; ÖNORM L1068, 1988), die Trockendichte (ρ_d ; ÖNORM L1068, 1988), die Feststoffdichte (ρ_s ; ÖNORM L1068, 1988), die Aggregatstabilität (Kemper und Koch, 1966) und den Durchlässigkeitsbeiwert (k -Wert; ÖNORM L1065, 1988). An chemischen Parametern wurden die Gehalt an organischem Kohlenstoff (ÖNORM L1068, 1989) und an Gesamt-Stickstoff (ÖNORM L1082, 1989) analysiert.

3.5.2 Monitoring in Kleinparzellen (Bodendauerbeobachtungsflächen)

Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Bewirtschaftung/Bodenbonität/Düngung auf die Speicherung des Bodenwassers feststellen zu können, wurden bei SK, S1G, S1M DV1 (Gründüngung), S1M DV2 (Biotonnenkompost) und S1M DV3 (Stallmist) Messstellen mit einfacher Wiederholung eingerichtet, die eine kontinuierliche Erfassung des Bodenwasseranteiles in 10, 20, 30 und 50 cm Tiefe ermöglichten. Die Messungen erfolgten mit Hilfe von FDR (Frequency Domain Reflectometry)-Sensoren in 30 min Abständen. Die Messstellen wurden Anfang November 2003 errichtet. Aufgrund des Diebstahls einer Datenerfassungsanlage bei S1G und eines Sensorschadens bei SK wurden im Frühjahr 2005 bei allen Varianten zusätzliche Sondenrohre bis 1 m Tiefe eingebaut und der Bodenwassergehalt in wöchentlichen Zeitabständen mit einer FDR-Sonde (Diviner) in 10 cm-Tiefenabschnitten gemessen.

Zur Ermittlung der zeitlichen Veränderung unterschiedlicher physikalischer Bodenkennwerte wurden mehrmals pro Jahr Felduntersuchungen durchgeführt. Dabei wurden die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte und die Trockendichten im Bearbeitungshorizont (10-15 cm) und knapp darunter (30-35 cm) sowie die Aggregatstabilität bestimmt.

3.5.3 Bodenwassergehaltsuntersuchungen entlang von Landschaftselementen innerhalb von Transekten

An einem Standort mit gut (Transekt Süd, TS) sowie mit schlecht ausgebildeter Bodenschutzanlage (Transekt Nord, TN) wurden die Auswirkungen dieser Anlage auf den Bodenwasseranteil untersucht. In Abständen der ein-, zwei-, drei- und fünffachen Heckenhöhe wurden FDR - Sonden in einfacher Wiederholung eingebaut. Diese ermöglichten eine Erfassung des Wassergehaltes in Tiefenabschnitten von jeweils 10 cm bis in eine Tiefe von 90 cm. Der Messungen des Wasseranteiles wurden wöchentlich durchgeführt.

3.6 Ergebnisse und Diskussion

3.6.1 Kleinparzellen und Kleinparzellenversuche

3.6.1.1 Grunduntersuchung

Zur Erhebung der Bodenausgangssituation an den drei Untersuchungsstandorte wurden im September 2003 die wesentlichen physikalischen und chemischen Bodenkennwerte der drei

Varianten untersucht (Tabelle 10 im Anhang). Die Korngrößenanalyse zeigt, dass an den drei Standorten (SK, S1G, S1M) der Oberboden (0-50 cm) annähernd gleichen Schluffgehalt aufweist. Beim seichtgründigen Standort (S1G) steigt er wegen des ab 65 cm Tiefe anstehenden C-Horizontes stark an. Diese Variante weist über die gesamte Untersuchungstiefe niedrigere Tongehalte und höhere Sandgehalte auf.

Sowohl die konventionelle Variante (SK), als auch der Kleinparzellenversuch (S1M) unterscheiden sich nicht in ihrem Gehalt an organischem Kohlenstoff (OC) und Gesamtstickstoff (Nges). S1G weist bei beiden Kennwerten über die gesamte Untersuchungstiefe die niedrigsten Werte auf. S1M und S1G haben durchwegs äußerst hohe Durchlässigkeitsbeiwerte, wogegen SK in den oberen Bodenschichten eine höhere Trockendichte aufweist (Tab.8). Die Feldkapazitäten (FK – Wasseranteil bei 300 hPa) reichen bei SK in den untersuchten Tiefen von 15,5-28,2%, bei S1G von 24,4-26,2% und bei S1M von 23,4-30,3% (Tab.8). Die Werte des permanenten Welkepunktes (PWP – Wasseranteil bei 15000 hPa) bewegen sich bei SK zwischen 3,3 und 20,0%, bei S1G zwischen 5,5 und 16,3% und bei S1M zwischen 8,9 und 20,4%. FK und PWP nehmen bei SK und S1G unterhalb von rd. 70 cm Bodentiefe stark ab. Im Anhang, Abbildung 9 bis 11, sind die Wasserspannungs-Wasseranteilbeziehungen der untersuchten Varianten und Tiefenbereiche grafisch dargestellt.

Tabelle 8: Wesentliche bodenphysikalische Eigenschaften der untersuchten Varianten zu Versuchsbeginn (September 2003).

Tiefe (cm)	Porenanteil (%)	Wasseranteil (%) bei		Nutzbare Kapazität (%)	k-Wert m d ⁻¹	Trocken- dichte g cm ⁻³
		300 hPa	15000 hPa			
SK						
10-15	40,0	28,2	20,0	8,2	0,39	1,54
28-33	40,0	28,4	19,8	8,6	1,68	1,50
40-45	45,6	27,6	16,7	10,9	7,65	1,23
65-70	44,1	24,0	10,7	13,3	2,64	1,32
85-90	44,2	15,5	3,3	12,2	0,60	1,33
S1G						
10-15	45,7	24,4	13,1	11,3	32,20	1,33
28-33	42,9	26,2	16,3	9,9	4,66	1,50
50-55	44,4	25,9	11,8	14,1	6,29	1,35
85-90	48,9	24,8	5,5	19,3	0,23	1,41
S1M						
10-15	46,5	28,4	20,3	8,1	107,35	1,20
28-33	49,5	25,1	15,7	9,4	22,02	1,35
50-55	44,7	29,5	20,4	9,1	21,94	1,35
70-75	44,6	30,3	17,9	12,4	12,77	1,37
100-105	38,4	23,4	8,9	14,5	0,43	1,53

3.6.1.2 Direktes Monitoring

Während des Untersuchungszeitraumes wurden wesentliche bodenhydrologische Kennwerte mehrmals mit Hilfe von Feld- und Laboruntersuchungen bestimmt (Lenz, 2006).

Bei der Trockendichte wurden sowohl im Bearbeitungsbereich (10-15 cm) als auch im Bereich knapp darunter (30-35 cm) starke zeitliche Veränderungen festgestellt (Abb. 12 und 13 im Anhang). Die Schwankungsbreite war bei SK in beiden Tiefenbereichen am höchsten und reichte in 10-15 cm von 1,21-1,46 g cm⁻³ und von in 30-35 cm 1,29-1,45 g cm⁻³. Sowohl bei S1G als auch bei den drei Düngungsvarianten von S1M wurden geringere Schwankungsbreiten bestimmt. Berechnet man für den Bearbeitungshorizont den Mittelwert aller Messungen so ergeben sich zwischen den drei Düngungsvarianten von S1M keine signifikanten Unterschiede (1,44-1,47 g cm⁻³). Die Trockendichten von SK (1,41 g cm⁻³) und S1G (1,38 g cm⁻³) sind zwar numerisch, aber nicht signifikant niedriger. In der Tiefe von 30-35 cm zeigen alle Varianten mit Ausnahme von SK etwas höhere Trockendichten (1,47-1,49 g cm⁻³). Die Trockendichte bei SK ist – vermutlich bedingt durch Bearbeitungseinfluss – signifikant niedriger.

Die zeitlichen Veränderungen des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes (k-Wertes) sind wesentlich höher als jene der Trockendichte (Abb. 14 und 15 im Anhang). Zusätzlich sind die

Schwankungsbreiten im Bearbeitungshorizont größer als in 30-35 cm Bodentiefe. Alle Varianten weisen in beiden Tiefen im Mittel mit 3,43-8,86 m d⁻¹ (10-15 cm) und 2,07-8,50 m d⁻¹ (30-35 cm) sehr hohe k-Werte auf (Tab.9). Mit zunehmender Tiefe nehmen bei allen Versuchsgliedern die Werte ab. Signifikante Unterschiede sind zwischen den Varianten nicht festzustellen, obwohl bei S1G geringfügig niedrigere k-Werte gemessen wurden.

Auch die Aggregatstabilität ist jahreszeitlich und bearbeitungsbedingt veränderlich. Während der gesamten Messperiode 2005 lieferte SK die niedrigsten und die Düngevarianten DV2 und DV3 die höchsten Werte (Abb. 16 im Anhang). Betrachtet man die Mittelwerte so liegt bei SK mit 9,6% die geringste Aggregatstabilität vor (Tab.9). Auf der Fläche mit geringer Bonität S1G ist bereits eine höhere Stabilität festzustellen. Die stabilsten Aggregate treten im Kleinparzellenversuch mit Werten zwischen 17,2 und 20,4% auf. Eine Reduktion der Bearbeitungsintensität bewirkt demnach einen Anstieg der stabilen Bodenaggregate und somit einen größeren Widerstand gegen Bodenerosion. Ein Einfluss der Düngungsvarianten kann aus den Werten aber nicht abgeleitet werden.

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte, des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes (k-Wert), der Aggregatstabilität während des Untersuchungszeitraumes (September 2003 – Oktober 2004) für die untersuchten Varianten.

Parameter		SK	S1G	S1M (DV1)	S1M (DV2)	S1M (DV3)
Trockendichte (g cm ⁻³)	10-15 cm	1,41 (0,04)	1,38 (0,04)	1,45 (0,06)	1,44 (0,08)	1,47(0,06)
	30-35 cm	1,37 (0,07)	1,47 (0,04)	1,48 (0,06)	1,49 (0,08)	1,49(0,08)
k-Wert (m d ⁻¹)	10-15 cm	6,68 (6,99)	3,43 (1,87)	8,19 (7,73)	8,86 (12,71)	7,39 (9,13)
	30-35 cm	4,81 (5,71)	2,07 (1,40)	4,04 (4,95)	8,50 (13,09)	6,88 (8,13)
Aggregatstabilität (%)		9,6 (5,0)	14,8 (4,6)	17,2 (6,3)	20,4 (9,9)	18,2 (7,8)

Die kontinuierlichen Aufzeichnungen des Bodenwassergehaltes zeigen an den drei Standorten deutliche variantenbedingte Unterschiede. In Abb.7 ist der zeitliche Verlauf des in 0-60 cm gespeicherten Bodenwassers für alle untersuchten Varianten dargestellt.

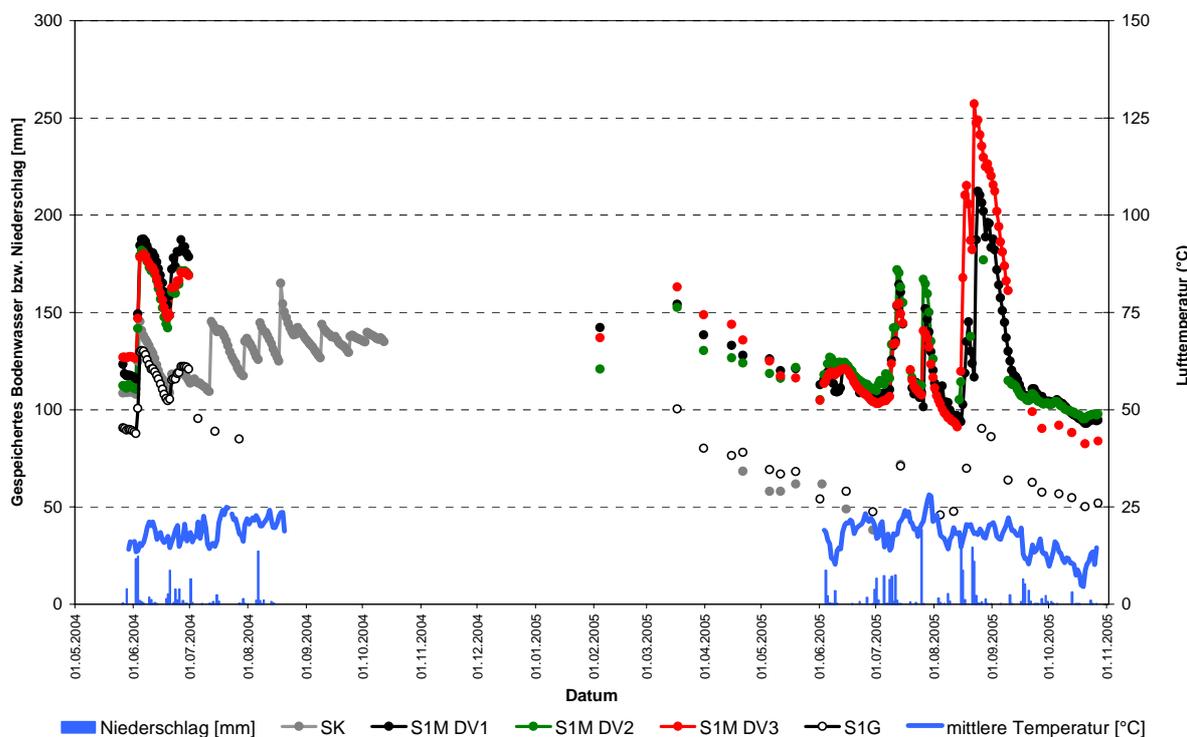


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf des Niederschlages, der Lufttemperatur und des in 0-60 cm Bodentiefe gespeicherten Bodenwassers bei den untersuchten Varianten.

Es ist zu erkennen, dass SK und S1G in beiden Jahren deutlich weniger Bodenwasser speicherten, als die drei Düngungsvarianten des Kleinparzellenversuches S1M. 2004 waren auf SK Zuckerrüben angebaut, welche mehrmals beregnet wurden. Diese

Regengaben hielten das Bodenwasser immer in einem Bereich zwischen 120 und 170 mm. Der Unterschied zwischen den Varianten S1G und S1M betrug über die Messtiefe zumeist rund 60 mm gespeichertes Bodenwasser. Das bedeutet, dass der Boden mit mittlerer Bonität (S1M) einen etwa 10% höheren Wasseranteil aufwies als jener mit geringer Bonität (S1G), was sich positiv auf die Wasserversorgung der Pflanzen auswirkt. Die unterschiedliche Düngung (S1M DV1 – S1M DV3) wirkte sich hingegen noch nicht signifikant auf das gespeicherte Bodenwasser aus.

3.6.2 Bodenwassergehaltsuntersuchungen entlang von Landschaftselementen innerhalb von Transekten

In den Transekten Nord (TN) und Süd (TS) wurden ab Mitte Juni 2003 in wöchentlichen Abständen Wasseranteilmessungen bis 1 m Bodentiefe durchgeführt. Abb. 8 und 17 zeigen den zeitlichen Verlauf des in 0-90 cm gespeicherten Bodenwassers in Abständen vom 1-, 2-, 3-, 5- und 10-Fachen der Heckenhöhe. Die Messdauer erstreckte sich bei der schlecht ausgebildeten Bodenschutzanlage (TN) bis September 2004 (Anhang 17) und bei der gut ausgebildeten (TS) bis November 2005 (Abb.8).

Wassergehaltsunterschiede in Abhängigkeit des Abstandes von der Hecke konnten bei beiden Bodenschutzanlagen festgestellt werden (Abb.8 und Anhang 17). In einem Abstand bis zum Zweifachen der Heckenhöhe war beinahe immer mehr Wasser im Boden gespeichert, wodurch eine bessere Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet wurde. Die Differenzen waren bei der gut ausgebildeten Bodenschutzanlage (TS, Abb. 8) ausgeprägter als bei der weniger gut ausgebildeten (TN, Anhang 17). Während niederschlagsarmer Perioden (wie etwa 2003) trat eine Wirkung der Hecke bis zu einem Abstand vom rd. 5-fachen ihrer Höhe (40 m) auf. Bei sehr hohen und sehr niedrigen Bodenwassergehalten wurden die Unterschiede weitgehend ausgeglichen.

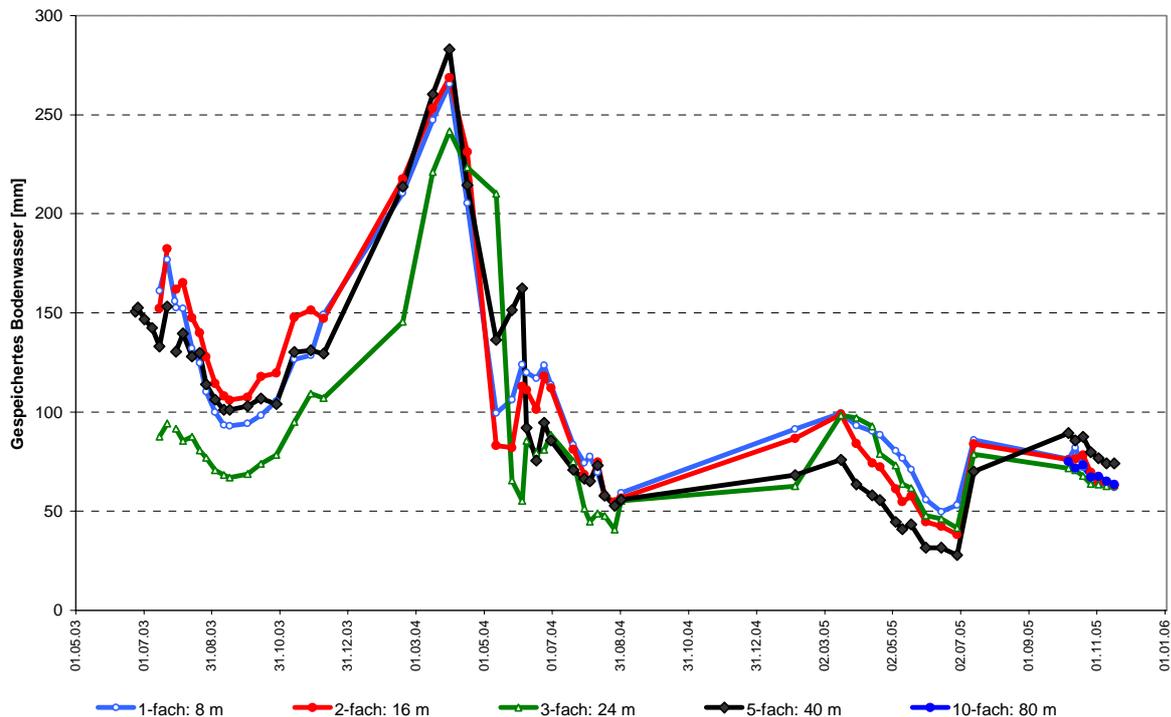


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf des in 0-90 cm gespeicherten Bodenwassers am Standort Transekt Süd in Abhängigkeit der Entfernung von der Hecke (Bodenschutzanlage).

Abbildung 18 im Anhang zeigt den über die Messperiode gemittelten Tiefenverlauf des Wassergehaltes für das Transekt Süd. Bis zu einer Tiefe von 30 cm wurden 2003 ab rd. 40 m Entfernung zur Hecke (5-fache Heckenhöhe) deutlich niedrigere Bodenwassergehalte gemessen als in geringeren Entfernungen. In den niederschlagsreicheren

Vegetationsperioden 2004 und 2005 waren diese Unterschiede geringer bzw. nahezu ausgeglichen.

3.7 Schlussfolgerungen

Der zeitliche Verlauf der Trockendichte zeigt bei allen Varianten sowohl im Bearbeitungshorizont (10-15 cm), als auch knapp darunter (30-35 cm) starke Schwankungen. Durch die reduzierte Bearbeitungsintensität bei S1G und den drei Varianten bei S1M kam es in beiden Tiefenbereichen zu einem geringen Anstieg der Trockendichte. Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten (DV1 – DV3) ergaben sich jedoch nicht.

Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) veränderte sich ebenfalls in Abhängigkeit der Jahreszeit. Die Messwerte aller untersuchten Varianten konnten als hoch bezeichnet werden und unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Durch Umstellung von konventionellem auf biologischen Landbau wurde sowohl bei geringer (S1G) als auch bei mittlerer Bodenbonität (S1M) die Stabilität der Bodenaggregate signifikant erhöht, was zu einer Verminderung der Erosionsgefährdung führt.

Dem zeitlichen Verlauf des gespeicherten Bodenwassers ist zu entnehmen, dass der Schlag S1M ein deutlich höheres Wasserspeichervermögen aufweist als die Schläge SK und S1G. Zwischen den einzelnen Düngungsvarianten waren bisher noch keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Die Ergebnisse der Wassergehaltsmessungen bei den Transekten Nord und Süd zeigen ein deutliche Abnahme des Wasserspeichervermögens mit zunehmender Entfernung zur Hecke. Daraus ist ein positiver Effekt der Bodenschutzanlage auf den Bodenwasserhaushalt ableitbar.

Zusammenfassend lässt sich aus den durchgeführten Labor- und Felduntersuchungen folgern, dass es durch ökologische Bewirtschaftung (biologische Anbausysteme und Düngungsvarianten) und der Anlage von Bodenschutzanlagen zu einer Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes kommt.

3.8 Literaturverzeichnis

- Frielinghaus, M., D. Deumlich, R. Funk, K. Helming, R. Roth, J. Thiere, L. Völker und B. Winnige, (1997): Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. Bericht Nr. 27. <http://www.zalf.de/bfd/fr-merkb.htm>
- Kemper, W.D. und J.E. Koch, (1966): Technical Bulletin No. 1355 Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Lenz, S. (2006). Auswirkungen von Biolandbau auf Bodenkennwerte. Diplomarbeit, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien.
- ÖNORM L 1061-1. (2002): Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens; Teil 1: Grobboden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1061-2. (2002): Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens; Teil 2: Feinboden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1063. (1988): Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Druckpotential-Wasseranteilsbeziehung von ungestörten Bodenproben. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1065. (1988): Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in gesättigten Zylinderproben. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1068. (1988): Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Dichte von Böden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1081. (1989): Humusbestimmung durch Na₂Oxidation mit Kaliumdichromat-Schwefelsäure. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1082. (1989): Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von Gesamtstickstoff. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.

3.9 Anhang

Tabelle 10: Korngrößenverteilung, organischer Kohlenstoffgehalt (OC) und Gesamtstickstoffgehalt (Nges) bei konventioneller Variante (SK), Kleinparzellenversuch (S1M) und Variante mit geringer Bonität (S1G).

Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	Sand	Schluff (%)	Ton	OC (%)	Nges (%)
SK							
AC	0-50	L	26,4	47,4	26,2	1,94	0,20
AC1	50-65	L, sL	30,3	44,1	25,5	1,31	0,14
AC2	65-80	sL	32,0	49,9	18,1	0,61	0,11
S1G							
A	0-40	sL	32,9	43,8	23,3	1,85	0,19
AC	40-65	sL	33,5	47,3	19,2	0,44	0,05
C	65+	U	19,9	69,3	10,8	0,10	0,03
S1M							
A	0-50	L	21,9	45,1	33,0	1,95	0,19
AC1	50-70	L	21,5	48,5	30,0	1,40	0,15
AC2	70-90	L, sL	26,6	46,4	27,0	0,69	0,09

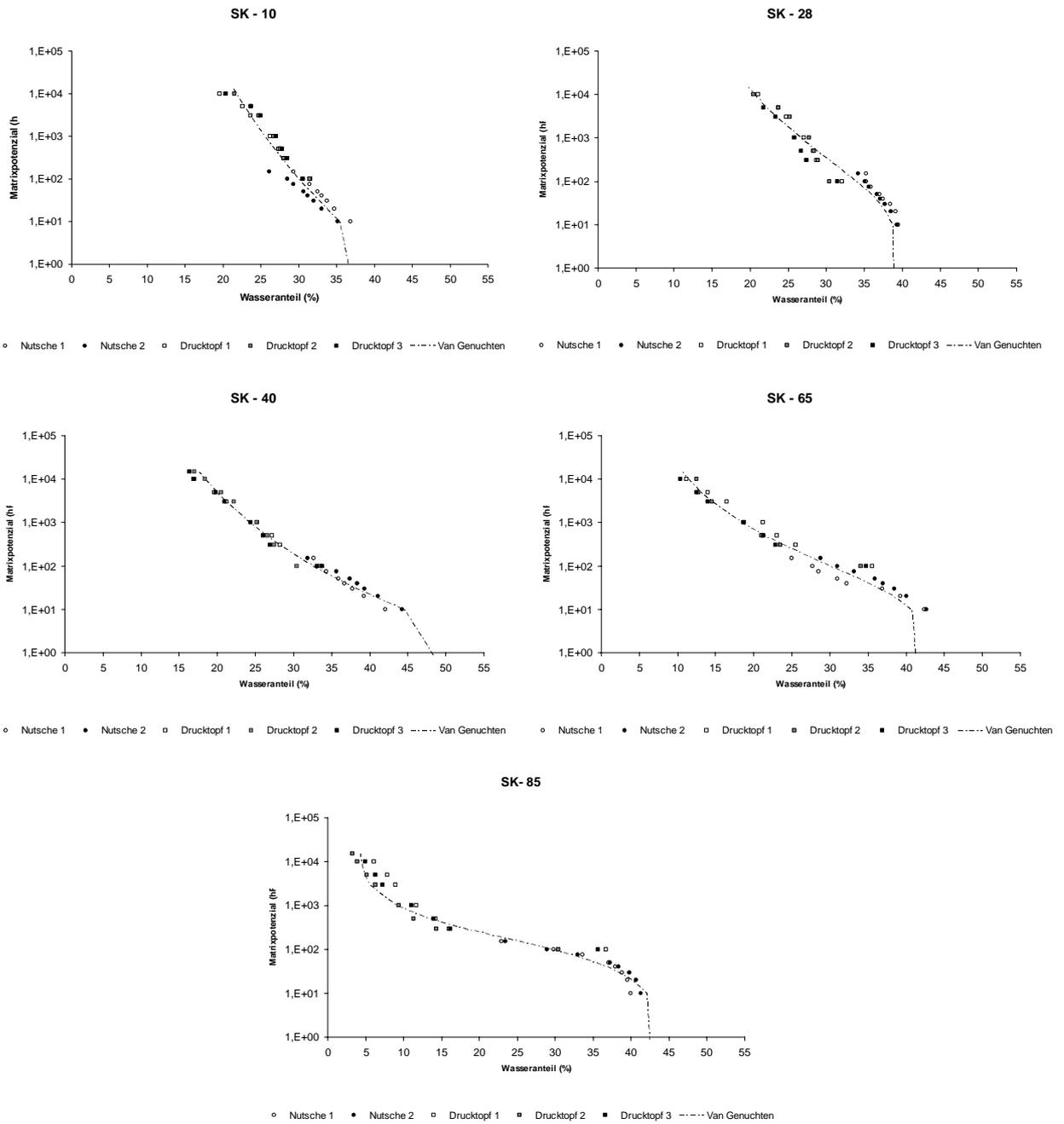


Abbildung 9: Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung unterschiedlicher Bodentiefen (10-12,5 cm, 28-30,5 cm, 40-42,5 cm, 65-67,5 cm, 85-87,5 cm) bei der Variante SK.

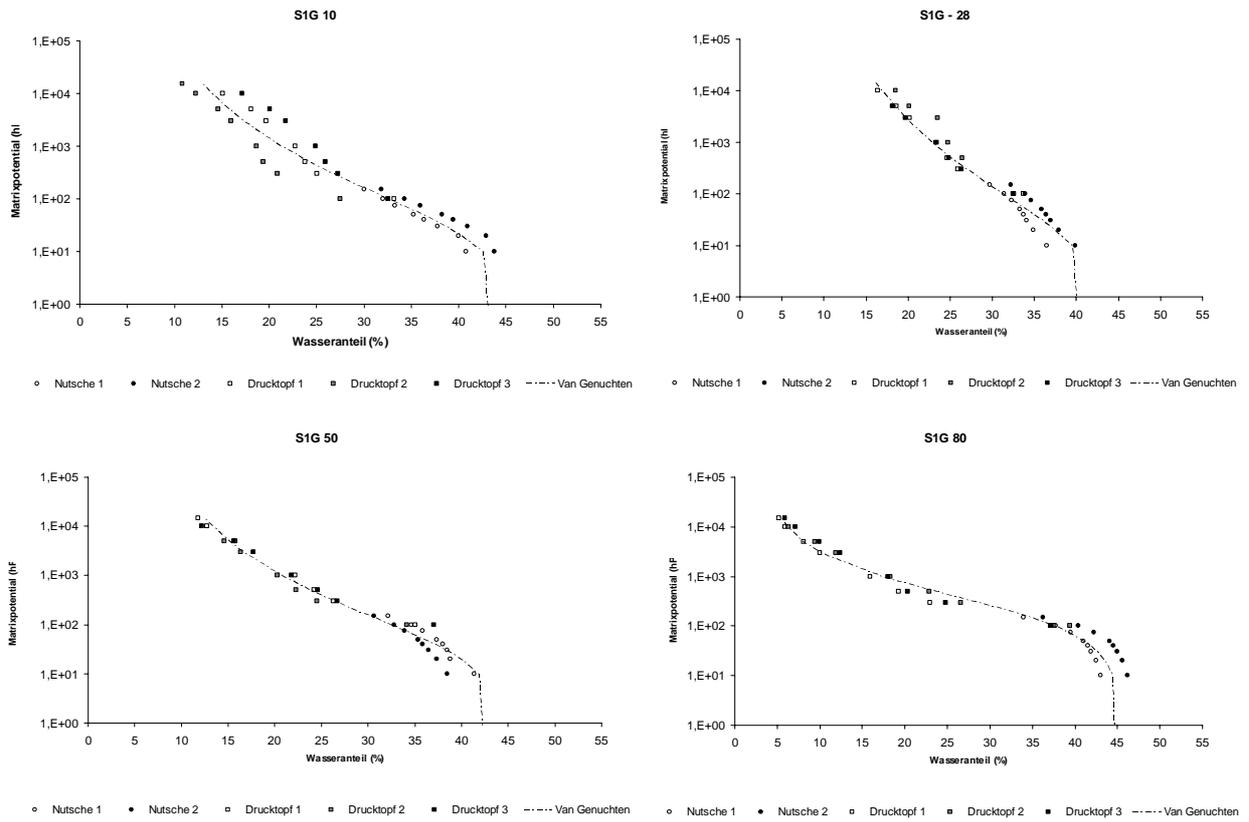


Abbildung 10: Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung unterschiedlicher Bodentiefen (10-12,5 cm, 28-30,5 cm, 50-52,5 cm, 80-82,5 cm) bei der Variante S1G.

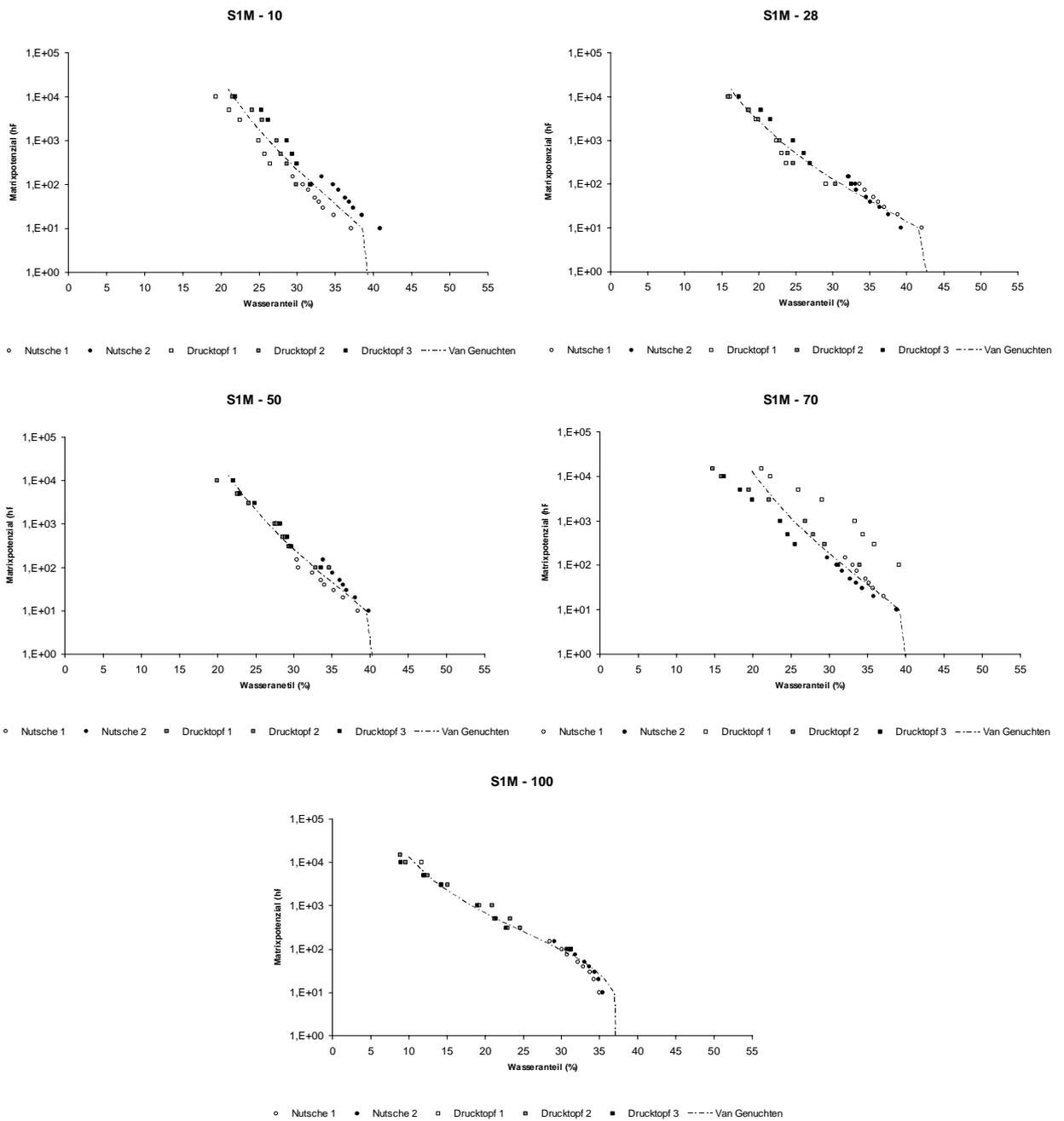


Abbildung 11: Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung unterschiedlicher Bodentiefen (10-12,5 cm, 28-30,5 cm, 50-52,5 cm, 70-72,5 cm, 100-102,5 cm) bei der Variante S1M.

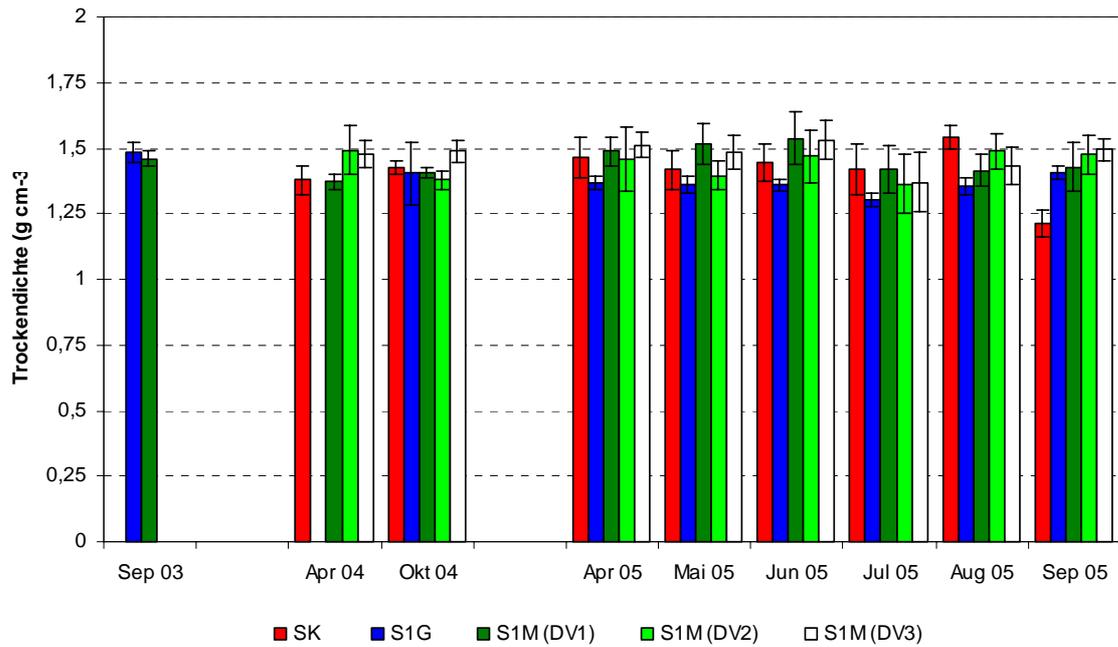


Abbildung 12: Zeitlicher Verlauf der Trockendichte (und Standardabweichungen) in 10-15 cm Bodentiefe bei den untersuchten Varianten.

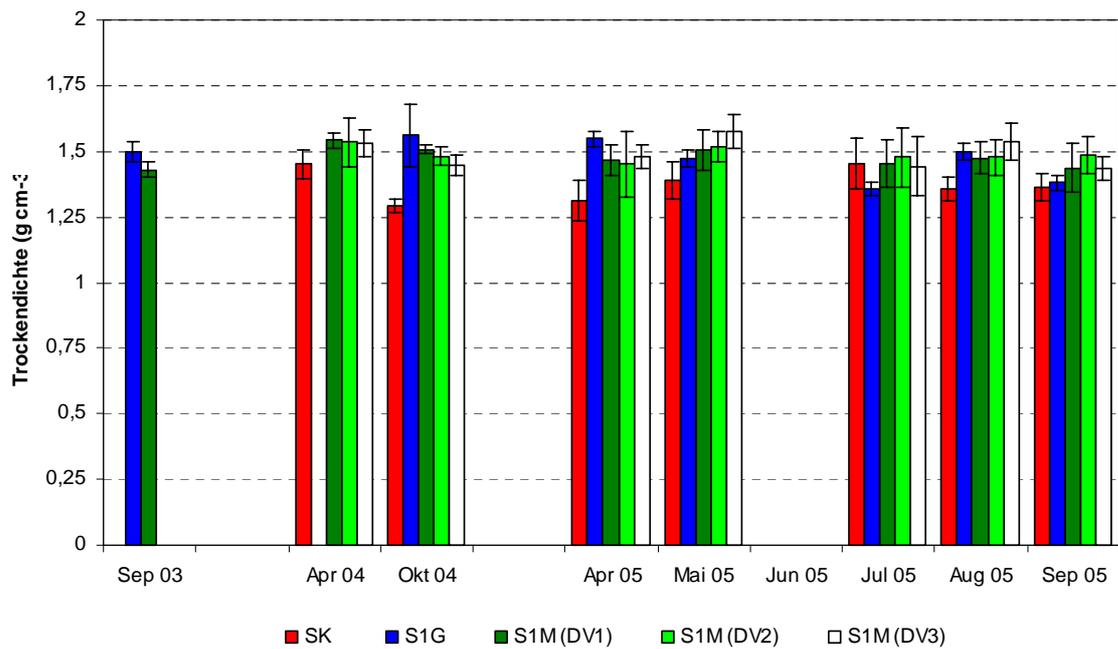


Abbildung 13: Zeitlicher Verlauf der Trockendichte (und Standardabweichungen) in 30-35 cm Bodentiefe bei den untersuchten Varianten.

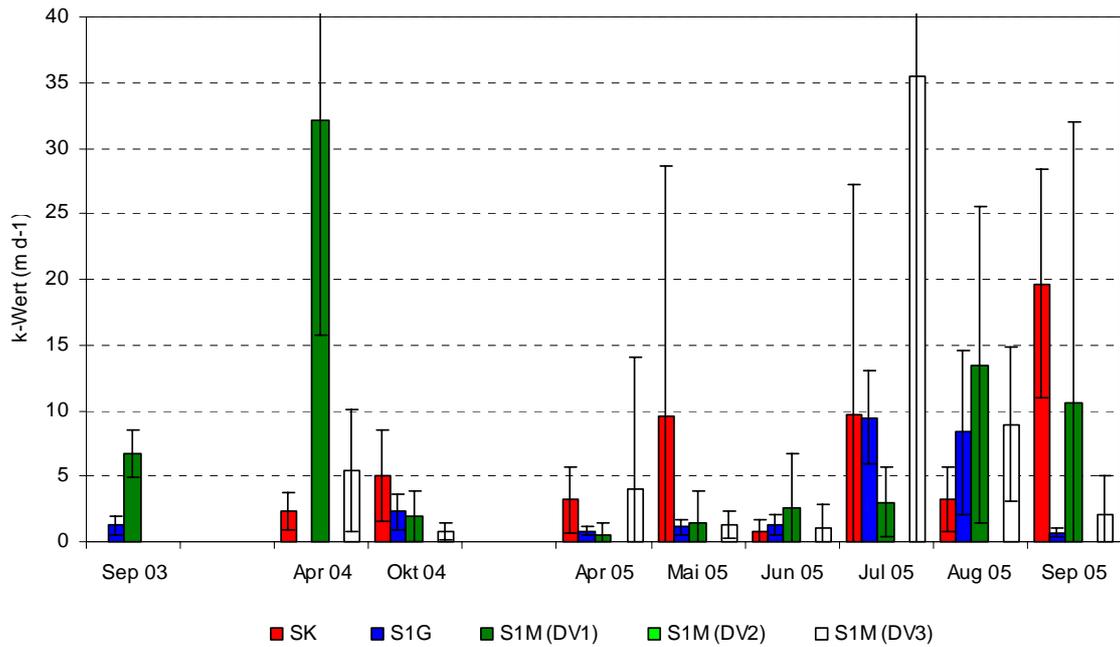


Abbildung 14: Zeitlicher Verlauf des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes (und Standardabweichungen) in 10-15 cm Bodentiefe bei den untersuchten Varianten.

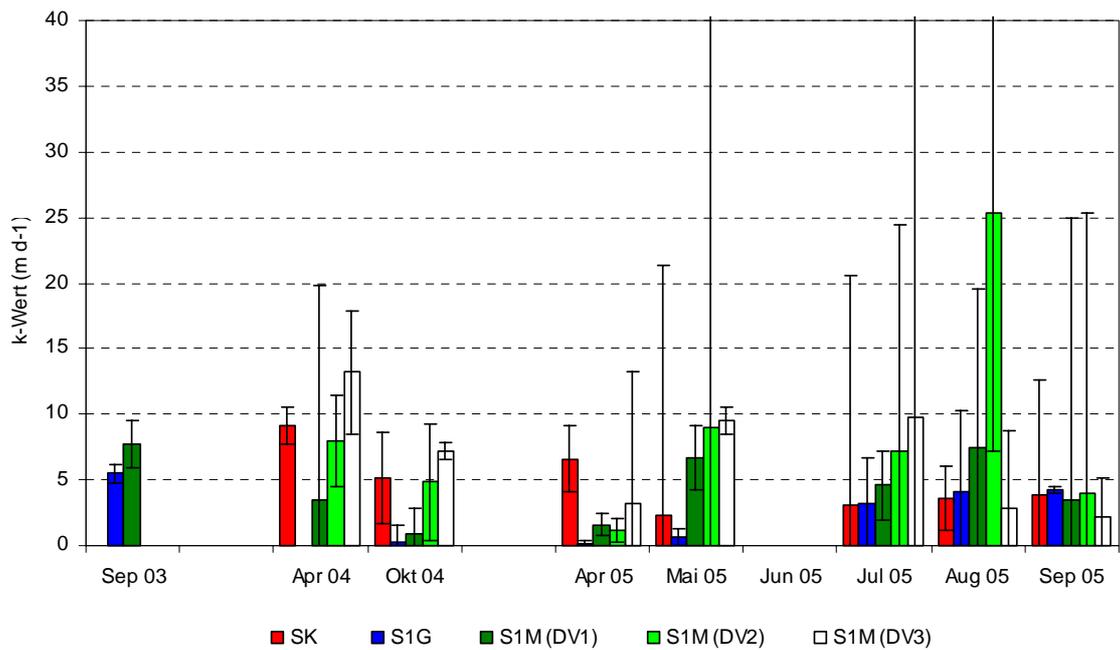


Abbildung 15: Zeitlicher Verlauf des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes (und Standardabweichungen) in 30-35 cm Bodentiefe bei den untersuchten Varianten.

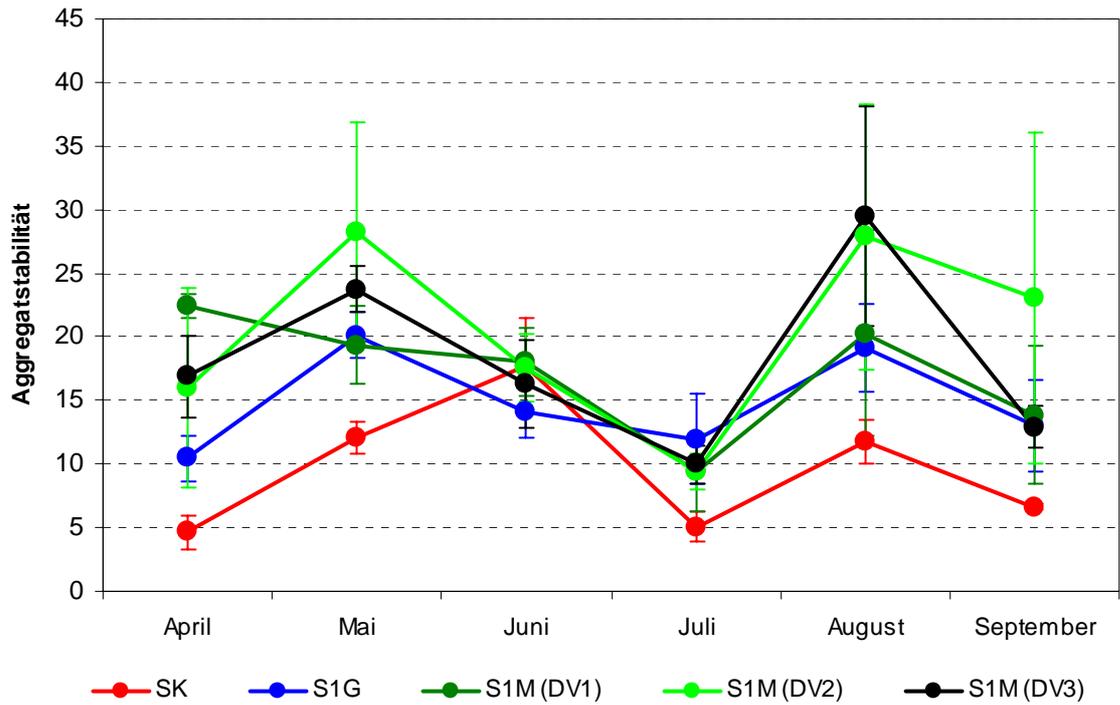


Abbildung 16: Zeitlicher Verlauf der Aggregatstabilität (und Standardabweichungen) der untersuchten Varianten von April bis September 2005.

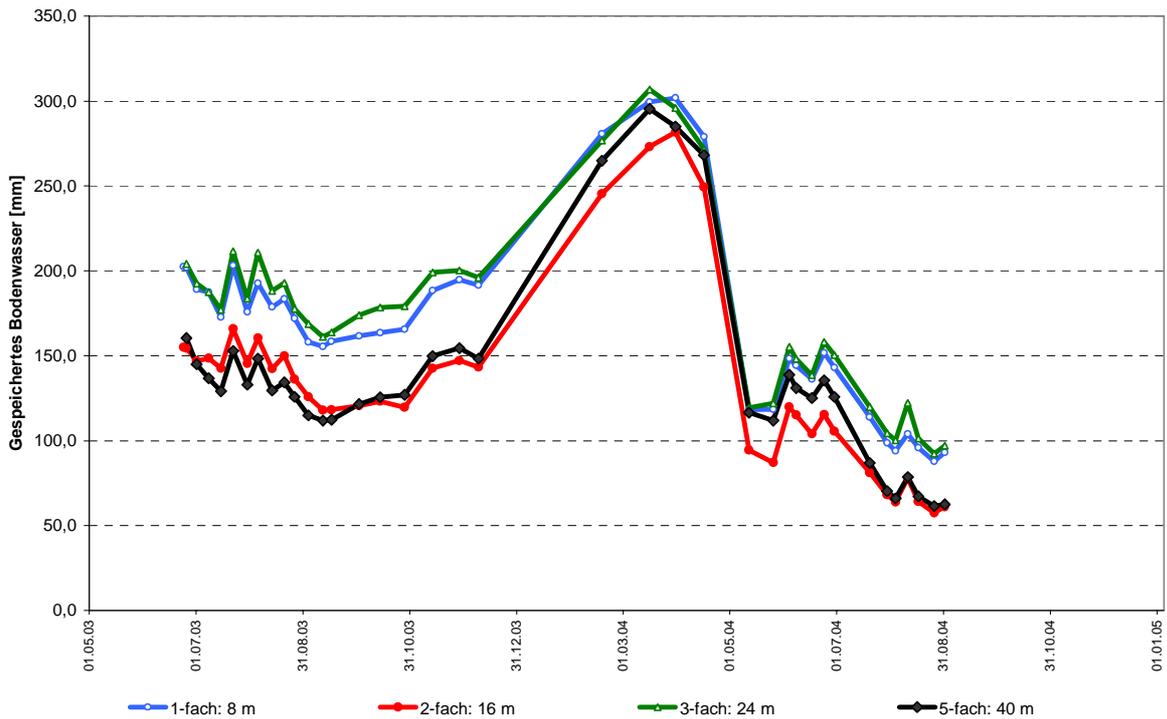


Abbildung 17: Zeitlicher Verlauf des in 0-90 cm gespeicherten Bodenwassers am Standort Transekt Nord in Abhängigkeit der Entfernung von der Hecke (Bodenschutzanlage).

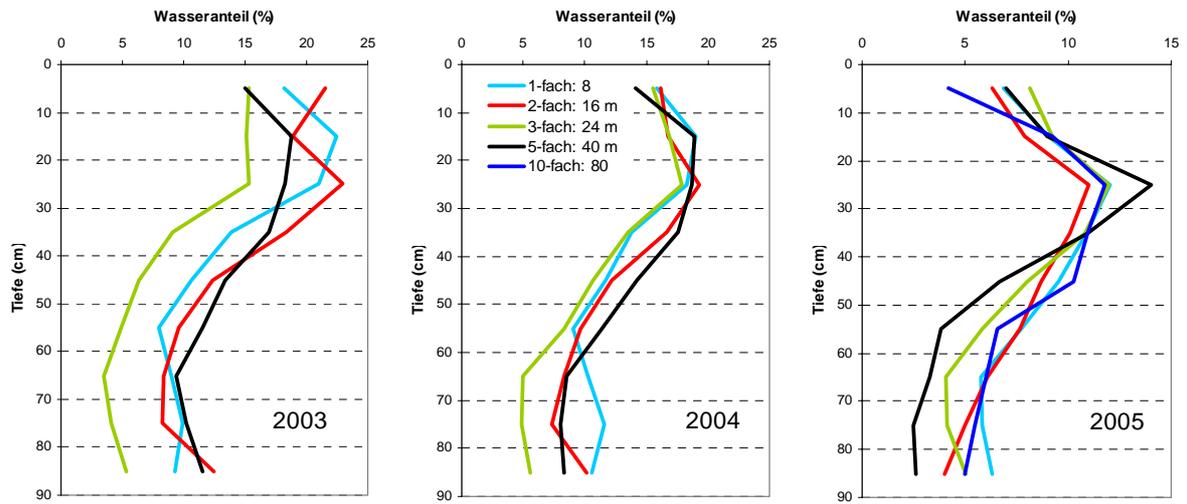


Abbildung 18: Tiefenverlauf des mittleren Bodenwasseranteiles während des Messperioden 2003, 2004 und 2005 am Standort Transekt Süd für unterschiedliche Entfernungen von der Hecke.

4 TEILPROJEKT 4: METADATENBANK

Titel: Metadatenbank und Web-GIS

Bearbeiter: A. Muhar, T. Schauppenlehner
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung,
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien.

Anmerkung zum vorliegenden Endbericht:

Der Inhalt dieses Berichtes deckt sich teilweise mit den Inhalten des Zwischenberichtes 2004, da der Schwerpunkt der Bearbeitung der Metadatenbank in die erste Projektphase gelegt wurde, um den Arbeitsgruppen rasch eine funktionierende Datenplattform zur Verfügung stellen zu können.

4.1 Zusammenfassung / Summary

Ziel des Projekts „Metadatenbank“ war es eine Daten- und Informationsplattform zu entwickeln, welche einerseits Daten für die Teilprojekte zur Verfügung stellt, und andererseits das Projekt dokumentiert. Aufgrund der Notwendigkeit einer zentralen Plattform wurde versucht, sehr rasch eine funktionsfähige Datenbank-Basisapplikation zu realisieren. Die späteren Arbeitsschritte dienten primär dem Feinschliff, der Fehlerkorrektur sowie der Anpassung an Webstandards zur Verbesserung der Kompatibilität.

Goal of the project “Meta-database” was to develop a data and information platform to provide data for the several project groups and to document the whole project. Due to the imperative for a central platform a base application was developed in the beginning of the project. The working tasks in later project phases were fine tuning, error correction and adjustment to web-standards for improving the compatibility.

4.2 Einleitung

Die große Anzahl beteiligter Arbeitsgruppen am Projekt MUBIL erforderte eine zentrale Datenplattform, um Daten für alle Beteiligten zur Verfügung zu stellen, um rasch auf geänderte Bedingungen reagieren zu können (neue/aktualisierte Daten), und um Versionskonflikte zu vermeiden.

Darüber hinaus tragen Metadaten zur Wertsicherung bei. Dies ist insofern von Bedeutung, da (Geo)-Daten häufig die teuersten Komponenten in einem Projekt darstellen (Strobl 1995). Durch entsprechende Benutzerrechte werden Schreib-/Lese- und Downloadzugriffe gesteuert, um allfälligen Copyright-Ansprüchen und Nutzungseinschränkungen gerecht zu werden.

4.3 Thema und Ziele der Arbeit

Ziel des Teilprojekts Metadatenbank war es, ein zentrales Daten und Informationsportal für das Projekt MUBIL zu entwickeln, um die Daten- und Informationsbeschaffung zu erleichtern. Daneben sollte ein Beitrag für die Wertsicherung sowie zur weiteren digitale Verarbeitung (externe Website, etc.) geleistet werden.

4.4 Material und Methoden

4.4.1 Prozessablauf

Basierend auf einer Fragebogen-gestützten Analysephase (vgl. Zwischenbericht 2003) wurde ein Prozessmodell (Entity-Relationship-Modell - ERM) für die Datenbankapplikation erstellt.

Das Prozessmodell diente als Vorlage für das konzeptionelle Datenbankmodell, welches parallel durch ein Layout für das Interface ergänzt wurde (vgl. Zwischenbericht 2004).

4.4.2 WebGIS

Die WebGIS-Applikation basiert auf dem Webmap-Server ArcIMS von ESRI und bietet ein Geoinformationssystem für Rutzendorf innerhalb eines Webbrowsers an. Der Vorteil dieses Angebotes ist, dass Basis-Geodaten rasch, ohne Softwareinstallation und ohne spezielle GIS-Kenntnisse betrachtet werden können. Die Benutzer können so einfache Karten erstellen, Distanzen messen, sowie Attribute für einzelnen Geobjekte abfragen.

4.4.3 Metadatenbank

Die Metadatenbank besteht aus den Modulen Metadatenbank, Terminkalender, Adressdatenbank, Literaturarchiv sowie Bildarchiv, und bietet eine Suchfunktion sowie eine Filterung nach Teilprojekten.

Die Erfassung der Metadaten für die Bilder erfolgt über die Definition der EXIF-Daten (siehe 4.4.3.1). Die Integration der Bilder in die Metadatenbank erfolgt durch die Zuordnung zu einem Teilprojekt und optional durch die Definition eines Albums. Die Bildinformationen können dann direkt in die Metadatenbank importiert werden.

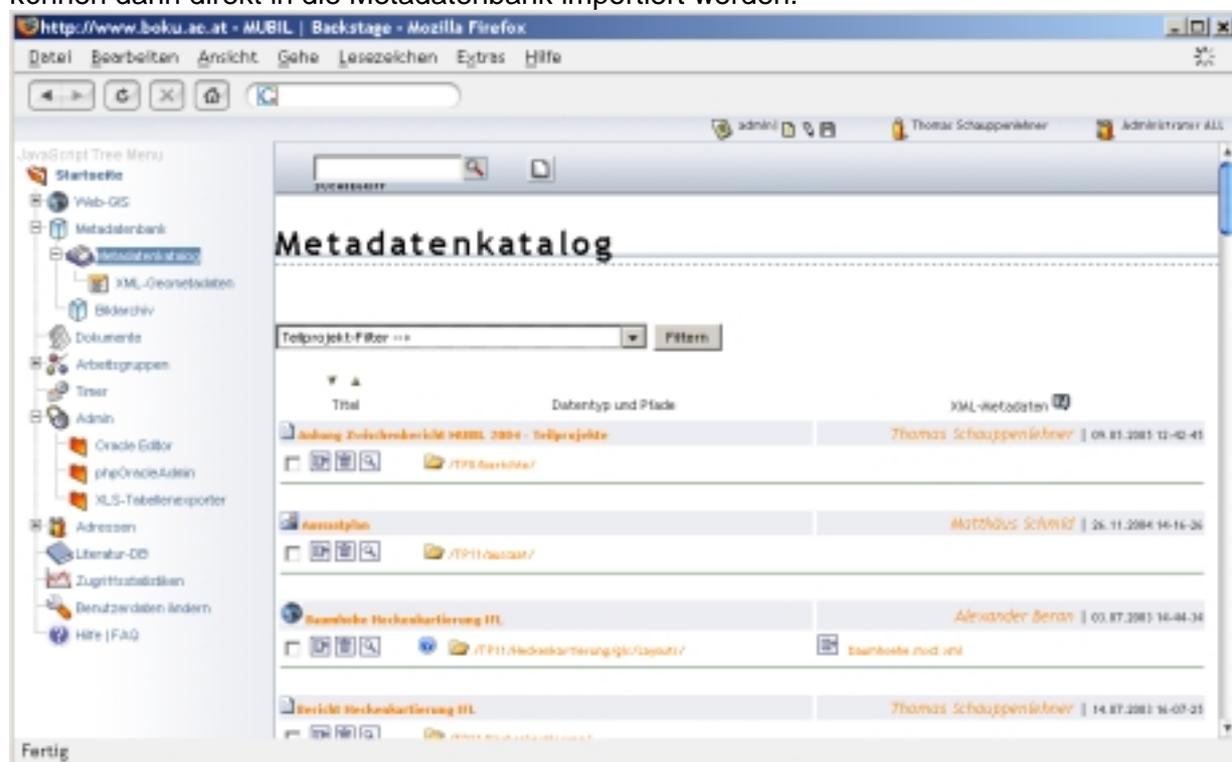


Abbildung 19: Metadatenbank mit Suchfunktion und Filter

4.4.3.1 Bilddatenbank

Die Bilddatenbank nimmt innerhalb der Metadatenbank eine Sonderstellung ein, da die Metadaten für Bilder (JPEG-Dateien) mit Hilfe eines EXIF-Editors (z.B. Exifer, <http://www.friedemann-schmidt.com/software/exifer/>) direkt im Bild abgespeichert werden. EXIF-Daten (Exchangeable Image File Format) werden im Header der Bilddatei abgelegt, also einem Bereich am Anfang der Bilddatei noch vor den eigentlichen Bildinformationen. Die Bilddaten werden dann auf den Server kopiert, und ein Datenbankskript liest diese Metadatenangaben automatisch aus und speichert diese in der Datenbank. Der Vorteil dieser Technik besteht darin, dass die Metadaten im Bild erhalten bleiben, also auch nach Dateioperationen wie Kopieren, Downloaden etc. noch abrufbar sind.

Der Bildkatalog bietet eine Suchfunktion, einen Teilprojektfiler, sowie eine Zeitleiste. Die Teilprojekte sind durch die Anlage von Alben weiter unterteilbar, und die Zeitleiste ermöglicht die Auswahl aller Bilder aus einem bestimmten Zeitsegment (Monat).

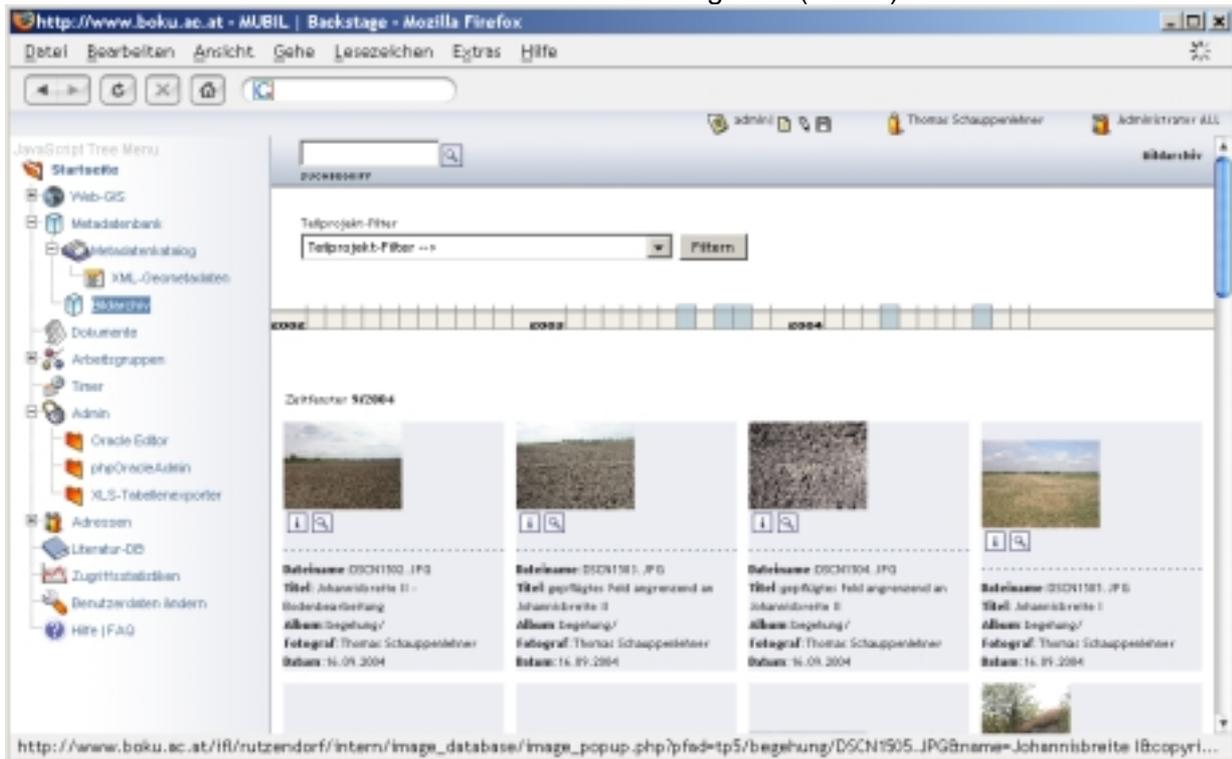


Abbildung 20: Bilddatenbank mit Suchfunktion Filter und Zeitleiste

4.4.4 User Interface (GUI)

Nach Fertigstellung der Datenbank wurde das Hauptaugenmerk auf den Feinschliff der Benutzeroberfläche sowie auf die Fehlerkorrektur gelegt.

Die Benutzeroberfläche sollte einfach und selbsterklärend sowie nach dem „HTML 4.01 Transitional“-Standard (W3C Consortium 2005) aufgebaut sein, um weitgehende plattformunabhängigkeit und Browser-Kompatibilität zu gewährleisten.

Die Navigation erfolgt über eine Baumstruktur, die dynamisch entsprechend der Benutzerrechte generiert wird.

4.5 Ergebnisse und Diskussion

Metadaten definieren sich als „Daten über Daten“. Sie beschreiben verschiedene Eigenschaften von Datensätzen und stellen so einen inhaltlichen Kontext her. Grundsätzlich betrachtet machen also erst Metadaten aus Daten Informationen (Strobl 1995).

Durch die große Zahl an Teilprojekten und Projektdaten wurde ein System zur Sortierung, Klassifizierung und Bereitstellung benötigt, welches im Rahmen einer Metadatenbank umgesetzt wurde.

Ziel dabei war es, die notwendigen Beschreibungsfelder für die Metadaten weitgehend zu standardisieren und auf ein Minimum zu reduzieren, um die Eingabe effizient und einfach zu gestalten. Für einen gesicherten Datenaustausch wurde die Struktur der Metadatenbank an den DublinCore Standard (<http://dublincore.org/>) angelehnt (Domingus, Feijen 2004).

Die Datenbank wurde entsprechend der Vorgaben, die durch eine Befragung sowie Einzelgespräche (vgl. Zwischenbericht 2003) definiert wurde umgesetzt und ist für alle Benutzer nach vorheriger Registrierung zugänglich. Eine Integration der Daten in andere

Applikationen (z.B. externe Website, etc.) ist durch eine strikte Trennung der Daten von der grafischen Aufbereitung problemlos möglich.

4.6 Schlussfolgerungen

Die Metadatenbank ist als zentrale Datenschnittstelle für alle im Projekt tätigen Arbeitsgruppen konzipiert worden. Darüber hinaus wurden durch die Integration eines Terminkalenders, einer Adressdatenbank sowie eines Literaturverzeichnisses Werkzeuge geschaffen, die die Koordination der Projekte im Gesamtkontext vereinfachen helfen.

Die Metadatenbank und die anderen Komponenten wurden im Projektalltag von den einzelnen Arbeitsgruppen in sehr unterschiedlicher Intensität genutzt, dementsprechend unterschiedlich war auch das Problemverständnis bezüglich der Sorgfalt bei der Datendokumentation.

Durch die Verwendung von „Cascading Style Sheets“ (CSS) für den Aufbau der grafischen Oberfläche konnten die Daten klar vom optischen Erscheinungsbild getrennt werden. Dadurch kann eine einfache Integration der Daten in anderen Benutzerumgebungen (z.B. externe Website) gewährleistet werden.

Da das bisherige System ausschließlich für die interne Verwendung vorgesehen war, soll ein Folgeprojekt auf diesem Datenpool aufsetzen, und eine Portal-Website entwickeln, die für Interessierte über das Internet zugänglich ist.

4.7 Literaturverzeichnis

Domingus, M., Feijen, M. (2004): Dare use of Dublin Core. Sticking Surf.

Strobl, J. (1995): „Grundzüge der Metadatenorganisation für GIS.“ In: Dollinger, F., Strobl, J. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VII. Salzburger Geographische Materialien, 22, Universität Salzburg: 275-282.

W3C Consortium (2005): HyperText Markup Language: <http://www.w3.org/MarkUp/> [5.12.2005]

5 TEILPROJEKT 5: BODENINFORMATIONSSYSTEM

Titel: Analysen der Zusammenhänge zwischen Kleinrelief und Bodenschätzungsdaten in einer alluvialen Landschaft zur Erstellung verbesserter Bodenkarten

BearbeiterInnen: A. Muhar, T. Schauppenlehner
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien

5.1 Zusammenfassung / Summary

Das Teilprojekt „Bodeninformationssystem“ hatte die Erstellung einer verbesserten Bodenkarte für den landwirtschaftlichen Betrieb Rutzendorf zum Ziel. Ausgehend von den Punktdaten aus der österreichischen Finanzbodenschätzung sollte durch Einbeziehung von Relief-Parametern eine Bodenkarte interpoliert werden. Als Interpolationsmethoden wurden sowohl statistische (Regressionsmodelle), als auch geostatistische Verfahren (Cokriging) verwendet. Räumlich hoch aufgelöste Ertragsdaten, die für ausgewählte Schläge über mehrere Jahre erhoben wurden, dienten zur Evaluierung der Ergebnisse.

The goal of the project “Soil Information System” was to create improved soil maps for the farm Rutzendorf. Based on point data from the Austrian soil taxation a predicted soil map was developed using relief parameters. For the interpolation we used statistical regression as well as geostatistical models (Cokriging) For the validation of the predicted results we used crop data which are available for selected areas for several years.

5.2 Einleitung

Viele Fragestellungen des landwirtschaftlichen Betriebsmanagements (z.B. Precision Farming, Versuchsplanung) und der landschaftsökologischen Forschung erfordern ein flächenhaftes Vorliegen von Bodeninformationen in hoher Auflösung und Qualität (Schwarz et al. 2001, Fink & Reiche 1999). Konventionelle Bodenkarten, wie etwa die Bodenschätzungskarten der österreichischen Finanzbodenschätzung (Wagner, 2001) können diese Anforderungen oft nicht oder nur unzureichend abdecken (Schauppenlehner & Muhar 2004).

Im Rahmen dieser Arbeit sollten Interpolationsmethoden erarbeitet werden, um aus den Punktdaten der österreichischen Finanzbodenschätzung mit Hilfe von Reliefparametern verbesserte Bodenkarten zu erstellen.

5.3 Thema und Ziele der Arbeit

Die Daten der Finanzbodenschätzung sind für alle landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs vorhanden und stellen einen bislang ungehobenen Datenschatz dar. Die Punktdaten (40-60m Raster) werden für die Besteuerung zwar zu Flächeneinheiten zusammengefasst, liefern aber aufgrund der scharf abgebildeten Grenzen ein ungenaues Bild der kontinuierlichen Übergänge zwischen Bodeneinheiten.

Während bei traditionellen Bodenkartierungen die eindeutige Klassifikation eines Bodens im Vordergrund steht, können mit Hilfe von GIS-gestützter digitaler Bearbeitung auch unscharfe Klassifikationen bzw. Klassenübergänge modelliert werden (Bragato 2004).

5.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Die Parameter, welche die räumliche Verteilung von Bodeneigenschaften steuern, sind die Reliefeigenschaften, das Ausgangsmaterial, die Klimaeinflüsse, die Bodenorganismen sowie die Zeit (Sinowski & Auerswald 1999), wobei das Relief und das Ausgangsmaterial meist den Haupteinfluss bilden (Thomas et al. 1999).

5.5 Material und Methoden

5.5.1 Bodendaten

Die wichtigste Datenquelle für Bodeneigenschaften waren die Punkt- und Flächendaten der Finanzbodenschätzung (Ackerzahl, Horizontaufbau, Textur).

5.5.2 Geländeparameter

Für das Projektgebiet wurde seitens des Instituts für Vermessung, Fernerkundung und Geoinformation aus Stereo-Luftbildern ein digitales Geländemodell mit 1m Auflösung erstellt

Zur Ermittlung der Reliefparameter (Hangneigung, Krümmung, Hangrichtung, etc) wurden verschiedene Software-Produkte getestet, da hier sehr unterschiedliche Modelle und Algorithmen Verwendung finden. Die besten Ergebnisse wurden mit den Programmen ILWIS (<http://www.itc.nl/ilwis/>) vom „International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation“ sowie SAGA (<http://www.saga-gis.uni-goettingen.de/>) von der Arbeitsgruppe Geosystemanalyse des „Geographischen Instituts der Universität Göttingen“ erzielt.

Zur Optimierung der Geländeparameter wurden Testreihen mit unterschiedlichen Modellauflösungen durchgeführt (1m, 5m, 10m, 20m), wobei sich das Modell mit 5m Auflösung am besten eignete, da sehr feine Strukturen und Artefakte geglättet wurden, das Feinrelief der ehemaligen Au-Landschaft aber erhalten blieb.

5.5.3 Ertragsdaten

Die verschiedenen Interpolationsmodelle wurden mit Hilfe von Ertragsdaten validiert. Am landwirtschaftlichen Betrieb Rutzendorf kommt das System AFS Yield Monitor der Firma CASE zum Einsatz. Die räumliche Auflösung der Ertragsdaten ergibt sich aus der Breite des Mähreschers und dem Zeitabstand zwischen Wägevorgängen, im vorliegenden Fall entsteht daraus standardmäßig ein Raster von 5m x 5m. Der Lagefehler liegt bei dem eingesetzten System im Bereich unter 2m. Die von der Erntemaschine erhobenen Daten sind jedoch Rohdaten mit einer Vielzahl an Fehlern und Verzerrungen, welche korrigiert werden müssen, um eine saubere Datengrundlage für die nachfolgenden Analysen zu erhalten (Muhar & Schauppenlehner 2005). Bezüglich der Details zur Datenaufbereitung und –integration wird auf die Ausführungen im Zwischenbericht 2003 verwiesen.

5.5.4 Interpolationsmethoden und statistische Modelle

Zur Ausweisung der relevanten Reliefparameter wurden explorativ Korrelationen zwischen den Geländeparametern und den Ertragsdaten untersucht, wobei hier festgestellt wurde, dass höhere Erträge vor allem am Boden der feinen Geländemulden zu finden sind, während die Hangbereiche der Mulden tendenziell niedrigere Erträge aufweisen.

Die Modelle, welche die Grundlage der verbesserten Bodenkarte bilden, basieren auf nicht-räumlichen multivariaten statistischen Analysen sowie auf räumlichen Interpolationsmethoden (Kriging, Co-Kriging).

5.6 Ergebnisse und Diskussion

Durch die relativ großen Abstände zwischen den einzelnen Messpunkten (40-60m) ist die Methode des einfachen Kriging (Ordinary Kriging) nicht zielführend, da über diese Distanz eine räumliche Korrelation nicht aufrechtzuerhalten ist (Abb. 22 im Anhang) und Mikrostrukturen ignoriert werden. Ausgehend von der Annahme, dass die Bodenqualität in sehr hohem Maße von Geländeparametern beeinflusst wird (THOMAS et al. 1999), kann aber das Cokriging angewendet. Diese Methode ermöglicht die Schätzung einer regionalisierten Variable unter Verwendung weiterer Datensätze, die mit der Ausgangsvariable korrelieren (KAPPAS 2001).

Durch die Optimierung des Geländemodells und die Einbeziehung der Landformen in die statistische Rechnung konnten beim Cokriging-Modell (Abb. 21 im Anhang), bessere Ergebnisse erzielt werden. Auffällig bei der Regression (Abb. 22 im Anhang) ist nach wie vor das sehr niedrige Bestimmtheitsmaß, welches kaum über 15% geht. Die Korrelation der einzelnen Parameter ist aber hoch signifikant. Auf die Gesamtfläche gerechnet decken sich die Ergebnisse mit jenen der Finanzbodenschätzung sehr gut (Mittelwerte), wobei insbesondere die Übergänge zwischen den einzelnen in der Schätzungskarte scharf abgegrenzten Einheiten gut abgebildet werden.

Die verschiedenen Co-Kriging Modelle lieferten im Vergleich zur nicht-räumlichen Regression ein weniger befriedigendes Ergebnis.

5.7 Schlussfolgerungen

Die bisherigen Ergebnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Ertragsdaten und Geländeparametern auf der einen Seite, und Ertragsdaten und Bodenschätzungsdaten auf der anderen. Die Cokriging- und insbesondere die nicht-räumlichen Regressionsmodelle auf Basis von Geländeparametern lieferten für die vorhandenen Daten zufriedenstellende Ergebnisse.

Dennoch muss festgestellt werden, dass die Ackerzahl eine Komplexgröße ist die von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Zur Verfeinerung und Verbesserung des Modells wären demnach weitere Datensätze zu Korngrößen, Mächtigkeit der Feinbodenaufgabe oder multispektrale Satellitendaten für Vegetationsindices notwendig.

Eine komplette Darstellung des Bodenbildungsprozesses wird allerdings kaum möglich sein, weil als Datenquelle ja immer nur die aktuelle morphologische Ausprägung gegeben ist und viele historische Entwicklungen in einem Schwemmland (z.B. wiederholte Materialumlagerungen) auf dieser Basis nicht mehr zu rekonstruieren sind (Schauppenlehner & Muhar 2004).

5.8 Literaturverzeichnis

- Bragato, G. (2004): Fuzzy continuous classification and spatial interpolation in conventional soil survey for soil mapping of the lower Piave plain. *Geoderma* 118, 1-16
- Fink, M., and E.-W. Reiche. (1999): Erprobung und Anwendung einer Methode zur digitalen flächenhaften Übertragung von punktbezogenen Bodeninformationen. In: (Hrsg): J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner: AGIT Angewandte Geographische Informationsverarbeitung Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2001: S. 212-221.
- Kappas, M. (2002): Geographische Informationssysteme, Das Geographische Seminar. Westermann. Braunschweig
- Muhar, A., Schauppenlehner, T. (2005): Ableitung detaillierter Bodeninformation aus Daten der Finanzbodenschätzung und Geländeparametern mit Hilfe von geostatistischen Methoden. In: Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft: 50 Jahre Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, 10.-11.5. 2004, Wien, 72, 103-109; Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Wien; ISSN 0029-893-X.

- Schauppenlehner, T., Muhar, A. (2004): Analysen der Zusammenhänge zwischen Kleinrelief und landwirtschaftlichen Ertragsdaten in einer alluvialen Landschaft zur Erstellung verbesserter Bodenkarten. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G.: Angewandte Geoinformatik 2004, 2004, Salzburg, 585-594; Wichmann, Heidelberg; ISBN 3-87907-406-2.
- Sinowski, W., K. Auerswald. (1999): Using relief parameters in a discriminant analysis to stratify geological areas with different spatial variability of soil properties. *Geoderma* 89: S 113–128.
- Thomas, A. L., D. King, E. Dambrine, A. Couturier, J. Roque. (1999): Predicting soil classes with parameters derived from relief and geologic materials in a sandstone region of the Vosges mountains Northeastern France. *Geoderma* 90: S 291-305.
- Wagner, J. (2001): Bodenschätzung in Österreich. In: Bodenaufnahmesysteme in Österreich. *Mitteilungen Österr. Bodenkundliche Gesellschaft* 62, 69-104

5.9 Anhang

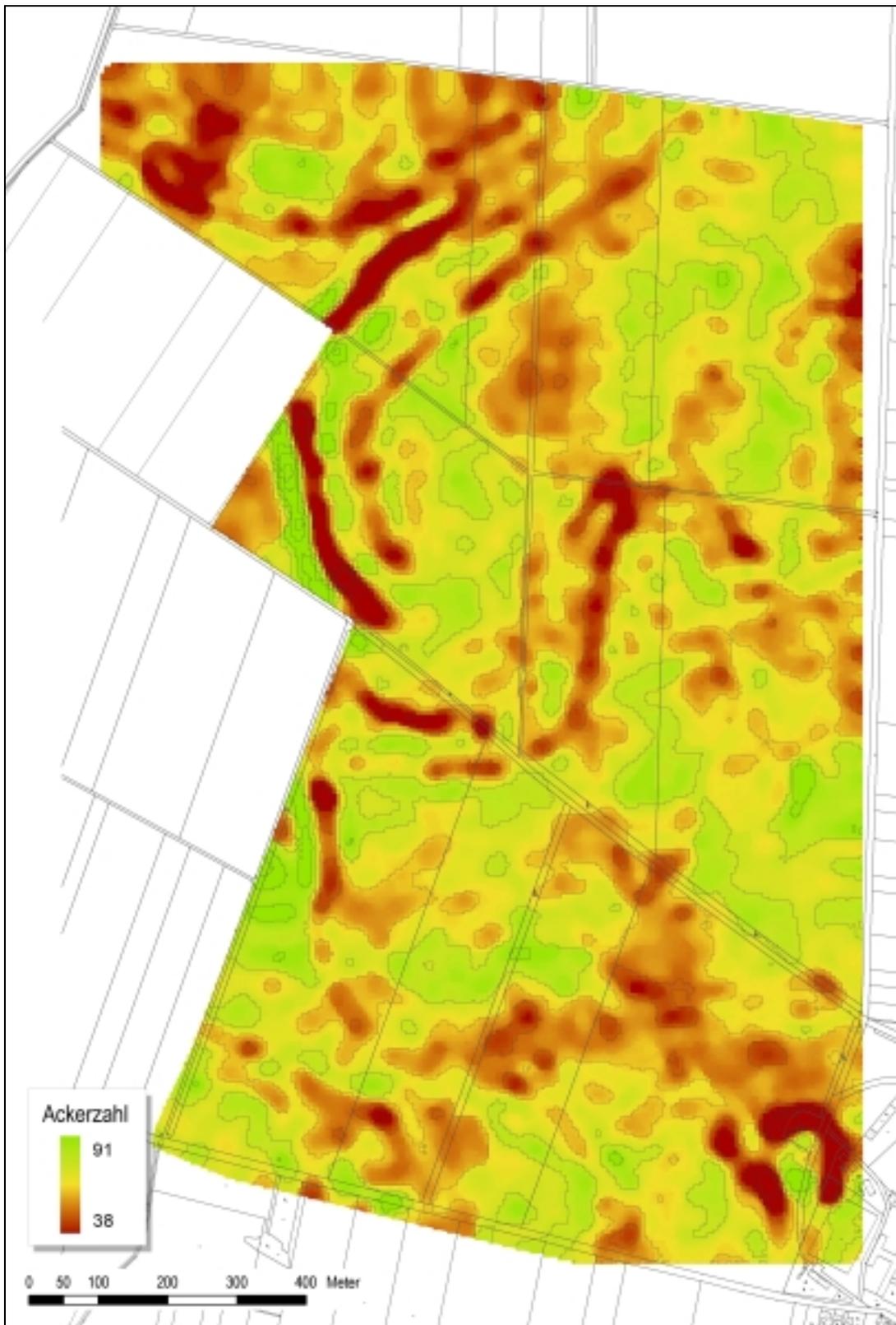


Abbildung 21: Cokriging-Modell basierent auf den Parametern Hangneigung, Kurvatur und Landformenmodell

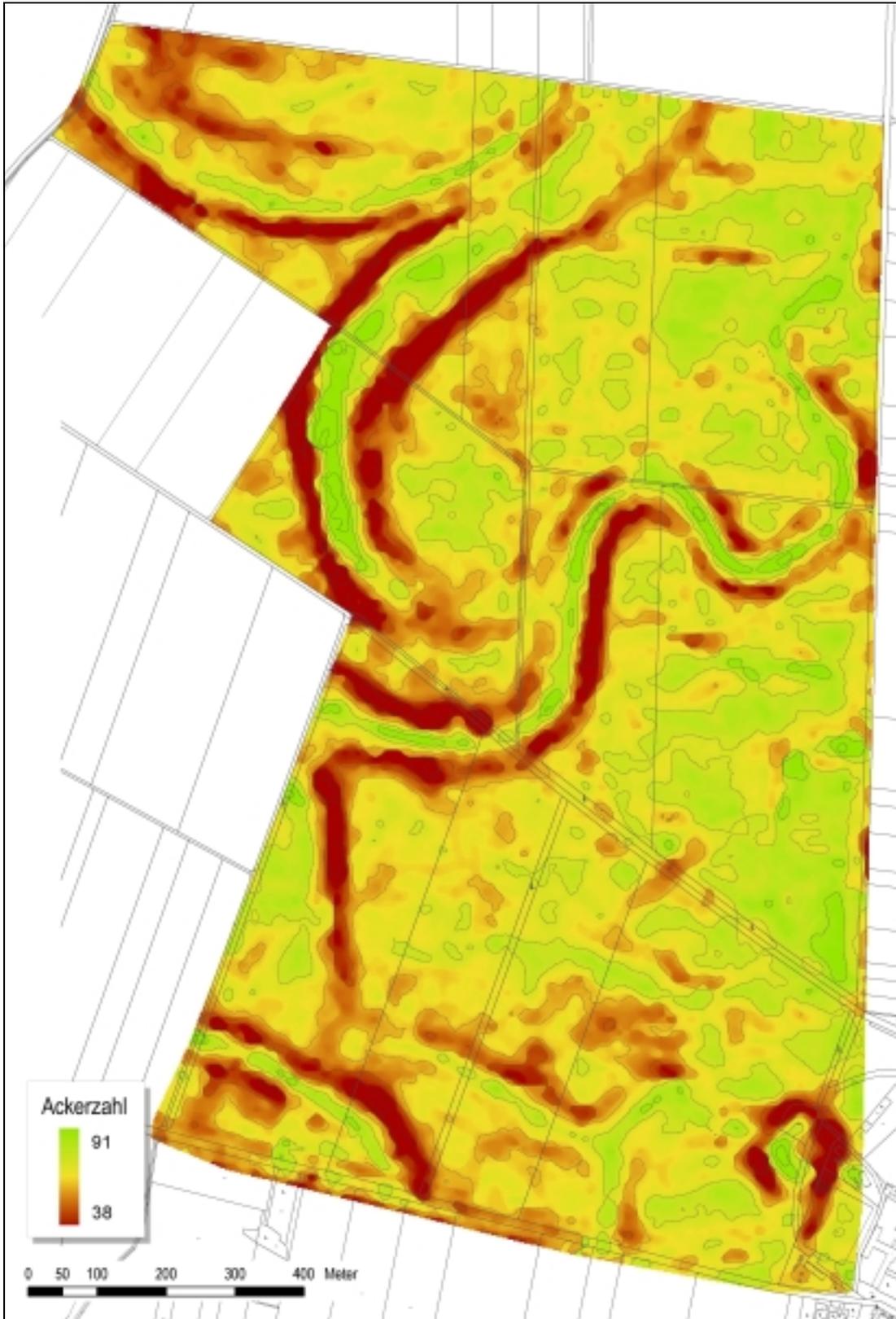


Abbildung 22: Regressionsmodell ($801.615 - (\text{Profil Kurvatur} * 1.163) - (0.032 * [\text{Differenz zur Südost-Richtung (120 Grad)}] - (\text{DHM5m} * 4.723) - (\text{Hangneigung} * 8.349)$)

6 TEILPROJEKT 6: AGRARMETEOROLOGIE

Titel: Monitoring des Witterungs- und Klimaverlaufs und mikroklimatischer Einflussgrößen in der Umstellung auf den biologischen Landbau

BearbeiterInnen: J. Eitzinger¹, Th. Gerersdorfer¹, P. Rischbeck¹, H. Schume², F. Holawe³

¹Institut für Meteorologie, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, BOKU Wien.

²Institut für Waldökologie, BOKU

³Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Wien

6.1 Zusammenfassung / Summary

Das Teilprojekt Agrarmeteorologie umfasst einerseits agrarmeteorologische Dauermessungen zur laufenden Beobachtung und Dokumentation der Witterungsverhältnisse vor Ort während der Projektlaufzeit und andererseits spezifische Untersuchungen zum mikroklimatischen Einfluss von Hecken auf benachbarte Felder. Die kontinuierliche agrarmeteorologische Messstation wurde kalibriert, installiert und im Mai 2003 am Versuchsstandort in Rutzendorf aufgestellt.

Während der Vegetationsperiode wurden in jedem Jahr agrarmeteorologische Transektmessungen zu einer Hecke durchgeführt. Im besonderen wurden dabei das horizontal-vertikale Windprofil und das horizontale Profil von Niederschlag, Strahlung, Taubildung untersucht. Zusammenfassend zeigt sich eine verschieden ausgeprägte Abhängigkeit des Verlaufs und der Größe der verschiedenen Parameter zum Abstand und zur Orientierung der Hecke.

The sub-project Agrometeorology consists of continuous agrometeorological measurements for weather monitoring and documentation during the project lifetime on the one hand and of specific microclimatic investigations of the impact of hedgerows on neighbouring fields on the other hand. The permanent agrometeorological station was calibrated and installed in May 2003 on the test site in Rutzendorf.

During the vegetation period specific measurement campaigns - agrometeorological transect measurements to a hedgerow – were carried out every year. Especially, horizontal-vertical wind profiles and horizontal profiles of precipitation, global radiation and dew occurrence were measured. In general a variable correlation of the course and size of the various parameters to the distance to - and orientation of the hedgerow was observed.

6.2 Einleitung

Als Referenz für alle Teilprojekte erfolgt die Erfassung wichtiger Witterungsparameter durch eine kontinuierliche automatische agrarmeteorologische Messstation, wo Luft- und Bodentemperaturen, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Strahlungsbilanz, Taubildung, Wind, Niederschlag und Bodenwassergehalt kontinuierlich und in verlässlicher Genauigkeit erfasst werden.

Die speziellen und temporär durchgeführten Transektmessungen sollen vor allem den mikroklimatischen Einfluss von Hecken im pannonischen Klimaraum (am Standort Rutzendorf) auf ihre Umgebung untersuchen.

6.3 Thema und Ziele der Arbeit

Gegenstand der Untersuchungen ist der Einfluss einer Hecke auf ausgewählte mikroklimatische Parameter (Strahlung, Verdunstung, Niederschlag, Wind und Tau).

Ziel ist es - in Abstimmung und Kooperation mit anderen Teilprojekten - Besonderheiten des Mikroklimas im Nahbereich von Hecken (Windschutzgürtel) zu beschreiben.

6.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Die Optimierung lokalklimatischer und mikroklimatischer Verhältnisse, sei es durch Gestaltung der Landschaftselemente (z.B. Hecken) oder durch die zeitlich-räumliche Ausprägung der Bodenbedeckung durch die angebauten Kulturpflanzen oder durch Mulchdecken können wesentlich zum Erfolg oder Misserfolg eines Produktionssystems an einem bestimmten Standort beitragen. Jede Veränderung in der Bestandesstruktur eines Pflanzenbestandes, von Landschaftselementen wie Hecken oder der Bodenbedeckung in räumlich-zeitlicher Hinsicht kann in Abhängigkeit des vorherrschenden Standortklimas und der Witterung vielfältige kurz- und langfristige Auswirkungen auf das Mikroklima und das Lokalklima haben (z.B. Cleugh, 1998; McAneney et al., 1990; Groot and Carlson, 1996). Das veränderte Mikro- und Lokalklima wirkt wiederum auf den Pflanzenbestand und kann die Standortbedingungen für die Pflanzen und die Ökologie entscheidend verändern, was aus vielen Untersuchungen bekannt ist, wie z.B. in Agro-Forestry Systemen (z.B. Benzarti, 1999; Lin et al., 1999; Boahua et al., 2000).

6.5 Material und Methoden

Die Messungen des Teilprojektes Agrarmeteorologie, d.h. Dauerstation und temporäre Transektmessungen erfolgten im Schlag 1, hauptsächlich im Transekt Süd und teilweise auch im Transekt Nord .

Als Referenz für alle Teilprojekte erfolgt die Erfassung wichtiger Witterungsparameter durch eine automatische agrarmeteorologische Messstation, wo Luft- und Bodentemperaturen, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Strahlungsbilanz, Taubildung, Wind, Niederschlag und Bodenwassergehalt kontinuierlich und in verlässlicher Genauigkeit erfasst werden. Die speziellen Transektmessungen sollen vor allem den mikroklimatischen Einfluss von Hecken im pannonischen Klimaraum (am Standort Rutzendorf) auf ihre Umgebung untersuchen.

Die temporären Transektmessungen dienen der quantitativen Erfassung ausgewählter mikroklimatischer Parameter und der Untersuchung des Einflusses der Heckenform. Die Hecke im Schlag 1 verläuft in nordwestlicher-südöstlicher Ausrichtung und hat im Bereich des Transektes eine Höhe von etwa 8 m und eine Breite von etwa 6 m, d.h. das Mess-Transekt verläuft in nordwestlicher-südöstlicher Richtung (Abbildung 23).



Abbildung 23: Die Messstationen der Transektmessung auf der Südost-Seite der Hecke (26. Juni 2003, Bildmitte: die Dauerstation, rechts davon die Windmessungen). Links von der Dauerstation – etwas undeutlich zu erkennen- die eigentlichen Transektmessungen 2003.

6.6 Ergebnisse und Diskussion

6.6.1 Beschreibung der Witterung in Rutzendorf 2003-2005 - Dauerstation

Die agrarmeteorologische Dauermessstation in Rutzendorf wurde Anfang April 2003 in Betrieb genommen und liefert seither (mit wenigen Unterbrechungen) Witterungsdaten in 15-Minuten Mittelwerten. Aus diesen Daten wurden Tagesdaten errechnet, aus denen der Witterungsverlauf der gesamten Messperiode (Abbildung 24 bzw. Anhang) ersichtlich ist.

Das Jahr 2003 zeichnete sich durch extreme Trockenheit und Hitze besonders von Juni bis September aus, wobei häufig Tagesmittel der Lufttemperatur von 20-25 Grad Celsius erreicht wurden, die deutlich über den langjährigen Monatsmitteln lagen. Die allgemeine Trockenheit wurde in Rutzendorf durch einzelne lokale Gewitterniederschläge jedoch etwas gemindert – im Vergleich zu anderen Gegenden. Bis in den Dezember blieb das Jahr relativ warm und trocken, wobei sich der oberflächliche Bodenwassergehalt im Herbst aufgrund fehlender Transpiration der Pflanzen wieder etwas erholte.

Das Jahr 2004 (Abbildung 24) begann mit niedrigeren Temperaturen, die sich im Vergleich zu 2003 das ganze Jahr fortsetzten. Im Frühjahr traten einzelne sehr warme Perioden von kurzer Dauer auf.

Der oberflächliche Bodenwassergehalt erholte sich im Frühjahr und blieb bis zum April nahe der Feldkapazität. Danach erfolgte ein starker und schneller Rückgang aufgrund der starken Transpiration und des Wuchses der Luzerne und der relativ geringen Niederschläge in diesem Zeitraum. Bis in den September blieb die Situation relativ stabil mit einer leichten Erholung des Bodenwassergehaltes aufgrund der zunehmenden Niederschläge und relativ niedriger Temperaturen. Im September, vor dem Umbruch der Luzerne, erfolgte die Umstellung der Station in das benachbarte Gerstenfeld. Ab Oktober zeigten sich dort aufgrund signifikanter Niederschläge wieder relativ hohe oberflächliche Bodenwassergehalte.

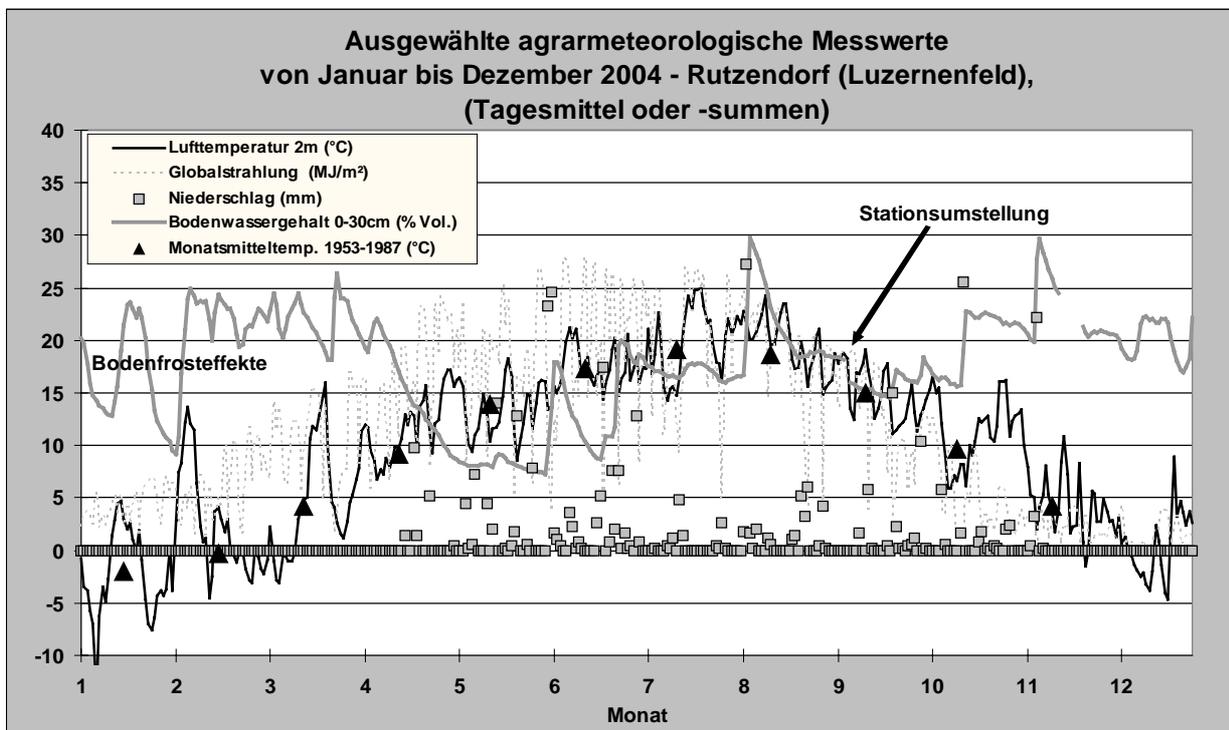


Abbildung 24: Witterungsverlauf in Rutzendorf 2004.

Der Herbst und Winter zeigten sich bis in den Jänner relativ warm, wobei ab Februar bis März 2005 ein Wintereinbruch mit viel Schnee und niedrigen Temperaturen erfolgte. Zu dieser Zeit waren entlang der Hecken starke Schneewehen zu beobachten (siehe 6.6.5).

Ab Mitte März 2005 erfolgte eine rasche Erwärmung mit im Vergleich zu den mehrjährigen Monatsmitteln höheren Temperaturen, ab August lagen die Temperaturen jedoch niedriger. Besonders das Frühjahr war bis in den Juli relativ trocken mit einer deutlichen Abnahme des oberflächlichen Bodenwassergehaltes unter Gerste von April bis Juli. Danach erholte sich dieser im Juli und August aufgrund hoher Niederschläge und Brache deutlich, im niederschlagsarmen September nahm der Bodenwassergehalt wieder deutlich ab. Zusammenfassend lässt sich das Jahr 2003 mit einem extrem heißen und trockenen Sommer charakterisieren, das Jahr 2004 als ein weitgehend „normales“ Jahr, und das Jahr 2005 als ein Jahr mit sehr kaltem schneereichen Spätwinter und einem trockenem warmen Frühjahr (die entsprechenden Abbildungen zum Witterungsverlauf der Jahre 2003 und 2005 finden sich im Anhang).

6.6.2 Ergebnisse der Transektmessungen

Während der 3-jährigen agrarmeteorologischen Untersuchungen am Standort Rutzendorf zum Thema „Einfluss der Hecken auf das Mikroklima der Umgebung“ wurden bisherige qualitative Erkenntnisse bestätigt, jedoch auch neue quantitative Daten zur Beschreibung des Heckeninflusses durch die Transektmessungen gewonnen. So wurde ermittelt, dass die windbremsende Wirkung der untersuchten 8 m hohen Hecke bei vertikaler (90°) Anströmung bis ca. 100 m in das Feld hineinreicht, was ebenfalls das Verdunstungspotential deutlich beeinflusste (Evaporimeter-Messungen). Die Evaporimeter-Messungen zeigten im Transekt eine deutliche Abnahme mit abnehmenden Abstand zur Hecke (siehe 6.6.4).

Die aktuelle Verdunstung des Pflanzenbestandes im Transekt ist jedoch schwieriger zu bestimmen, da diese vom verfügbaren Bodenwassergehalt und dem Zustand der Vegetationsdecke mitbestimmt wird (siehe Teilprojekt 3, Bodenwasserhaushalt). Der Bodenwassergehalt im Transekt zur Hecke wird wiederum durch die Wurzelkonkurrenz der Hecke, die Niederschlagsänderung im Nahbereich der Hecke, die Schneeablagerung entlang der Hecke und das Verdunstungspotential bestimmt.

Der Niederschlag wird den Messungen nach im Mittel nur im Nahbereich der Hecke (wenige Meter) verringert, im Luv der Hauptwindrichtung mehr als im Lee (Abbildung 25). Auch auf die Dauer der Taubenetzung hatte der Abstand zur Hecke und die Himmelsausrichtung einen deutlichen Effekt, die Taumengen wurden bisher aber nicht quantitativ bestimmt.

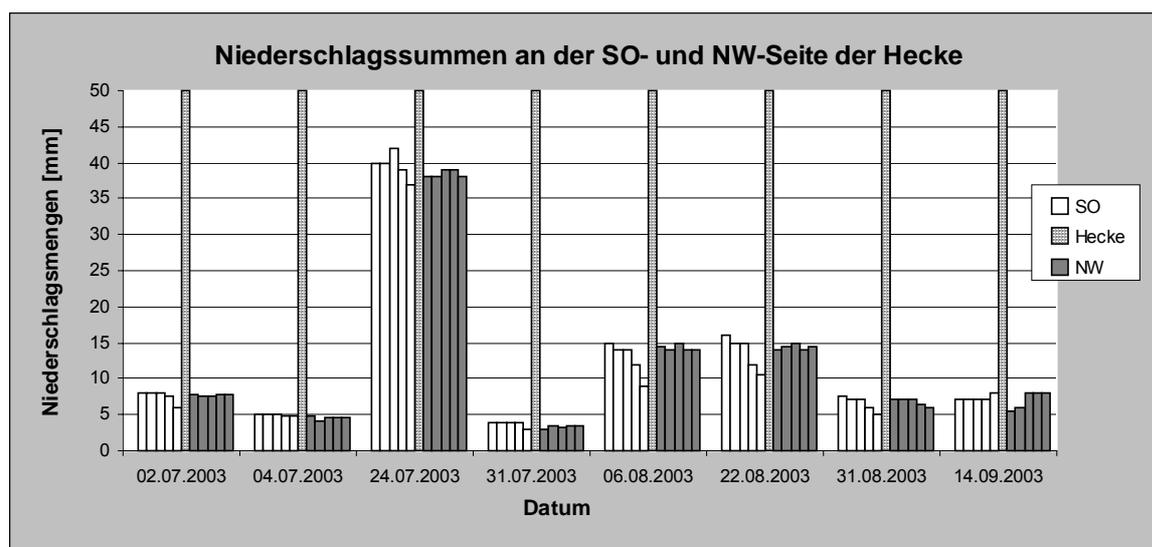


Abbildung 25: Niederschlagssummen zu beiden Seiten der Hecke im Sommer 2003. Die Gesamtsummen der einzelnen Niederschlagsereignisse zeigen ein ähnliches Bild (Abbildung 32 im Anhang).

Ein besonders deutlicher Effekt auf den Wassereintrag konnte durch Schneeablagerungen (Schneewehen) im Jahr 2005 festgestellt werden, wobei hier im Nahbereich der Hecke bis zu 30% des Jahresniederschlages (ca. 160 mm) eingebracht wurden, was auch einen deutlich sichtbaren Ertragseffekt im Nahbereich der Hecke im Jahr 2005 erbrachte (siehe auch Teilprojekt 1 und 3). Die Schneeablagerungen reichten im Luv viel weiter in das Feld als im Lee – mit einer deutlichen Abhängigkeit zur Dichte der Hecke. Die beobachteten signifikanten Schneewehen traten bisher nur in einem Jahr auf, was auf eine hohe interannuale Variabilität dieses Effektes hinweist. Wichtige Informationen zur Heckengestaltung ließen sich bei weiterer näherer Analyse daraus ebenfalls ableiten.

6.6.3 Einfluss der Hecke auf Temperatur, Wind, Strahlungsverlauf und Tau

Der Einfluss der Hecke zeigt sich grundsätzlich in einem Abschattungseffekt, der durch die Hecke selbst verursacht wird und in erster Linie abhängig ist von der Höhe, Breite und Dichte der Hecke; dieser Einfluss schlägt sich z.B. bei der Betrachtung der Strahlungsverlaufes nieder. Die anderen betrachteten Parameter sind in weiterer Folge noch abhängig von den vorherrschenden äußeren Bedingungen, wie Windstärke, Windrichtung, Sonneneinstrahlung, Niederschlags- und auch den Temperaturverhältnissen (Abbildung 26). Der Einfluss des Windes im Lee reicht bis etwa zur 10-12fachen Distanz der Heckenhöhe. Ergänzende Beispiele für den Temperaturverlauf und Beeinflussung der Windverhältnisse sind im Anhang angeführt (Abbildung 33, Abbildung 34 und Abbildung 35).

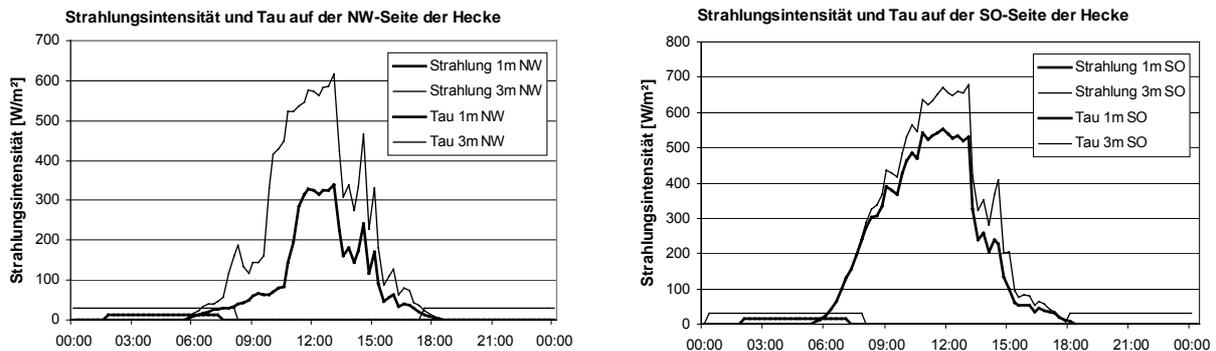


Abbildung 26: Einfluss der Hecke auf die Strahlungsintensität und die Dauer der Tauereignisse im Abstand von 1 m und 3 auf beiden Seiten der Hecke.

6.6.4 Verdunstungsmessungen - Evaporimeter

Drei eingerichtete und geeichte Evaporimeter zur direkten Messung der **Referenzverdunstung des Evaporimeters** zeigen eine steigende Verdunstung mit zunehmender Distanz von der Hecke (Abbildung 27). Zur Überprüfung der absoluten Verdunstungssummen wurde zusätzlich ein Eddy-Korrelations-Messsystem installiert. Die Auswertungen sind aufgrund eines komplizierten Verfahrens zur Standortkorrektur noch nicht gänzlich abgeschlossen, lassen aber den Schluss zu, dass die robusten und einfach zu bedienenden Evaporimeter für derartige Messkampagnen gute, günstige und sehr brauchbare Ergebnisse liefern. Messungen im Sommer 2005 haben gezeigt, dass der Einflussbereich der Hecke bis zum etwa 12-fachen der Heckenhöhe (100m) reicht, dass also darüber hinaus die Bedingungen des freien Feldes repräsentativ für die Verdunstung werden.

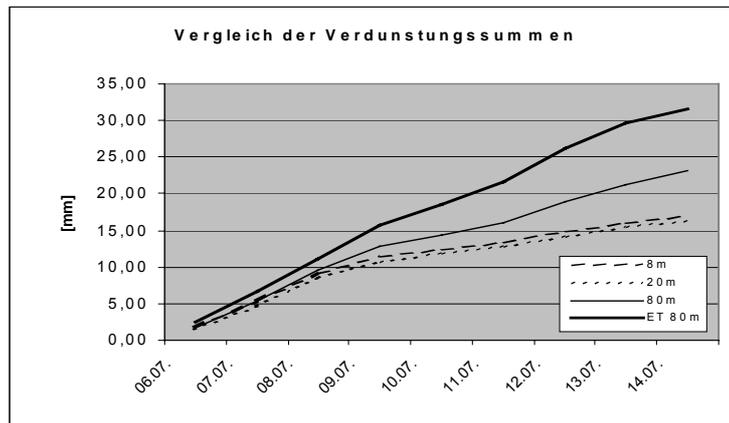


Abbildung 27: Summenlinie der Verdunstungsmengen Epot und aktuell (ET 80m) in verschiedenen Distanzen (8 m, 20 m, 80 m) von der Hecke und Gesamtsumme in der Zeit vom 6. - 14. Juli 2004 im Transekt Süd.

6.6.5 Schneedecke

Wie oben erwähnt, haben der Februar und März 2005 einen Wintereinbruch mit viel Schnee und niedrigen Temperaturen gebracht. Als Folge waren starke Schneewehen entlang der Hecken zu beobachten. Die Ergebnisse einiger Schneeprofilmessungen bis jeweils 20 m Entfernung auf beiden Seiten der Hecke sind in Abbildung 28 (1. u. 2. Bild: so-seitig, 3. Bild: nw-seitig) zu sehen.

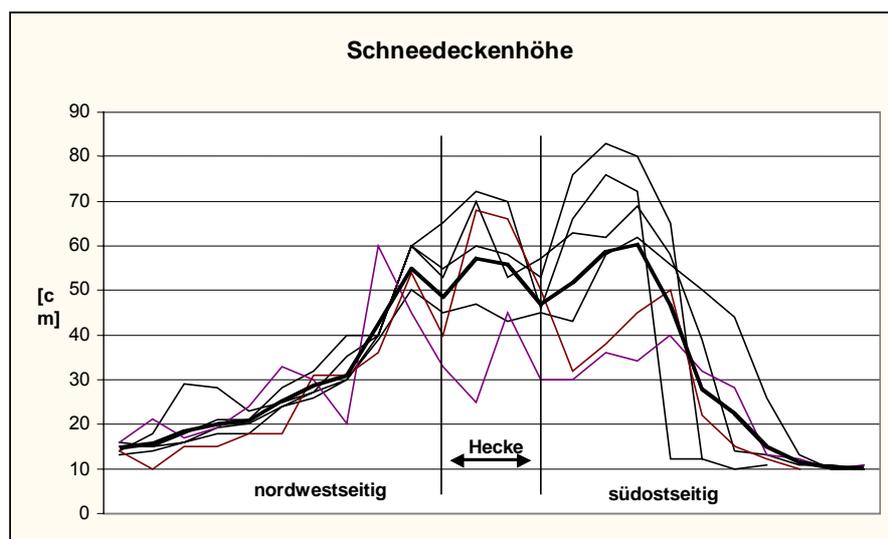


Abbildung 28: Schneeprofile vom 10. März 2005, abgebildet ist der Bereich bis 20 m Entfernung beiderseits der Hecke, die dicke Linie stellt die gemittelten Werte aller Profile dar. Der Einbruch unmittelbar nach der Hecke auf der SO-Seite ist durch die Heckenbepflanzung (Bäume) bedingt.

Ab 20 m Entfernung nimmt die Schneehöhe pro 10 m Distanz nur etwa 1 cm ab, die Schneedeckenhöhe im freien Feld betrug am 10. März 8-9 cm. Die dicke Linie stellt die gemittelten Werte aller 6 Profile dar. Es zeigt sich im Luv (nw-seitig) ein eher gleichmäßiger Anstieg der Schneedeckenhöhe zur Hecke hin, während im Lee die Schneewächten eine Höhe bis 80 cm und eine Länge – abhängig von der Heckenstruktur – bis etwa 10 m erreichten. Das Wasseräquivalent der Schneewächten ist in Bezug auf die jährliche Niederschlagsmenge beträchtlich und kann bis 10 m Distanz grob mit 30 % (nw-seitig) bzw. 50 % (in der Hecke und so-seitig) abgeschätzt werden. Inwieweit dieses Wasseräquivalent letztlich pflanzenverfügbar wird, hängt u.a. von der Schneeschmelze, den Untergrundbedingungen (Bodenfrost) und auch vom Bodenzustand ab. Genauere Untersuchungen könnten dies noch klären. Des Weiteren ist noch zu berücksichtigen, dass diese Schneewächten durch Schneeverfrachtungen entstehen, d.h. deren Wasseräquivalent z.T. zusätzlich zum gefallenem (gemessenen) Niederschlag zu sehen ist.

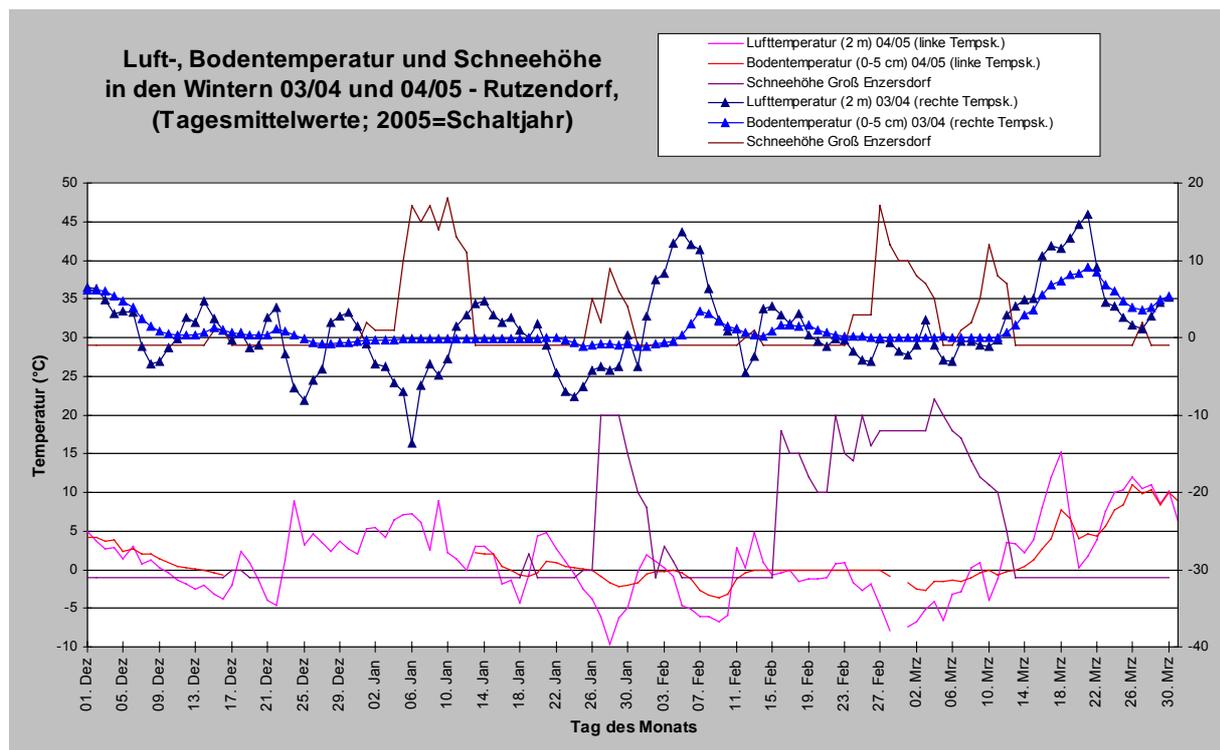


Abbildung 29: Einfluss der Schneedecke auf die Bodentemperaturen

Werden die Temperaturen der Luft und des Oberbodens im Winter miteinander verglichen, zeigt sich der isolierende Effekt der Schneedecke. Der kälteste Tag des Jahres 2004 (6. Januar) brachte einen Nachtfrost unter -18°C . Der Temperatur im Oberboden blieb aufgrund der schützenden Schneedecke konstant um die 0°C . Weniger scharfe Nachtfroste Anfang Februar 2005 führten hingegen bei fehlender Schneedecke zu einer deutlichen Auskühlung des Oberbodens. Die Schneedecke schützt Winterungen damit vor tiefen Frösten. Die kalten schneearmen Winter im Marchfeld führen oft zu erheblichen Auswinterungsschäden bei Wintergetreide oder Winterraps.

6.7 Schlussfolgerungen

Der Einfluss der Heckenstruktur in Bezug auf mikroklimatische Parameter hat sich in vielfältiger Weise gezeigt. Diese Zusammenhänge bilden die Basis für z.T. noch in Auswertung befindliche wie auch weitergehende Betrachtungen vor allem in Hinblick auf Fragestellungen, die sich bei anderen Teilprojekten ergeben haben. So haben die Ausbildung der Hecke (Höhe, Dichte bzw. Breite) und das dadurch veränderte Mikroklima bzw. die sich dadurch ändernden Verhältnisse vielfältige Auswirkungen auf Fauna, Flora und auch Bodenverhältnisse im unmittelbaren Bereich der Hecke. Fragen wie z.B. „Taubildung und -

menge - verhinderte Verdunstung?“ oder „die Bedeutung der Schneedeckenhöhe und -dauer für den Bodenwassergehalt, die Frage nach der Bedeutung des Schmelzwassers als pflanzenverfügbares Wasser; die Umgestaltung der Heckenstruktur und dadurch verändertes Mikroklimas im Hinblick auf z.B. landschaftsökologische Auswirkungen bzw. auch Folgen für die Ackerwildkrautflora bieten sich an.

Die aktuelle Transpiration aus Direktmessungen und die Evaporimetermessungen aus diesem Jahr (2005) müssen zum Teil noch ausgewertet werden, was die Ergebnisse weiter präzisieren wird. Ein weiterer Forschungsbedarf wäre hinsichtlich der Taumengen und des Einflusses der Taudauer auf die Transpiration der Pflanzen gegeben, was unter anderem im Nachfolgeprojekt geplant ist.

6.8 Literaturverzeichnis

- Boahua, P., Y. Yuxin, J. Yubin, W. Wenquan and J. Eitzinger, 2000. A study of light utilization of poplar-crop intercropping system. *Scientia Silvae Sinicae*, Vol. 36/3. Ed. By Chinese Society of Forestry, ISSN1001-7488.
- Benzarti, J., 1999. Temperature and water-use efficiency by lucerne (*Medicago sativa*) sheltered by a tree windbreak in Tunisia.- *Agroforestry Systems* 43, 95-108.
- Cleugh, H.A., 1998. Effect of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields.- *Agroforestry Systems* 41, 55-84.
- Eastham, J., Rose, C.W., 1988. The effect of tree spacing on evaporation from an agroforestry experiment.- *Agricultural and Forest Meteorology* 42, 355-368.
- Eitzinger, J. and I. Dirmhirn, 1994. Impact of the location of measurement on the reliability of climatic parameters and the influence on the output of a crop growth simulation model. Original title : "Auswirkungen des Meßortes auf die Repräsentanz einiger Witterungsparameter und auf die Ergebnisse eines Pflanzenwachstumssimulationsmodells". *Wetter und Leben*, 4/1994.
- Groot, A., Carlson, D.W., 1996. Influence of shelter on night temperatures, frost damage, and bud break of white spruce seedlings.- *Can. J. For. Res.* 26, 1531-1538.
- Lin, C.H., McGraw, R.L., George, M.F., Garrett, H.E., 1999. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices.- *Agroforestry Systems* 44, 109-119.
- Mayus, M., Van Keulen, H., Stroosnijder, L., 1999. A model of tree-crop competition for windbreak systems in the Sahel : description and evaluation.- *Agroforestry Systems* 43, 183-201.
- McAneney, K.J., Salinger, M.J., Porteous, A.S., Barber, R.F., 1990. Modification of an orchard climate with increasing shelter-belt height.- *Agricultural and Forest Meteorology* 49, 177-189.
- Mihailovic, D.T., Lalic, B., Arsenic B., Eitzinger, J. and N. Dusanic, 2002. Simulation of air temperature inside the canopy by the LAPS surface scheme. *Ecological Modelling* 147, 199-207.

6.9 Anhang

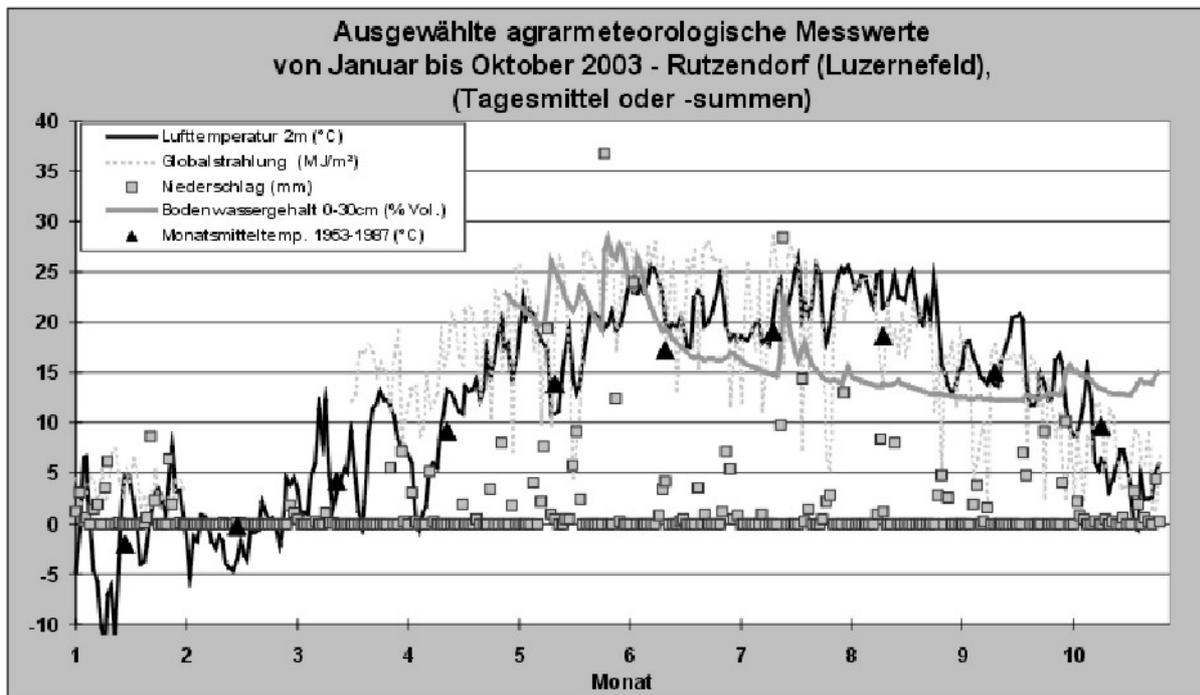


Abbildung 30: Witterungsverlauf 2003, Rutzendorf.

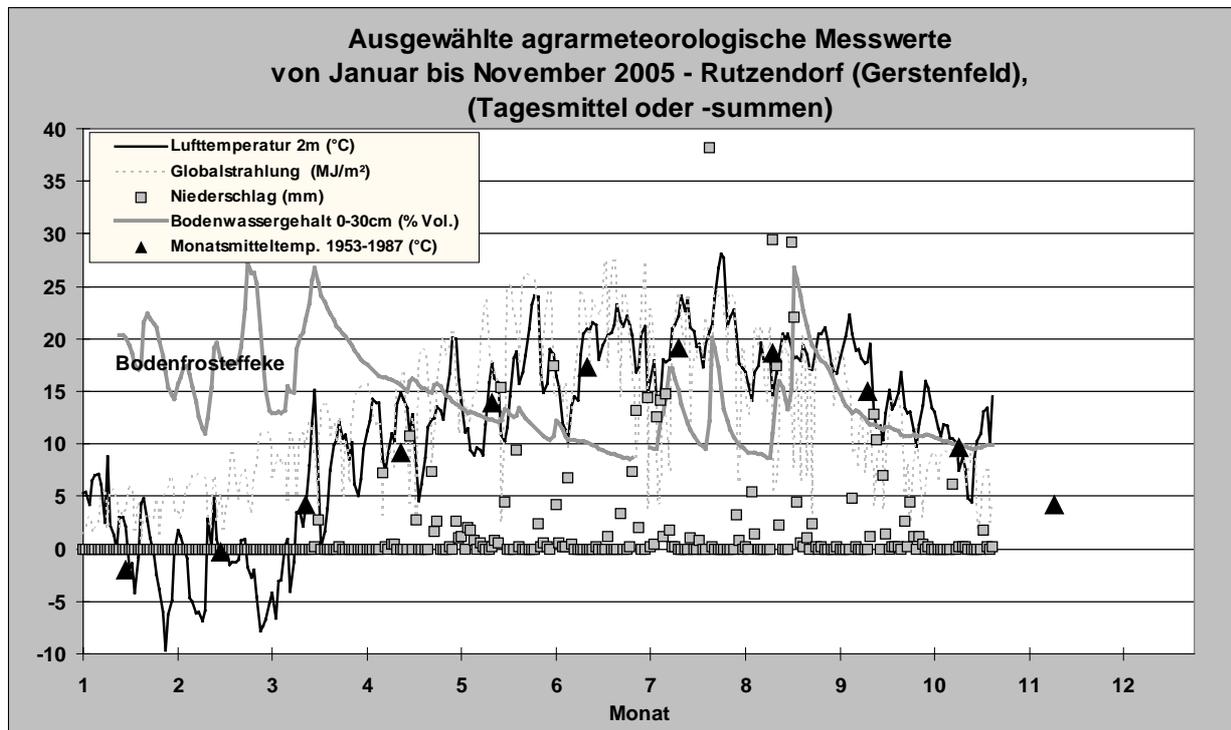


Abbildung 31: Witterungsverlauf 2005, Rutzendorf.

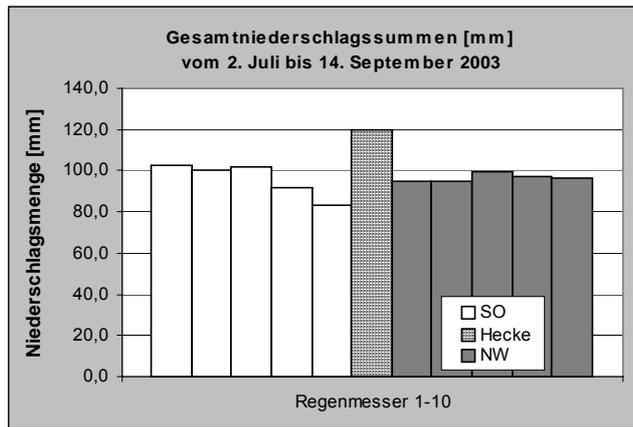


Abbildung 32: Gesamtniederschlagssummen im Sommer 2003, Rutzendorf.

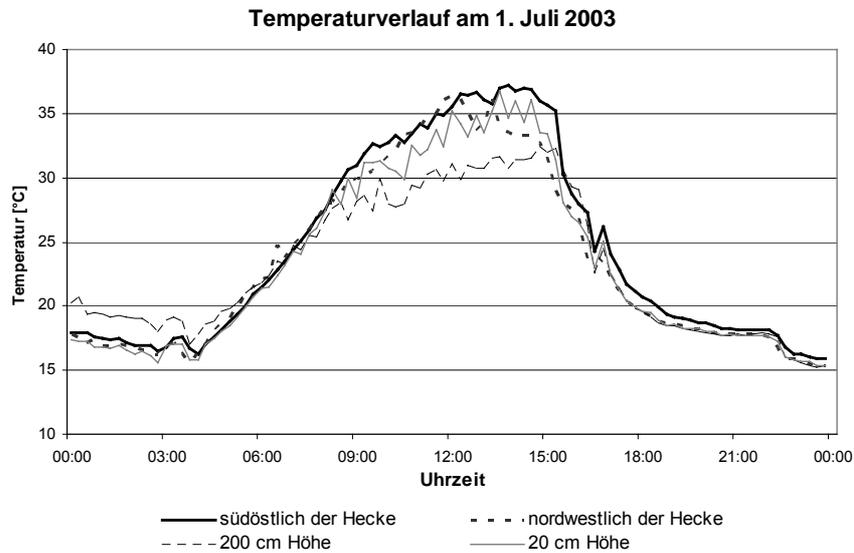


Abbildung 33: Temperaturverlauf an einem Sonnentag auf beiden Seiten der Hecke und zum Vergleich die Messung der Dauerstation in 80 Meter Entfernung auf der SO-Seite.

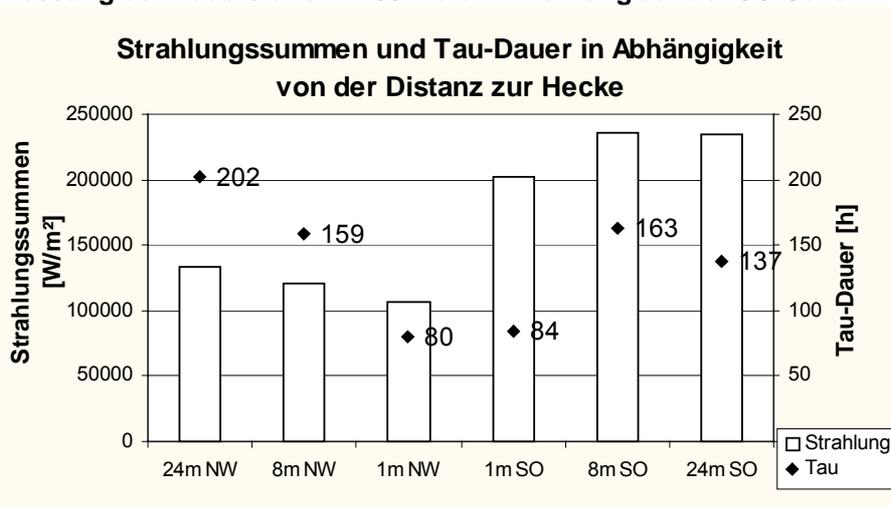


Abbildung 34: Der Einfluss der Hecke auf die Strahlungssummen und die Dauer der Tau-Ereignisse auf beiden Seiten und in verschiedenen Abständen zur Hecke.

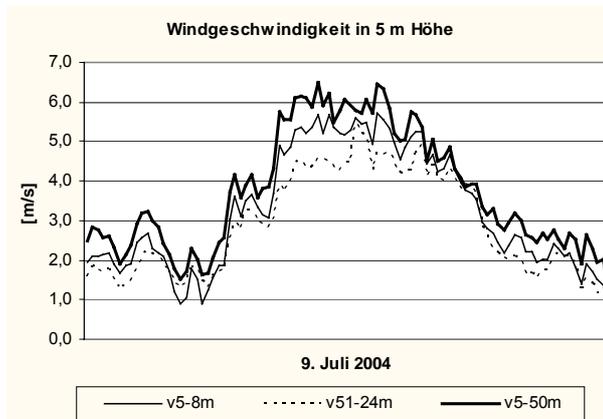
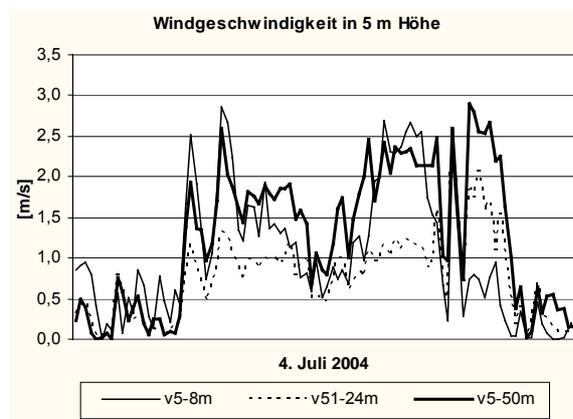
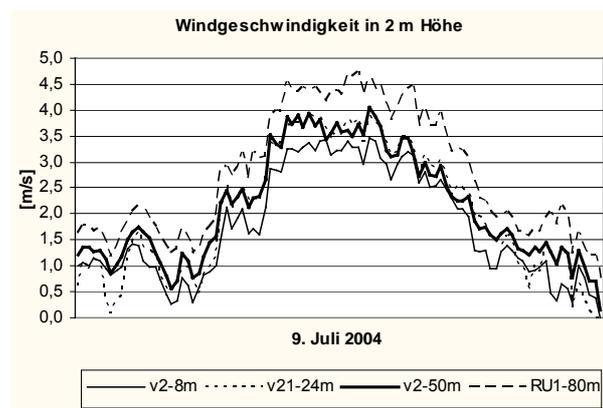
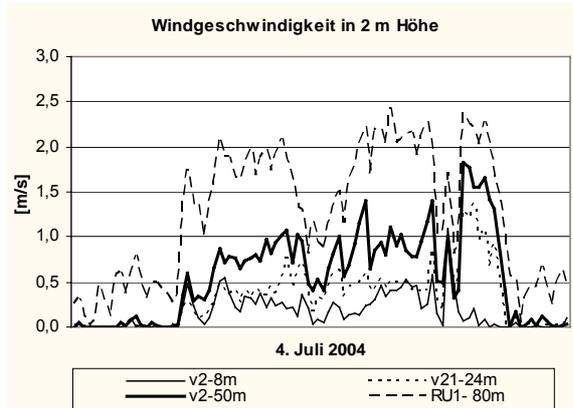
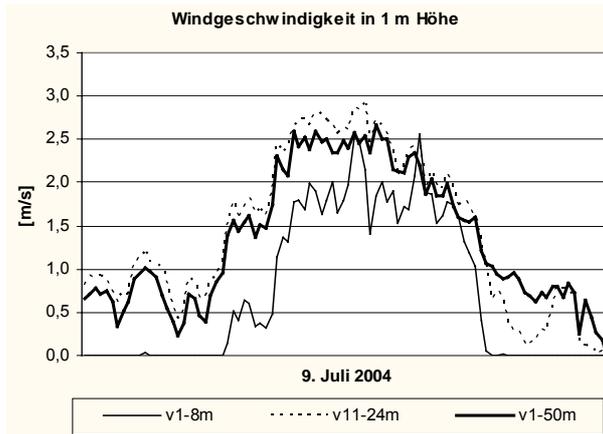
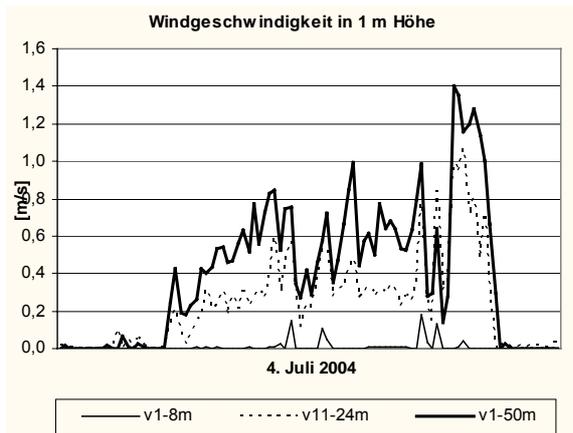


Abbildung 35: Windgeschwindigkeiten in 1, 2 und 5 Metern Höhe und in Abständen von 8, 24 und 50 Metern zur Hecke im Transekt Süd am 4. (Windrichtung NW) und 9. Juli (Windrichtung SO) 2004.

7 TEILPROJEKT 7: BODENTIERE

Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf ausgewählte Bodentiere in der Umstellung auf den biologischen Landbau

BearbeiterInnen: A. Bruckner (Teilprojektleitung), T. Čoja, E. Eichinger, J. Laibl, P. Querner
Gruppe Bodenzöologie und –ökologie, Institut für Zoologie, Department Integrierte Biologie, BOKU Wien.

7.1 Zusammenfassung / Summary

Dieses Teilprojekt hat die zeitliche Entwicklung ausgewählter Gruppen der Bodenfauna nach Umstellung auf ökologischen Landbau charakterisiert. Es sollte beurteilt werden, wie lange Bodentiere benötigen, um die nur von einer verarmten Fauna besiedelten Flächen wieder zu besiedeln und ob Hecken und Ökostreifen dabei eine Reservoirfunktion haben können. Die Hornmilben (Oribatiden), Raubmilben (Gamasinen), Springschwänze (Collembolen) und Regenwürmer (Lumbricidae) wiesen sehr geringe Dichten und Artenzahlen auf. Nur die Dichte der Fadenwürmer (Nematoden) lag im für temperate Äcker üblichen Wertebereich. Insgesamt musste die Situation der Bodenfauna daher als stark verarmt bezeichnet werden. Das galt für die drei neu eingerichteten Düngungsvarianten, für die heckenbegleitenden Ökostreifen, die Hecken, und eine konventionell bewirtschaftete Vergleichsfläche. Die Ursachen dafür liegen vermutlich in der intensiven Bodenbearbeitung der Äcker vor der Umstellung, der Sommertrockenheit und Winterkälte des Gebiets und in der verinselten Lage des Betriebs inmitten der "Agrarwüste" des Marchfelds. Wir konnten im Untersuchungszeitraum keinen Einfluss der Umstellung auf die Bodenfauna feststellen. Auch die Düngergaben Gründüngung, Biotonnekompost und Stallmist hatten keine unmittelbaren Auswirkungen auf die Bodentiere. Die Hecken haben eine nur geringe Bedeutung als Quellen der Wiederbesiedlung der Ackerflächen, weil ihre Bodenfauna nur wenige geeignete Arten aufwies und selbst als verarmt bezeichnet werden musste.

This project aimed at characterizing the temporal development of selected soil fauna groups after conversion to organic farming. We wanted to assess the time needed for soil animals to recolonize the impoverished plots of the experimental farm and if hedgerows and neighboring field stripes have a reservoir function in this process. The densities and diversities of oribatid and gamasid mites, springtails and lumbricids were very low. Only the density of nematodes was within the normal range of temperate fields. In general, the soil fauna of the farm is impoverished. This was true for three newly established experimental fertilization/manuring treatments, field stripes, and a conventionally managed control plot. We assume that the poor situation is due to the intensive soil cultivation in the past, the frequent desiccation of soils in summer, winter chill, and the insular position of the farm within a heavily industrialized agricultural landscape. Within the investigation period, we did not detect any influence of the conversion or of the fertilization and manuring on the soil fauna. The hedgerows were of only minor importance as sources for the recolonization of the fields since they did not contain suitable species.

7.2 Einleitung

Bodentiere haben eine große Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere für die Mineralisation toter organischer Substanz, die Gefügebildung und -stabilisierung und die Steuerung mikrobieller Gemeinschaften spielen sie eine besondere Rolle. Die konventionelle Landwirtschaft macht meist wenig Nutzen von diesen Leistungen, sie substituiert die ökologischen Funktionen der Bodentiere weitgehend durch Bodenbearbeitung und Zufuhr von Düngern. Im Biolandbau dagegen kann den Bodentieren ein erheblich größerer Stellenwert zukommen. Durch schonende Bodenbearbeitung, Vermeidung von Schwarzbrachen und Pestiziden und hohe Verfügbarkeit partikulärer organischer Substanz als Nahrungsquelle

werden sie stärker gefördert als im konventionellen Landbau und können ein nachhaltiges Nährstoffmanagement unterstützen. Ziel biologischen Wirtschaftens muss es sein, die Lebensraumfunktionen des Bodens zu fördern und für die Produktivität nutzbar zu machen.

Über die Entwicklung der Bodenfauna von Umstellungsbetrieben ist wenig bekannt. Fast alle bisher durchgeführten Studien zu diesem Thema beziehen sich auf Systeme, die die Intensität der Bodenbearbeitung reduziert haben. Beispielsweise kommen viele Ergebnisse aus Betrieben in den USA, wo die Bearbeitungstiefe des Bodens zurückgenommen wurde (Pflug => Flachgrubber, Schlitzaat; Hubbard et al. 1999, Parmelee et al. 1990).

Die daraus gewonnen Einsichten lassen sich kaum auf des Projekt MUBIL übertragen, weil hier nach wie vor gepflügt wird und auch die Frequenz sonstiger Störungen relativ hoch geblieben ist. Wendende Bodenbearbeitung ist aber für Bodentiere der wesentlichste bestandsregulierende Faktor in landwirtschaftlichen Systemen (Larink & Joschko 2000). Im Zuge der Umstellung wurden zwar eine ganze Reihe anderer Maßnahmen "tierfreundlicher" gemacht, wie Vermeidung von Schwarzbrachen, Erhöhung des organischen Gehalts des Bodens, Diversifizierung der Fruchtfolge, etc. Wie sich diese Modifikationen aber bei Beibehaltung des Bodenbearbeitungssystems auf die Fauna auswirken, ist seriös kaum abschätzbar und muss untersucht werden.

Der besondere Untersuchungsbedarf im Rahmen des Projekts ergibt sich auch aus der Lage des Betriebs. Viele Studien zur Ökologie ackerbewohnender Bodentier-Gemeinschaften wurden in völlig anderen Klimasituationen angestellt, meist in kühleren und feuchteren Gebieten in Deutschland oder den Niederlanden (z.B. Marinissen 1992, Fromm et al. 1993). Auch dies macht die Interpolation dieser Ergebnisse auf den pannonischen Raum Österreichs und Europas schwierig.

Hecken und andere "seminatürliche" Anlagen können für die Fauna von Agrarlandschaften von besonderer Bedeutung sein (e.g. Duelli und Obrist 2003). Sie sind Quellen der Wiederbesiedlung, die auf Bodenbearbeitungsmaßnahmen folgt (Alvarez et al. 2000). Solche Strukturen sind im Untersuchungsgebiet rar; die wichtigste davon sind die als Windschutzgürtel angelegten Hecken und die ein Jahr nach Versuchsbeginn neu begründeten Ökostreifen. Beide Anlagen wurden in dieser Studie auf ihre Eignung für Bodentiere untersucht.

Die Bodenfauna ist ein konservatives ("träges") Element von Landschaften. Es dauert meist viele Jahre, bis eine einmal gestörte Artengemeinschaft wiederhergestellt ist. Das gilt auch für ausgeräumte Ackerlebensräume (Bessel und Schrader 1998). Es ist daher von größter Bedeutung, die Fauna des Untersuchungsbetriebs über längere Zeiträume zu untersuchen, denn unmittelbare Effekte der Umstellung sind nicht zu erwarten.

7.3 Thema und Ziele der Arbeit

In diesem Projekt wurde ein Langzeit-Monitoring eingerichtet und gestartet, dass zeigen soll:

- ob die taxonomische und funktionelle Diversität von Bodentieren durch Maßnahmen des biologischen Landbaus im pannonischen Klimaraum verändert werden;
- wie lange Bodentiere benötigen, um die Flächen des Biobetriebs wiederzubesiedeln und lebensfähige Populationen aufzubauen;
- ob die Hecken und Ökostreifen als Reservoir für die Fauna der Ackerflächen bedeutsam sind.

7.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Unsere Arbeit ist von folgenden Hypothesen ausgegangen:

- die Dichte und taxonomische Diversität der Bodenfauna des Betriebs sind aufgrund der langandauernden und intensiven Bodenbearbeitung gering;
- Veränderungen der Situation sind zu erwarten, allerdings nicht innerhalb des Untersuchungszeitraums (3 Jahre);

- Hecken und Ökostreifen haben eine hohe Reservoirfunktion für die Faunen der Ackerflächen.

7.5 Material und Methoden

Es wurden fünf bodenlebende Tiergruppen untersucht: die Microarthropoden Oribatida (Hornmilben), Gamasina (Raubmilben) und Collembola (Springschwänze), die Lumbricidae (Regenwürmer) und die frei lebenden (=nicht pflanzenpathogenen) Nematoden (Fadenwürmer).

Die Probenahme erfolgte für alle Jahre des Monitorings zu Beginn der Vegetationsperiode Ende März, um die jahresspezifischen Effekte der Fruchtfolge und der Bodenbearbeitung zu minimieren. Es wurden die drei Düngungsvarianten der Kleinparzellen 1 und 4, die Hecken, Ökostreifen sowie eine konventionell bewirtschaftete Referenzfläche beprobt (im folgenden als "Nutzungstypen" zusammengefasst).

Oribatida, Gamasida, Collembola: Jeweils 100 Bodenproben wurden pro Nutzungstyp und Jahr mit Bodencorern (5cm x 5cm x 10 cm) genommen und mittels Berlese-Tullgren Extraktor extrahiert. Das extrahierte Material wurde zu Mischproben vereinigt und 10 Subproben nach Bruckner et al. (2000) entnommen. Die Oribatiden, Gamasinen und Collembolen wurden aussortiert und auf Artniveau bestimmt.

Lumbricidae: Pro Nutzungstyp und Jahr wurden 20 Quadrate der Fläche 50 x 50cm mittels Formalinextraktion beprobt. Die Regenwürmer wurden aussortiert und auf Artniveau bestimmt.

Nematoda: Jeweils 100 Bodenproben (Ø=30mm, h=30cm) wurden pro Nutzungstyp und Jahr mit einem Bodenbohrer genommen. Die Bodenproben jedes Nutzungstyps wurden zu Mischproben vereinigt und daraus 5 Aliquots zu je 50g entnommen. Die Nematoden wurden durch fraktionierte Siebung und anschließende Saccharose-Flotation aus dem Boden extrahiert, aussortiert und auf Familienniveau bestimmt.

7.6 Ergebnisse und Diskussion

7.6.1 Generelle Einschätzung der Bodenfauna des Betriebs

Die Ackerflächen des Betriebs müssen insgesamt als an Bodentieren verarmt bezeichnet werden. Die Dichten fast aller untersuchten Tiergruppen liegen unter denen vergleichbarer Äcker im temperaten Klimabereich (Ausnahme: Nematoden, siehe unten). Die konventionelle Vergleichsfläche muss sogar als praktisch "bodentierleer" bezeichnet werden. Die Hecken weisen bei allen untersuchten Gruppen die höchsten Abundanzen und Artenzahlen auf, aber auch diese Werte sind im Vergleich mit Literaturdaten als relativ niedrig einzuschätzen.

Wir nehmen an, dass diese geringen Dichte- und Diversitätswerte drei unterschiedliche Ursachen haben, die gleichgerichtet wirken:

- (1) Auf negative Auswirkungen der intensiven Bodenbearbeitung der Vergangenheit weist der Vergleich der Ackerflächen des Untersuchungsbetriebs mit der konventionellen Fläche hin. Erstere wurden auch vor Untersuchungsbeginn mit einer Vielfalt an Kulturen bewirtschaftet (Ulrich Straka, mündl. Mittlg. 2004), haben daher auch Bodentieren immer wieder vergleichsweise günstige Bedingungen geboten. Dagegen war die Bewirtschaftung der konventionellen Fläche schon langfristig äußerst intensiv.
- (2) Auch die häufige Abtrocknung der Böden in den Sommermonaten und die Kälte der Winter wird die Etablierung einer taxonomisch und funktionell diversen Bodenfauna erschweren. Darauf weist die vergleichsweise ebenfalls "dürftige" Situation der Hecken hin.
- (3) Der Untersuchungsbetrieb liegt verinselt inmitten einer sehr intensiv bewirtschafteten "Agrarwüste". Selbst wenn sich die Lebensbedingungen für Bodentiere durch die Umstellung verbessert haben sollten, kann es lange dauern, bis einmal verschwundene Arten die Fläche wiederbesiedelt haben. Es gibt noch andere Reste vermutlich höherer Diversität inmitten der Landschaft (Schotterteiche, Auwaldreste, alte Gräben, etc). Ob diese allerdings als Quellen der Fauna des Betriebs in Frage kommen, ist unklar (und soll

in einem weiterführenden Projekt geklärt werden).

7.6.2 Die Microarthropoden: Oribatida, Gamasida, Collembola

Die drei Microarthropoden-Gruppen wurden auf Artniveau untersucht. Dabei gelangen einige äußerst interessante Funde. Am überraschendsten war die Entdeckung eines Exemplars der Oribatide *Turcibates parvus*, die erst vor wenigen Jahren aus der östlichen Türkei beschrieben worden ist und seither nicht wieder gefunden wurde (Ayyildiz & Luxton 1989). Es ist völlig unklar, wie die Milbe auf die Rutzendorfer Fläche gekommen ist. Auch eine Reihe weiterer für die österreichische Fauna neuer Arten wurde aufgesammelt. Es handelte sich vor allem um pannonische Elemente, die aus Ungarn oder der Slowakei durchaus schon bekannt waren. Dass sie in Österreich bislang noch nicht entdeckt worden sind, spiegelt daher nur den schlechten Durchforschungsgrad des östlichsten Bundesgebiets wieder; sehr wahrscheinlich sind diese Arten im Marchfeld, im Weinviertel und im Wiener Becken durchaus nicht selten. Die Funde sind daher nur biogeographisch und faunistisch bedeutsam; für die ökologische Einschätzung des Umstellungsbetriebs sind sie irrelevant. Sie weisen aber darauf hin, dass Immigrationsprozesse für die Microarthropoden möglicherweise sehr bedeutsam sind und die Wiederbesiedlung der Flächen nicht von der Wanderungsgeschwindigkeit einzelner Arten limitiert sein muss.

Sowohl für die Abundanzen als auch die Artenzahlen der Microarthropoden gilt tendenziell: Hecke > Ökostreifen > 3 Düngungsvarianten > konventionelle Vergleichsfläche (Abb. 36, 37, 38). Die Düngungsvarianten Gründüngung, Biotonnekompost und Stallmist unterscheiden sich nicht deutlich voneinander.

Die Gemeinschaften zeigen eine gewisse Variabilität zwischen den Jahren (Abb. 36, 37, 38). Diese ist aber im Vergleich mit anderen Microarthropoden-Communities nicht sehr groß. Es gibt keine Hinweise auf eine gerichtete Erhöhung der Abundanzen und Artenzahlen mit zunehmender Untersuchungsdauer. Wenn die Lebensbedingungen der Microarthropoden sich durch die Umstellung und die Düngungen verbessert haben, dann drücken sich diese Veränderungen nicht innerhalb von drei Jahren aus.

Zwei Details sind bemerkenswert. Zum einen spiegeln die Daten die aus der Literatur bekannte unterschiedliche Dynamik der drei Tiergruppen wieder. Die "konservativen" Oribatiden (tendenziell K- oder A- Strategen) präferieren am deutlichsten die Hecke und die Ökostreifen (Abb. 36). Auf den Ackerflächen können sich nur einige Spezialisten etablieren, und auch das nur in geringen Dichten. Die Artenszusammensetzung der Gemeinschaften 2003 bis 2005 ist relativ homogen. Die "dynamischeren" Collembolen (Abb. 37) und Gamasinen (Abb. 38) umfassen viele Arten mit r-Strategie und weisen deutlichere Schwankungen zwischen den Nutzungstypen und Jahren auf; die Artenspektren sind vergleichsweise weiter. So vermuten wir, dass die hohen Collembolendichten auf der konventionellen Fläche im Jahr 2005 durch die Nutzung kurzfristig verfügbarer Ressourcen durch wenige sehr dominante Arten zustande gekommen ist, deren Bestände sich daraufhin exponentiell vergrößert haben (Abb. 37).

In der multivariaten Ordination der Zusammensetzung der Oribatiden- (Abb. 39) und Collembolengemeinschaften (Abb. 40) unterscheiden sich die Heckenfaunen sehr deutlich, die der konventionellen Vergleichsfläche weniger deutlich, und die der Ökostreifen nur gering von denen der anderen Nutzungen. Die Faunen der Varianten Gründüngung, Biotonnekompost und Stallmist sind praktisch identisch, auch nach drei Umstellungsjahren. Es gibt auch hinsichtlich der Zusammensetzung der Gemeinschaften (noch?) keinen erkennbaren zeitlichen Trend. Die Gamasinenfaunen aller Nutzungstypen sind dagegen kaum unterscheidbar, obwohl auch hier die Hecken und Ökostreifen randlich im Ordinationsraum liegen (Abb. 41). Die Unterschiede zwischen den Faunen der konventionellen Fläche und allen anderen zeigen im Nachhinein, dass erstere als Vergleichsfläche nicht taugt; das Fehlen einer echten Kontrollfläche ist ein nicht wieder gut zu machender Mangel des experimentellen Designs.

Die Analyse von betriebsfremdem Stallmist und Biotonnekompost erbrachte einige Arten, die erst nach den entsprechenden Düngegaben auf den Flächen nachweisbar waren (z.B. die Oribatiden *Caleremaeus monilipes* und *Zygoribatula connexa*). Offenbar sind auch diese Stoffe potenzielle Quellen der Wiederbesiedlung des Betriebs. Allerdings haben die neu

eingebrachten Arten nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtf fauna. Es ist abzuwarten, ob sie sich dauerhaft etablieren können.

7.6.3 Die Lumbriciden

Die Dichte der Regenwürmer im Betrieb ist sehr gering. Am häufigsten werden Regenwürmer in den Hecken angetroffen, aber auch hier sind die Abundanzen niedrig (Abb. 42). Die zeitliche Fluktuation zwischen den Jahren dürfte groß sein; das ist allerdings noch nicht mit Sicherheit zu sagen, weil die Aufsammlung 2003 aufgrund der verzögerten Einrichtung der Kleinparzellen zu spät im Jahr angesetzt war. Dadurch sind die Tiere bereits im Übersommerungsstadium gewesen und konnten nicht mehr erfasst werden. Es stehen also für die Abschätzung der Abundanzdynamik nur zwei Jahre zur Verfügung.

Bemerkenswert ist die Zunahme der Dichten auf den Ökostreifen im Jahr 2005 (Abb. 42). Diese ist besonders hervorzuheben, weil die Dichten auf allen anderen Nutzungen gegenüber 2004 zurückgegangen sind. Offenbar haben die Ökostreifen einen auch kurzfristig positiven Effekt auf Regenwürmer, die die "neuen" Flächen vermutlich aus den Hecken heraus besiedeln konnten.

Insgesamt wurden 3 Regenwurmartens im Betrieb gefunden: *Allolobophora rosea*, *Allolobophora caliginosa* und *Lumbricus terrestris*. Die beiden erstgenannten Arten dominieren die Regenwurmf fauna, sind aber funktionell minder wertvoll. Dagegen ist *Lumbricus terrestris* äußerst bedeutsam, die Art ist der "klassische Regenwurm" mit hohem Wert für die Lockerung und Durchmischung des Bodens und die Dekomposition toter organischer Substanz. *L. terrestris* wurde allerdings nur in einzelnen Exemplaren in den Hecken und Krautstreifen nachgewiesen. Eine weitere Beobachtung der Art, die zufällig und außerhalb des Sammelschemas gemacht wurde, stammt von einer Ruderalfläche ungefähr in der Mitte des Betriebs. *L. terrestris* dürfte daher nur wenige und kleine Flächen im Betrieb besiedeln; vermutlich handelt es sich dabei um inselartige Kleinstpopulationen ohne Verbindung zu größeren Beständen. Er kann daher keine quantitativ bemerkbare Rolle auf den Ackerflächen spielen.

7.6.4 Die Nematoden

Diese Tiergruppe folgt nicht dem oben skizzierten generellen Trend. Die Gesamtabundanzen der untersuchten Nutzungen sind ähnlich groß (Abb. 43). Zwar sind die Hecken in den Jahren 2003 und 2004 etwas dichter besiedelt als die anderen Nutzungen, 2005 sind die Abundanzen aber annähernd gleich. Auch zwischen den Familienzahlen (ein Schätzwert für die Artenzahlen) der Flächen bestehen keine konsistenten Unterschiede (Abb. 43). Viele Nematoden sind aufgrund ihrer geringen Körpergröße, spezialisierter Überdauerungsstadien und hoher Reproduktionsfähigkeit gut für das Überleben widriger Ackerbedingungen adaptiert. Offenbar sind sie die robusteste aller untersuchter Tiergruppen, was sich in relativ einheitlichen Dichten und Familienzahlen ausdrückt.

Der Maturity Index der Nematoden nach Bongers (e.g. Bongers und Ferris 1999), der die "Reife" der Gemeinschaften und der Lebensräume widerspiegelt, ist für alle Nutzungen und Jahre gleich (Abb. 44). Dieses Ergebnis ist erstaunlich, denn zumindest für die Hecken haben wir höhere Indexwerte erwartet. Diese Bestände sind aus beackerten Flächen hervorgegangen, werden aber seit etwa 25 Jahren nicht mehr bearbeitet (NÖ Agrarbezirksbehörde 1982). Wir müssen daher schließen, dass das Artenrepertoire der Nematoden des Betriebs eingeschränkt ist und von außerhalb nur über sehr lange Zeiträume ergänzt werden kann. Die Fauna der Hecken ist daher "acker-ähnlich" geblieben und weist geringe Indexwerte auf, obwohl bereits günstige Bedingungen für Gemeinschaften höheren Sukzessionsgrades bestehen würden.

Wir konnten keine Beeinflussung der Nematodenfauna durch die Düngung feststellen. Auch das ist (zumindest für den Biotonnekompost und den Stallmist) unerwartet, weil Nematoden in organischen Materialien enorme Massenentwicklungen durchmachen können und sich organische Düngung zumindest kurzfristig in einer Erhöhung der Dichten ausdrücken müsste. Eine plausible Erklärung für dieses Muster fehlt.

7.7 Schlussfolgerungen

Die Bodenfauna des Untersuchungsbetriebs ist generell stark reduziert, vermutlich durch die intensive Wirtschaftsweise vor der Umstellung (Ausnahme: Nematoda). Diese Schädigung ist wahrscheinlich nachhaltig und eine rasche Erholung ist aufgrund der geringen Migrationsfähigkeit und der verinselten Lage der Flächen inmitten der "Agrarwüste" nicht zu erwarten.

Die ackerbegleitenden Hecken haben für manche Tiergruppen (z.B. Regenwürmer in den Ökostreifen) eine gewisse Bedeutung als Reservoir für die Ackerflächen. Generell ist ihre Funktion aber klein, weil sie nur wenige Arten enthalten, die für die Wiederbesiedlung in Frage kommen.

Wir vermuten, dass die Sommertrockenheit und Winterkälte des pannonischen Klimas die Neuzuwanderung und "Erholung" der Bodenfauna zusätzlich erschwert.

Wir empfehlen, zusätzlich zu den bereits umgesetzten Maßnahmen auch eine Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität in Betracht zu ziehen. Soweit die Ergebnisse der Literatur auf den Untersuchungsbetrieb umgelegt werden können, wird das die Lebensbedingungen der Bodentiere drastisch und auch kurzfristig verbessern. Das gilt vor allem für die funktionell sehr wichtige Gruppe der tiefgrabenden anözischen Regenwürmer.

Bemerkenswert ist, dass die untersuchten Tiergruppen unterschiedliche Muster bezüglich Nutzungstypen und Untersuchungsdauer liefern. Es ist daher äußerst wichtig, das in diesem Projekt begonnene Monitoring zumindest für ein minimales, aber differenzierendes Set an Gruppen weiter zu führen, um zu schlüssigen Aussagen auch über die Langzeitfolgen der Umstellung kommen zu können.

7.8 Literaturverzeichnis

- Alvarez, T., Frampton, G.K., Goulson, D. (2000): The role of hedgerows in the recolonization of arable fields by epigeal Collembola. *Pedobiologia* 44, 516-526.
- Ayyildiz, N. und Luxton, M. (1989): New and unrecorded oribatid mites (Acari) from Turkey. *Zool. Anz.* 222, 249-300.
- Bessel, H., Schrader, S. (1998): Regenwurm-Zönosen auf Ackerbrachen in Abhängigkeit von der Brachedauer. *Zeitschr Ökol Natursch* 7, 169-180.
- Bongers, T. and Ferris, H. (1999): Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends Ecol. Evolut.* 14, 224-228.
- Bruckner, A., Barth, G., Scheibengraf, M. (2000): Composite sampling enhances the confidence of soil microarthropod abundance and species richness estimates. *Pedobiologia* 44, 63-74.
- Duelli, P. und Obrist, M.K. (2003) Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic Appl. Ecol.* 4, 129-138.
- Fromm, H., Winter, K., Filser, J., Hantschel, R., Beese, F. (1993): The influence of soil type and cultivation system on the spatial distribution of the soil fauna and microorganisms and their interactions. *Geoderma* 60, 109-118.
- Hubbard, V.C., Jordan, D., Stecker, J.A. (1999): Earthworm response to rotation and tillage in a Missouri claypan soil. *Biol Fertil Soils* 29, 343-347.
- Larink, O., Joschko, M. (2000): Einfluß der Standort- und Bodeneigenschaften auf die Bodenfauna. In: Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W.R., Rede, H.-G. (eds): *Handbuch der Bodenkunde* 7. Ergänzungslieferung, 41pp. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg.
- Marinissen, J.C.Y. (1992): Population dynamics of earthworms in a silt loam soil under conventional and "integrate" arable farming during two years with different weather conditions. *Soil Biol Biochem* 24, 1647-1654.
- NÖ Agrarbezirksbehörde (1982): Technischer Bericht. 3pp. Ohne Ortsangabe.
- Parmelee, R.W., Beare, M.H., Cheng, W., Hendrix, P.F., Rider, S.J., Crossley, D.A. jr., Coleman, D.C. (1990): Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: A biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. *Biol Fertil Soils* 10, 1-10.

7.9 Anhang

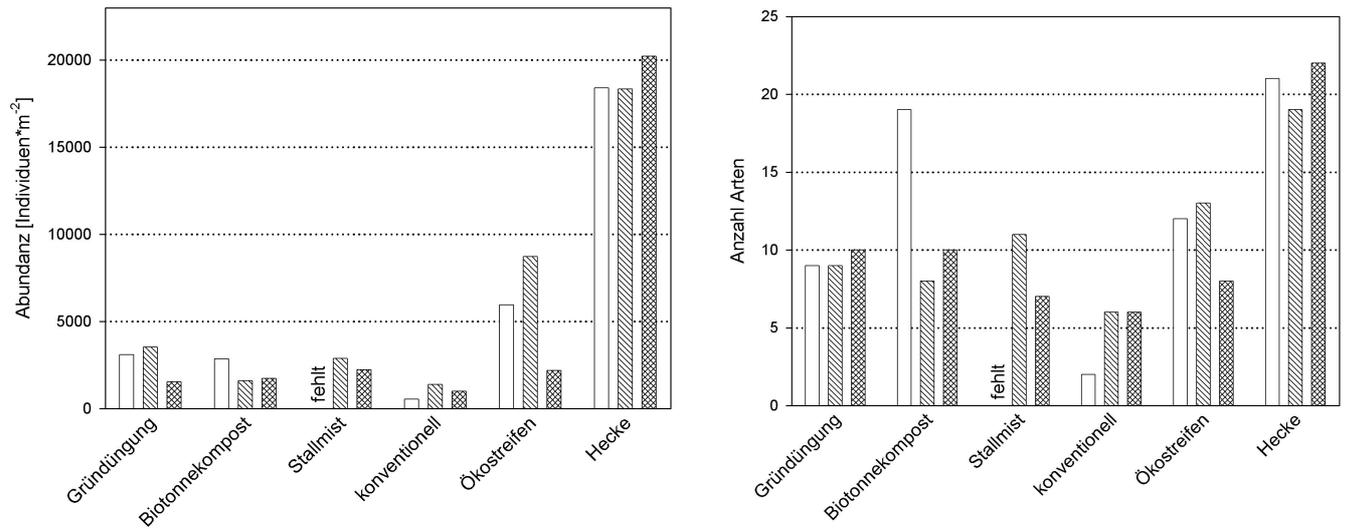


Abbildung 36: Abundanzen (links) und Artenzahlen (rechts) der Oribatiden (Hornmilben) der Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Balken sind Mittelwerte aus den Aliquots von Mischproben. Leere Balken: 2003; rechts schraffiert: 2004; gerastert: 2005.

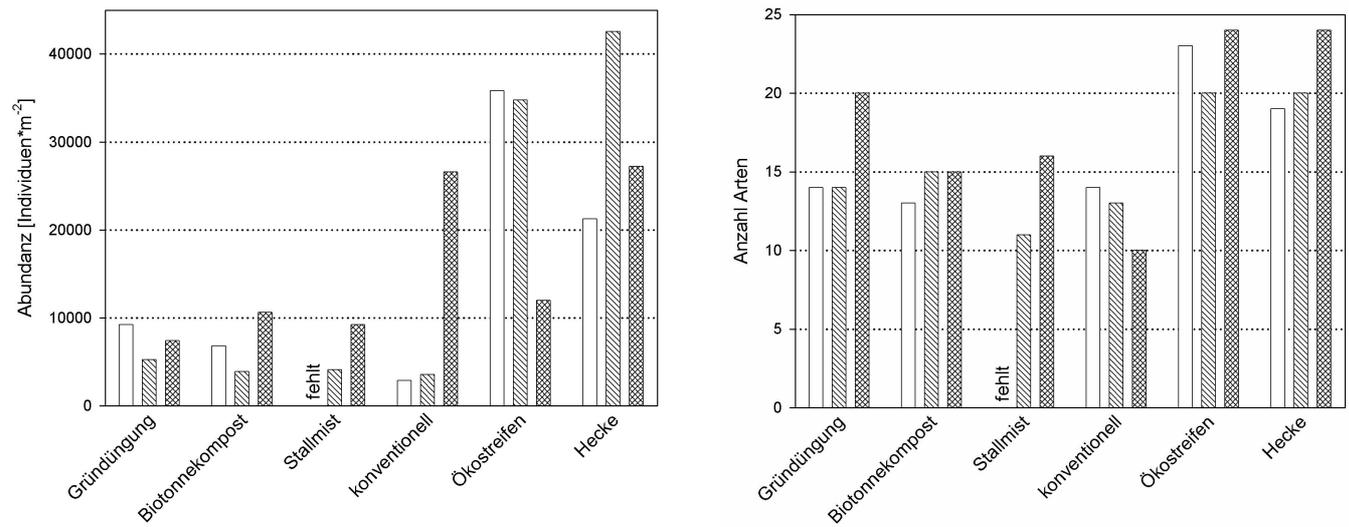


Abbildung 37: Abundanzen (links) und Artenzahlen (rechts) der Collembolen (Springschwänze) der Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Signaturen siehe Abbildung 36.

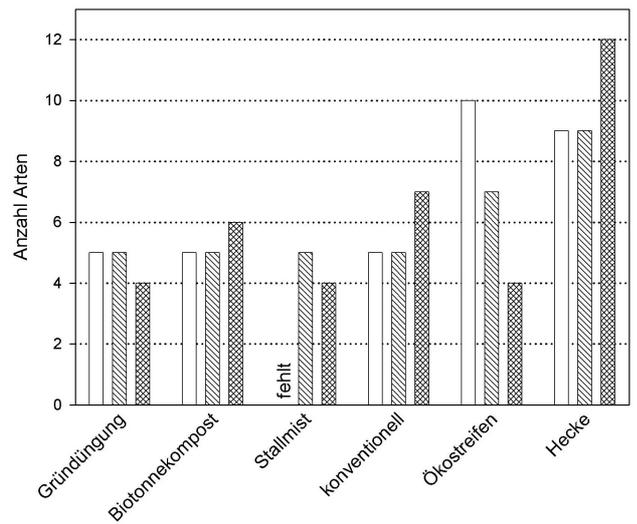
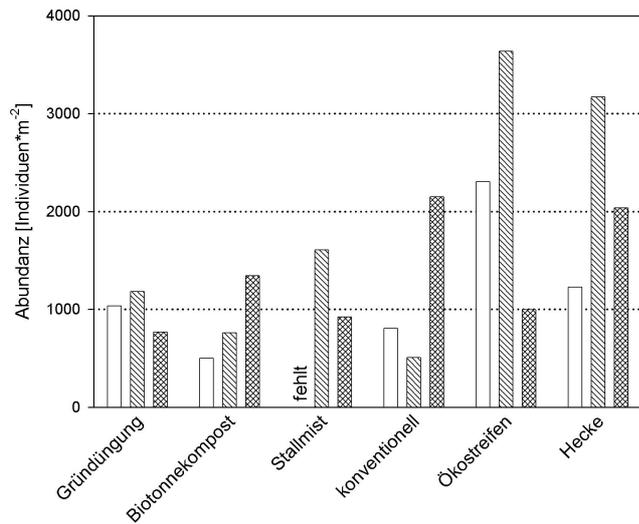


Abbildung 38: Abundanzen (links) und Artenzahlen (rechts) der Gamasinen (Raubmilben) der Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Signaturen wie in Abbildung 36.

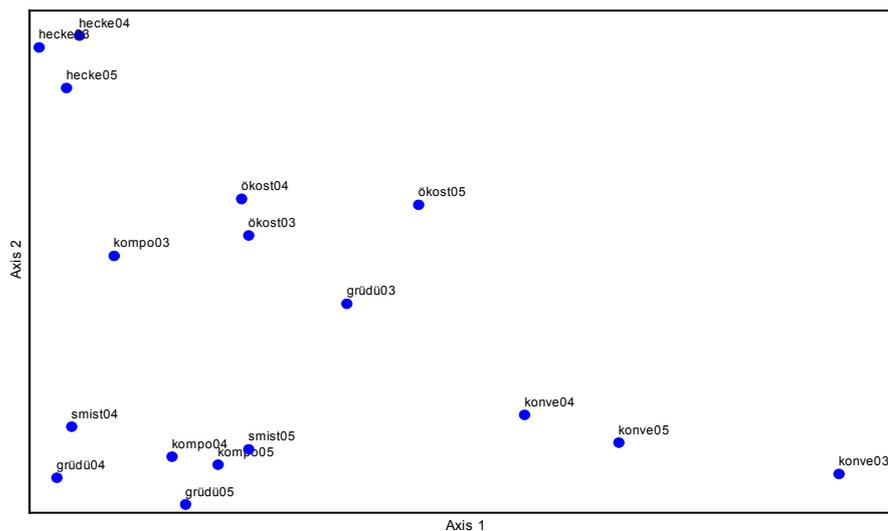


Abbildung 39: Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Oribatidengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. grüdü: Gründüngung, hecke: Hecke, kompo: Biotonnekompost, konve: konventionelle Vergleichsfläche, ökost: Ökostreifen, smist: Stallmist. Die an die Namens Kürzel anschliessenden Zahlen bezeichnen das Jahr der Besammlung.

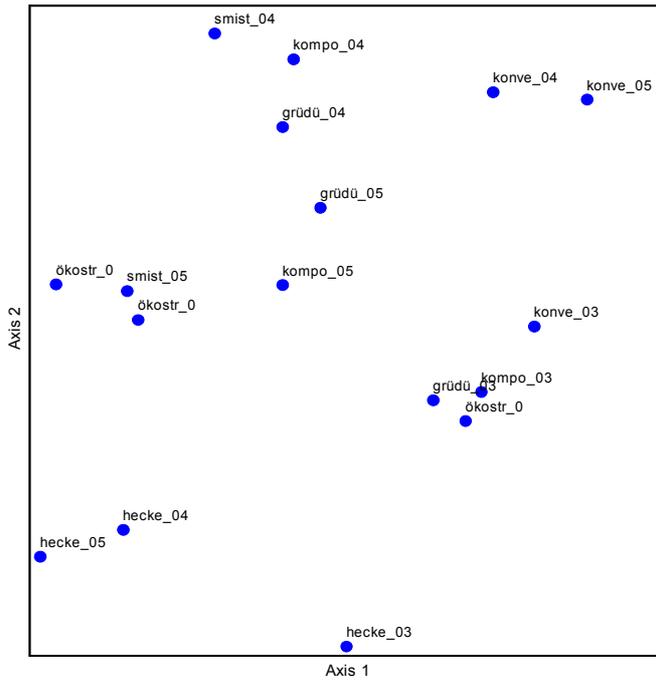


Abbildung 40: Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Collembolengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Abkürzungen wie in Abbildung 39.

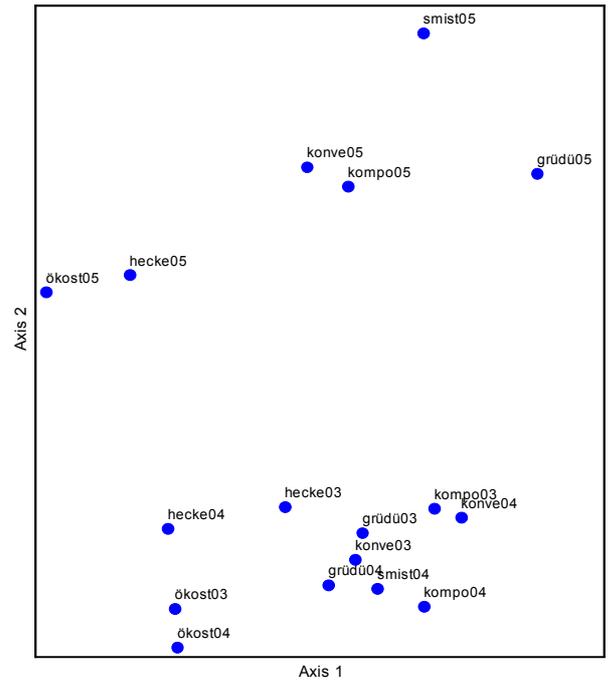


Abbildung 41: Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Gamasinengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Abkürzungen wie in Abbildung 39.

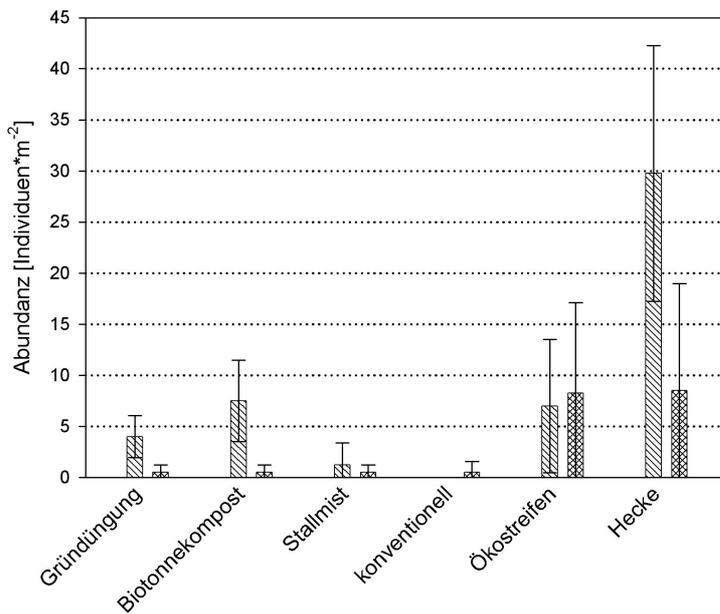


Abbildung 42: Abundanzen der Lumbriciden (Regenwürmer) der Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Signaturen wie in Abbildung 36.

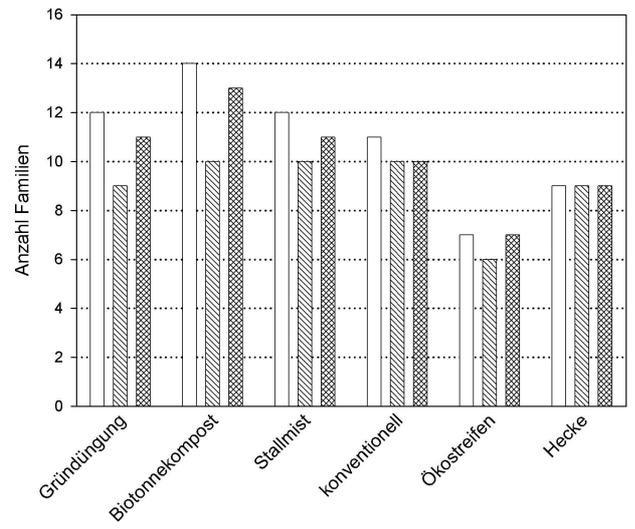
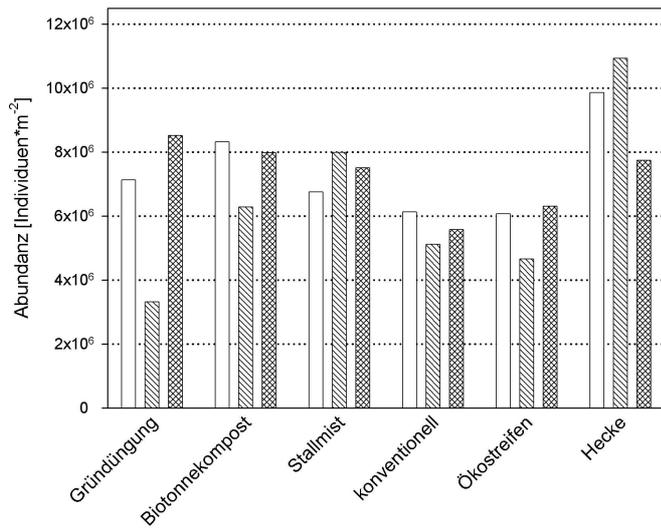


Abbildung 43: Abundanzen (links) und Familienzahlen (rechts) der Nematoden (Fadenwürmer) der Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Signaturen wie in Abbildung 36.

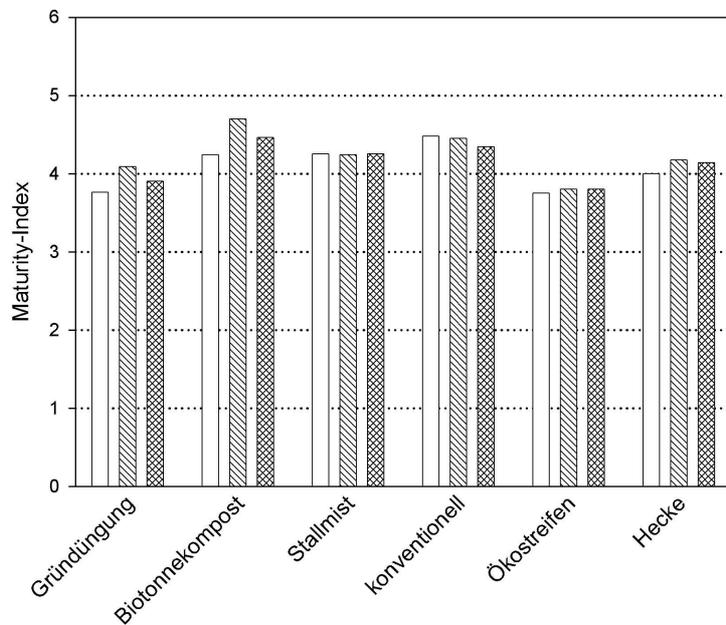


Abbildung 44: Maturity ("Reife") der Nematodengemeinschaften der Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Signaturen wie in Abbildung 36.

8 TEILPROJEKT 8: NÜTZLINGE

Titel: Entomofaunistische Analyse der agrarökologischen Ausgangssituation des Biobetriebes Rutzendorf und Ausarbeitung und Anwendung eines Monitoring-Konzepts für die Dauerbeobachtung der Auswirkungen der Umstellung der Betriebsflächen auf Biologischen Landbau sowie ihrer Anreicherung mit Landschaftselementen

BearbeiterInnen: Bernhard Kromp, Nina Brunner, Patrick Hann, Manuela Kienegger, Peter Meindl

L. Boltzmann Institut für Biologischen Landbau und Angewandte Ökologie, Wien.

8.1 Zusammenfassung / Summary

2003 und 2004 wurde die Laufkäferfauna auf insgesamt 20 verschiedenen Aufnahmestrecken des Biobetriebs Rutzendorf mittels Bodenfallen untersucht. Im Vergleich der Feldstandorte zeigten die Luzernefelder höhere Arten- und Individuenniveaus als die Getreidefelder. In den nichtbewirtschafteten Landschaftselementen traten neben den häufigsten Feldarten einige speziellere Elemente auf. Höhere Fangzahlen im Jahr 2004 gingen v.a. auf die Art *Poecilus cupreus* zurück.

Die meisten, während 3 Jahre, beobachteten Schwebfliegenarten sind ökologisch anspruchslos und typisch für die mitteleuropäische Kulturlandschaft. Schwebfliegen mit blattlausfressenden Larven überwogen (75-90%). Höchste Aktivitätsdichten wurden in den blütenreichen Ausgleichsflächen (Ökostreifen, Baumhecke und Trockenböschung) beobachtet. Natürlich aufgetretene Unkräuter (z.B. Geruchlose Kamille im Ökostreifen) lockten die meisten Schwebfliegen an. In den Kulturen nahmen die Schwebfliegen mit der Entfernung vom Ökostreifen ab, ein verunkrauteter Brachestreifen lockte im Jahr 2005 jedoch vermehrt Schwebfliegen in die Kulturflächen.

In 2003 and 2004 carabid beetles were monitored along 20 different stretches within cropland and uncultivated land at the bio-farm Rutzendorf by means of pitfall trapping. Comparisons between different crops revealed higher levels of both carabid species and individuals in lucerne than in cereals. Uncultivated landscape elements harboured apart from the most abundant field species also several more specific carabid species.

Most of the hoverfly species observed during 3 years are eurytopic and typical for Central European agro-ecosystems. Individuals with aphidiphagous larvae dominated (75-90%). Highest activity densities were observed in vegetationally diversified areas (flower strip, tree hedge and dry ditch bank). Spontaneously grown weeds (e.g. scentless mayweed in the flower strip) attracted most hoverflies. Within the crops numbers of hoverflies decreased with distance from the flower strip. However, in 2005 a small strip of fallow land with flowering weeds attracted hoverflies into the fields.

8.2 Einleitung und Ziele der Arbeit

Gegenstand der Untersuchung waren die Arten- und Individuenzahlen von ausgewählten schädlichen und nützlichen Arthropoden(gruppen) während der Umstellung des Betriebes Rutzendorf auf biologische Landwirtschaft in verschiedenen Feldkulturen und angrenzenden Landschaftselementen. Damit sollten einerseits die Auswirkungen der Umstellung auf die Arthropodenfauna, andererseits die Bedeutung von unbewirtschafteten Landschaftselementen auf die räumlich-zeitliche Verteilung und Häufigkeit von Schädlingen und Nützlingen erfasst werden.

8.3 Herleitung der Arbeitshypothesen

Die Umstellung auf Bio-Landbau gemeinsam mit der Neuanlage von Landschaftselementen führen zu einem allgemeinen Anstieg der Biodiversität sowie zu einer Stärkung der Populationen bestimmter Arthropoden-Arten mit Schlüsselfunktionen in der natürlichen Schädlingsregulation. Weiters kommt es zu einer Wiederansiedlung von seltenen und gefährdeten Arten der ost-mitteleuropäischen Ackerlandschaft.

8.4 Material und Methoden

In den beiden Untersuchungsjahren 2003 und 2004 wurden Laufkäfer (Carabiden) an je 4 einwöchigen Fallen-Fangterminen erfasst (2003: 9. – 16.5., 11. – 18.6., 24. – 31.7., 8. – 15.9.; 2004: 3. – 10.5., 14. – 21.6., 19. – 26.7., 31.8. – 7.9.). Die Fallenfänge wurden in insgesamt 18 (2003) bzw. 20 (2004, 2 Ökostreifen neu dazu) Aufnahmestrecken zu je 4 Bodenfallen (durchsichtige Plastikbecher, Öffnungsdurchmesser: 8,5 cm, Plexiglasdächer, 1,5% Formol) durchgeführt (Tabelle 11). Die gefangenen Tiere wurden im Labor in 70% Alkohol überführt und die aussortierten Carabiden nach Müller-Motzfeld (2004) determiniert.

Tabelle 11: Lage der Aufnahmestrecken für Bodenfallen (2003 & 2004; strichliert umrandet) und Schwebfliegenbeobachtungen (2003, 2004 & 2005; durchgehend umrandet).

Aufnahme- strecke	2003	2004	2005
S	Trockenböschung	Trockenböschung	Trockenböschung
TN1	Baumhecke	Baumhecke	Baumhecke
TN2-WK	–	Ökostreifen (Wildkrautmischung)	Ökostreifen (Wildkrautmischung)
TN3	Luzerne – Feldrand	Luzerne - Feldrand	Winterweizen-Feldrand
TN4	Luzerne – Feldmitte	Luzerne – Feldmitte	Winterweizen – Feldmitte
X	–	–	unbewirtschafteter Streifen (1m breit)
TN6	Futtererbse – Feldrand	W-Roggen – Feldrand	Triticale – Feldrand
TN7	Futtererbse – Feldmitte	W-Roggen – Feldmitte	Triticale – Feldmitte
TN8	Luzerne – Feldrand	Luzerne – Feldrand	*)
TN9	Futtererbse – Feldmitte	Winterweizen – Feldmitte	*)
K	Sommerweizen (konv.)	Zuckerrübe (konv.)	*)
AGES	Dauerbrache	Dauerbrache	*)
TM1	Windschutzhecke	Windschutzhecke	*)
TM2	Grasiger Feldrain	Grasiger Feldrain	*)
TS1	Windschutzhecke	Windschutzhecke	*)
TS2	–	Ökostreifen	*)
TS3	Luzerne – Feldrand	Luzerne – Feldrand	*)
TS4	Luzerne – Feldmitte	Luzerne – Feldmitte	*)
TS6	S-Gerste – Feldrand	S-Gerste – Feldrand	*)
TS7	S-Gerste – Feldmitte	S-Gerste – Feldmitte	*)
L	Auwaldrest Lohhölzl	Auwaldrest Lohhölzl	*)

*) weder Bodenfallen noch Schwebfliegenbeobachtungen

Abkürzungen: TN = Transekt Nord, TM = Transekt Mitte, TS = Transekt Süd, K = konventionell bewirtschaftete Fläche

Schwebfliegen wurden in allen 3 Untersuchungsjahren an mehreren Terminen (April bis Juli) zwischen 9:00 und 14:30 Uhr während 30-Minuten Beobachtungseinheiten im Transekt Nord bonitiert. Während 2003 die Beobachtungen an verschiedenen Standorten in den Schlägen 6/1 (Luzerne) und 7 (Futtererbse) und in der Baumhecke (Baumreihe 11, TN1) durchgeführt wurden, wurden Schwebfliegen 2004 und 2005 entlang der Aufnahmestrecken TN1, TN2,

TN3, TN4, TN6 und TN7, sowie 2005 entlang eines ca. 1 m breiten verunkrauteten, unbewirtschafteten Streifens (X) zwischen den Schlägen 6/1 und 7 beobachtet (Tabelle 11). Die Schwebfliegen wurden, falls möglich, vor Ort bestimmt bzw. mit einem Insektennetz gefangen und im Labor nach Bothe 1996 und Stubbs & Falk 1996 bestimmt. Tabelle 12 listet Details zu den Schwebfliegenbonituren.

Tabelle 12: Eckdaten zu den Schwebfliegenbonituren

Jahr	2003	2004	2005
Transekt	TN	TN	TN
Beobachtungszeitraum	27. Juni	27. April-26. Juli	3. Juni-22. Juli
Beobachtungstermine pro Boniturstrecke	1	4-8	7
Anzahl Boniturstrecken	6	7	8
Beobachtungsdauer pro Boniturstrecke (Min.)	30	30	30
Gesamt-Beobachtungsdauer (Min.)	180	1440	1680

8.5 Ergebnisse und Diskussion

8.5.1 Laufkäferfänge

Das bisher ausgewertete Carabiden-Fangmaterial ergab 2003 2.745 Individuen aus 58 Arten, 2004 3.445 Individuen aus 57 Arten (siehe Tabellen 16 und 17 im Anhang). Insgesamt wurden bis jetzt 70 verschiedene Laufkäferarten auf dem Betrieb Rutzendorf nachgewiesen, immerhin fast 10% aller in Österreich vorkommenden (inklusive Hochgebirge und Neusiedlerseegebiet). Der numerische Anstieg von 2003 auf 2004 geht i.w. auf eine Verdopplung der Fangzahlen der häufigsten Art *Poecilus cupreus* zurück, v.a. im Transekt Nord in Luzerne und im angrenzenden Bereich des Winterroggens.

Die meisten Laufkäferarten und -individuen traten 2003 in den Luzernefeldern auf (Ø von 5 Fallenreihen aus 3 Feldern: > 20 spp., ca. 220 Ind.), gefolgt von den Erbsenfeldern (Ø von 3 Fallenreihen á 4 Fallen aus 2 Feldern: 14 spp., 219 Ind.), während in den Getreidefeldern deutlich weniger Laufkäfer auftraten (Ø von 3 Fallenreihen aus 2 Feldern: 11 spp., 137 Ind.). Der nur 2003 mögliche direkte Vergleich zwischen den biologisch bewirtschafteten Getreidefeldern und dem konventionellen ergab keine Unterschiede, auch nicht von der Zusammensetzung der Arten her. Die häufigsten Arten der Felder sind (nach abnehmenden Häufigkeiten gereiht): *Poecilus cupreus*, *Harpalus rufipes* (Erdbeerlaufkäfer), *Bembidion lampros*, *Calosoma auropunctatum* (Puppenräuber) und *Calathus fuscipes*. Alle genannten Arten sind typische Feldarten und als Antagonisten der verschiedenen Entwicklungsstadien einer breiten Palette landwirtschaftlicher Schädlinge bekannt (siehe u.a. Kromp 1999; zB. *H. rufipes* als Blattlausspezialist, *C. auropunctatum* als Räuber von Erdraupen der Wintersaateule). Im Vergleich der verschiedenen Feldstandorte waren sowohl die Zusammensetzung der Arten als auch ihre Häufigkeitsverteilungen, auch bei unterschiedlichen Feldfrüchten, relativ konstant.

Bei den unbewirtschafteten Landschaftselementen waren die Baumreihe TN1 wie auch die Windschutzhecken TM1 und TS1 arten- und individuenreicher an Laufkäfern (Ø aus 3 Fallenreihen: 17 spp., 115 Ind.) als die offenen Habitate Trockenböschung S, Brachefläche AGES und Grasrain TM2 (Ø: 11 spp., 61 Ind.). Die Hecken wurden ebenfalls von den oben genannten Feldarten dominiert, daneben trat aber mit *Leistus ferrugineus* eine wenig anspruchsvolle Art trockener Laubwälder auf. Eine deutlich andere Carabidenfauna wurde im Lohölzl vorgefunden, einem Auwaldrest in der offenen Ackerlandschaft: nur hier (mit Ausnahme der Feldart *C. auropunctatum*) traten die gefährdeten, naturgeschützten Großlaufkäfer *Carabus coriaceus* (Lederlaufkäfer), *C. scheidleri* und (nur 2004, möglicherweise in Folge des starken Auftretens von Frostspanner-Raupen) *Calosoma*

inquisitor (Kleiner Puppenräuber) auf, daneben noch einige andere, aus dem weiter südlich gelegenen Nationalpark Lobau bekannte Waldarten (*Abax parallelepipedus*, *Platynus* (jetzt *Limodromus*) *assimilis*, *Notiophilus rufipes*, *Platyderus rufus*).

Im Vergleich der Feldstandorte bezüglich der Bodenbonitäten ließen sich deutlich geringere Individuenzahlen auf den mittelwertigen Böden des Transekts Süd im Vergleich zu den hochwertigen Böden des Transekts Nord feststellen, während die Artenzahlen ähnlich waren. Die Fallenreihe TN8 auf geringwertigem, sehr trockenem Boden mit extrem schütterem Luzernebestand stach durch besonders hohe Artenzahlen in beiden Jahren (25 bzw. 24) heraus, weiters durch das Auftreten seltener xerothermophiler Arten (zB. *Harpalus froelichii*, *H. zabroides*).

Im Vergleich der beiden Aufnahmejahre 2003 und 2004 waren die Verhältnisse bezüglich Laufkäfern prinzipiell ähnlich, sowohl von der Artenzusammensetzung wie auch der Häufigkeitsverteilung. Die höchsten Artenzahlen pro Fallenstreifen (26 spp.) wurden in dem im Herbst 2003 angelegten Ökostreifen TN2 festgestellt, wo das gesamte Spektrum an Feldlaufkäferarten auftrat, zusätzlich einige seltene, speziellere Arten (zB. der Bombardierkäfer *Brachinus crepitans* oder *Microlestes fissuralis*, eine südosteuropäisch verbreitete Art extrem trockener Standorte). Während die Unterschiede in den Arten- und Individuenniveaus der Luzerne- versus der Getreidefelder ähnlich waren wie 2003, stach das konventionell bewirtschaftete Zuckerrübenfeld 2004 durch eine extrem verarmte Laufkäferfauna heraus (nur 5 spp. und 12 Ind.).

8.5.2 Schwebfliegenbeobachtungen

Artenspektrum und Individuenzahlen

In Rutzendorf wurden während der 3 Untersuchungsjahre Schwebfliegen aus mindestens 19 Arten beobachtet (Tabelle 13). Mit wenigen Ausnahmen (z.B. *Merodon* sp., *Paragus* sp.) treten alle Arten aufgrund ihrer geringen ökologischen Ansprüche häufig in den artenarmen Biozönosen der mitteleuropäischen Kulturlandschaft auf (Röder 1990, Salveter & Nentwig 1993). Der Großteil der Individuen gehörte zu den aus agrarökologischer Sicht potentiell interessanten Arten der UFam. Syrphinae mit blattlausfressenden Larven (2003: 90%, 2004: 85% und 2005: 75%; Tabelle 13). Während in den Kulturen aphidophage Schwebfliegen überwogen (84-100%), traten sie in den Saumbiotopen in geringerer Zahl auf (60-80%; Tabelle 15; vergl. Frank 1999, Kienegger 2005). Zu den am häufigsten aufgetretenen aphidophagen Arten zählten *Sphaerophoria scripta*, *Episyrphus balteatus* und Vertreter der Gattungen *Eupeodes* und *Syrphus*, die zusammen für die einzelnen Jahre jeweils zwischen 70 – 88% aller beobachteten Schwebfliegen stellten.

Räumliche Verteilung der Schwebfliegen

Im Jahr 2003 wurden die meisten Schwebfliegen im stark verunkrauteten Bereich des Futtererbsenfeldes und in der Luzerne beobachtet (Tabelle 14). Dies war vor allem auf das dort vorhandene Blütenangebot von Unkräutern (z.B. Weißer Gänsefuß und Phacelia) und Luzerne zurückzuführen. Im Vergleich dazu wurden im wenig verunkrauteten Bereich des Erbsenfeldes nicht einmal halb so viele Individuen beobachtet. Das häufige Vorkommen der (v.a. aphidophagen) Schwebfliegen im Erbsenfeld war zusätzlich aber auch durch den zum Boniturzeitpunkt noch starken Befall der Erbsenpflanzen mit der Grünen Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) erklärbar.

Tabelle 13: Anzahl aller beobachteten Schwebfliegen pro Art und Ernährungstyp (E) ihrer Larven.

Jahr Art	E	2003		2004		2005	
		Ind.	%	Ind.	%	Ind.	%
UFam. SYRPHINAE							
<i>Episyrphus balteatus</i>	a	29	19,1	35	4,6	80	8,3
<i>Eupeodes corollae</i>	a	1	0,7	6	0,8	10	1,0
<i>Eupeodes luniger</i>	a			1	0,1		
<i>Eupeodes</i> sp.	a			35	4,6	34	3,5
<i>Melanostoma mellinum</i>	a	2	1,3	1	0,1		
<i>Paragus</i> sp.	a			1	0,1	2	0,2
<i>Platycheirus albimanus</i>	a			1	0,1		
<i>Scaeva pyrastris</i>	a			4	0,5	46	4,8
<i>Sphaerophoria scripta</i>	a	76	50,0	547	72,3	541	56,4
<i>Syrphus ribesii</i>	a	2	1,3				
<i>Syrphus vitripennis</i>	a	26	17,1	2	0,3	1	0,1
<i>Syrphus</i> sp.	a			9	1,2		
unid. Syrphinae	a			2	0,3	4	0,4
Summe Syrphinae Individuen		136	89,5	644	85,1	718	74,8
Summe Syrphinae Arten (mind.)		6		9		6	
UFam. MILESIINAE							
<i>Eristalinus sepulchralis</i>	s			1	0,1	11	1,1
<i>Eristalis arbustorum</i>	s			21	2,8	80	8,3
<i>Eristalis tenax</i>	s			6	0,8	31	3,2
<i>Eumerus strigatus</i>	p	5	3,3	9	1,2	6	0,6
<i>Eumerus</i> cf. <i>sogdianus</i>	p			2	0,3		
<i>Helophilus trivittatus</i>	s					1	0,1
<i>Merodon</i> cf. <i>constans</i>	p					1	0,1
<i>Pipizella</i> sp.	a			2	0,3		
<i>Syrirta pipiens</i>	k	11	7,2	72	9,5	110	11,5
unid. Milesiinae						2	0,2
Summe Milesiinae Individuen		16	10,5	113	14,9	242	25,2
Summe Milesiinae Arten		2		7		7	
Gesamtsumme Individuen		152	100,0	757	100,0	960	100,0
Gesamtsumme Arten (mind.)		8		16		13	

(a=aphidophag, k=koprophag, p=phytophag, s=saprophag)

Tabelle 14: Gesamtanzahl der 2003 beobachteten Schwebfliegen pro Standort und die prozentuellen Anteile für Schwebfliegen mit aphidophagen Larven (Syrphinae) und kopro-, phyto- oder saprophagen Larven (Milesiinae) für jeweils eine Beobachtungseinheit von 30 Minuten pro Aufnahmestrecke.

Standort	Aufnahmestrecke*)	Individuen	% Syrphinae	% Milesiinae
Baumhecke	TN1	16	87,5	12,5
Luzerne/Rotklee-Gemisch	TN3	31	87,1	12,9
Luzerne	TN4	35	77,1	22,9
Übergang F-Erbse/Luzerne	X	10	100,0	0,0
F-Erbse, stark verunkrautet	TN6	44	95,5	4,5
F-Erbse, wenig verunkrautet	TN6	16	100,0	0,0
Summe		152	89,5	10,5

*) Ungefährer Bereich der Beobachtungen in Relation zu Aufnahmestrecken.

Mit der Errichtung der Ökostreifen im Herbst 2003 stand den Schwebfliegen ab 2004 ein reiches Blüten- und damit Futterangebot (Pollen und Nektar) zur Verfügung. Dies spiegelte sich in den hohen Schwebfliegenzahlen im Ökostreifen wider (Tabelle 15, Abbildungen 45 und 46). Zu den für die Schwebfliegen attraktivsten Blütenpflanzen des Ökostreifens gehörten die wild aufgegangene Geruchlose Kamille und Weg-Distel. Von den angesäten Pflanzen wurden bevorzugt Gewöhnliche Wegwarte, Färberkamille, Leindotter und Rainfarn aufgesucht. In den untersuchten Kulturen nahm die Anzahl der beobachteten Schwebfliegen mit der Entfernung vom Ökostreifen deutlich ab (Abbildungen 45 und 46), höhere Schwebfliegendichten innerhalb der Kulturen standen immer in Zusammenhang mit blühenden Unkräutern. Das zeigte sich auch deutlich an einem stark verunkrauteten, ca. 1 m breiten, spontanen Brachestreifen (X) im Jahr 2005 (Abbildung 46), der aufgrund seines Blütenangebots (z.B. Weißer Gänsefuß) im Vergleich zu den Kulturen sehr viele Schwebfliegen mehr anlockte. In den beiden Saumstreifen Baumhecke (TN1) und Trockenböschung (S) konnten ebenfalls zahlreiche Blütenbesuche beobachtet werden, die aber v.a. auf die hohe Blütendeckung von einzelnen dominanten Pflanzenarten, wie z.B. Geruchlose Kamille in der Hecke oder Wiener Rauke auf der Trockenböschung, zurückzuführen waren.

Tabelle 15: Gesamtanzahl der 2004 und 2005 beobachteten Schwebfliegen-Individuen (Ind.) pro Aufnahmestrecke (AS), und die prozentuellen Anteile für Schwebfliegen mit aphidophagen Larven (Syr., Syrphinae) und kopro-, phyto- oder saprophagen Larven (Mil., Milesiinae). (BE = Anzahl der Beobachtungseinheiten á 30 Minuten).

Jahr	2004				2005				
	AS	Ind.	% Syr.	% Mil.	BE	Ind.	% Syr.	% Mil.	BE
TN1		84	79,8	20,2	8	271	76,0	24,0	7
TN2-WK		481	86,7	13,3	8	262	67,2	32,8	7
TN3		94	84,0	16,0	8	74	91,9	8,1	7
TN4		36	86,1	13,9	8	38	94,7	5,3	7
X		-	-	-	-	96	82,3	17,7	7
TN6		1	100,0	0,0	4	19	100,0	0,0	7
TN7		1	100,0	0,0	4	33	100,0	0,0	7
S		60	80,0	20,0	8	167	60,5	39,5	7
Summe		757	85,0	15,0		960	74,8	25,2	

Zeitliche Verteilung der Schwebfliegen

Während beider Beobachtungszeiträume 2004 und 2005 konnte ein Aktivitätsmaximum der Schwebfliegen für Anfang Juli festgestellt werden. Während 2004 Schwebfliegenzahlen danach noch weiter anstiegen, nahmen sie 2005 danach stark ab.

8.6 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Carabidenaufsammlungen zeigen eine reichhaltige, für bewirtschaftete Kulturlflächen typische Laufkäferfauna. Diese dominiert auch die dazwischenliegenden, nicht bewirtschafteten Landschaftselemente, in denen auch zusätzliche, nicht oder nur randlich in die Äcker einstrahlende Arten auftraten. Besonders artenreich, auch an seltenen Arten, waren die 2003 angelegten Ökostreifen, was deren Naturschutzwert unterstreicht.

Die im Zuge der Schwebfliegenbeobachtungen gewonnenen Erkenntnisse zur selektiven Präferenz bestimmter Pflanzenfamilien und -arten, die Bedeutung natürlich vorkommender Wildkräuter und die Abnahme der Schwebfliegendichten mit der Entfernung von den blütenreichen Strukturen sollen in zukünftigen Überlegungen zur Gestaltung von Ökowerststreifen insofern Berücksichtigung finden, als die Artenzusammensetzung der Streifen neu überdacht werden sollte und zusätzliche Ökowerststreifen zur Verringerung der Abstände in die großen Schläge innerhalb der Kulturen gelegt werden sollte.

Schwebfliegen pro Aufnahmestrecke im Transekt Nord, 2004

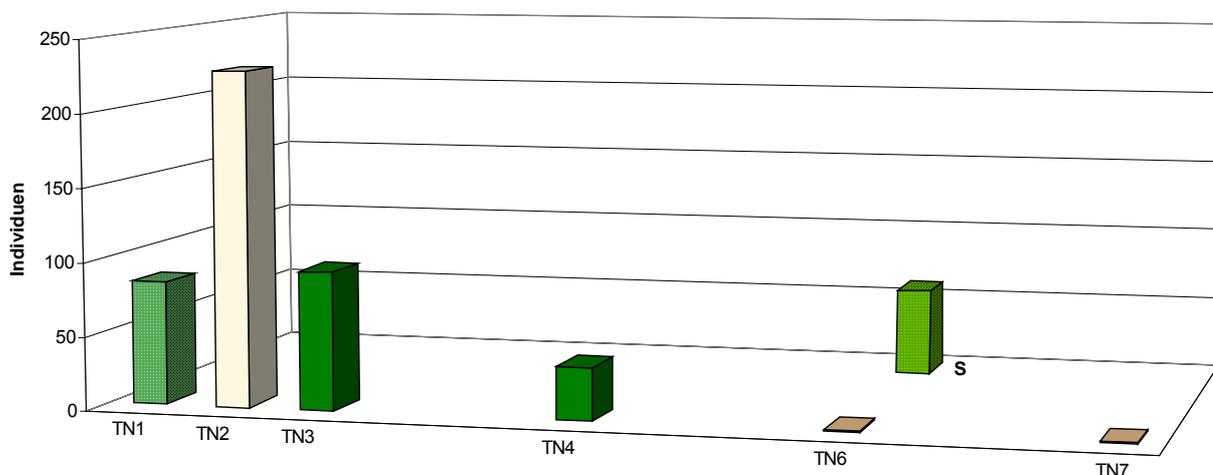


Abbildung 45: Anzahl der 2004 an 8 Boniturterminen zwischen 27. April und 26. Juli entlang der verschiedenen Aufnahmestrecken beobachteten Schwebfliegen.

Schwebfliegen pro Aufnahmestrecke im Transekt Nord, 2005

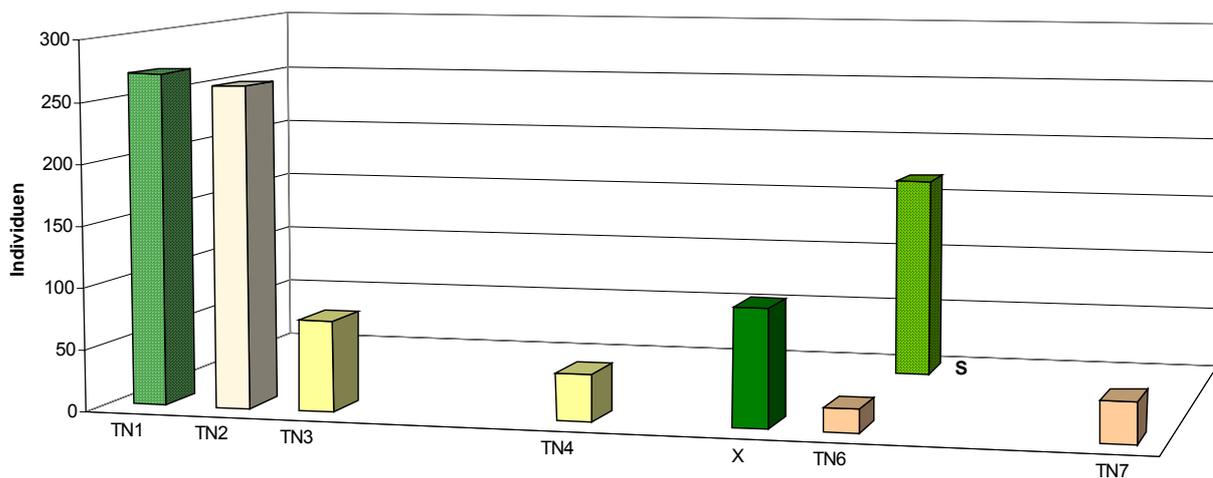


Abbildung 46: Anzahl der 2005 an 7 Boniturterminen zwischen 3. Juni und 22. Juli entlang der verschiedenen Aufnahmestrecken beobachteten Schwebfliegen..

8.7 Literaturverzeichnis

- Bothe, G. (1996): Schwebfliegen. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN).
- Frank, T. (1999): Density of adult hoverflies (Dipt., Syrphidae) in sown weed strips and adjacent fields. *Journal of Applied Entomology* 123, 351-355.
- Kienegger, M. (2005): Habitat manipulation through strips of flowers: its effects on pest and beneficial arthropods in adjacent plots of organically grown broccoli. Dissertation, Universität Wien.
- Kromp, B. (1999): Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric Ecosyst Environ.* 74: 187-228.
- Müller-Motzfeld, G. (Hrsg.) (2004): Bd. 2 Adephaga 1: Carabidae (Laufkäfer). – In: Freude, H., Harde, K.W., Lohse, G.A. & Klausnitzer, B.: *Die Käfer Mitteleuropas*. Spektrum-Verlag (Heidelberg/Berlin), 2. Auflage.
- Röder, G. (1990): *Biologie der Schwebfliegen Deutschlands (Diptera: Syrphidae)*. Erna Bauer Verlag, pp. 1-575.
- Salveter, R., und Nentwig, W. (1993): Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae) in der Agrarlandschaft: Phänologie, Abundanz und Markierungsversuche. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern*, N.F. 50. Band, 147-191.
- Stubbs, A.E. und Falk, S.J. (1983): *British hoverflies: an illustrated identification guide*. British Entomological & Natural History Society.

8.8 Anhang

Tabelle 16: Carabidenfänge in verschiedenen Feldern und Landschaftselementen des Umstellungsbetriebs Rutzendorf von Mai bis September 2003. Zur Erklärung der Abkürzungen siehe Tabelle 11

Art 2003	TN8	TN9	TN1	TN3	TN4	TN6	TN7	S	K	AG	TM1	TM2	TS1	TS3	TS4	TS6	TS7	L	sum	
	Lu	ER	Ba	Lu	Lu	Er	Er	Bö	SW	Br	He	Ra	He	Lu	Lu	SG	SG	Au		
Abax parallelepipedus																			1	1
Acupalpus interstitialis														3						3
Acupalpus meridianus													1							1
Amara aenea	1																			1
Amara apricaria	1										2									3
Amara bifrons	1			1							1			2	1					6
Amara convexior										1										1
Amara familiaris	1	1										2	4							8
Amara lunicollis										2										2
Amara similata	1													4						5
Amara sp.																				
Anisodactylus signatus														1						1
Badister bullatus												1								1
Bembidion 4-maculatum	1	2							5					2	3	12	14			39
Bembidion lampros	5	11				7	1	2	33		1			6	26	17	34			143
Bembidion properans		13		1		3	2							1						20
Brachinus crepitans	1		6	1									1							9
Brachinus expoldens	9		23	14				1					1							48
Calathus ambiguus	7	1		4	19	1		1					1	6	6	2	1			49
Calathus fuscipes	4		4	34	26	1		1			8	4	5	2	7					96
Calathus melanocephalus					2	1					1	2								6
Calosoma auropunctatum	17	12		2	49	1	2							4	15					102
Calosoma inquisita																				
Carabus coriaceus																			1	1
Carabus scheidleri				1															25	26
Cicindela germanica		1		1	2							2		2	1					9
Dolichus halensis	1								1										1	3
Harpalus affinis	4	2	1	1		6	2		1					2	7	1				27
Harpalus albanicus																				
Harpalus anxius																				
Harpalus atratus														1					1	2
Harpalus azureus	1		2	2		1	3		2	4	2		2	2	3		1			25
Harpalus calceatus																				
Harpalus distinguendus			1		2	4						2	1	2	1					13
Harpalus fröhlichii	1																			1
Harpalus honestus					1															1
Harpalus luteicornis				1	1															2
Harpalus rubripes																				
Harpalus rufipes	35	24	91	126	51	35	40	46	56	21	70	35	28	47	90	7	5	2		809
Harpalus serripes								9		1				1						11
Harpalus servus																				
Harpalus signaticornis																				
Harpalus smaragdinus															2					2
Harpalus tardus	7	1						7		4	1		3		1	1			2	27
Harpalus vernalis								1												1
Harpalus zabroides	1																			1
Leistus ferrugineus			14	2	3			1		1	4			2						27
Leistus rufomarginatus																				
Limodromus assimilis			1																	1
Loricera pilicornis									1											1
Metoponus sp.											2		2							4
Microlestes fissuralis																				
Microlestes maurus			1	1				2												4
Microlestes minutulus		5	1		3	11	4	1	11		3	4	1	10	13	29	48			144
Nebria brevicollis											1									1
Notiophilus rufipes																				
Panagaeus bipustulatus																			1	1
Platyderus rufus													1							1
Platynus dorsalis	19	2	13	8					1		2		3	3	1	2				54
Poecilus cupreus	20	256	8	17	169	111	67	18	37	1	1	2	1	6	94	38	27			873
Poecilus punctulatus		1				2														3
Poecilus sericeus				1	2	6														9
Poecilus versicolor					1															1
Pterostichus melanarius		1	2	2	13									2	2	2	4	1		29
Syntomus obscuroguttatus	1	3	3	2		2	4		2				3		1	1			14	36
Syntomus flavipes											1									1
Syntomus pallipes													1							1
Syntomus sp.																				
Trechus 4-striatus	1		6	2			3				3			2		1			1	19
Zabrus tenebrionides	1		1		2	1				1		3	5	1		7	7			29
Gesamt Ind.	141	336	178	224	346	193	128	90	150	36	102	58	66	111	275	120	141	50		2745
Gesamt Arten	24	16	17	21	16	16	10	12	11	9	15	11	19	22	19	13	9	11		58

Tabelle 17: Carabidenfänge in verschiedenen Feldern und Landschaftselementen des Umstellungsbetriebs Rutzendorf von Mai bis September 2004. Zur Erklärung der Abkürzungen siehe Tabelle 11

Art 2004	TN8	TN9	TN1	TN2	TN3	TN4	TN6	TN7	S	K	AG	TM1	TM2	TS1	TS2	TS3	TS4	TS6	TS7	L	sum	
	Lu	WW	Ba	Ös	Lu	Lu	Ro	Ro	Bö	Zu	Br	He	Ra	He	Ös	Lu	Lu	SG	SG	Au		
Abax parallelepipedus																						
Acupalpus interstitialis																						
Acupalpus meridianus																						
Amara aenea	1			2																		3
Amara apricaria																						
Amara bifrons				3																		3
Amara convexior																						
Amara familiaris	2			3	1	1						2				1						10
Amara lunicollis																						
Amara similata	1			6											3	1						11
Amara sp.	1																					1
Anisodactylus signatus																						
Badister bullatus																						
Bembidion 4-maculatum																						
Bembidion lampros	9	1	1	5	3	13				3		1	4		4	23	5	4	4			80
Bembidion properans																						
Brachinus crepitans	1			1								3										5
Brachinus explodens	4		11	4	20	2	4	1	5		2	2			1							56
Calathus ambiguus	6	9					8	2				1			1	1	3	3				34
Calathus fuscipes	15	1	8	7	15	13	4				1	13	11		2	13			8			112
Calathus melanocephalus	1		1									2	3	1								8
Calosoma auropunctatum			6	2		3						2			4	2	4	1	3			27
Calosoma inquisita																					8	8
Carabus coriaceus																					2	2
Carabus scheidleri																					4	4
Cicindela germanica	4			3	3	4		1							3	2		1				21
Dolichus halensis										1	1				2							4
Harpalus affinis	3			4	1	3	1						1									13
Harpalus albanicus															1							1
Harpalus anxius													1									1
Harpalus atratus			1									3		1							2	7
Harpalus azureus			1	3									2				1		1	1	1	9
Harpalus calceatus																	1					1
Harpalus distinguendus	2	1		1		1	1															6
Harpalus fröhlichii	5																1					6
Harpalus honestus																						
Harpalus luteicornis						2																2
Harpalus rubripes	1			1		1							2			1						6
Harpalus rufipes	51	1	66	51	38	19	6	1	3	10	8	48	23	100	46	69	36	2	3	3		584
Harpalus serripes								1	3		1			4								9
Harpalus servus									1													1
Harpalus signaticornis				1																		1
Harpalus smaragdinus			1																			1
Harpalus tardus	6		1		1				2		1	15			1							27
Harpalus vernalis																						
Harpalus zabroides				1											1							2
Leistus ferrugineus			11	4	2	1						22	1	19								60
Leistus rufomarginatus														1								1
Limodromus assimilis														2							1	3
Loricera pilicornis										1												1
Metophonus sp.												2	1									3
Microlestes fissuralis		1		7														1				9
Microlestes maurus											1				1							2
Microlestes minutulus	2	2		5	4	1									1	2	1	2	2			22
Nebria brevicollis														2								2
Notiophilus rufipes																					5	5
Panagaeus bipustulatus												1		2								3
Platyderus rufus																					1	1
Platynus dorsalis	9	14	37	11	11	1	8	7	1		1	44	2	13	12	4	9		2			186
Poecilus cupreus	193	110	1	63	330	541	407	22	30	7		1	9		24	23	128	40	46			1975
Poecilus punctulatus	9			1	1										2		2	2	5			22
Poecilus sericeus	3	1		5	2	4	2											1				18
Poecilus versicolor				1		2																3
Pterostichus melanarius								1									1	1				3
Syntomus obscuroguttatus	1	3	4		1		3	4				4		1	1	1	1	2		7		33
Syntomus flavipes																						
Syntomus pallipes					1										4							5
Syntomus sp.	1					1																2
Trechus 4-striatus				1								2		1	1							5
Zabrus tenebrionides		3						3					1					7	1			15
Gesamt Ind.	331	147	150	196	434	613	444	43	45	22	16	152	67	158	113	132	206	67	75	34	3445	
Gesamt Arten	24	12	14	26	16	18	10	10	7	5	8	16	15	13	19	13	14	13	10	10		57

9 TEILPROJEKT 9: ACKERWILDKRAUTFLORA, DIASPOREN

Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten in der Umstellung auf den Biologischen Landbau auf die Ackerwildkrautflora und Diasporen

Bearbeiter: K.-G. Bernhardt (Teilprojektleiter), D. Laubhann
Institut für Botanik, Department für Integrative Biologie, BOKU Wien.

9.1 Zusammenfassung / Summary

Dieses Teilprojekt hatte zum Ziel die Auswirkung der Umstellung von Flächen auf ökologischen Landbau und die damit einhergehende Änderung der Bewirtschaftungsweise auf die Ackerwildkrautflora sowie deren Diasporenbank zu untersuchen. Durch unterschiedliche Vorgeschichten der Schläge, unterschiedliche Einstiegszeitpunkte in die Fruchtfolge sowie Düngung waren die Daten sehr heterogen. Deutliche Unterschiede konnten nur zwischen den umgestellten Flächen und dem konventionell bewirtschafteten Schlag gefunden werden. Diasporenanzahl und Artenzahl waren auf diesem Schlag weit geringer, wodurch ein positiver Effekt des ökologischen Landbaus auf die Artendiversität bestätigt werden kann. Auswirkungen der Düngung konnten noch nicht festgestellt werden. Außer einer überraschend höheren Deckung der Ackerwildkräuter unter der, im Verhältnis zu Getreide, dichteren Luzerne konnte kein Einfluss unterschiedlicher Früchte festgestellt werden. Da noch nicht auf allen Schlägen die Zielfruchtfolge erreicht ist und auch noch nicht unterschiedlich gedüngt wird, bedarf es zur Beantwortung diesbezüglicher Fragestellungen weitere Untersuchungen.

The aim of this project was to record the influence of converting fields to organic farming, especially the influence of different organic fertilizers on the aboveground weeds and the soil seed bank. Due to the different history and crop rotation of the fields as well as different starts of fertilizing, the data were very heterogeneous. Clear differences can only be found between all converted fields and the conventional used field. The number of species and the number of seeds were much lower in the conventional used one. This shows the positive influence of organic farming on the species-diversity. No influence of the different fertilizers or different crops could be found. Only a higher coverage of weeds under Lucerne in comparison with other crops can be found. Not all fields are in the planned crop rotation and were not fertilized up to now. Therefore we need further investigations to answer questions dealing with these issues.

9.2 Einleitung

Die Umstellung auf biologische Wirtschaftsweise hat eine Änderung der Fruchtfolge und Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Folge. Beide beeinflussen zum einen das Keimen der Diasporen, zum anderen wirken sich Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Lagerungsdauer der Diasporen im Boden aus (Friebe 1990, Bernhardt 1991). Mit der Veränderung der genannten beeinflussenden Faktoren, gehen auch eine Veränderung des Bodenmilieus sowie der Überdauerungsfähigkeit und Keimbedingungen für die Diasporen der Ackerwildkräuter einher. Die beiden letztgenannten Veränderungen sind Gegenstand der Untersuchungen innerhalb dieses Teilprojekts.

9.3 Thema und Ziele der Arbeit

Aufgrund der Tatsache, dass Veränderungen im Boden langsamer vonstatten gehen als an der Oberfläche und die zum Teil sehr lange Überdauerungsmöglichkeit keimfähiger Samen im Boden, machen den Diasporenvorrat im Boden zu einem wesentlichen Faktor bei der Wiederbesiedelung von Standorten (Grime 1981, Roberts 1981). Kropac (1966) bezeichnet die Samenbank treffend als Vegetationspotenzial einer Phytozönose. Vor diesem Hintergrund

ist neben dem Ziel der Untersuchung der Veränderung der Aktuellen Vegetation, vor allem die Betrachtung der Veränderung des Diasporenvorrats im Boden von spezieller Wichtigkeit.

Aus naturschutzfachlicher Sicht stellt sich die Frage ob sich durch die Umstellung auf Biologische Wirtschaftswiese die Artenvielfalt der Ackerwildkräuter erhöht und ob im Bodensamenspeicher eventuell verschollene Arten der Region vorhanden sind und diese auch mit der Zeit in der aktuellen Vegetation gefunden werden können.

Für die landwirtschaftliche Praxis sollten sich Ergebnisse in Bezug auf Unkrautdruck oder eventuell auftretenden „Problemunkräutern“ in Abhängigkeit der unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen ergeben.

9.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Bisherige Untersuchungen in Nordwestdeutschland haben gezeigt, dass Rotation und Änderung der Düngungsverhältnisse zu Veränderungen in der Zusammensetzung der aktuellen Vegetation, in der Dichte und Reproduktionsrate der Individuen und damit zu Änderungen in der Zusammensetzung und Struktur der Diasporenbank im Boden führt (Fischer & Bernhardt 1993). Zu erwarten ist aufgrund der Umstellung auf biologischen Landbau eine Erhöhung der Artenzusammensetzung, der Artendiversität (Bernhardt 1991, 1996), sowie eine eventuelle Aktivierung verschollener Arten der Region, die bisher noch lebensfähig im Boden überdauern.

9.5 Material und Methoden

Alle Untersuchungen wurden auf den Kleinparzellenversuchen S1M – S8M sowie SK durchgeführt. Untersuchungen bezüglich der Auswirkung unterschiedlicher Düngevarianten wurden nur auf den bislang gedüngten Flächen durchgeführt. Um vergleichbare Bedingungen zu untersuchen wurden nur die Flächen gewählt die im Vorjahr gedüngt wurden (S1 und S4 2004 sowie S7 2005). Für vergleichende Untersuchungen basierend auf der Artenzusammensetzung wurde der Sørensen Index (Sørensen 1948) benutzt.

9.5.1 Erfassung der Aktuellen Vegetation

Die Erfassung der aktuellen Vegetation erfolgte mittels Vegetationsaufnahmen. Für die Schätzung der Vegetationsbedeckung reicht bei Dauerquadratuntersuchungen die Skala nach Braun-Blanquet (1964) nicht aus. Dies gilt vor allem für die geringen Ackerwildkrautdichten auf den Versuchsschlägen. Es wurde daher die Methode nach Schmidt (1974), welche eine Verfeinerung der Methode nach Braun-Blanquet (1964) darstellt, verwendet (vgl. Londo 1975). 2003 wurden nur im Sommer (Juli, vor der Ernte) in den darauffolgenden Jahren im Frühjahr (April/Mai) und Sommer (Juli) Aufnahmen durchgeführt. Dabei wurde die Vegetation auf allen Kleinparzellen aufgenommen. Im Sommer 2003 wurden in jedem Schlag zusätzliche Aufnahmen außerhalb der Kleinparzellenversuche durchgeführt, um die Vegetation innerhalb der Versuchsflächen pflanzensoziologisch besser einordnen zu können.

9.5.2 Erfassung der Diasporenbank

Die Probennahme erfolgte mittels Bohrstock, jeweils im Oktober um auch Diasporen von spätfruchtenden Arten erfassen zu können. Pro Kleinparzellenversuch wurden je Düngevariante zwei Kleinparzellen beprobt. In jeder Kleinparzelle wurde nach dem Zufallsprinzip eine Fläche von 1 m² ausgewählt, in der, in Abhängigkeit des Bohrdurchmessers, mehrere Einstiche (20 cm tief) erfolgten. Diese Einstiche (Einzelproben) wurden zu einer Mischprobe von 1000 cm³ vermengt, wobei die oberen 10 cm und unteren 10 cm getrennt wurden. Jede Mischprobe wurde in Ansaatschalen (30 x 40 x 6 cm) dünn ausgestrichen (ca. 1 cm dick). Die Saatschalen wurden zuvor mit sterilem Quarzsand auf einer Vliesunterlage unterschichtet, um den heranwachsenden Keimlingen optimale Wachstumsbedingungen zu ermöglichen. Die Ansaatschalen wurden in einer beheizten

Vegetationshalle des Botanischen Gartens aufgestellt und regelmäßig, über einen Zeitraum von 6 Monaten auf stattgefundene Keimung kontrolliert. Alle auflaufenden Arten wurden bestimmt, gezählt und aus den Schalen entfernt. Nicht im Keimlingsstadium zu erkennende Arten wurden in Töpfen großgezogen, bis eine Bestimmung möglich war. Aufgrund der sechsmonatigen Versuchsdauer konnten Analysen der Diasporenbank immer erst verzögert zu jenen der Aktuellen Vegetation erfolgen. Dies ist auch der Grund weshalb zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Berichts die Ergebnisse der Diasporenanalysen des Versuchsjahres 2005 noch nicht vorliegen.

9.6 Ergebnisse und Diskussion

Die abgelaufenen drei Jahre des Projekts dienten vornehmlich der essentiellen Bestandserhebung. Fragestellungen bezüglich unterschiedlicher Bewirtschaftungsmethoden konnten nur ansatzweise behandelt werden, da der Einstieg in die Zielfruchtfolge und auch die Einbringung der unterschiedlichen Düngevarianten noch nicht in allen Schlägen stattfand. Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Fruchtfolgen aller Schläge die als wesentliche Diskussionsgrundlage der meisten Auswertungen dienen.

Tabelle 18: Fruchtfolgen der untersuchten Schläge

Jahr	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	SK
2003	S Gerste	Luzerne	Luzerne	F Erbse	Luzerne	Luzerne	F Erbse	Triticale	Hartweizen
2004	W Gerste	Luzerne	Luzerne	W Weizen	Luzerne	Luzerne	W Roggen	Luzerne	Rübe
2005	Luzerne	W Weizen	W Weizen	W Roggen	W Weizen	W Weizen	Triticale	Luzerne	W Weizen

9.6.1 Auswertungen der Aktuellen Vegetation 2003 - 2005

Pflanzensoziologisch können alle Aufnahmen der Klasse Stellarietea media (nach Mucina 1993) zugeordnet werden, wobei es sich vorwiegend um Fragmentgesellschaften handelt.

In allen drei Jahren konnten 82 Ackerwildkräuter bestimmt werden, wobei im Jahr 2004 mit 49 Arten auf allen Schlägen gemeinsam, die meisten Arten gefunden werden konnten. Die häufigsten Arten waren *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß) der auch bei den Diasporenuntersuchungen den größten Teil ausmachte, *Fallopia convolvulus* (Windenknoterich), *Polygonatum aviculare* (Vogelknötterich), sowie *Veronica polita* (Glänzender Ehrenpreis) und *Stachys annua* (Einjähriger Ziest). Wenn man die Artenzahlen der Kleinparzellen vergleicht, so konnten auch hier 2004 mehr Arten als 2003 oder 2005 gefunden werden (Abb. 49).

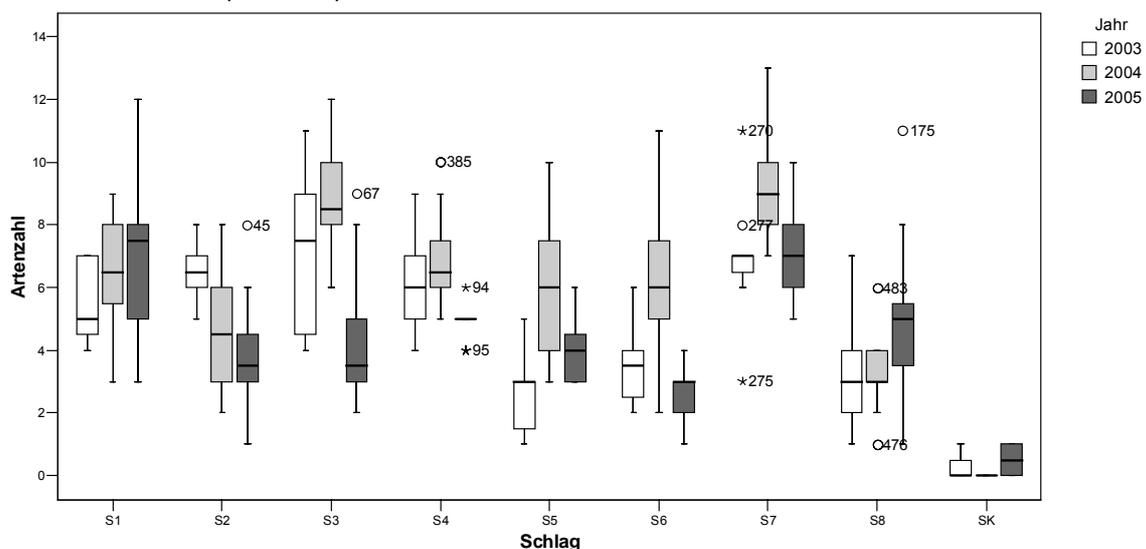


Abbildung 47: Artenzahlen nach Schlägen und Jahren

Betrachtet man die Entwicklung der Artenzahl auf Schlagniveau (Abb. 47) fällt auf, dass auf fast allen Schlägen die Artenzahlen 2004 anstiegen. Die Vermutung, dass die hohen Artenzahlen des Jahres 2004 im überwiegenden Anbau der Luzerne (5 Schläge) begründet liegen, konnte nicht bestätigt werden, da es am Schlag S2 sogar zu einem Rückgang der Artenzahlen unter Luzerne kam und am Schlag S4 sowie S7 auch zu einem Anstieg unter Getreide kam. Auch der Rückgang der Arten im Jahr 2005 kann nicht als Effekt der Luzerne betrachtet werden, da auch auf den Schlägen S4 und S7 auf denen Getreide stand ein Rückgang der Arten zu verzeichnen war, der sich nicht signifikant von den Rückgängen der Artenzahlen auf den Luzernefelder unterschied (Abb. 50). Ein Einfluss der angebauten Früchte auf die Artenzahlen kann somit nicht erkannt werden. Die Schwankungen in den Artenzahlen zwischen den Jahren scheinen also eher ein saisonaler Effekt zu sein. Grundsätzliche Unterschied in den verschiedenen Schlägen dürften in den unterschiedlichen Vorgeschichten begründet liegen. Deutlich ist in allen Jahren der Unterschied zum konventionell bewirtschafteten Schlag SK bei dem deutlich weniger Arten zu finden waren (Abb. 47).

Die Deckungswerte der Ackerwildkräuter nehmen über alle Schläge hinweg betrachtet von 2003 bis 2005 scheinbar ab, wobei nur der Unterschied zwischen den Jahren 2004 und 2005 signifikant ist (Abb. 51). Wiederum auf Schlagniveau betrachtet sieht man, dass die großen Deckungswerte des Jahres 2003 hauptsächlich durch den Schlag S7 und S2 bedingt werden (Abb. 52). Beide Schläge hatten geringe Fruchtdeckungen wodurch sie die Ackerwildkräuter gut entwickeln konnten. Interessant war, dass trotz dichter Bestände unter Luzerne die Unkrautdeckung höher war als unter Wintergetreide (Abb. 53). Die unterschiedliche Düngung führte weder bei den Artenzahlen noch bei der Deckung zu unterschiedlichen Werten (Abb 54 und 55). Ein gehäuftes auftreten bestimmter Ackerwildkräuter unter bestimmten Kulturen konnten nicht festgestellt werden.

9.6.2 Auswertungen der Diasporenbank 2003 - 2004

In beiden Jahren gemeinsam konnten 45 Arten bestimmt werden. 2003 21 Arten, 2004 29 und 2005 30 Arten. Es sind 11 Arten in allen drei Jahren aufgetreten, was einen erheblichen Unterschied darstellt. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Schichten 0 – 10 cm und 10 – 20 cm festgestellt werden, weshalb für die restlichen Untersuchungen die Schichten zusammengefasst wurden. Während sich die Diasporenmengen pro Quadratmeter 2003 und 2004 nicht unterscheiden, konnte ein doch deutlicher Abfall im Jahr 2005 beobachtet werden (Abb. 57 im Anhang). Da dieser Abfall aber über alle Schläge hinweg sichtbar ist, sind weder Fruchtfolge noch Düngung hierfür ausschlaggebende. Vielmehr dürfte wohl klimatisch 2004 ein extrem schlechtes „Samenjahr“ gewesen sein. Zwischen der Schläge zeigen sich jedoch sehr wohl Unterschiede, die zum momentanen Zeitpunkt nicht vollständig erklärt werden können (Abb. 48).

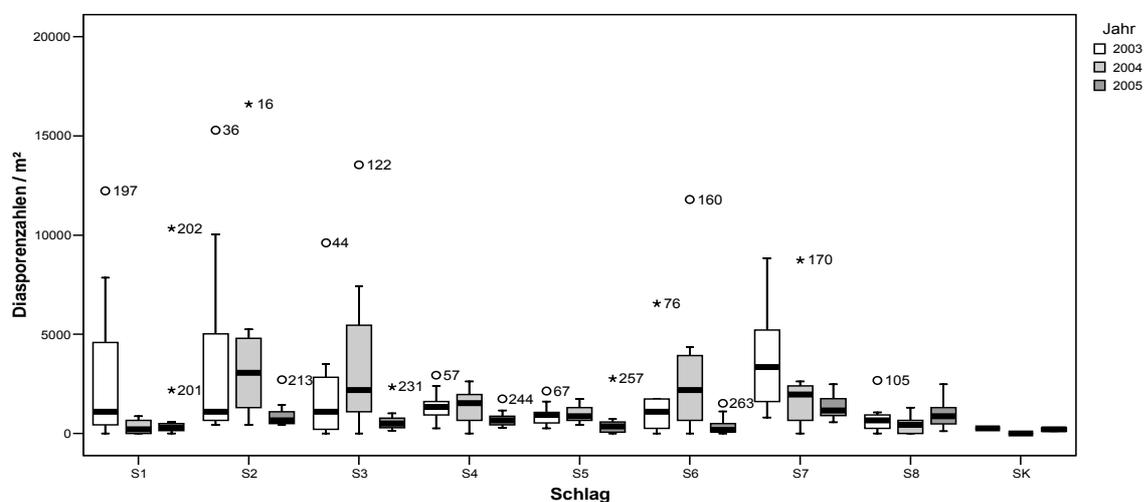


Abbildung 48: Diasporenanzahl je m² der Kleinparzellen nach Schlägen

Ein erklärbarer Zusammenhang konnte bei Betrachtung der 2 jährigen Luzernefelder festgestellt werden (Abb. 56 im Anhang). Hier konnte ein signifikanter Anstieg der Diasporenmengen pro Quadratmeter von 2003 auf 2004 festgestellt werden. Dieser Anstieg konnte bei der nachträglichen Auswertung der Proben aus dem Jahr 2005 bei dem Schlag S8 (der einzige 2 jährige Luzerne Schlag 2005) bestätigt werden (Abb. 48). In abgeschwächter Form kann dieses Ergebnis auch auf dem Schlag S1 von 2004 auf 2005 gesehen werden auf dem zu Ende des Jahres 2004 Luzerne als Untersaat eingebracht wurde (Abb. 48).

Wie bei der Aktuellen Vegetation ist auch bei den Diasporen ein deutlicher Unterschied der umgestellten zum konventionell bewirtschafteten Schlag, auf dem nahezu keine Diasporen gefunden worden sind, zu erkennen (Abb. 48). Die Düngung hatte keinen Einfluss auf die Anzahl der keimfähigen Diasporen im Boden (Abb. 57 im Anhang). Vergleicht man die Aktuelle Vegetation mit dem Diasporenvorrat im Boden (nur für die Jahre 2003 und 2004 durchgeführt) des jeweiligen Schlages, so kann man auf grund des niedrigen Sørensen Index erkennen, dass sie sich stark voneinander unterschieden (Tab.19 im Anhang). Dies liegt vor allem in den durchwegs geringen Keimlingszahlen begründet. So waren zum Beispiel 2004 49 Arten in der Aktuellen Vegetation und nur 29 in der Diasporenbank zu finden. Zusätzlich gab es aber auch 15 Arten die nur in der Diasporenbank vorkommen. Ein ähnliches Bild zeigte sich 2003. Die beiden Häufigsten Arten die auch im Feld gefunden werden konnten waren *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß) und *Lamium amplexicaule* (Stängelumfassende Taubnessel).

Einige floristische Besonderheiten konnten im Untersuchungszeitraum auf den Schlägen gefunden werden: *Crambe hispanica* (Spanische Meerkohl) in DS und AV, *Diplotaxis erucoides* (Weiß-Doppelrauke) in AV, beides in Österreich nur sporadisch auftretende Arten, *Crepis setosa*, vom Aussterben bedroht, *Kickxia spuria*, stark gefährdet (nach Niklfeld 1999.) beides in AV.

9.7 Schlussfolgerungen

Untersuchungen der Vegetation sowie der Diasporenbank von 2003 bis 2005 stellen vorwiegend Zustandserhebungen bzw. Momentanaufnahmen dar. Fragestellungen bezüglich der Auswirkung unterschiedlicher Düngungsvarianten/Bewirtschaftungen können erst durch weitere Untersuchungen ausreichend beantwortet werden, sobald alle Schläge einmal gedüngt wurden und die Zielfruchtfolge erreicht ist. Bislang konnten jedoch deutliche Unterschiede zum konventionell bewirtschafteten Schlag SK gefunden werden. Sowohl in der Aktuellen Vegetation wie auch in der Diasporenbank. Die Artanzahlen bzw. Deckungen lagen weit unter denen der umgestellten Flächen. Von einem positiven Einfluss der ökologischen Bewirtschaftung auf die Artendiversität kann also auf jeden Fall gesprochen werden. Aufgrund der unterschiedlichen „Vorgeschichten“ und der unterschiedlichen Fruchtfolgen konnten allerdings nur sehr heterogene und schwer zu interpretierende Daten vorgefunden werden. Mit Fortdauer der Zielfruchtfolge und Regelmäßigkeit der Düngung werden die Daten klarer und die Aussagen schärfer werden können.

9.8 Literaturverzeichnis

- Bernhardt, K.-G. (1991): Die Samenbank und ihre Anwendung im Naturschutz. Verh. Ges. Ökologie 20: 883-892.
- Bernhardt, K.-G. (1996): Möglichkeiten des Naturschutzes für den Erhalt von Genressourcen. Zeitschrift f. Genressourcen 2`114-129.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie, 3. Aufl. Wien, 365 Seiten
- Fischer, A., Bernhardt, K.-G. (1993): Untersuchungen zur Vegetation und zum Diasporenvorrat von Ackerrandstreifen und konventionell genutzten Ackerinneren. In: Biologie semiaquatischer Lebensräume (Hrsg. Bernhardt, K.-G., Hurka, H., Poschlod, P.) 75-85, Solingen
- Frieben, B. (1990): Bedeutung des organischen Landbaus für den Erhalt von Ackerwildkräutern. Natur und Landschaft 65 (7/8). S. 379-382.
- Grime, J.P. (1981): Plant strategies and vegetation processes. (3): 79 – 119.
- Kropác, Z. (1966): Estimation of weed seeds in arable soil. Pedobiologia 6: 105 – 128.
- Londo, G. (1975): Information über Struktur, Dynamik und ihr Zusammenhang durch Dauerquadratuntersuchungen. – In: Schmidt, W. Hrsg.: Sukzessionsforschung, Ber. Internat. Sympos. JVV Rinteln 1973, 89-105, Vaduz.

- Mucina, L. (1993): *Stellarietea mediae*. In: Die Pflanzengesellschaften Österreichs Teil1: Anthropogene Vegetation. Gustav Fischer Verlag.
- Nikfeld, N (1999): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe d. Bundesministeriums f. Umwelt, Jugend und Familie. Bd. 10.
- Roberts, H.A. (1981): Seed Banks in soil. *Advances in applied Biology*. 1 – 55, London.
- Schmidt, W. (1974): Die vegetationskundliche Untersuchung von Dauerprobeflächen. *Mitt. Flor. Soz. Arbeitsgemeinschaft N. F.* 17, 103-106.
- Sørensen, T. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Kong. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr.* 5 (4), 1-34

9.9 Anhang

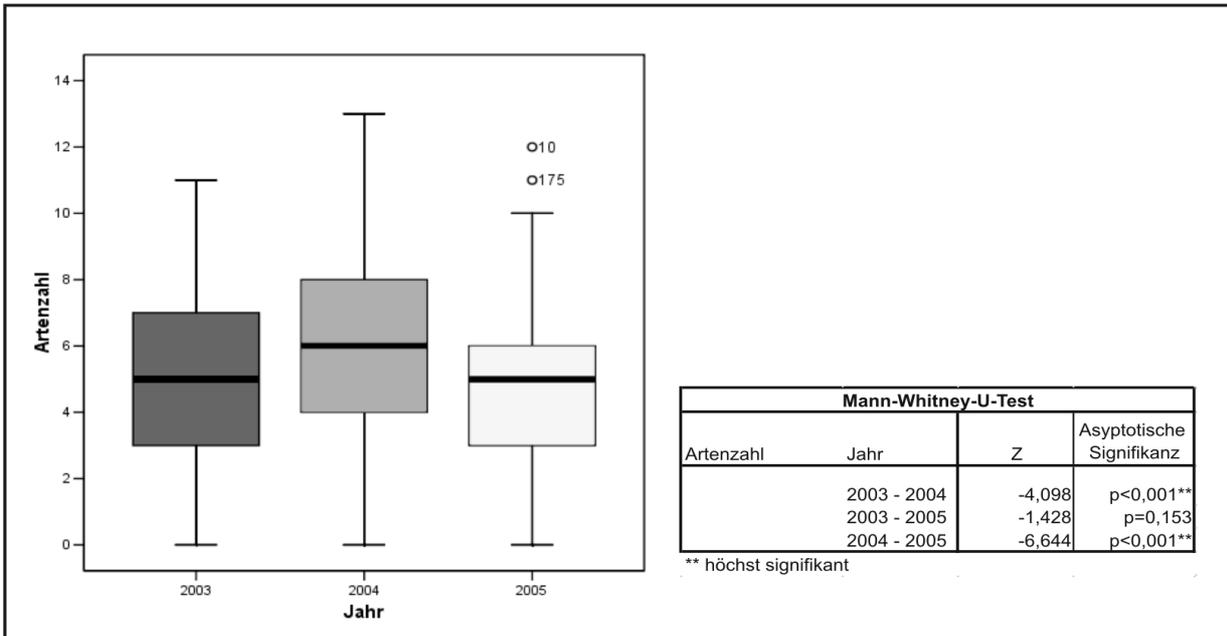


Abbildung 49: Artenzahlen der Kleinparzellen nach Jahren



Abbildung 50: Vergleich der Artenrückgänge nach Fruchtfolge 2004 - 2005

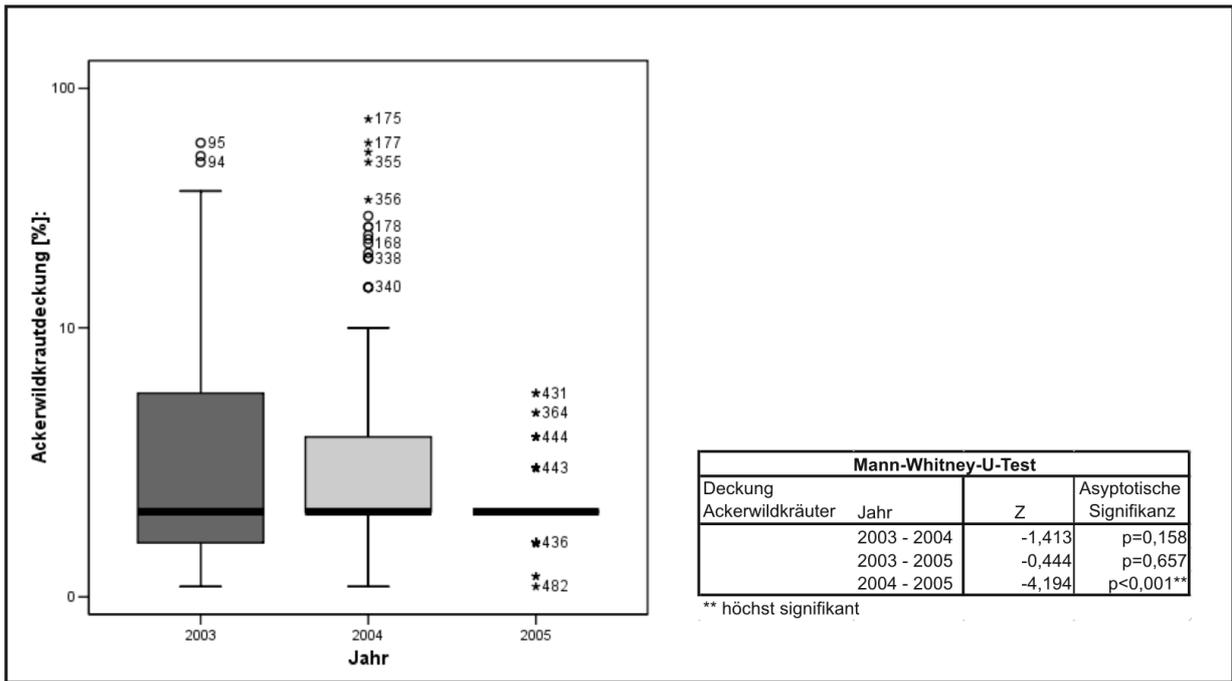


Abbildung 51: Ackerwildkrautdeckung nach Jahren

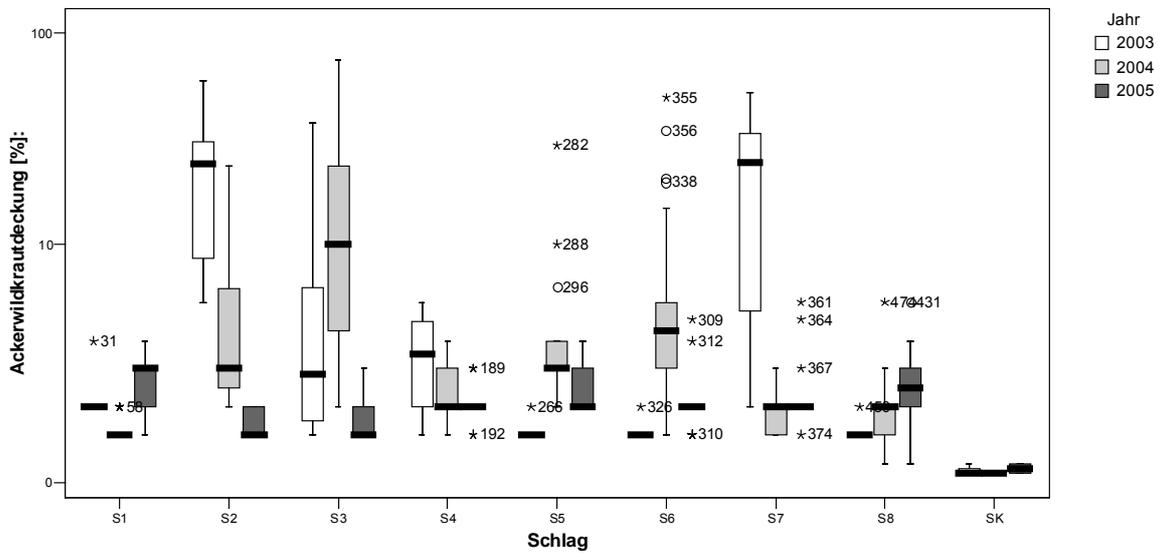


Abbildung 52: Ackerwildkrautdeckung nach Schlägen und Jahr

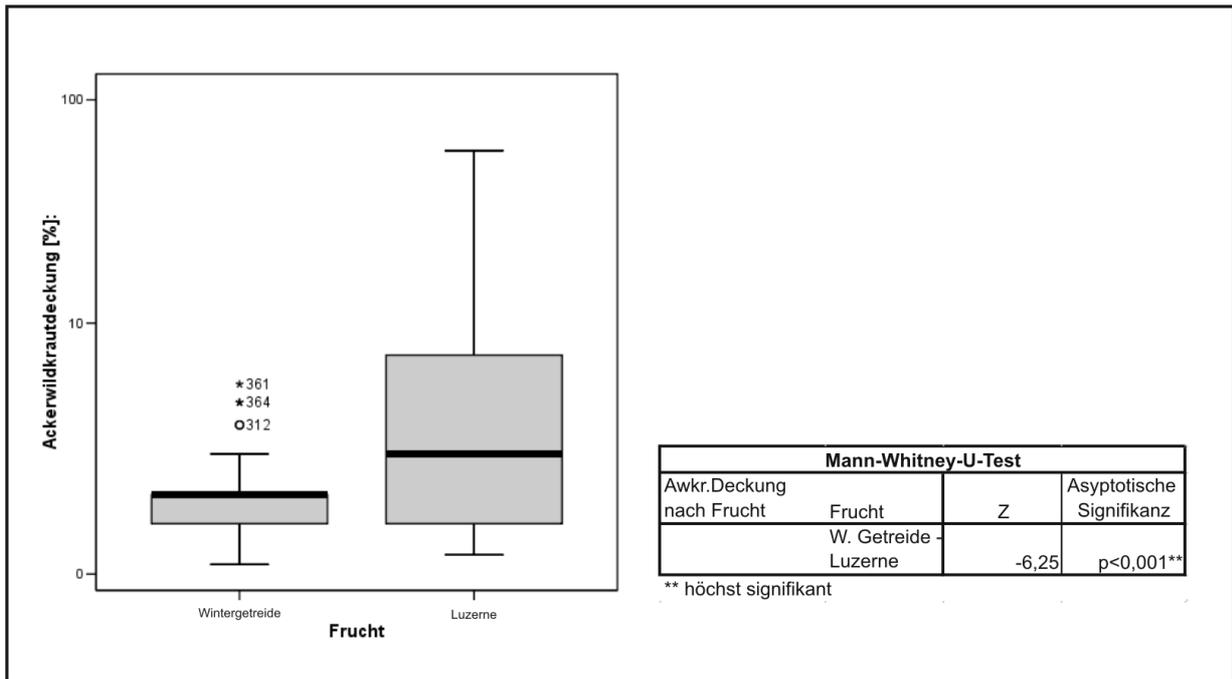


Abbildung 53: Ackerwildkrautdeckungen nach Kulturart

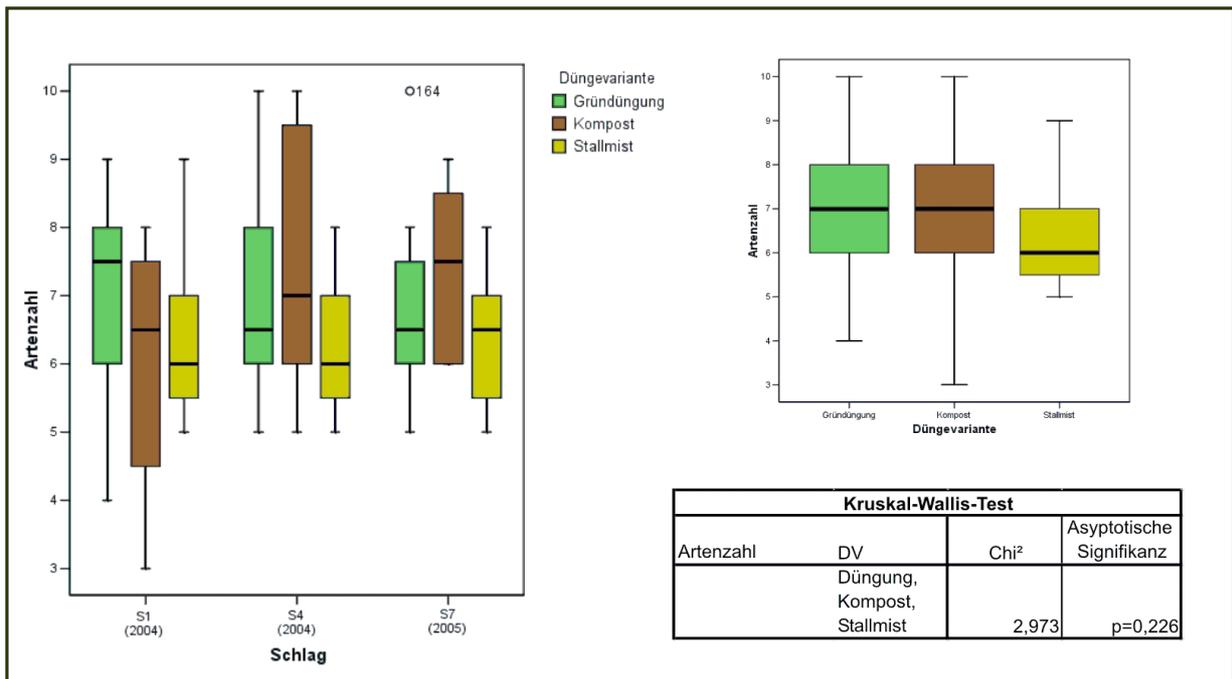


Abbildung 54: Artenzahlen nach Düngevarianten

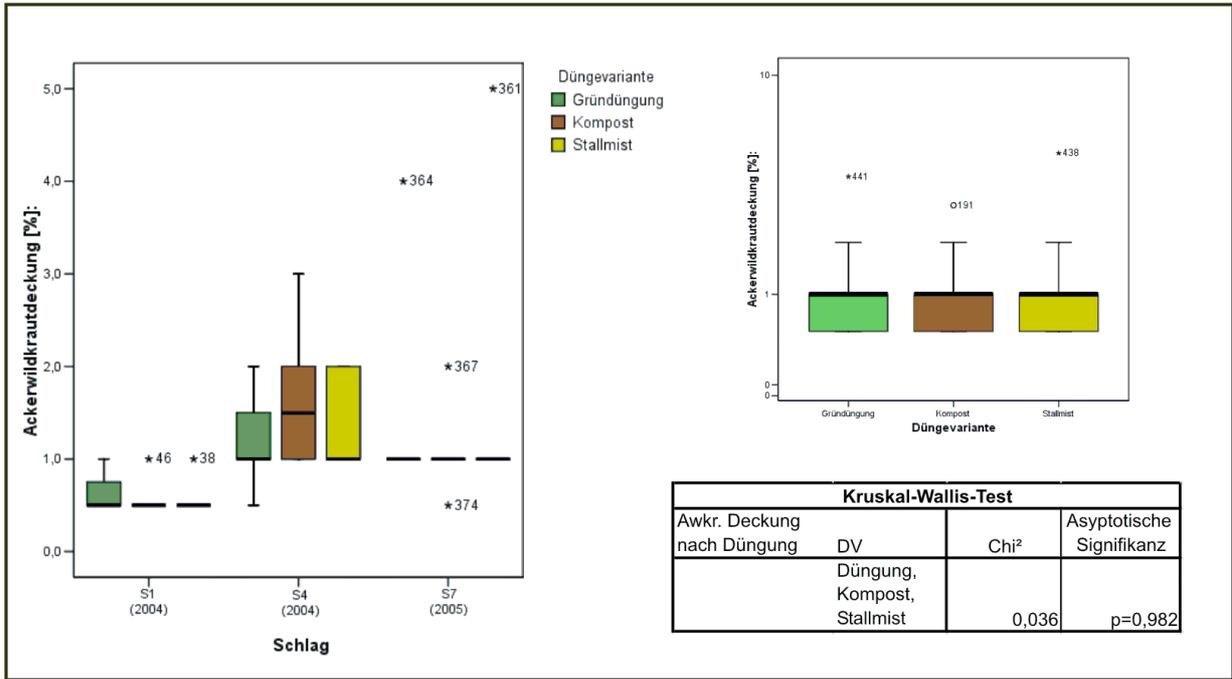


Abbildung 55: Ackerwildkrautdeckungen nach Düngevarianten

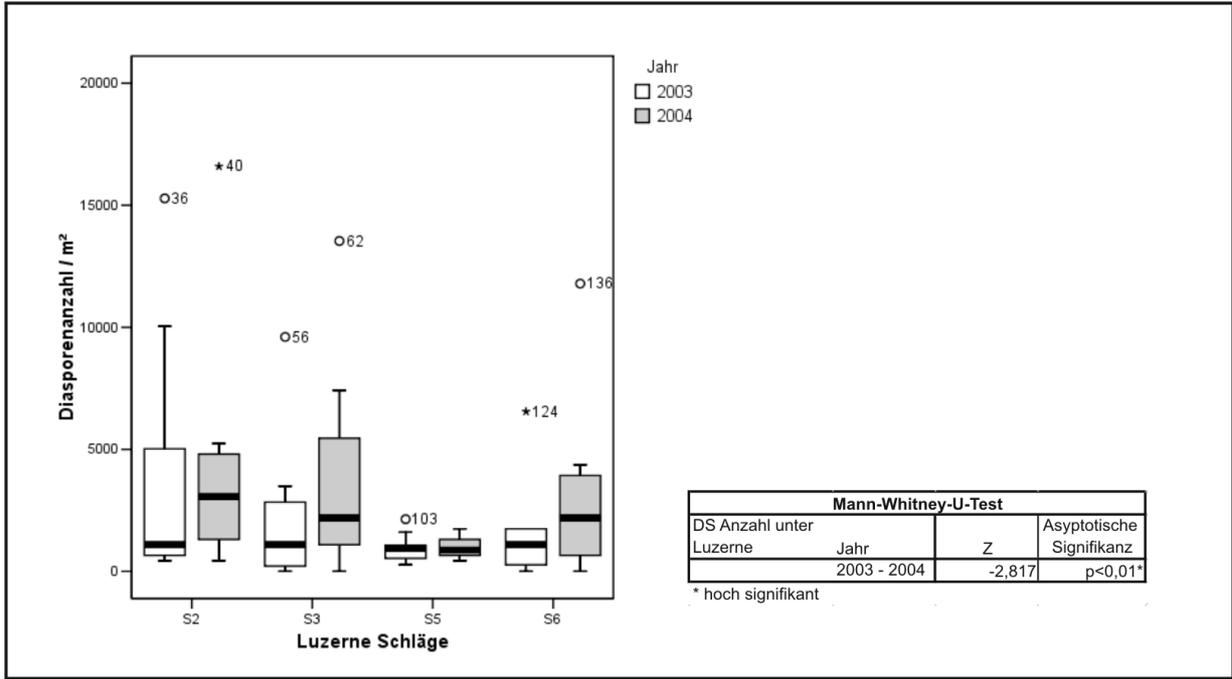


Abbildung 56: Diasporendichten unter Luzerne 2003 – 2004

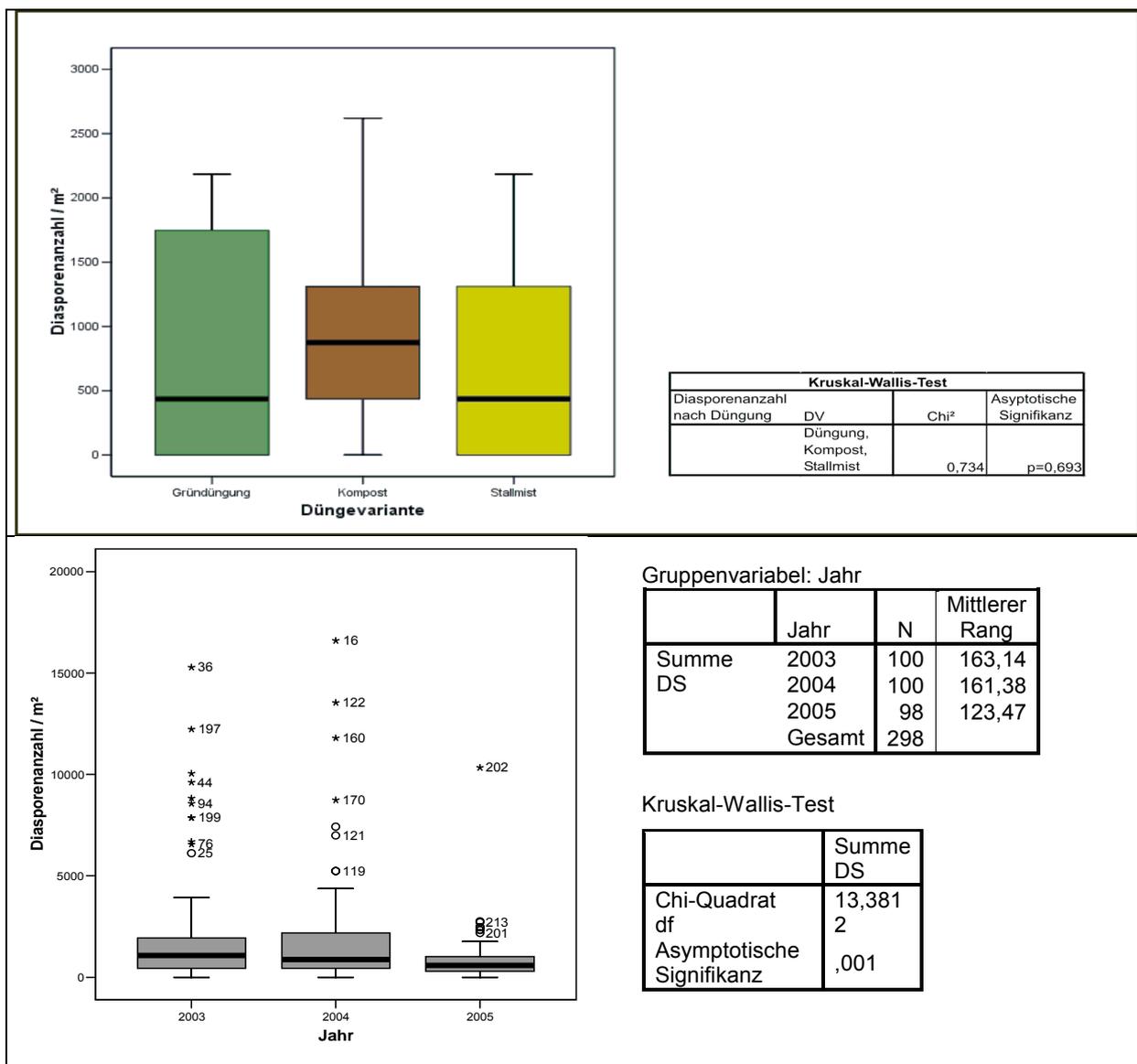


Abbildung 57: Diasporenmengen nach Düngung (Abb. oben) und nach Jahren (Abb. unten).

Tabelle 19: Vergleich Aktuelle Vegetation mit Diasporenbank

Sörenesen Index		
	2003	2004
AV1 - DS1	0,167	0,111
AV2 - DS2	0,211	0,242
AV3 - DS3	0,400	0,333
AV4 - DS4	0,381	0,294
AV5 - DS5	0,429	0,294
AV6 - DS6	0,421	0,250
AV7 - DS7	0,174	0,320
AV8 - DS8	0,267	0,111

10 TEILPROJEKT 10: AVIFAUNA

Titel: Avifaunistische Analyse und Bewertung der agrarökologischen Ausgangssituation des Biobetriebes Rutzendorf und Dokumentation der Auswirkungen der Betriebsumstellung auf biologischen Landbau sowie agrarökologischer Begleitmaßnahmen

BearbeiterInnen: U. Straka (Teilprojektleiter), A. S. Reiter,
Institut für Zoologie, Department für Integrative Biologie, BOKU Wien.

10.1 Zusammenfassung / Summary

Bei einer in den Brutperioden 2003 und 2005 im Projektgebiet Rutzendorf durchgeführten flächendeckenden Revierkartierung wurde eine verarmte Brutvogelfauna mit Feldlerche und Fasan als dominante Arten festgestellt. Der aktuelle Zustand der nicht ackerbaulich genutzten Landschaftselemente bietet gegenwärtig nur einer geringen Anzahl anpassungsfähiger und weitverbreiteter Vogelarten Lebensmöglichkeit.

In 2003 and 2005 the territories of breeding birds in the research area Rutzendorf were censused using the mapping method. The impoverished breeding bird community is dominated by skylark and pheasant. Due to their poor state agro-ecologically important landscape elements are only inhabited by a low number of common and widespread bird species.

10.2 Einleitung

Die Mehrzahl der eng an landwirtschaftlich genutzte Lebensräume gebundenen Vogelarten zeigt in den letzten Jahrzehnten auffallende Bestandsrückgänge, die mit nachteiligen Änderungen der Landbewirtschaftung in Verbindung gebracht werden (Bauer und Berthold 1996). Dieser Wandel ist im Ackerland besonders groß und verläuft hier am raschesten. Neben strukturellen Änderungen (Verlust an ökologischen Ausgleichsflächen, Zunahme der Schlaggröße, Änderung der Fruchtfolge) betrifft dies auch den noch immer steigenden Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln mit seinen direkten und indirekten Auswirkungen.

Während in anderen europäischen Ländern, insbesondere der Schweiz, Deutschland und Großbritannien in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Untersuchungen über die Veränderungen der Agrarlandschaft und ihre Auswirkungen (vgl. z.B. O'Connor and Shrubbs 1986), bzw. über den Einfluss verschiedener Bewirtschaftungssysteme auf die Avifauna (z.B. Wilson et al. 1997, Chamberlain et al. 1998) durchgeführt wurden, ist die Erforschung der österreichischen Verhältnisse sehr mangelhaft. Untersuchungen für größere biologisch wirtschaftende Betriebe fehlen ebenso wie vergleichende Untersuchungen der Auswirkungen einer Umstellung auf biologische Bewirtschaftung.

10.3 Thema und Ziele der Arbeit

Die Avifauna ist ein empfindlicher Indikator für verschiedenste Parameter wie z.B. groß- und kleinräumige Landschaftsstruktur, Strukturvielfalt, funktionale Beziehungen von Landschaftselementen, Quantität und Qualität diverser Strukturparameter sowie auch anthropogener Eingriffe (z.B. Bewirtschaftungsintensität). Wegen ihrer hohen Aussageschärfe und des relativ geringen Erfassungsaufwandes werden dazu vor allem Erhebungen der Brutvögel eingesetzt. Gemäß dem ganzheitlich formulierten Forschungsansatz des vorliegenden Projektes, der nicht nur Fragestellungen der Agrarproduktion sondern auch den Bereich des Naturschutzes und der Landschaftsökologie umfasst, soll am Beispiel der Avifauna die Bedeutung des Projektgebietes als Lebensraum dokumentiert werden. Die Ergebnisse sind eine wesentliche Grundlage bei der Erarbeitung von Entwicklungszielen für die Bewirtschaftung der Ackerflächen sowie für die Neuanlage und Pflege von Landschaftselementen.

10.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Die Brutvogelfauna von Agrarflächen ist artenarm, aber sehr charakteristisch. Wichtige, die Artenzusammensetzung, Dominanzstruktur und Siedlungsdichte bestimmende Faktoren sind Größe der Bewirtschaftungsflächen, Strukturvielfalt (z.B. relative Randlinien-Länge, Anzahl versch. Feldfrüchte), Art der Feldkultur, Art der Bewirtschaftung und Landschaftsstruktur (z.B. Anteil und Verteilung von Gehölzen bzw. nicht ackerbaulich genutzten Flächen). Da die Bedingungen durch den Fruchtwechsel und durch die unter anderem über die Vegetationsstruktur wirksamen Witterungsverhältnisse alljährlich starken Veränderungen unterworfen sind, ist insbesondere für kleinere Landschaftsausschnitte erst nach langjährigen Untersuchungen mit allgemeingültigen Ergebnissen zu rechnen.

Die Brutvogelfauna nicht ackerbaulich genutzter Landschaftselemente ist wesentlich artenreicher. Auch hier besteht eine sehr starke Strukturabhängigkeit. Bei der Neuschaffung aber auch bei bereits vorhandenen Landschaftselementen (z.B. Windschutzhecken) ist durch Sukzession und das Heranwachsen von Gehölzen mit starken strukturellen bzw. auch qualitativen Veränderungen im Zeitverlauf zu rechnen. Zur Dokumentation dieser Entwicklung sind Erhebungen der Brutvogelfauna gut geeignet.

10.5 Material und Methoden

Flächenbezogene Erhebungen der Brutvögel besitzen hohe Aussageschärfe und sind im Vergleich zur Erfassung anderer Tiergruppen mit relativ geringem Erhebungsaufwand verbunden. Da für avifaunistische Erhebungen in Agrarlebensräumen Flächengrößen von mindestens 50 bis 100 ha empfohlen werden, wurden die Untersuchungen auf der Gesamtfläche des Biobetriebes durchgeführt.

10.5.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte Projektgebiet des Biobetriebes Rutzendorf (ackerbaulich genutzte Fläche 143,2 ha) inklusive der darin eingeschlossenen BFL Fläche (2 ha) sowie der nicht ackerbaulich genutzten Sonderflächen (Hecken, Feldwege). Ergänzend wurde bei den Kartierungen auch die nördlich angrenzende Schottergrube berücksichtigt. Da für diese Fläche keine Betretungsbewilligung vorlag, konnten jedoch hier nur die Randbereiche begangen werden.

10.5.2 Ornithologische Kartierung und Auswertung

In den Brutperioden 2003 und 2005 wurde durch Herrn DI Anton Stefan Reiter eine flächendeckende Erhebung der Brutvogelfauna durchgeführt. Die angewandte Methode entsprach den allgemeinen Richtlinien für ornithologische Revierkartierungen (Bibby et al. 1995) Zwischen Mitte März und Mitte Juli erfolgten jährlich 11 Kartierungen. Die Begehungen begannen in den frühen Morgenstunden und dauerten zwischen 5 und 12 Stunden. Dabei wurden alle Ackerflächen entlang durch Pflöcke markierter Strecken abgegangen und die dabei beobachteten Vogelarten auf Feldkarten möglichst punktgenau registriert. Bei der Feldlerche wurde versucht für möglichst alle Reviere die zum Zeitpunkt der Begehung von einzelnen Männchen in Anspruch genommene Revierfläche und deren Struktur zu ermitteln. Bei den übrigen Vogelarten wurden bei der Auswertung all jene Orte als „Brutreviere“ definiert an denen mindestens zweimal ein revieranzeigendes Männchen erfasst wurde. Die ortsnahе Baumhecke wurde bei den Kartierungen zwar erfasst, wegen der deutlich abweichenden, durch die Siedlungsnähe geprägten Avifauna nicht in die Auswertung miteinbezogen.

10.6 Ergebnisse und Diskussion

Die Brutvogelfauna des Projektgebietes erwies sich als sehr artenarm. Von den während der Kartierungen in den Brutperioden 2003 und 2005 im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet des Biobetriebes Rutzendorf einschließlich der nördlich angrenzenden Schottergrube) insgesamt beobachteten 102 Vogelarten (außerdem Würgfalke und Großtrappe zusätzlich in der Umgebung) traten lediglich 14 Arten im Projektgebiet auch als Brutvögel auf (Tabelle 20), hingegen 31 weitere als Brutvögel der Umgebung. Zum Vergleich wurden in der angrenzenden Schottergrube (ca. 25 ha) 25 Arten als Brutvögel eingestuft (Tabelle 22 im Anhang). Von 2003 auf 2005 nahm sowohl die Anzahl der im Projektgebiet brütenden Vogelarten als auch die Anzahl der Brutreviere zu.

Tabelle 20: Häufigkeit und ökologische Charakterisierung (Erläuterung im Text) der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005.

Vogelart	Ökologische Gruppe	Anzahl der Reviere 2003	Anzahl der Reviere 2005
Turmfalke	WO	1-2	1-3
Kiebitz	O	-	1
Rebhuhn	O	2-4	3
Wachtel	O	4-7	6-7
Fasan	WO	26-27	28-29
Ringeltaube	WO	3-5	3
Turteltaube	WO	-	1
Waldohreule	WO	1-2	-
Feldlerche	O	40	46-48
Nachtigall	W	-	1
Mönchsgrasmücke	W	4	6
Dorngrasmücke	W	-	4
Kohlmeise	W	-	2
Elster	WO	3-5	2-5
Summe	-	84-96	104-113

Die Brutvogel-Arten lassen sich drei ökologischen Gruppen zuordnen:

Charakterarten der offenen Feldflur (O). Als ursprüngliche Steppenbewohner benötigen diese Vogelarten keine Gehölze, bzw. werden durch deren Vorhandensein sogar negativ beeinflusst (z.B. Verringerung der Siedlungsdichte oder des Fortpflanzungserfolges).

Aus dieser Artengruppe brüteten in beiden Jahren Feldlerche, Wachtel und Rebhuhn sowie 2005 auch der Kiebitz im Projektgebiet. Alle Arten zählen zu den in allen mitteleuropäischen Ländern gefährdeten bzw. im Bestand rückläufigen Vogelarten (Bauer und Berthold 1996). Die Großtrappe als anspruchsvollste und am stärksten gefährdete Art dieser Gruppe (nach R. Raab in Donnerbaum und Ilzer 2001 umfasste der Gesamtbestand für 2001 im Marchfeld nur noch 2 m 6 w), die nach eigenen Beobachtungen noch bis Anfang der 90er Jahre im Projektgebiet regelmäßig auftrat (Anlage der Windschutzhecken 1989; letzter Bruthinweis: jungführende Henne im Juni 1991 auf den Neurissen), konnte 2003 und 2005 nur in der offenen Feldflur östlich des Untersuchungsgebietes angetroffen werden.

Die Feldlerche ist als Charakterart von Ackerlebensräumen jene Vogelart von der am ehesten Bestandesänderungen als direkte Folge der Betriebsumstellung erwartet werden können. (vgl. Wilson et al. 1997, Chamberlain et al. 1999). Diese ehemals sehr häufige Vogelart musste inzwischen auf Grund massiven Bestandesrückganges in Mitteleuropa sogar in einige regionale „Rote Listen“ aufgenommen werden. Nach Bauer und Berthold (1996) basiert der Bestandesrückgang vor allem auf einer starken Reduktion des Bruterfolges und der verringerten Möglichkeit in optimalen Bruthabitaten zu brüten und entsprechend erfolgreiche

Zweit- und Drittbruten zu tätigen. Die Hauptursache dafür liegt in der Intensivierung der Landwirtschaft durch starke Düngung und demzufolge schnellem, zu hohem und dichtem Pflanzenwuchs, massivem Biozideinsatz, Vergrößerung der Schlagflächen sowie der Intensivierung der Grünlandnutzung durch Nutzung als Silageflächen und Erhöhung der Schnitthäufigkeit.

Im Projektgebiet war die Feldlerche mit bis zu 40 Revieren im Jahre 2003 und 46-48 Revieren 2005 (incl. Teilreviere auf den Schlägen 4 und 5) der häufigste Brutvogel. Die Abundanz (2,8 bzw. 3,3 Rev./10 ha, bezogen auf die Ackerfläche von 145,2 ha) liegt im unteren Bereich von Vergleichswerten für Österreich (Dvorak et. al. 1993) sowie deutlich unter den langjährigen Vergleichswerten (Straka 1992) aus einem Ackerbauggebiet im südlichen Weinviertel (1985–1991 zwischen 3,3 und 4,7 Rev./10 ha, Mittel 3,9 Rev. /10 ha). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Teil der Ackerflächen des Projektgebietes durch die angrenzenden Gehölze nicht den Habitatansprüchen der Feldlerche entspricht (z. B wären bei der Annahme, dass Feldlerchen einen Mindestabstand von 30m zu Gehölzen einhalten etwa 17 % der Ackerfläche des Projektgebietes nicht nutzbar).

Tabelle 21: Abundanz der Feldlerche (Reviere/10 ha) zur Erstbrut (Anfang April – Mitte Mai) und Zweitbrut (Ende Mai – Anfang Juli) auf den Teilflächen des Projektgebietes Rutzendorf in den Jahren 2003 und 2005

Feldtafel (Schlag)	Erstbrut Reviere/10 ha	Zweitbrut Reviere/10 ha
Johannisbreite I (Schlag 1 + 2/1), 25 ha		
2003: Triticale (17 ha) + Luzerne (8 ha)	2,4	2,8
2005: Luzerne (17 ha) + Winterweizen (8 ha)	2,8	3,2
Johannisbreite II (Schlag 2/2 + 3), 26 ha		
2003: Luzerne (26 ha)	2,2	3,0
2005: Winterweizen (26 ha)	2,2	1,1
Junge Neurisse (Schlag 6/2 + 8), 27 ha		
2003: Luzerne (9 ha) + Winterweizen (18 ha)	3,2	2,2
2005: Winterweizen (9 ha) + Luzerne (18 ha)	4,3	5,4
Kapellenfeld (Schlag 5/1 + BFL), 14,2 ha		
2003: Luzerne (12,5 ha) + Grünbrache (1,7 ha)	3,1	2,1
2005: Winterweizen (12,5 ha) + Mais/ Luzerne (1,7 ha)	2,5	3,6
Alte Neurisse I (Schlag 6/1 + 7), 27,5 ha		
2003: Luzerne (9,5 ha) + Erbse (18 ha)	3,1	2,9
2005: Winterweizen (9,5 ha) + Triticale (18 ha)	2,4	3,4
Alte Neurisse II (Schlag 4 + 5/2 + Grünbrache), 24,5 ha		
2003: Erbse (17 ha) + Luzerne (5 ha) + Brache (2,5 ha)	3,6	3,2
2005: Roggen (17 ha) + Winterweizen (5 ha) + Brache (2,5 ha)	4,3	4,0

Wertvolle Hinweise auf die Eignung von Ackerlebensräumen als Feldlerchenlebensraum lassen sich aus der Abundanz sowie aus der Dauer der Revierbesetzung (wesentlich für die Anzahl möglicher Bruten) ableiten. Aus Tabelle 21 sind hier deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Teilflächen des Projektgebietes erkennbar, die sich vor allem mit der unterschiedlichen Bewirtschaftung (Art der Feldkultur, Bestandesstruktur, Bewirtschaftungseingriffe) erklären lassen. Die Abundanzen lagen zwischen 2,2 und 4,3 Rev./10 ha zur Erstbrut und 1,1 und 5,4 Rev./10 ha zur Zweitbrut: Die geringsten Abundanzwerte (Erstbrut: 2,2 Rev./10 ha, Zweitbrut: 1,1 Rev. /10 ha) wurden auf der im Jahr 2005 ausschließlich mit Winterweizen bestandenen „Johannisbreite II“, die Höchstwerte (Erstbrut: 4,3 Rev./10 ha, Zweitbrut: 5,4 Rev. /10 ha) auf den 2005 mit Luzerne (im 3.Jahr) und Winterweizen bewachsenen „Jungen Neurissen“ festgestellt. Höhere Werte zur Zweitbrut ließen sich in der Mehrzahl der Fälle auf eine den Bedürfnissen der Feldlerche (dichter Bewuchs für Nistplätze, geringer Bewuchs auf Nahrungsflächen) entsprechende heterogene Struktur von Luzerneflächen (streifenweises Mulchen) zurückzuführen, die sich auch auf die Feldlerchen-Besiedlung angrenzender Getreideflächen günstig auswirkte. Im Wintergetreide ermöglichte die im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung geringere Wuchsdichte von

„biologischem“ Getreide eine Besiedlung dieser Flächen auch zur Zweitbrut. Allerdings waren durch die flächendeckende Bestandespflege im April und Mai im („biologischen“) Winterweizen erfolgreiche Erstbruten der Feldlerche kaum möglich.

Auch für andere Bodenbrüter erwies sich die Luzerne als günstige Kultur. So befanden sich 12 von 14 Revieren der Wachtel und das einzige Revier des Kiebitz (2005 erfolgreiche Brut) in Luzerne-Schlägen.

Charakterarten der halboffenen mit Gehölzen durchsetzten Kulturlandschaft (WO). Als ursprüngliche Bewohner von Waldrändern bzw. Waldlichtungen benötigen diese Arten sowohl Gehölze (v. a. als Nistplatz) als auch Freiflächen (v. a. zur Nahrungssuche).

Zu dieser Gruppe zählt die Mehrzahl der im Projektgebiet festgestellten Brutvogelarten. Allerdings ist auffallend, dass es sich dabei nur um große, anpassungsfähige Vogelarten mit großen Aktionsräumen handelt. Sie stellen nur geringe Ansprüche an die als Nistplatz wichtigen Gehölze (einzelne größere Sträucher oder Bäume, im „Notfall“ auch andere Strukturen wie Gittermasten) und ihre Nahrungsflächen können unter Umständen auch recht weit vom Nistplatz entfernt sein. Als Vertreter dieser Gruppe kommen Turmfalke, Waldohreule, Ringeltaube, Turteltaube und Elster jeweils in wenigen Paaren im Gebiet vor. Die Nistplätze liegen in den mehrreihigen Baumhecken im Südteil des Projektgebietes bzw. in der nördlich angrenzenden Schottergrube. Ihre Aktionsräume reichen über das Projektgebiet hinaus. Auch der Fasan, als Bewohner halboffener Lebensräume zählt zu dieser Gruppe, allerdings kommt dieser zu Jagdzwecken eingebrachten und geförderten Vogelart keine naturschutzfachlich indikatorische Bedeutung zu. Die Abundanz (1,8 – 2,0 Rev./10 ha) ist im Projektgebiet sehr hoch, (ihre Biomasse liegt weit über der aller übrigen hier brütenden Vogelarten), der Bruterfolg dürfte aber nach der Zahl beobachteter Jungvögel vergleichsweise gering sein. Auffallend ist das Fehlen sonst weit verbreiteter und für das halboffene Kulturland typischer Kleinvogelarten wie z.B. Neuntöter oder Goldammer (vgl. z.B. Straka 1995, 1996, Semrad 2002) als Brutvögel.

Charakterarten von Wäldern (W) Gehölze werden von diesen Vogelarten sowohl als Nistplatz als auch als Nahrungsraum genutzt. Das Spektrum reicht von für frühe Sukzessionsstadien der Waldentwicklung typischen Gebüschbewohnern bis zu Höhlenbrütern als Charakterarten älterer Waldbestände.

Als häufigster und im Jahr 2003 einziger Vertreter dieser Gruppe siedelte die Mönchsgrasmücke, einer der weitest verbreiteten und häufigsten Waldvögel, in den mehreihigen Baumhecken im Südteil des Projektgebietes. In der Brutperiode 2005 traten zusätzlich Kohlmeise, Nachtigall und Dorngrasmücke als Brutvögel auf.

Die für niedere Gebüsche und Staudenfluren charakteristische Dorngrasmücke konnte in der Brutperiode 2003 lediglich außerhalb des Projektgebietes, nämlich in der „auf Stock gesetzten“ Baumhecke am Westrand sowie in mehreren Paaren in der nördlich angrenzenden Schottergrube nachgewiesen werden. Im Jahre 2005 befanden sich drei der vier im Projektgebiet liegenden Reviere in durch die Anlage begleitender Wildkrautstreifen aufgewerteten Hecken.

10.7 Schlussfolgerungen

Der dieser Untersuchung zu Grunde liegende Zeitraum ist zu kurz um abgesicherte Schlussfolgerungen zu ziehen. Ob die von 2003 bis 2005 beobachtete Zunahme der Artenzahl und Individuenzahl der Brutvögel als natürliche Bestandesschwankung oder als Hinweis auf eine Verbesserung der agrarökologischen Gesamtsituation zu werten ist kann erst bei Fortsetzung dieses Trends in den nächsten Jahren beurteilt werden. Als günstig für charakteristische Bodenbrüter der Agrarlandschaft wie Feldlerche und Wachtel erwies sich bei entsprechender Bewirtschaftung das Vorhandensein von Luzerne in der Fruchtfolge. Die mit

großer Wahrscheinlichkeit mit der Neuanlage von Wildkrautstreifen in Zusammenhang stehende Ansiedlung der Dorngrasmücke im Projektgebiet zeigt, dass eine auf bestimmte Zielarten ausgerichtete Pflege vorhandener bzw. eine Neuanlage nicht ackerbaulich genutzter Landschaftselemente zu einer Aufwertung des Projektgebietes als Lebensraum führen kann.

10.8 Literaturverzeichnis

- Bauer, H. G. und P. Berthold (1996): Die Brutvögel Mitteleuropas, Bestand und Gefährdung. Aula-Verlag, Wiesbaden.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess und D. A. Hill (1995): Methoden der Feldornithologie. Bestandserfassung in der Praxis. Neumann Verlag, Radebeul.
- Chamberlain, D. E., J. D. Wilson and R. J. Fuller (1998): A comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in southern Britain. *Biological Conservation* 88, 307-320.
- Chamberlain, D. E., A. M. Wilson, S. J. Browne and J. A. Vickery (1999): Effects of habitat type and management on the abundance of skylarks in the breeding season. *Journal of Applied Ecology* 36, 856-870.
- Donnerbaum, K. und W. Ilzer (2001): Beobachtungen Brutzeit 2001. *Vogelkdl. Nachr. Ostösterr.* 12, 72–84.
- Dvorak, M., A. Ranner und H.-M. Berg (1993): Atlas der Brutvögel Österreichs. Ergebnisse der Brutvogelkartierung 1981 – 1985 der Österreichischen Gesellschaft für Vogelkunde. Umweltbundesamt und Österreichische Gesellschaft für Vogelkunde, Wien.
- O'Connor, R.J. and M. Shrubbs (1986): *Farming and Birds*,. Cambridge University Press, Cambridge.
- Semrad, J. (2002): Besiedlung agrarökologisch bedeutsamer Landschaftselemente durch Goldammer (*Emberiza citrinella*) und Neuntöter (*Lanius collurio*) in Münichsthal (Niederösterreich). *Egretta* 45, 59–90.
- Straka, U.(1992): Brutbestandserhebungen in einem Ackerbaugebiet im südlichen Weinviertel (Niederösterreich) in den Jahren 1985 bis 1991. *Egretta* 35, 154-172.
- Straka, U. (1995): Verbreitung und Häufigkeit von Goldammer, Grauammer, Ortolan und Rohrammer in einem Ackerbaugebiet im südlichen Weinviertel im Jahr 1994. *Vogelkdl. Nachr. Ostösterr.* 6, 1–4.
- Straka, U. (1996): Verbreitung und Häufigkeit ausgewählter Kulturlandvögel in einem Ackerbaugebiet im südlichen Weinviertel (NÖ) im Jahre 1994. *Vogelkdl. Nachr. Ostösterr.* 7, 65-69.
- Wilson, J. D., J. Evans, S. J. Browne and J. R. King (1997): Territory distribution and breeding success of skylarks *Alauda arvensis* on organic and intensive farmland in southern England. *Journal of Applied Ecology* 34, 1462-1478.

10.9 Anhang

Tabelle 22: Im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet Rutzendorf und nördlich angrenzende Schottergrube) in den Jahren 2003 und 2005 beobachtete Vogelarten und ihr Status. Brutvogel im Projektgebiet (BP), Brutvogel in der Schottergrube (BS), Brutvogel in der Umgebung (BU), Nahrungsgast (NG), Durchzügler (D)

Vogelart	Status	Vogelart	Status
Haubentaucher (<i>Podiceps cristatus</i>)	BS	Feldlerche (<i>Alauda arvensis</i>)	BP
Kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	D	Uferschwalbe (<i>Riparia riparia</i>)	D
Zwergdommel (<i>Ixobrychus minutus</i>)	BS	Rauchschwalbe (<i>Hirundo rustica</i>)	NG, BU
Silberreiher (<i>Casmerodius albus</i>)	D	Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>)	NG, BU
Graureiher (<i>Ardea cinerea</i>)	NG	Baumpieper (<i>Anthus trivialis</i>)	D
Purpureiher (<i>Ardea purpurea</i>)	D	Wiesenpieper (<i>Anthus pratensis</i>)	D
Schwarzstorch (<i>Ciconia nigra</i>)	D	Schafstelze (<i>Motacilla flava</i>)	D
Weißstorch (<i>Ciconia ciconia</i>)	D	Bachstelze (<i>Motacilla alba</i>)	BS, NG
Krickente (<i>Anas crecca</i>)	D	Rotkehlchen (<i>Erithacus rubecula</i>)	D
Stockente (<i>Anas platyrhynchos</i>)	BS	Nachtigall (<i>Luscinia megarhynchos</i>)	BP
Spießente (<i>Anas acuta</i>)	D	Hausrotschwanz (<i>Phoenicurus ochruros</i>)	NG, BU
Knäkente (<i>Anas querquedula</i>)	D	Gartenrotschwanz (<i>Phoenicurus phoenicurus</i>)	D
Kolbenente (<i>Netta rufina</i>)	D	Braunkehlchen (<i>Saxicola rubetra</i>)	D
Löffelente (<i>Anas clypeata</i>)	D	Steinschmätzer (<i>Oenanthe oenanthe</i>)	D
Tafelente (<i>Aythya ferina</i>)	D	Amsel (<i>Turdus merula</i>)	D, BU
Schwarzmilan (<i>Milvus migrans</i>)	NG	Wacholderdrossel (<i>Turdus pilaris</i>)	D
Rohrweihe (<i>Circus aeruginosus</i>)	NG,D	Singdrossel (<i>Turdus philomelos</i>)	D, BU
Kornweihe (<i>Circus cyaneus</i>)	D	Sumpfrohrsänger (<i>Acrocephalus palustris</i>)	BS
Wiesenweihe (<i>Circus pygargus</i>)	D	Drosselrohrsänger (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>)	BS
Habicht (<i>Accipiter gentilis</i>)	D	Gelbspötter (<i>Hippolais icterina</i>)	D, BU
Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	D	Klappergrasmücke (<i>Sylvia curruca</i>)	D, BU
Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	NG, BU	Dorngrasmücke (<i>Sylvia communis</i>)	BP, BS
Fischadler (<i>Pandion haliaetus</i>)	D	Mönchsgrasmücke (<i>Sylvia atricapilla</i>)	BP,BS
Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	BP,BS	Zilpzalp (<i>Phylloscopus collybita</i>)	D
Rotfußfalke (<i>Falco vespertinus</i>)	D	Fitis (<i>Phylloscopus trochilus</i>)	D
Baumfalke (<i>Falco subbuteo</i>)	D, NG	Wintergoldhähnchen (<i>Regulus regulus</i>)	D
Rebhuhn (<i>Perdix perdix</i>)	BP,BS	Grauschnäpper (<i>Muscicapa striata</i>)	D
Wachtel (<i>Coturnix coturnix</i>)	BP	Tannenmeise (<i>Parus ater</i>)	D
Fasan (<i>Phasianus colchicus</i>)	BP,BS	Blaumeise (<i>Parus caeruleus</i>)	D, BU
Teichhuhn (<i>Gallinula chloropus</i>)	BS	Kohlmeise (<i>Parus major</i>)	BP, BS
Bläßhuhn (<i>Fulica atra</i>)	BS	Kleiber (<i>Sitta europaea</i>)	D
Goldregenpfeifer (<i>Pluvialis apricaria</i>)	D	Beutelmeise (<i>Remiz pendulinus</i>)	BS
Kiebitz (<i>Vanellus vanellus</i>)	BP	Pirol (<i>Oriolus oriolus</i>)	BS
Bekassine (<i>Gallinago gallinago</i>)	D	Neuntöter (<i>Lanius collurio</i>)	D
Uferschnepfe (<i>Limosa limosa</i>)	D	Eichelhäher (<i>Garrulus glandarius</i>)	D
Großer Brachvogel (<i>Numenius arquata</i>)	D	Elster (<i>Pica pica</i>)	BP,BS
Bruchwasserläufer (<i>Tringa glareola</i>)	D	Dohle (<i>Corvus monedula</i>)	D
Flußuferläufer <i>Actitis hypoleucos</i>	D	Saatkrähe (<i>Corvus frugilegus</i>)	D
Lachmöwe (<i>Larus ridibundus</i>)	D, NG	Aaskrähe (<i>Corvus corone</i>)	BS, NG
Sturmmöwe (<i>Larus canus</i>)	D	Star (<i>Sturnus vulgaris</i>)	NG, BU
Weißkopfmöwe (<i>Larus cachinnans</i>)	D, NG	Haussperling (<i>Passer domesticus</i>)	NG, BU

Straßentaube (<i>Columba livia f. domestica</i>)	NG	Feldsperling (<i>Passer montanus</i>)	BS, NG
Hohltaube (<i>Columba oenas</i>)	D, NG	Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>)	BS, D
Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	BP, BS	Girlitz (<i>Serinus serinus</i>)	NG, BU
Türkentaube (<i>Streptopelia decaocto</i>)	NG, BU	Grünling (<i>Carduelis chloris</i>)	NG, BU
Turteltaube (<i>Streptopelia turtur</i>)	BP, BS	Stieglitz (<i>Carduelis carduelis</i>)	NG, BU
Kuckuck (<i>Cuculus canorus</i>)	BS, NG	Bluthänfling (<i>Carduelis cannabina</i>)	NG, BU
Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	BP, BS	Kernbeißer (<i>Coccothraustes coccothraustes</i>)	D
Mauersegler (<i>Apus apus</i>)	D, NG	Goldammer (<i>Emberiza citrinella</i>)	D
Wiedehopf (<i>Upupa epops</i>)	D	Rohrammer (<i>Emberiza schoeniclus</i>)	BS
Buntspecht (<i>Dendrocopos major</i>)	NG, BU	Graumammer (<i>Miliaria calandra</i>)	D

11 TEILPROJEKT 11/1: NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE / STRUKTURKARTIERUNG

Titel: Naturschutz und Landschaftsökologie / Biotopstrukturkartierung und Erarbeitung eines Pflegekonzeptes für Hecken und Baumreihen

BearbeiterInnen: Hermann Schacht, Christiane Brandenburg
Inst. f. Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung (ILEN), Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien.

MitarbeiterInnen: Petra Sterl, Alexander Beran, Eva Bernauer, Sabine Pinterits, Ferner Bernhard, Hafner Eva, Hazod Paula, Kayser Hedwig, Mitzner Maria, Glomser Gitta, Kickingler Sophie, Wöls Michael-Franz.

11.1 Zusammenfassung /Summary

Im Rahmen des „MUBIL-Projektes“ - Umstellung des landwirtschaftlichen Betriebes Rutzendorf auf biologischen Landbau – wurden im Rahmen des Teilprojektes Naturschutz und Landschaftsökologie“ vorhandene Landschaftselemente, wie (Windschutz-) Hecken, Baumreihen und Einzelbäume erhoben und auf ihre „ökologische“ und „landschaftsästhetische“ Funktion hin untersucht und bewertet. Auch das engere Umland des Untersuchungsgebietes wurde im Hinblick auf eine landschaftsökologische und –ästhetische Einbindung (Biotopverbund) in die Erhebungen und Bewertungen mit einbezogen. Ergebnis der Untersuchungen ist, dass die Anlage eines Biotopverbundsystems, die Strukturierung und adäquate Pflege der bestehenden Hecken und Baumreihen aus ökologischer und landschaftsästhetischer Sicht erforderlich sind.

Folgende Arbeitsschritte wurden getätigt:

- Struktur- und Vegetationskartierung der Hecken und Baumreihen des Biobetriebs Rutzendorf;
- Ausarbeitung eines Biotopverbundnetzes – im Sinne eines längerfristigen Leitbildes – mit dem Ziel, noch vorhandene „Biotopinseln“ im Umland mit dem Biobetrieb Rutzendorf ökologisch zu vernetzen;
- Konzeption eines Pflegekonzeptes für die Hecken und Baumreihen entsprechend dem Stand der Wissenschaft sowie aufbauend auf der Struktur- und Vegetationskartierung der Hecken und Baumreihen und in Absprache mit den verschiedenen Teilprojektteams;
- Ausarbeitung eines konkreten Pflegeplanes für einen ca. 100 m langen Heckenabschnitt und Durchführung erster Pflegemaßnahmen (Gehölzschnitt, auf Stock Setzen etc.) vor Ort.

On the basis of a structural and vegetation mapping of the hedges and tree rows of the “Biobetrieb Rutzendorf” a concept of maintenance of these hedges and tree rows was developed. The construction of a habitat network, an appropriate maintenance of the windbreak hedges and a structuring of the hedges and tree rows as well as a modification of the measures of maintenance are necessary from the point of view of nature conservation and landscape aesthetics.

11.2 Einleitung

Ökologische Forschung soll helfen die „Kulturlandschaftsproblematik“ zu lösen. Neben einem intensiven Monitoring der naturwissenschaftlichen Vorgänge in der Landschaft sind die Beziehungen der die Landschaft beeinflussenden Elemente zueinander wichtig. Bei der Ausarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung der ökologischen und landschaftsästhetischen Wirkung der Biotopstrukturen (Artenzusammensetzung,

Strukturverbesserung, Ergänzung) wurde versucht den vielfältigen Ansprüchen an eine Landschaft als Lebensraum für Menschen - auch für solche, die nicht wirtschaftlichen Nutzen daraus ziehen - aber auch für Tiere und Pflanzen Rechnung zu tragen.

11.3 Thema und Ziele der Arbeit

So wurden im Rahmen des Teilprojektes „Naturschutz und Landschaftsökologie“ die im Untersuchungsgebiet stockenden Hecken und Baumreihen nicht nur hinsichtlich ihrer landschaftsökologischen Funktion und Bedeutung, sondern auch bezüglich ihrer ästhetischen Wirkung bewertet.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieses ersten Bearbeitungsschrittes wurden erforderliche Maßnahmen zur Verbesserung der gestalterischen und ökologischen Wirksamkeit durch Ergänzung und Neugestaltung der Gehölzstrukturen erarbeitet.

Eine Verbesserung der ökologischen und landschaftsästhetischen Wirkungen soll zukünftig durch eine Umstrukturierung der Hecken und Baumreihen, eine Umstellung der Pflegemaßnahmen und eine Konzeption ergänzender „ökologischer Bausteine“ für die Flächen des Biobetriebs Rutzendorf erreicht werden. (Unter „ökologischen Bausteinen“ werden regionaltypische Biotopstrukturen mit möglichst hoher ökologischer und das Landschaftsbild prägender Funktionen verstanden.) Bei den Untersuchungen und den abgeleiteten Gestaltungs- und Pflegemaßnahmen wurden die vielfältigen Ansprüche an eine Landschaft als Lebensraum für Menschen - auch für solche, die nicht wirtschaftlichen Nutzen daraus ziehen - aber auch für Tiere und Pflanzen berücksichtigt.

Als Leitbild für eine ökologisch wie gestalterisch sinnvolle Einbindung der Maßnahmen im Untersuchungsgebiet erfolgte die Planung eines Biotopverbundsystems, in welches bestehende, naturnähere und strukturreichere Biotopflächen („Inselbiotope“ vgl. Jedicke 1994, Kaule 1986 u.a.), wie Feldgehölze, Hecken, Kiesweiher u.a.m. im weiteren Umland (im Umkreis von ca. 1,5 bis 2 km) einbezogen und Vorschläge für eine Vernetzung gemacht werden (vgl. Schacht et.al. 2003).

11.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Die folgende Arbeitshypothese liegt dem Teilprojekt „Naturschutz und Landschaftsökologie“ zu Grunde:

Um den Artenreichtum in der Landschaft zu fördern ist eine Vielfalt landschaftstypischer Elemente notwendig. Übertragen auf die Hecken bedeutet dies ein Nebeneinander unterschiedlicher Altersstrukturen, einen vielschichtiger Aufbau, das Vorhandensein unbewirtschafteter Übergangsbereiche, die Duldung von Todholz und der Verbund mit anderen Hecken und Flurgehölzen.

11.5 Material und Methoden

In einem ersten Arbeitsgang wurden im Frühsommer 2003 Feldgehölze, Hecken und Baumreihen sowie Feldwege und allenfalls Hecken und Wege begleitende Wiesenstreifen des Biobetriebs Rutzendorf erhoben (vgl. Schacht et al. 2003). Im Rahmen dieses Arbeitsganges erfolgte eine Strukturkartierung, d.h. Augenmerk wurde in erster Linie auf die Ausprägung der wesentlichen Lebensraumtypen (Hecken, Felder, Brachen, Wiesen), bei Gehölzreihen und Hecken deren äußere Randlinien (Ökoton, Randeffect¹ – Jedicke 1994, Kaule 1986, Bernhardt et.al. 1988 u.a.) und innere Strukturen und Differenzierungen (z.B. Altersaufbau, Altersklassen, Höhe der Gehölze, Todholzanteil, Bewuchsdichte, u.a.m) gelegt und kartiert (vgl. Kaule 1986, s. 286 ff und Zwölfer 1984). Ebenso wurden genannte Landschaftselemente hinsichtlich ihrer Bedeutung für Landschaftsbild und –gestalt mittels Expertenevaluation bewertet. Die Kartierung und Bewertung der landschaftsökologisch interessanten

¹ Ökoton, Randeffect : nach Jedicke 1994 : - ökologische Wirkungen im Randbereich bzw. Übergangsbereich von Ökosystemen / Lebensräumen v.a. in Form erhöhter Struktur- und Artenvielfalt

Landschaftselemente (Gehölze, Wiesen, Brachen etc) und deren Bedeutung für das Landschaftsbild - erfolgten in enger Zusammenarbeit (z.T. im Rahmen gemeinsamer Begehungen und Interpretation der Ergebnisse) mit den anderen, am Gesamtprojekt beteiligten, Fachdisziplinen: neben den Vertretern der ökologischen Landwirtschaft waren v.a. folgende Fachdisziplinen beteiligt: Ornithologie / Avifauna (Dr. U. Straka, DI A. Reiter), „Nützlinge“ (Dr. B. Kromp, Mag. M. Kienegger), Wildbienen und Blühstreifen (Dr. B. Pachinger), Meteorologie (Dr. J.Eitzinger) Bodenzooologie (Dr. A. Bruckner) u.a. Vegetation und Landschaftsästhetik/-bild wurden von der ILEN-Arbeitsgruppe „Teilprojekt Naturschutz und Landschaftsökologie“ (Landschaftsästhetik : Dr. Ch. Brandenburg / Vegetation: Prof. H. Schacht) abgedeckt.

Die Erarbeitung eines detaillierten Pflegekonzeptes – aufbauend auf den Ergebnissen der Kartierungen und den Ergebnissen der anderen Teilprojekte- erfolgte im Jahr 2004. Die Erarbeitung des Pflegekonzeptes erfolgte mittels eines Abwägungsprozesses.

Im Jahre 2005 wurde für einen konkreten Heckenabschnitt ein ökologisch-gestalterischer Maßnahmenplan ausgearbeitet und umgesetzt.

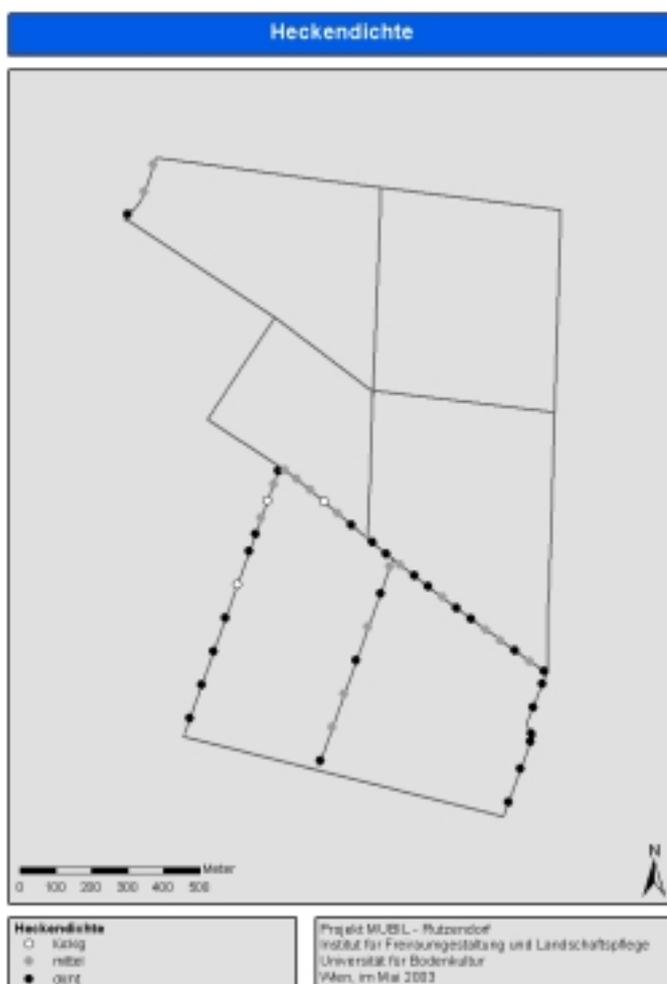


Abbildung 58: Darstellung der Heckendichte auf dem Betriebsgelände

11.6 Ergebnisse und Diskussion

Basierend auf den Kartierungen, Felderhebungen und dem Konsensbildungsprozess zwischen den o.a. Fachdisziplinen wurden die folgenden Umstrukturierungs- und Pflegemaßnahmen im Bereich der Hecken und Baumreihen auf den Flächen des Biobetriebes Rutzendorf erarbeitet:

- **Landschaftsästhetik / Landschaftsbild**

Bei Freizeit- und Erholungsaktivitäten sind die Aspekte der psychischen und physischen Befindlichkeit zu differenzieren. Für physische Bedürfnisse wie Bewegung und Erholung sind Zugänglichkeit, unzerschnittene Landschaften und auch saubere Luft, Lärm- und Geruchsfreiheit Voraussetzung (Hoisl et al. 2000). Das Bedürfnis des Naturerlebens (psychische Befindlichkeit) wird durch Landschaftsmerkmale wie Vielfalt, Naturnähe, Eigenart, Blickbeziehungen, historische und naturräumliche Besonderheiten befriedigt. Die landschaftsästhetische Erfahrung beginnt mit der sinnlichen Wahrnehmung der Natur.

Durch Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen und landschaftsästhetischen Wirkung der Hecken und Baumreihen kann auf die sinnliche Wahrnehmung besonders Rücksicht genommen werden, indem vermehrt „essbare“, ästhetisch attraktive (Blüten, Geruch) und regionaltypische Pflanzen eingebracht werden. Auch die Anlage von Ökostreifen ist dem landschaftsästhetischen Wert des Gebietes, u.a. durch den Blühaspekt und die Erhöhung der Vielfalt in der Landschaft, zuträglich.

Im Zuge der planerischen Bearbeitung wurde verstärkt auch den Aspekten des Landschaftsbildes und seiner Bedeutung für bestimmte Formen der Erholungsnutzung Rechnung getragen. So werden z.B. Maßnahmen zur Erhöhung der Strukturvielfalt der Gehölze, Freistellung einzelner markanter Bäume als „Blickfang“ in der Landschaft und Auflösung der „geraden“ Linienführung der Windschutzhecken durch Schaffung von Ein- und Ausbuchtungen der Heckenlinie im Rahmen des Landschaftspflegekonzeptes vorgeschlagen.

- **Landschaftökologie / Naturschutz**

Zur Verbesserung der ökologischen Funktionen der Gehölz- und Heckenstrukturen sowie der angrenzenden Wiesenflächen werden, in Absprache und Zusammenarbeit mit anderen, für den Bereich Landschaftspflege und Naturschutz relevanten, Fachdisziplinen, Vorgaben zur Verbesserung und Revitalisierung der Gehölze ausgearbeitet. Dabei wurden, zusammengefasst, folgende Gesichtspunkte und Kriterien berücksichtigt:

- **Ornithologie / Avifauna:**

Die Auflockerung der Heckenstrukturen, die Förderung von Einzelbäumen und die Anlage von Ökostreifen werden für die Avifauna gefordert (Straka 2003). Es sollen wiesenartige Brachstreifen mit Einzelsträuchern und Einzelbäumen sowie Strauchgruppen entstehen, wobei die Kreuzungspunkte der Hecken als Lebensraum für Waldarten bestehen bleiben. Aus ornithologischer Sicht werden Neuntöter, Goldammer, Feldlerchen, Dorngrasmücken, Wachteln und Rebhühner als potentielle Zielarten genannt.

- **Wildbienen:**

Zur Förderung der Artenvielfalt und der Steigerung der Individuenanzahl von Wildbienen ist neben der Anlage von Ökostreifen ein vielfältiges, für Wildbienen geeignetes, Blütenangebot und eine Strukturvielfalt von hoher Bedeutung (Pachinger 2004). Nisthabitate für Wildbienen (wie z.B. dürre Pflanzenstängel, Hohlräume oder Spalten im Boden), die durch die „Ordnungsliebe“ der Bewirtschafter verloren gehen (Pachinger 2003), können durch das Liegenlassen von Totholz in den Hecken und partielles Nichtmähen der Ökostreifen geschaffen werden. Für Wildbienen unattraktiv sind Esche und Flieder, die zur Zeit z.T. bestandsprägend sind, wohingegen Obstbäume das Blütenangebot und somit Nahrungsangebot für Wildbienen steigern würden.

- **Nützlinge:**

Um mehr „Nützlinge“ anzusiedeln, sollen die zu schaffenden Standorte vielseitig nutzbar und strukturreich sein (z.B. mosaikartige Durchmischung von Totholz, Altholz, Reisig, jung- und altwüchsige Gehölze, vielstufiger Aufbau der Bäume und Sträucher, standortgemäße Arten, reichhaltiges Angebot an Blüten etc.). Artenarme Hecken mit hohem „Fremdgehölz-Anteil“ stellen keine günstigen Lebensräume für „Nützlinge“ dar. Wichtig für die Nützlingsfauna sind abgestufte Übergänge von der Hecke zur anschließenden Wirtschaftsfläche (Hecke – Saumvegetation – Wirtschaftsfläche); je dichter die Strauchvegetation in der Hecke und je breiter und artenreicher der Saum, umso mehr kann die Hecke zahlreichen Insekten, Kleinsäugern u.a. Nützlingen

- Nahrung und Unterschlupf bieten.
- **Bodenzoologie:**
Da derzeit die bodenzoologischen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, wird seitens dieser Fachdisziplin lediglich die Forderung aufgestellt, bis zum Abschluß dieser Untersuchungen keine Pflanzen mit Erdballen von anderen Standorten einzubringen, da die Gefahr des unbeabsichtigten Einbringens „neuer“ Bodenlebewesen besteht.
- **Meteorologie:**
Aus klein- und lokalklimatischer Sicht ist eine Auflockerung der Hecken v.a. im unteren Bereich (ca. 1 – 1,5 m über dem Boden) anzustreben, um Verwirbelungen zu verhindern.

Eine Analyse der Ergebnisse der Kartierung (Gepp 2002, Kurz et al. 2001, Pardatscher 1988, Schulze et al. 1984, Zwölfer 1984) sowie die Einbeziehung der Wünsche obig genannter Teildisziplinen ergeben folgende zu setzende Arbeitsschritte:

- Anlage eines Biotopverbundsystems über die Flächen des Biobetriebes Rutzendorf hinaus
 - Adäquate Pflege der Windschutzhecken und nachhaltige Strukturierung und Pflege der Hecken und Baumreihen.
- **Anlage eines Biotopverbundsystems**
Die Anlage eines Biotopverbundsystems unter Einbeziehung des näheren Umlandes des Untersuchungsgebietes, muß ein längerfristiges Ziel der Regionalentwicklung sein und ist aus ökologischer Sicht als absolut dringlich zu fordern, sowohl im Sinne der Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit in diesem Raum, als auch zur Gewährleistung des Artenaustausches (vgl. Folgen der Biotopverinselung / Isolation / Bairlein in ANL 1991, S.45-51/ Broggi et.al. 1989 –v.a. Kap.3, S. 48 ff /Jedicke 1994,Kap. 2, S.51 ff, / Kaule 1986 S.266 / MacArthur-Wilson 1967 bzw. 1971). Derzeit wird die Umsetzung eines umfassenden und über die Grenzen des Untersuchungsgebietes weiter hinausgehenden Biotopverbundes nicht diskutiert und kann auch nicht im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes MUBIL um- bzw. durchgesetzt werden. Dennoch muss die Planung eines Biotopverbundsystems als Leitbild für die Zukunft gesehen werden. Alle landschaftsökologischen Vorschläge und Maßnahmen sollten sich an einem künftigen Verbundsystem orientieren.
2004 wurde ein erster Entwurf zum Aufbau eines ökologischen Verbundsystems erstellt, in welchen nicht nur die Flächen des Biobetriebes Rutzendorf, sondern auch die umgebenden Flächen in einem Umkreis von ca. 1,5 – 2 km einbezogen wurden. Die nächstgelegenen Biotopstrukturen sind eine aufgelassene Schottergrube sowie zwei Waldreste nördlich von Rutzendorf, welche wesentliche Bestandteile des Netzwerkes sein sollen.
 - **Adäquate Pflege der Windschutzhecken und nachhaltige Strukturierung und Pflege der Hecken und Baumreihen**
 - Ein Teil der Hecken wurde ursprünglich als Windschutz gepflanzt und ist dementsprechend auch weiterhin unter diesem Gesichtspunkt zu pflegen. Windschutzhecken sind mehrzeilige Hecken, die aus Bäumen und Sträuchern bestehen und mindestens fünf bis sechs Meter hoch sind. Im Kern der Hecke befinden sich hohe Sträucher und einzelne Bäume, beidseitig davon befindet sich ein Strauchmantel aus niedrigeren Sträuchern. Idealerweise schließt ein drei bis sechs Meter breiter Ökostreifen an, der extensiv gepflegt wird (Kromp 1993). Die Pflanzen sollten in regelmäßigen Abständen auf Stock gesetzt bzw. zurückgeschnitten und durchforstet werden. Bei Hecken und Baumreihen mit unterstützender Windschutzfunktion stehen ökologische und landschaftsästhetische Aspekte bei der Umgestaltung im Vordergrund:
 - Auflockerung der Heckenstrukturen mittels Förderung von Einzelbäumen und Strauchgruppen sowie Auslichtung dichter Heckenstrukturen

- Umbau monostruktureller Hecken in Hecken mit dominierender Strauchschicht und Überhältern
- Umbau der Baumreihen in wiesenartige Saumstreifen mit Strauchgruppen und/oder Solitäräumen
- Schaffung von Alleen
- Verlängerung der Randlinien (Schaffung von Ein- oder Ausbuchtungen)
- Zulassen der Entwicklung von Saumstreifen zu den Wirtschaftsflächen
- Schaffung von Ökostreifen zwischen Hecken und Ackerflächen bzw. Wegen
- Erhaltung und Schaffung von für die Tierwelt relevanten Lebensraumstrukturen
- Stellenweise Verjüngung der Biotopstrukturen
- Nach- und Neupflanzungen verschiedener Gehölzarten zur Förderung der Artenvielfalt
- Nach- und Neupflanzung mit heimischen und für die Region typischen Arten

Nach Vorliegen aller Teilprojekte wurden die vorgeschlagenen Maßnahmen erneut an den Stand der Erkenntnisse adaptiert und mit den BearbeiterInnen, VertreterInnen des Biobetriebes und der Agrarbezirksbehörde Niederösterreich akkordiert. Auf den Ergebnissen der Kartierung aufbauend wurde 2004 nach letztem Stand des Wissens und unter Berücksichtigung der seitens der anderen Fachdisziplinen formulierten Ansprüche ein Pflegekonzept für die Hecken und Baumreihen erarbeitet und mit VertreterInnen anderer Teilprojekte abgestimmt.

2005 erfolgte erneut eine detaillierte Kartierung der Gehölzvegetation für einen ca. 100 m langen Heckenabschnitt der Hecke Nr. 6, ausgehend von der ortsnahe Wegkreuzung in westlicher Richtung. Die Kartierung erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Art / Wuchsform
- heimisch, nicht heimisch (Ziergehölz)
- Alter
- tierökologische Bedeutung (z.B. Nahrung – Beeren, Früchte, Blüten, Nistgehölz etc.)
- (land-)wirtschaftliche Bedeutung (Schemel et.al. 1982)
- Bedeutung für das Landschaftsbild
- strukturelle Charakteristik

Auf Grundlage dieser detaillierten Erhebung erfolgt die Ausarbeitung eines konkreten landschaftspflegerischen Maßnahmenplanes für den ausgewählten Heckenabschnitt. Die erforderlichen Pflegemaßnahmen, wie Auslichten des Gehölzbestandes, Entfernen einzelner Bäume und Sträucher, Rückschnitt, Entfernen überhängender Äste (v.a. im Bereich der Wirtschaftsflächen) wurden für den ausgewählten Heckenabschnitt durchgeführt.

Für einen kurzen Heckenabschnitt wurde, auf Grundlage eines für diesen Teilbereich erstellten landschaftspflegerischen Maßnahmenplanes (s. Abschn. 11.3), ein entsprechender Heckenschnitt durchgeführt. Vielfach überschneiden bzw. decken sich die vorgesehenen Maßnahmen im Sinne der Verbesserung und Strukturierung des Landschaftsbildes mit jenen, welche zur Erhöhung der ökologischen Funktion vorgeschlagen werden.



Abbildung 59: Lageplan Gehölzstrukturen

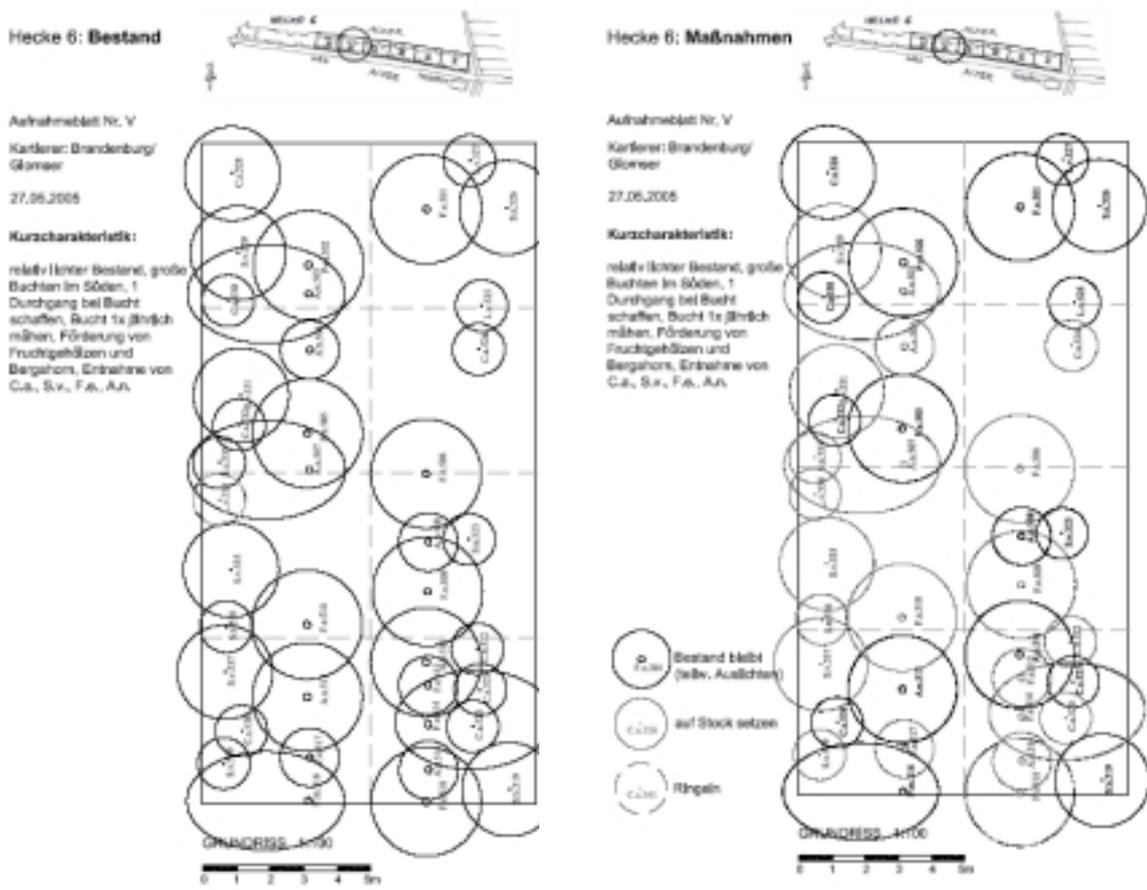


Abbildung 60: Kartierung (links) und Maßnahmenvorschläge (rechts)
 (Quelle: Glomser Gitta)



Abbildung 61: Vergleich vor dem Schnitt (rechts im Bild) und nach dem Schnitt (links im Bild)
 (Quelle: Wöls Michael)

11.7 Schlussfolgerungen

In weiterer Folge ist es notwendig, das Monitoring der Biotopstrukturen weiterzuführen, um die Bedeutung und Funktionen der, durch die veränderte Bewirtschaftung und die Pflegemaßnahmen umstrukturierten Biotopstrukturen, zu bewerten. Für die Umsetzung der oben angeführten Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen und landschaftsästhetischen Wirkung der Biotopstrukturen wurde eine teilweise Finanzierung der Pflege- und Pflanzmaßnahmen beantragt, um beispielhaft aufzuzeigen, wie sich die Hecken und Baumreihen aus ökologischer und landschaftsästhetischer Sicht weiterentwickeln sollen. Es ist davon auszugehen, dass die Maßnahmen, die auf den Flächen des Biobetriebes Rutzendorf gesetzt werden, einen beispielhaften Charakter für die Betriebe im Umland aufweisen. Dieser Multiplikatoreffekt soll durch das Aufzeigen von potentiellen Förderungen für derartige Maßnahmen verstärkt werden. Eine Recherche bezüglich Förderungen des Landes Niederösterreich für eine Anlage und Pflege von Hecken und Baumreihen ergab, dass einige Förderinstrumente dafür geeignet sind (www.noel.gv.at):

- Maßnahmen zur Förderung der Anpassung und Entwicklung von ländlichen Gebieten (Artikel 33)
- ÖPUL
- Niederösterreichischer Landschaftsfond
- Bodenschutz-Windschutzanlagen
- Landschaftsgestaltungsprojekte

Die Umstellung auf eine biologische Landbewirtschaftung sowie die Gestaltung ökologisch und landschaftsästhetisch wertvoller Strukturen wird sich einerseits positiv auf die Artenzusammensetzung und Artenvielfalt auswirken und andererseits einen Beitrag zur Identifikation und zum Umweltbewusstsein der Bevölkerung der Region leisten und somit einen wesentlichen Grundstein für eine nachhaltige Entwicklung einer Kulturlandschaft darstellen. Die Gesellschaft wird durch ihre Wertschätzung von Maßnahmen des Naturschutzes, die sich auch in einer Attraktivierung des Landschaftsbildes manifestieren, bereiter sein, landschaftspflegende Maßnahmen zu honorieren.

11.8 Literatur, Gutachten und Informationen

- Bairlein, F (1991): Biotopverbundsysteme und das Mosaik-Zyklus-System
in ANL (Bayerische Akademie für Naturschutz) Laufen/Brd / S. 45 - 51
- Bernhardt, K.-G. / Schreiber K.-F.(1988): Synökologische Untersuchungen eines Hecken-Feld-Waldrand-Biotopkomplexes in Westfalen (Norddeutschland), Landschaft und Stadt 20 (3) 106 – 113
- Broggi, M u. Schlegel H. (1989): Mindestbedarf an naturnahen Flächen in der Kulturlandschaft / Bericht 31 des nationalen Forschungsprogrammes „Boden“ / Liebefeld-Bern
- Gepp, J. (2002): Sonderheft – Hecken für die Vielfalt. in: Natur und Land, 78. Jg., Heft 6.
- Heydemann, B. (1983): Aufbau von Ökosystemen im Agrarbereich und ihre langfristigen Veränderungen / in Daten und Dokumente zum Umweltschutz / Hamburg
- Hoisl, R., Nohl, W., Engelhardt, P. (2000): Naturbezogene Erholung und Landschaftsbild. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt.
- Jedicke, E. (1994): Biotopverbund – Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Naturschutzstrategie. Ulmer A/ Stuttgart
- Kromp und Hann (2003): Internes Papier MUBIL.
- Kromp, B. (1993): Wiener Windschutzhecken. Magistrat der Stadt Wien.
- Kaule, G. (1986): Arten- und BiotopschutzUTB / Ulmer / Stuttgart
- Kurz, P., Machatschek, M., Iglhauser, B. (2001): Hecken: Geschichte und Ökologie; Anlage, Erhaltung & Nutzung, Stocker Verlag, Graz, Stuttgart.
- MacArthur, R.H. u. Wilson E.O (1967): The theory of island biogeography, NewYork
- MacArthur, R.H. u. Wilson E.O (1971): Biogeographie der Inseln, München
- Mader, H.-J. (1985): Welche Bedeutung hat die Vernetzung für den Artenschutz .Schr.-R. DRL 46, S.631-634
- Mader, H.-J. (1988): Biotopverbundsysteme in intensiv bewirtschafteten Agrarlandschaften, Natur- und Landschaftsk. 24, 1-7

- Pachinger (2003): Internes Papier MUBIL.
- Pachinger (2004): Persönliches Gespräch.
- Pardatscher, G. (1988): Hecken im Garten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Schacht, H., Brandenburg, C., Sterl, P. (2003): Zwischenbericht MUBIL. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Schemel, H.-J., Englmaier, A. (1982): Zur Bedeutung naturnaher Kleinstrukturen für die Landwirtschaft im Rahmen der Flurbereinigung. Zeitschrift f. Kulturtechnik unmd Flurbereinigung 23 (75 – 86) BRD
- Schulze, E.-D., Reif, A. und Küppers, M. (1984): Die pflanzenökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen.
- Straka (2003): Internes Papier MUBIL.
- www.noel.gv.at (Mai 2004)
- Zwölfer, H. (1984): Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen.

12 TEILPROJEKT 11/2+11/3: NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE / ÖKOSTREIFEN / SYSTEMANALYSE / WILDBIENEN

Titel: Naturschutz/Landschaftsökologie/Ökostreifen/ und Auswirkungen der Betriebsumstellung auf biologischen Landbau sowie der agrarökologischen Begleitmaßnahmen auf die Wildbienenfauna

BearbeiterInnen: Wolfgang Holzner, Bärbel Pachinger, Barbara Prochazka, Karin Böhmer, Matthäus Schmid, Cameron Weiss

Zentrum für Umwelt- und Naturschutz, Department für Integrative Biologie, BOKU Wien.

12.1 Zusammenfassung / Summary

Im Zuge der Umstellung auf biologischen Landbau wurden 6 m breite Ökostreifen entlang der bestehenden Gehölzstrukturen angelegt, die der ökologischen Aufwertung und Nützlingsförderung dienen sollen. Da auf Grund früherer Erfahrungen in vergleichbaren Gebieten anzunehmen war, dass die spontan aufkommende Vegetation artenarm und eintönig bleiben würde, wurden 155 verschiedene Wildpflanzenarten, die in der Umgebung geerntet wurden, angebaut. 60% (94 Arten) etablierten sich in den ersten zwei Jahren. Davon sind 25 Arten auf der Roten Liste. Auf den nicht eingesäten Kontrollflächen wuchsen hingegen nur 72 verschiedene Pflanzen. Der Blütenreichtum und die vielfältige Struktur der Ansaatflächen machen durch die „blühende Landschaft“ den Biobetrieb Rutzendorf schon von weitem sichtbar.

Auf dem Biobetrieb Rutzendorf wurde die Wildbienenfauna von Ackerflächen und Landschaftselementen untersucht. Die Auswertungen der Untersuchungsjahre 2003 und 2004 zeigen die typische Faunenzusammensetzung einer intensiv ackerbaulich genutzten Landschaft. Auf den untersuchten Luzerneflächen konnten nur wenige, euryöke Arten nachgewiesen werden, Flächen mit vorhandenen Landschaftselementen (Hecken und Ökostreifen) zeigen eine höhere Artendiversität und eine höhere Anzahl an spezialisierten und hypergäischen Arten im Vergleich zu den untersuchten Acker- und Bracheflächen. Unterschiedliche Ergebnisse dabei sind auf das jeweilige Angebot an Pollenfutterpflanzen und möglichen Nisthabitaten auf den Untersuchungsstellen zurückzuführen.

Adjacent to the hedgerows 6m "eco-stripes" of the fields were left uncultivated to improve the ecological value of the area and to promote the density of fauna beneficial for organic farming. According to earlier experiences it was expected, that the spontaneous succession would lead to a vegetation with poor diversity, because of the lack of suitable habitats in the area from which an invasion of species would have been possible. Therefore seeds of 155 species of autochthonous origin were sown in experimental plots. 94 of them were successfully established after two years. 25 of them are listed in the red data book of endangered plants of Austria.

Wild bees were monitored at the organic farm Rutzendorf. Results of the years 2003 and 2004 show the typical fauna of an intensively used landscape. Compared to the fields with *Medicago x varia* study sites characterised by landscape elements show a higher diversity of wild bees and a higher number of specialized species and species nesting above ground. Different food plants and nesting habitats in the study sites characterised by landscape elements were responsible for different results.

12.2 Einleitung

Die Intensivierung der Bewirtschaftung und die damit einhergehende Ausräumung der Landschaft prägten die landwirtschaftliche Praxis der vergangenen Jahre. Dies brachte eine Reduktion der Lebensräume für Pflanzen und Tiere in der Agrarlandschaft mit sich. Heute

weisen zahlreiche Autoren darauf hin, dass die Zusammensetzung der Landschaft und deren Ausstattung mit Landschaftselementen einen der Schlüsselfaktoren für den Artenreichtum darstellt (z.B. Duelli 1997, Thiess & Tschardt 1999). Brachen und Ökostreifen zeigen einen positiven Effekt auf die Biodiversität auf landwirtschaftlichen Betrieben (Greiler 1994, Marshall et al. 2005).

Vor diesem Hintergrund wurde in diesem Teilprojekt an der Anlage von Ökostreifen entlang der Felder am Biobetrieb Rutzendorf mitgewirkt. Als Erfolgskontrolle wurde die Diversität der Wildkräuter und das Auftreten seltener Arten dokumentiert; begleitend zum faunistischen Monitoring des Teilprojektes 9 - Nützlinge wurden Ökostreifen, Randstreifen und Ackerflächen als Lebensraum für Wildbienen untersucht. Dieser Gruppe kommt zum einen eine besondere Bedeutung als wichtige Indikatoren für Offenlandhabitats (Plachter 1989, Schwenninger 1992, Schmid-Egger 1997) zu; zum anderen sind sie wichtige Bestäuber sowohl für Wildpflanzen, als auch für angebaute Kulturpflanzen (Heß 1990).

Alleine aufgrund der Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise war noch kein Anstieg der Biodiversität der Pflanzen auf den zu dem Betrieb gehörigen Landschaftselementen wie Brachestreifen, Hecken und Baumreihen zu erwarten, da in der Umgebung keine naturnäheren Flächen sind, von denen geeignete Arten einwandern können. Daher wurden im Rahmen dieses Projektes Versuche zur Erhöhung der Pflanzenvielfalt und des Blühangebotes durchgeführt. Ein wichtiger Aspekt bei der Konzeption und der Durchführung der Versuche war die Praxistauglichkeit. Dazu gehört neben der Flächenauswahl vor allem die Einbeziehung der und die Zusammenarbeit mit den Bewirtschaftern. Maßnahmen zur Biodiversitätssteigerung werden nur dann langfristig erfolgreich sein, wenn ihr Nutzen den Bewirtschaftern deutlich wird.

12.3 Thema und Ziele der Arbeit

Thema der vorliegenden Arbeit ist die Dokumentation der Veränderungen der Vegetation und der Wildbienenfauna im Zuge der Umstellung auf biologische Landwirtschaft. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die neu angelegten Ökostreifen, die Möglichkeit der Förderung der Nützlinge und der Biodiversität durch Ansaaten, die Pflege der Ökostreifen durch Häckseln, sowie auf schon bestehende Begleitbiotope wie Hecken und Saumstreifen gelegt.

Ziele der Vegetationsexperimente:

Erhöhung der Biodiversität, Erhöhung des Blütenangebotes für Nützlinge;

Beobachtung eventueller Unkrautprobleme, die durch die Ökostreifen verursacht werden könnten, bzw. der Möglichkeit der Unkrautunterdrückung durch Ansaaten;

Das Besondere der biologischen Wirtschaftsweise auch in der Landschaft verdeutlichen

„Biobetriebe haben buntere Blühstreifen“, bzw. den optischen Eindruck der eintönigen Brachestreifen verbessern, um damit eine bessere Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhalten (herzeigbare Bracheflächen).

Vom Aussterben bedrohte Pflanzen (Niklfeld 1999) und seltene Lebensräume fördern, bzw. neu anlegen

Erstes Ziel der Untersuchungen der Wildbienenfauna war die Erhebung des Ist-Zustandes zu Beginn der Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung bzw. vor der Anlage neuer Landschaftselemente (Untersuchungsjahr 2003). In den Vegetationsperioden 2004 und 2005 wurden die Veränderung der Artenvielfalt und Dominanzverhältnisse der Wildbienen auf den Untersuchungsflächen dokumentiert. Ziel dabei ist die Bewertung dieser Begleitbiotope hinsichtlich ihrer naturschutzfachlichen Bedeutung vor allem im Vergleich zu Acker- und Referenzflächen.

12.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Durch die Umstellung auf den ökologischen Landbau und die Neuanlage bzw. Verbesserung bestehender Landschaftselemente wird ein teilweiser Ausgleich der Defizite des intensiv genutzten Bereiches angenommen. Durch die Schaffung neuer Rückzugs-/Lebensräume in Form von Ökostreifen und bessere Überlebenschancen in den Ackerflächen selbst, ist mit einem Ansteigen der Diversität sowohl von Flora als auch der Wildbienen (Banaszak 1992, Corbet 1994, Steffan-Dewenter 1998, Pachinger 2002) zu rechnen. Durch Initialaussaaten von Wildpflanzenarten, die in den Ackerlandschaften des Marchfeldes früher verbreitet waren, werden die Brachestreifen sehr viel arten- und blütenreicher und Problemunkräuter werden in ihrem Wachstum wesentlich eingeschränkt. Für die Wildbienen können weiters folgende Arbeitshypothesen aufgestellt werden: Durch die Umstellung auf den Bio-Landbau kann auf den Ackerflächen selbst eine Erhöhung der Häufigkeiten euryöker Arten erwartet werden. Durch die Anlage von Ökostreifen ist durch das zusätzlich entstehende Angebot spezieller Pollenfutterpflanzen und Nisthabitats mit einem Ansteigen der Diversität der Wildbienenfauna und der Ausbreitung von seltenen und/oder gefährdeten Arten zu rechnen.

12.5 Material und Methoden

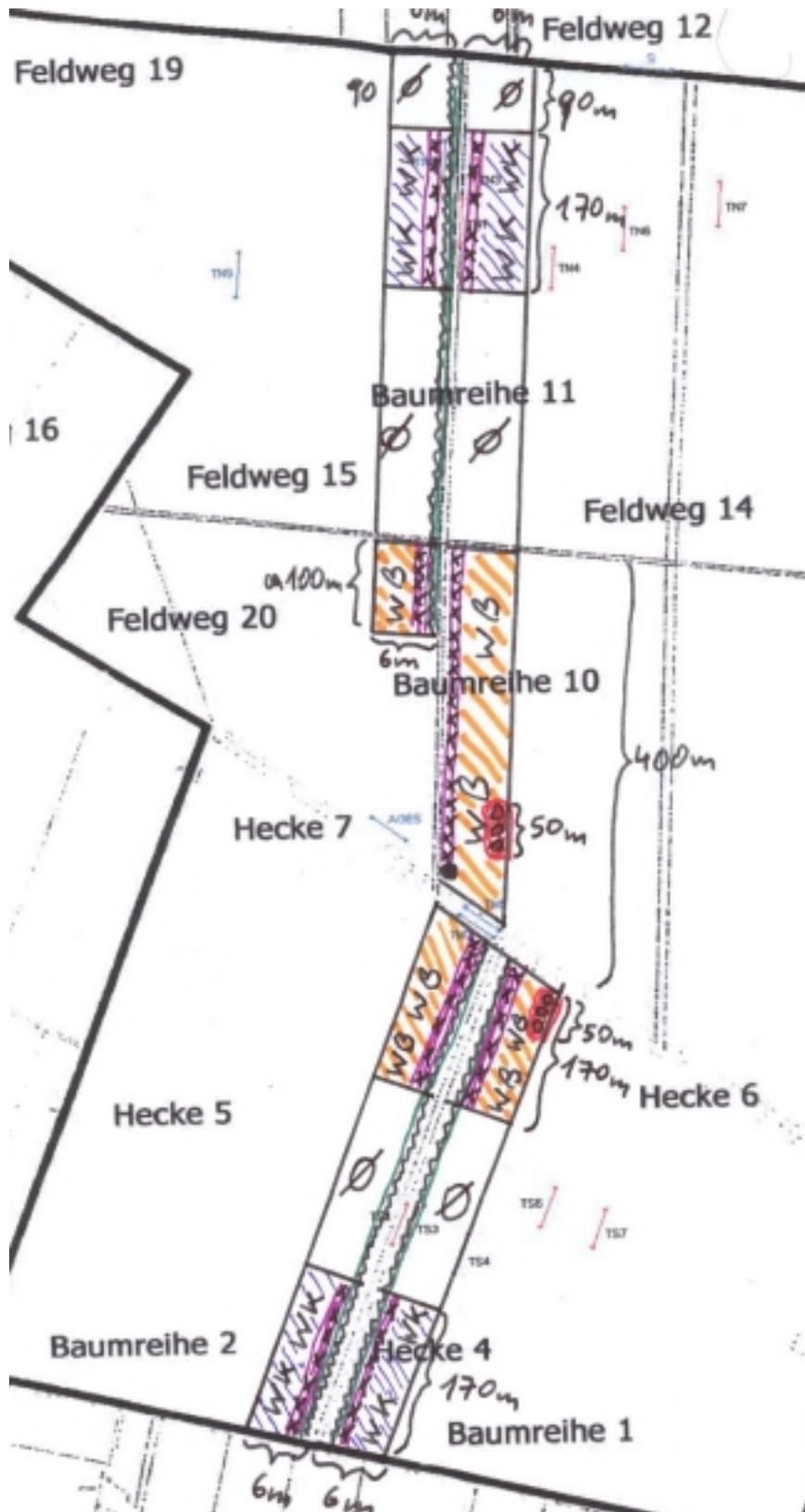
12.5.1 Vegetation

- 1.) Standortserkundung und Vegetationserhebung
- 2.) Erkunden der Umgebung, gibt es noch artenreiche Lebensräume, die als Vorbild für Ansaaten (Z.B. Trockenrasen) dienen können?
- 3.) Literaturrecherche – welche Pflanzen hat es hier früher gegeben (v.a. nach Angaben von Neilreich 1859)
- 4.) Wo kann geeignetes Samen- und Pflanzenmaterial entnommen werden?
- 5.) Welche Pflanzenarten sind für Nützlinge (speziell für Wildbienen) besonders wichtig?
- 6.) Ernte von 155 geeigneten Pflanzenarten
- 7.) Auswahl der Versuchsflächen
- 8.) Zusammenstellen der Mischungen
- 9.) Anbau im Dezember 2003
- 10.) Bonitieren der angesäten Flächen 2004 und 2005
- 11.) Aufnahmen der nicht angesäten Flächen 2004 und 2005
- 12.) Aufnahmen von gehäckselten Flächen 2004
- 13.) Aufnahmen von nicht gehäckselten Flächen 2004
- 14.) Dokumentation der Häufigkeit und Vitalität von Problemunkräutern in den Streifen unter verschiedenen Bedingungen (angesät und nicht angesät, gehäckselte und nicht gehäckselte)
- 15.) Dokumentation der an die Streifen angrenzenden Ackerflächen – welche Problemunkräuter wandern wie weit?
- 16.) Kommunikation und Koordination mit den für die Bewirtschaftung verantwortlichen Personen, besonders dahingehend, welche Flächen wann gehäckselte werden sollen.

Die geernteten Samen wurden zu vier verschiedenen Mischungen zusammengestellt.

- 1.) Wildkräuter zur Anreicherung von Ackerstilllegungsflächen und zur Unterdrückung von Problemunkräutern (WK, 35 verschiedene Pflanzenarten)
- 2.) Wildbienenmischung (WB, 30 Arten)
- 3.) Saumpflanzen für den Randbereich zu den Hecken (grüne Signatur, 38 Arten)
- 4.) Trockenwiesenmischung für die sonnigsten und trockensten Bereiche der Streifen (x, 45 Arten)
- 5.) Rote-Liste-Ackerwildkräuter (o, 19 Arten)

12.5.1.1 Übersichtsplan über die Versuchsflächen



Der obenstehende Übersichtsplan zeigt, wo welche Mischungen ausgesät wurden:

WK, blaue Schraffur, vier Flächen, insgesamt 4.000 m²

WB, orange Schraffur, vier Flächen, insgesamt 4.000 m²

Grüner Streifen = Saumpflanzen, 30 cm breit, entlang der gesamten Hecken und Baumreihen, insgesamt 200 m²

Violette Kreuze = Trockenwiesenpflanzen, 1 m breiter Streifen entlang des Saumes auf den Abschnitten, auf denen auch Wildkräuter und Wildbienenpflanzen angebaut wurden, insgesamt 1.000 m²

Rote Kreise bei Hecke 6 = Rote-Liste-Ackerwildkräuter, der ackernahe Teil des Streifens in rund 50 m Länge und 2 m Breite, insgesamt 100 m²

Rote Kreise bei Baumreihe 10 = Feuchtere Stelle, dort wurde auf 50 m² das gefährdete Fluß- (oder Sarrazenen-) Kreuzkraut angebaut.

Die Vegetationsaufnahmen wurden jeweils von einem angesäten und dem angrenzenden, nicht angesäten Abschnitt des Streifens gemacht. Nebeneinanderliegende Flächen, die unterschiedlich gepflegt wurden (gehäckselt oder nicht) wurden ebenfalls aufgenommen. Weiters wurden die ganzen Streifen begangen und interessante Beobachtungen (Pflanzen, Störungen, Verbiss, Gehölzaufkommen,...) notiert. Dabei wurden auch die angrenzenden Ackerflächen beachtet, vor allem unter dem Gesichtspunkt der Ausbreitung von Unkräutern aus den Streifen.

Begehung und Aufnahmen wurden 2004 und 2005 im Juli durchgeführt. Dazwischen wurden die Flächen mehrmals aufgesucht, um eine optimale Bewirtschaftung festzulegen. Die Hauptintention dabei war, die Bewirtschafter davon zu überzeugen, die angesäten Flächen nicht oder möglichst wenig und nur außerhalb der Vegetationszeit zu häckseln. Ein zu früher Häckseltermin hätte den Aufwuchs vieler Pflanzen aus der Ansaat verzögert oder sogar verhindert (z.B. vom Fluß-Kreuzkraut).

Im Anhang finden sich die Listen der ursprünglich vorhandenen und von selbst beziehungsweise aus früherem Anbau aufgekommenen Arten und der erfolgreich aus den Ansaaten etablierten Arten.

12.5.2 Wildbienen

Um die Daten vergleichbar zu machen, wurden die Methoden zur Erfassung der Wildbienenfauna und die Lage der Untersuchungstransecte in den drei Untersuchungsjahren beibehalten. Die Erfassung der Wildbienen erfolgte durch Sichtfänge mit Hilfe eines Keschers. Jeder Transect wurde dabei in jedem der drei Untersuchungsjahre zwischen Mitte April und Mitte September sieben Mal aufgesucht, die Aufnahmen erfolgten somit in einem etwa dreiwöchigem Rhythmus. Die Untersuchungen zur Wildbienenfauna wurden in folgenden Transecten durchgeführt:

Tabelle 23: Lage und Beschreibung der Untersuchungstransecte Wildbienen

Bezeichnung	Beschreibung		Nisthilfe
4_WK_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 4 (je einmal östlich bzw. westlich)	Ansaat Wildkrautmischung	+
4_WK_W			
4_WB_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 4 (östl. bzw. westl.)	Ansaat Nützlingsmischung	+
4_WB_W			
4_SS_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 4 (östl. bzw. westl.)	Spontane Sukzession	+
4_SS_W			
10_WK_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 11 (östl. bzw. westl.)	Ansaat Wildkrautmischung	+
10_WK_W			
10_WB_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 10 (östl. bzw. westl.)	Ansaat Nützlingsmischung	+
10_WB_W			
10_SS_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 10/11 (östl. bzw. westl.)	Spontane Sukzession	+
10_SS_W			
6	Hecke und angrenzender Saum 6	Dichter Grasbestand	+
12	Rain entlang Feldweg 12		+
6/2	Ackerfläche 6/2	Luzerne	
2/2	Ackerfläche 2/2	Luzerne	
B	Brache	Brache, Glatthafer dominiert	
R	Randbereich der Schottergrube "Referenzfläche"	Spontane Sukzession	

12.6 Vorläufige Ergebnisse und Diskussion

Endgültige Ergebnisse können zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht vorgelegt werden, da die Vegetationskartierungen des Untersuchungsjahres 2005 noch nicht ausgewertet und die Determination der Wildbienen noch nicht abgeschlossen werden konnten. Die Ergebnisse beziehen sich so auf die Untersuchungsjahre 2003/04, augenfällige Tendenzen aus dem Untersuchungsjahr 2005 wurden in die Diskussion jedoch einbezogen.

12.6.1 Vegetation

Zusammenfassung der Ergebnisse der Vegetationsuntersuchungen

Auf den nicht eingesäten Flächen waren ursprünglich vorhanden bzw. sind spontan 72 verschiedene Pflanzenarten aufgekommen. Davon sind fünf Arten Gehölze der angrenzenden Baumreihen und Hecken. Neun davon sind Reste einer ehemaligen Kultur. Elf können als Unkräuter, die in Äckern des Marchfeldes Probleme bereiten können, bezeichnet werden (Holzner u. Glauninger 2005). Das sind in der Regel auch die häufigsten Arten in den Aufnahmen der nichteingesäten Kontrollparzellen.

Eingesät wurden 155 verschiedene Arten. Etabliert davon haben sich 94. Die größte Zahl der etablierten Pflanzenarten stammt aus der Wildkrautmischung für Ackerstillungsflächen (30 von 35 ausgesäten) und aus der Wildbienenmischung (26 von 30). Von den 19 ausgesäten Rote-Liste-Ackerwildkräuter haben sich 11 Arten etabliert. Bei den Saumpflanzen sind es 21 von 38 angebauten Arten. Hier ist aber besonders erfreulich, dass sich zwei der seltensten Arten (deren ehemaliges Vorhandensein nur mehr aus alter Literatur erhoben werden konnte) in vielen (bis zu fünfzig) sehr vitalen Exemplaren wieder angesiedelt haben. Bei den Trockenrasenpflanzen ist die Bilanz am schlechtesten, hier wuchsen von den ausgesäten 45 Arten nur 19 Pflanzenarten erfolgreich heran. Der Hauptgrund dafür war die unterschätzte Schattenwirkung der Hecke und die starke Ausbreitungstendenz der Gehölze, sowohl durch Ausläufer (Flieder, Roter Hartriegel) als auch durch Keimlinge (siehe Beschreibung nicht eingesäter Flächen). (Die durch Addition der Einzelsummen ergebene Gesamtzahl von 107 Arten ist deswegen höher als 94, weil manche Arten in zwei Mischungen verwendet wurden – siehe dazu Liste im Anhang).

Erreichte Ziele

Die Pflanzenvielfalt hat sich um mehr als das Doppelte erhöht.

Das Blütenangebot ist ungleich reicher, da sowohl die angesäten Wildkräuter für Ackerstilllegungsflächen als auch die Wildbienenpflanzen extra im Hinblick auf Blüten und Nektar ausgewählt wurden. Bei den vorhandenen und spontan aufgekommenen Pflanzen hingegen sind besonders viele Arten mit sehr unscheinbaren Blüten, wie zum Beispiel die Amaranth-, Gänsefuß- und Melde-Arten.

Problemunkräuter, vor allem Acker-Kratzdistel, aber auch Flug-Hafer und Geruchlose Kamille haben auf den eingesäten Flächen infolge der Konkurrenz viel weniger bis gar keinen Platz mehr. Besonders konkurrenzstark ist die Mischung „Wildkräuter für Ackerstilllegungsflächen“, die hinsichtlich ihrer verdrängenden Wirkung schon in Langzeitversuchen getestet wurde. Wesentlich zum Erfolg beigetragen haben die sorgfältige Bodenvorbereitung, der Anbau im Winter und das Verwenden einer kräftigen Decksaat. Probleme hat es allerdings mit der Wahl der richtigen Saatkichte gegeben. Bei der Wildbienenmischung lagen diesbezüglich keine Erfahrungen vor, was dazu führte, dass die zuerst angesäten Flächen entlang der Hecke 4 zu dicht und die östlich der Baumreihe 10 zu dünn angebaut wurden. Ebenfalls zu niedrig war die Saatkichte bei den Saumpflanzen, sodass die Etablierung eines durchgehenden Krautstreifens entlang der Gehölze nicht erreicht werden konnte.

Die eingesäten Flächen fallen schon von weitem durch ihren „wilden“ und hohen Bewuchs auf und sind sogar im Vorbeifahren auf der Landesstraße deutlich anders, als die übrigen Streifen. Was den dort lebenden Wildtieren Freude macht, die hohen und kräftigen Pflanzen, das vielfältige Futterangebot (Rehe und Hasen kosten fast alle der angebauten Pflanzen) und die vielfältige Struktur, stößt bei den Personen, die für die Bewirtschaftung verantwortlich sind, nicht wirklich auf Gegenliebe. Zu gefährlich für die ordentliche Ackerlandschaft wirken die 2,5 m hohen Weberkarden, Herzgespann und Königskerzen. Es wird noch einiger Überzeugungsarbeit bedürfen, dass die Angst vor „Wildwuchs“ abnimmt. Erfahrungsgemäß wird die Wuchshöhe im Laufe der Jahre geringer.

Für den naturschutzfachlichen Wert der Bracheflächen wäre es am besten, wenn Teile der Streifen auch über den Winter stehen blieben. Viele der Wildkräuter für Ackerstilllegung haben einen so kräftigen Wuchs, dass sie nicht zusammenbrechen, sondern aufrecht stehen bleiben. Aufgrund des starken Gehölzwuchses wird es aber unumgänglich sein, regelmäßig die Flächen zu häckseln. Am besten geschieht dies auch weiterhin abschnittsweise, wie in dem Versuchsdesign vorgesehen.

Die Wiederansiedelung von seltenen Pflanzenarten ist gelungen. Von den etablierten Pflanzen sind 25 auf der Roten Liste, die Gefährdungen sind in der Liste im Anhang verzeichnet.

12.6.2 DAS SYSTEM "ÖKOSTREIFEN RUTZENDORF" - vorläufige Ergebnisse der Analyse mit dem Sensitivitätsmodell Prof. Vester²

Autor: W. Holzner

Wie in früheren MUBIL-Berichten bereits dargestellt wurde, ist eine Systemanalyse idealerweise ein projektbegleitender Prozess, an dem alle im System involvierten Personen mitbeteiligt sind. Dies war bei MUBIL vor allem wegen des dafür nötigen großen Zeitaufwandes nicht durchführbar. Es wurde daher mit einer kleinen Gruppe in kleinem Rahmen gearbeitet: W.Holzner/B. Pachinger/C. Weiss (Bedienung der Software, Naturschutzbiologie), A. Surböck (Landwirtschaft), C. Brandenburg (Landschaftsplanung). Der Analysenstand, den diese Gruppe erarbeitet hat, ist sozusagen ein vorläufiges Rohprodukt, an dem laufend weitergearbeitet werden soll. Solange nicht Vertreter aller beteiligten Gruppen, insbesondere des landwirtschaftlichen Betriebs mitarbeiten, wird die Analyse unvollständig und unverlässlich sein.

² mit der Software Systemtools 6.5 d Professional (2005)

Für diesen Bericht wurde daher nur das Subsystem "Ökorestreifen" herausgegriffen und getrennt analysiert, wobei nur die Variablen eingingen, die aus dieser Sicht relevant sind und aus meiner Sicht beurteilbar erscheinen. Wichtig ist, darauf hinzuweisen, dass wir dabei nur einen Systemteil betrachten, der ohne eigene Regelkreise für sich allein nicht lebensfähig ist. Daher kann auch die Analyse nicht abgeschlossen werden sondern geht über die Darstellung des Wirkungsgefüges, also der Zusammenhänge, und der Verteilung der Variablen über die Matrix aktiv-reaktiv/kritisch-puffernd nicht hinaus.

Variablen:

Tabelle 24: Name und Beschreibung der im Subsystem Ökorestreifen verwendeten Variablen

<i>Variablennummer:</i>	<i>Variablenname:</i>	<i>Variablenbeschreibung:</i>
1	Ökorestreifen-Ausmaß	Flächenausmaß
2	Ökorestreifen-Qualität	Naturschutzfachliche Qualität: Artenzusammensetzung und –reichtum; seltene und gefährdete Arten; Lebensraum und Nahrung für (Klein-) Tiere (Wildbienen, Nützlinge). Vorhandensein von Säumen angrenzend an die Windschutzhecken.
3	Ökorestreifen-Vernetzung	Abstand der Ökorestreifen voneinander.
4	Landschaftsbild	Ästhetischer Eindruck der Landschaft: Vielfalt, Abwechslungsreichtum, naturnahes Aussehen (dem Geschmack der Allgemeinheit entsprechend also nicht totale Verwilderung). Ästhetische Qualität: Blütenreichtum im jahreszeitlichen Wechsel; Aussehen entspricht annähernd dem Publikumsgeschmack (eher Wiese als Wildnis).
5	Biodiversität	Komplex aus Artenvielfalt, Arteninventar (Rote- Liste Arten), Strukturvielfalt, Biodiversität hier auch für naturschutzfachlichen Wert und Nützlingsförderung.
6	Wilddichte	Ökorestreifen (und Hecken) sind Habitate und Nahrungsquelle für Hase, Rebhuhn, Fasan, Reh.
	Unkrautdruck	Sind Ökorestreifen „Infektionsherde“, insbesondere bezüglich der Unkräuter ? Zahl und Dichte der Problem- Ackerunkrautarten im Ökorestreifen; dadurch zumindest theoretisch die Gefahr des Einwanderns von Unkrautarten in die benachbarten Äcker.
8	Angst vor Wildnis	Angst vor unkontrollierbaren Zuständen am Ökorestreifen und vor allem im Acker. Sorge vor Unkrautproblemen, die im Zuge des Biolandbaus schwer in den Griff zu bekommen sind.
9	Beispielswirkung	Positives oder abschreckendes Beispiel für andere LW-Betriebe ? Regt MUBIL-Rutzendorf zur Nachahmung an ?
10	Bio-Verständnis am Betrieb	Verständnis für die besonderen Anforderungen der biologischen Landwirtschaft
11	Akzeptanz für Naturschutzmaßnahmen durch Betriebsführung und Arbeiter	

12	Einfluss der WissenschaftlerInnen	Inwieweit werden die Vorstellungen und Empfehlungen des Wissenschaftlerteams umgesetzt ?
13	Transdisziplinarität	Ausmaß der partizipativen Vorgangsweise im System besonders von Seiten der WissenschaftlerInnen.
14	Aufwand b. d. Anlage d. ÖS	Vorbereitung, Einsaaten
15	Aufwand b. d. Pflege d. ÖS	Häckeln, Umackern
16	Höhe der Förderung	Für die Anlage und Pflege von Ökostreifen.
17	Lw. Wertschöpfung	Ertrag aus den Feldflächen mit Ökostreifen.

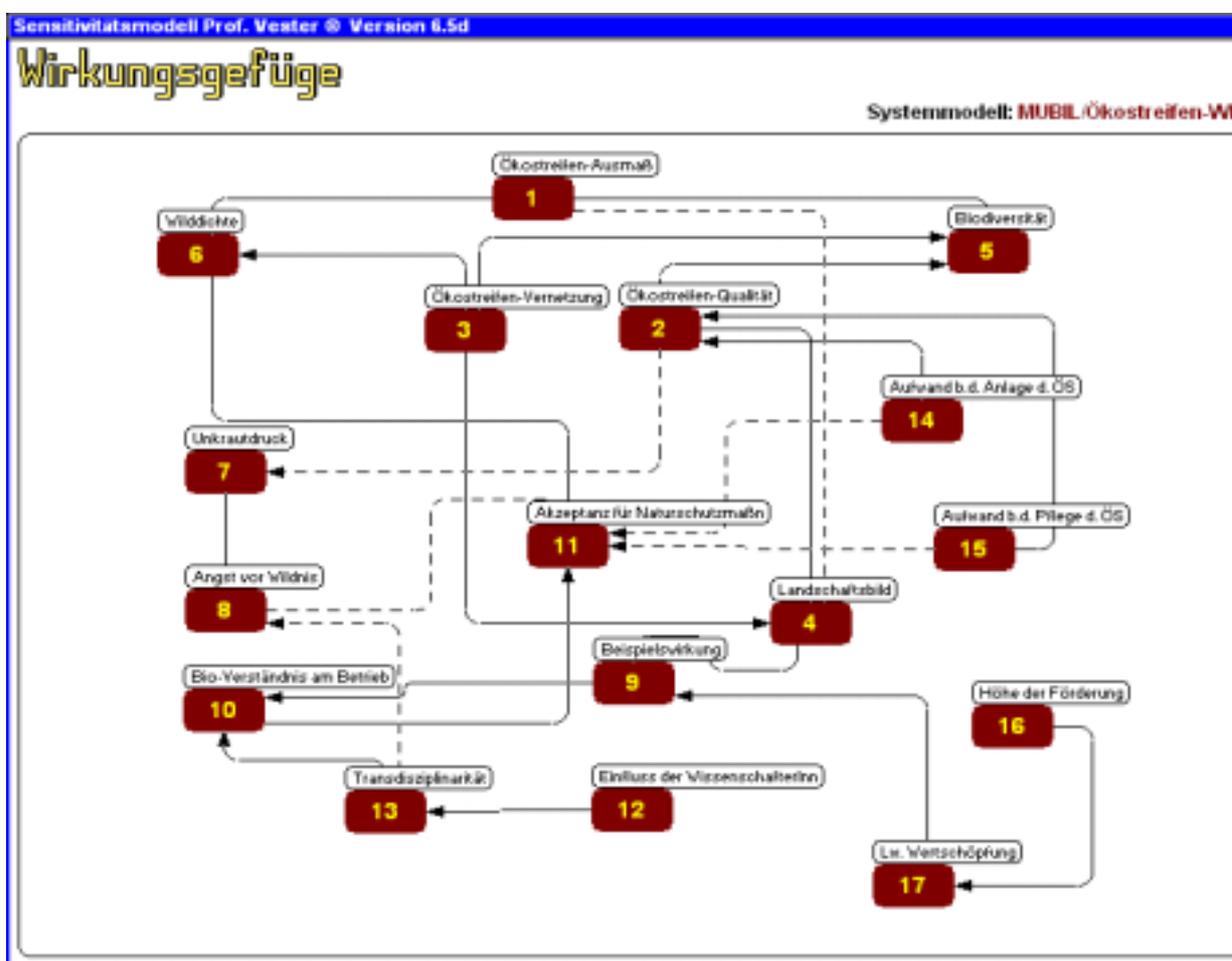


Abbildung 62: Wechselwirkungen zwischen den Variablen im Systemmodell "Ökostreifen Rutzendorf" – wegen der Übersichtlichkeit nur ein Teil der Wirkungen eingezeichnet.

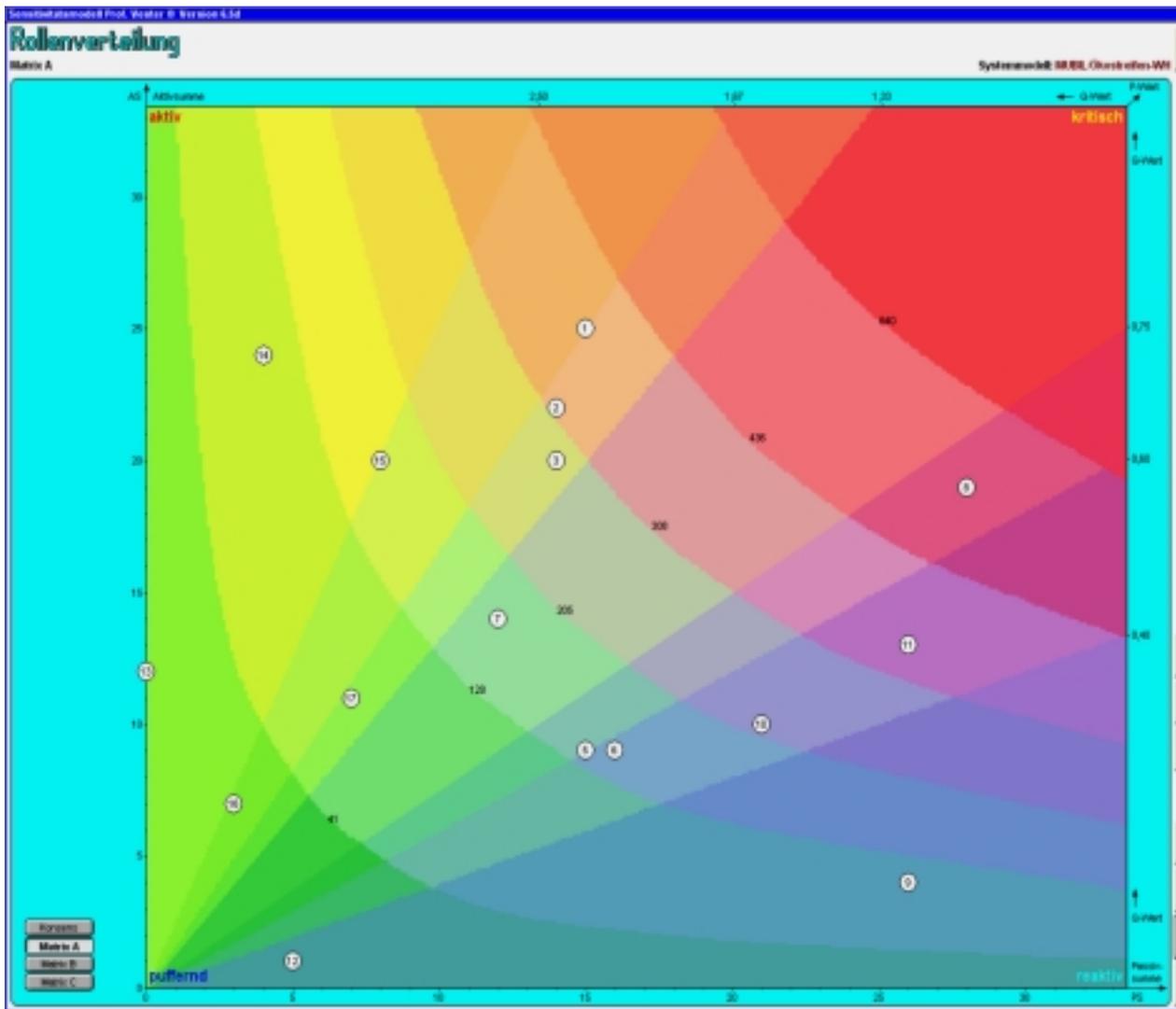


Abbildung 63: Rollenverteilung der Variablen im Systemmodells "Ökostreifen Rutzendorf"³

Überblick über die Verteilung der Rolle der Variablen im System zwischen den vier Schlüsselrollen (Aktiv, Reaktiv, Kritisch, Puffern)

Die Variable (8) "Angst vor Wildnis" liegt am weitesten im kritisch-reaktiven Bereich, d.h. da wo das System recht labil ist. Sie wäre als entscheidende (s. Wirkungsgefüge oben) und reaktionsfreudige Komponente ein verführerisches Ziel für Eingriffe in das System. Doch gibt es im aktiven Bereich nur wenig Hebel, die hier Möglichkeiten dazu bieten. Am ehesten dazu geeignet wäre (14) „Aufwand bei der Anlage der Ökostreifen“. Das bedeutet, bei der Anlage der Ökostreifen entsprechenden Aufwand zu betreiben, Einsatz von Kampf-mischungen, die bodenbürtige Unkräuter nicht aufkommen lassen, bzw. Bevorzugung von wiesenartiger Vegetation wie (Halb-)Trockenrasen) statt bloßer Wildkrautstreifen. Wie aus Gesprächen hervorging, wird "Wiese" viel eher akzeptiert, bzw. als "hübsche Natur" angesehen als "Wildnis". Ein recht aktiver Hebel wäre auch (15) „Pflegermaßnahmen“, wobei allein schon dadurch, dass Pflegemaßnahmen gesetzt werden, zur Beruhigung beigetragen wird. Bei zu häufigen, bzw. einschneidenden Pflegeeingriffen ist jedoch mit aus Naturschutzsicht

³ Die Rollenverteilung ist die graphische Darstellung der Berechnungen aus der Einflussmatrix. Diese kam wiederum dadurch zustande, dass der Einfluss jeder Variablen auf jede andere an hand einer vierstufigen Skala beurteilt wurde. Unterlagen dazu waren die oben erwähnten Vorarbeiten, sowie eigene Ergebnisse und Erfahrungen im Projektverlauf.

unerwünschten Nebenwirkungen zu rechnen. Daher müssen relativ aufwendige Pflegepläne erstellt und beachtet werden.

Das Flächenausmaß der Ökostreifen insgesamt (1) ist zwar ein echt aktiver jedoch bereits leicht kritischer Steuerungshebel, der von den Rückwirkungen seines eigenen Eingriffs nicht unberührt bleibt. Hier gibt es eine Obergrenze, über der nur mehr wenig zusätzlich positiver Einfluss auf Biodiversität und Nützlinge dafür aber ein negativer Einfluss auf das Landschaftsbild und andere Komponenten zu erwarten ist. (1) steht in engem Zusammenhang mit (3) „Ökostreifen-Vernetzung“. Die ist eine nur leicht aktive Komponente, die sich daher gut zur Verbesserung der Systemstabilität einsetzen lässt, ohne allzu große Rückwirkungen herauf zu beschwören. Hier könnte also etwas zur Verbesserung des Systemzustandes getan werden.

Der Einfluss des Wissenschaftlerteams (12) liegt enttäuschend weit unten. Variablen, die hier im stark puffernden Bereich liegen, sind von anderen Komponenten stark abhängig aber selbst fast ohne Wirkung. (12) hängt aber eng mit (13) „Transdisziplinarität“ zusammen (s. Wirkungsgefüge oben). Aus der aktiven Position von (13) ist ersichtlich, dass hier ein wichtiger Schalthebel wäre, der zur Verbesserung der Systemfunktionen eingesetzt werden könnte. Auf Grund seiner randlichen Lage wird aber deutlich, dass er sich jedoch vom eigenen System aus kaum bewegen lässt. Variablen, die hier liegen, können nur durch Eingriffe von außen verändert werden. Das heißt in dem Fall von der Projektleitung, bzw. vom Projektdesign her. Das gleiche gilt für „Förderungen für Ökostreifen“ (16). Diese beiden zu verändern kann Einiges bewirken, weil sie direkt auf die hochaktiven Variablen (14), (15) und auch auf (17) „Landwirtschaftliche Wertschöpfung“ wirken.

Die Variablen (4) „Landschaftsbild“, (6) „Wilddichte“ und vor allem (7) „Unkrautdruck“ liegen weitgehend in Neutralbereich. Mit Komponenten, die hier liegen, lässt sich das System nur schlecht beeinflussen.

Weit im reaktiven Bereich liegt „Beispielswirkung“ (9). Das bedeutet, dass damit ein geeigneter Indikator für die Lebensfähigkeit des Systems "Ökowertstreifen im Biobetrieb Rutzendorf", d.h. letztlich auch für den Erfolg des Projektes was diesen Teilaspekt betrifft, gegeben ist: Macht das Beispiel Biobetrieb Rutzendorf Schule, findet es Nachfolger oder nicht?

Zusammenfassend

Durch eine optimale Gestaltung bei der Anlage (Ansaat) und Pflege der Ökowertstreifen kann sowohl für Naturschutz, Biodiversität und Nützlingsförderung am meisten erreicht werden, als auch für die Akzeptanz der Naturschutzmaßnahmen und des Projektes durch Betriebsführer und Landwirte der Umgebung. Eine Vernetzung der Ökostreifen ist zielführender als eine bloße Vergrößerung ihrer Gesamtfläche.

Eine kompromisslos transdisziplinäre Vorgangsweise könnte die kritische Variable "Angst vor Wildnis", die zur Zeit das System sehr labil erscheinen lässt, entscheidend beeinflussen. Ein neues Forschungskonzept müsste Betriebsführer und Landwirte so weit einbinden, dass sie sogar die Fragestellungen und Versuchsanordnungen (mit)bestimmen und auch bei den Aufnahmen und Auswertungen mit dabei sind, wenn sie das möchten. Dies wäre vor allem im Bereich der Variablen "Unkrautdruck" ohne weiteres durchführbar.

12.6.3 Wildbienen

Artenvielfalt

Insgesamt wurden in den beiden Untersuchungsjahren 2003/2004 auf allen besammelten Flächen im Untersuchungsgebiet 107 Wildbienenarten nachgewiesen. Das entspricht rund 18 % der in Niederösterreich und Wien bekannten Arten (Schwarz et al. 2005).

Als die weitaus artenreichste Untersuchungsfläche zeigte sich die Referenzfläche im Randbereich der Schottergrube mit 67 Arten. Die meisten Arten am Gelände des Biobetriebes Rutzendorf fanden sich auf Untersuchungsfläche 6, einer Hecke mit angrenzendem Grasstreifen. Hier konnten 44 Wildbienenarten nachgewiesen werden. Mittlere Artenzahlen wurden entlang der 2003 angelegten Ökostreifen festgestellt (29 Arten auf Ökostreifen 4, 27 Arten auf Ökostreifen 10/11). Die Aufnahmetransekte der unterschiedlichen Ansaatvarianten „Nützlingsmischung“ und „Wildkrautmischung“ und die der spontanen Sukzession in den Ökostreifen ließen im ersten Jahr der Aussaat keine Präferenzen bei den Wildbienen erkennen. Die geringsten Wildbienenartenzahlen konnten auf den untersuchten Ackerflächen (9 Arten) und der Brache (7 Arten) beobachtet werden.

Dominante Arten, Pollenfutterpflanzen, Nistplatzansprüche

Die Flächen des Biobetriebs Rutzendorf wurden von anspruchslosen Arten dominiert, die auch als Zeiger für eine intensiv genutzte Agrarlandschaft genannt werden können. Ein Beispiel dafür ist die Sandbiene *Andrena flavipes*, die auf allen Untersuchungsflächen (ausgenommen Brache) in größeren Häufigkeiten angetroffen wurde. Sie ist ein Ubiquist, der verschiedenste Pollenquellen nutzen kann (polylektische Art) und keine besonderen Ansprüche an ihren Lebensraum stellt.

Die Weibchen einiger Wildbienenarten sammeln den für die Aufzucht der Brut benötigten Pollen ausschließlich von einer Pflanzenart bzw. nah verwandter Pollenpflanzen (mono- bzw. oligolektischen Wildbienenarten); andere Arten weisen hinsichtlich ihrer Pollenfutterpflanzen keine Spezialisierung auf (polylektische Arten). Ein hoher Anteil an mono- bzw. oligolektischen Wildbienenarten kann als Indikator für eine reiche Ausstattung des Lebensraumes gewertet werden.

Die meisten Spezialisten hinsichtlich ihrer Pollenfutterpflanzen konnten auf Untersuchungsfläche Hecke 6 beobachtet werden. Hier sind vor allem die dort blühenden *Asteraceae*, wie zum Beispiel der Löwenzahn (*Taraxacum officinale* agg.) für die Sandbiene *Andrena taraxaci* oder die Wegdistel (*Carduus acanthoides*) für *Heriades truncorum* von Bedeutung. Ebenso lockten die dort vorkommenden *Apiaceae* Spezialisten an.

Auf den untersuchten Ackerflächen 2/2 und 6/1 konnten im Untersuchungsjahr 2003 zahlreiche Individuen der Graubiene *Rhopitoides canus* und der Sägehornbiene *Melitta leporina* angetroffen werden. Diese beiden Arten sind auf *Fabaceae* spezialisiert und besammeln Luzerne, die auf den Feldern in den Untersuchungsjahren angebaut wurde, als bevorzugte Pollenfutterpflanze. Im Untersuchungsjahr 2004 konnte keine der beiden Arten mehr in den Luzernefeldern beobachtet werden, da durch das Mulchen der Luzerne kurz vor der Blüte den Bienen die Pollenfutterpflanze entzogen wurde; einzelne Individuen konnten auf Ökostreifen 4 – Spontane Sukzession und in die angrenzende Schottergrube ausweichen. Spezialisten auf Kulturpflanzen können wie im Untersuchungsjahr 2003 festgestellt, durch das reiche Angebot ihrer Pollenfutterpflanze vom biologischen Landbau profitiert; Bedingung dafür ist jedoch natürlich, dass die Pflanzen zum Blühen kommen.

Betrachtet man das Gesamtrepertoire an Wildbienenarten am Biobetrieb Rutzendorf in Hinblick auf ihre Nistweise, so fällt das Dominieren von im Boden nistenden (endogäisch) Arten auf. Das weitgehende Fehlen von oberirdisch nistenden Arten (hypergäisch) spricht für ein eingeschränktes Biotopspektrum und ist charakteristisch für intensiv geprägte Lebensräume (Agricola et al. 1996, Pachinger 2002). Spiegelt die Referenzfläche ungefähr die Verteilung der Nistplatzansprüche in einem natürlichen Habitat wieder, so ist aus den schwindenden Anteilen der hypergäischen Arten in den restlichen Untersuchungsflächen der

Mangel an nutzbaren Niststrukturen abzulesen. Die Ackerflächen, Ökostreifen 4 und die Brache konnten für keine einzige hypergäische Art einen geeigneten Lebensraum darstellen (Hummelarten wurden aus dieser Auswertung aufgrund ihrer Flugstärke und oft sehr variablen Nistplätze ausgenommen). Wie schon bei den Artenzahlen hebt sich Hecke 6 auch bei den Nistplatz-Artengruppen von den übrigen Flächen ab. Hier konnten insgesamt sieben hypergäische Arten nachgewiesen werden, die abgestorbene Pflanzenstängel und Totholz der angrenzenden Hecke als Nisthabitat nutzen.

12.7 Schlussfolgerungen

Die vorhandene und spontan aufkommende Flora der Ökowerststreifen ist artenarm. Eine Einwanderung von weiteren Pflanzenarten ist nur dort zu erwarten, wo artenreiche Vegetation unmittelbar angrenzt, was für einen Großteil der Streifen nicht zutrifft. In den vorhandenen Hecken und Baumreihen wachsen keine geeigneten Pflanzen.

Durch eine Einsaat von Wildpflanzen kann der ökologische und ästhetische Wert der Brachestreifen stark erhöht werden. Bewährt hat sich die Verwendung von verschiedenen Pflanzengruppen auf den unterschiedlichen Standorten innerhalb der Streifen, beispielsweise Saumpflanzen im Schutz der Hecken und einjährige Acker-Wildkräuter parallel zu den Ackerflächen. So konnten sich mehr als die Hälfte der ausgesäten Pflanzenarten erfolgreich etablieren. Eine Verunkrautung der Äcker von den Streifen her konnte nicht festgestellt werden.

Ein positiver Einfluss der biologischen Bewirtschaftungsweise macht sich für die Wildbienen durch ein zusätzliches Angebot an Pollenfutterpflanzen auf den Feldern, hier vor allem Luzerne, bemerkbar. Kommt sie zum Blühen, werden hier spezialisierte Arten angelockt; es ist jedoch darauf zu achten, dass die Luzerne bis zum Blühzeitpunkt auf der Fläche verbleibt.

Der größte Beitrag zur Diversität der Wildbienen wird jedoch von den Landschaftselementen geleistet. Auch kann ein höherer Anteil an stenöken, oberirdisch nistenden und seltenen Arten nachgewiesen werden. Flächen mit besserer Ausstattung an Pollenpflanzen und möglichen Nisthabitaten heben sich hierbei deutlich positiv ab. Bei der zukünftigen Pflege und eventuellen Neuanlage von Landschaftselementen muss vermehrt auf ein kontinuierliches Blütenangebot geachtet werden; Nisthabitate wie abgestorbenes Pflanzenmaterial, Totholz oder sonstige oberirdische Strukturen müssen auch über den Winter auf den Flächen verbleiben, da sonst der Entwicklungszyklus der Bienen durchbrochen wird.

12.8 Literaturverzeichnis

- Agricola, U., Scharrer, S. und Plachter, H. (1996): Veränderungen der Hautflüglerzönose (Hymenoptera Aculeata) einer süddeutschen Agrarlandschaft als Folge von Nutzungsumstellungen und Biotopneuschaffungen. *Verh GfÖ* 26, 701-709.
- Banaszak, J. (1992): Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agriculture* 40, 179-192.
- Corbet, S. (1994): Insects, plants and succession: advantages of long-term set-aside. *Agric Ecosyst Environ* 53, 201-217.
- Duelli, P. (1997): Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. *Agric Ecosyst Environ* 62, 81-91.
- Greiler, H. (1994): Insektengesellschaften auf selbstbegrüntem und eingesäten Ackerbrachen. *Agrarökologie* Bd.11. Haupt Verlag, Bern.
- Heß, D. (1990): Die Blüte. Stuttgart, Ulmer Verlag.
- Holzner W, Glauning J (2005): Ackerunkräuter. Stocker Verlag
- Marshall, E.J.P., West, T.M. and Kleijn (2005): Impacts of an agri-environment field margin prescription in the flora and fauna of arable farmland in different landscapes. *Agric Ecosyst Environ*. In press.
- Neilreich A (1859): Flora von Nieder-Österreich.
- Niklfeld H, et al (1999): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs.
- Pachinger, B. (2002): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Wildbienen (Apidae) und Wanzen (Heteroptera) als Beitrag zur Entwicklung von Managementanleitungen für die Anlage und Pflege von Ackerbrachen. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, 1-122.

- Plachter, H. (1989): Zur biologischen Schnellansprache und Bewertung von Gebieten. *Schr R Landschaftspfl Naturschutz* 29, 107-135.
- Schmid M (2004): Anlage und Entwicklung von Ökostreifen in Rutzendorf. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur.
- Schmid-Egger, C. (1997): Biotopbewertung mit Stechimmen (Wildbienen und Wespen). *Ber. ANL* 21, 89-97.
- Schwarz, M., Gusenleitner, F. und Kopf, T. (2005): Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs sowie Beschreibung einer neuen *Osmia*-Art– Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs VIII (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 26/8.117-164.
- Schwenninger, H.R. (1992): Methodisches Vorgehen bei Bestandserhebungen von Wildbienen im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchung. In: Trautner, J. (Hrsg.): *Methodische Standards zur Erfassung von Tiergruppen*. BVDL-Tagung Das Wurzach, 9.-10. November 1991. Margraf Verlag, Weikersheim, 195-202.
- Steffan-Dewenter, I. (1998): Wildbienen in der Agrarlandschaft: Habitatwahl, Sukzession, Bestäubungsleistung und Konkurrenz durch Honigbienen. *Agrarökologie Verlag* 27,1-134.
- Thies, C. and Tschardt T. (1999): Landscape structures and biological control in agroecosystems. *Science* 285, 893-895.

12.9 Anhang

Tabelle 25: Liste der aus den Ansaaten etablierten Pflanzenarten und ihrer Herkünfte

Nr	Pflanzenart	Herkunft	Verwendung	Rote Liste
1	<i>Alyssum alyssoides</i>	Sankt Pölten	A	
2	<i>Agrimonia eupatoria</i>	Südliches Waldviertel	S	
3	<i>Agrostemma githago</i>	Waldviertel	K	Vom Aussterben bedroht
4	<i>Anchusa officinalis</i>	Donauraum	B	
5	<i>Anthemis austriaca</i>	Sankt Pölten	B	
6	<i>Anthemis tinctoria</i>	Wachau	K	
7	<i>Anthriscus sylvestris</i>	Südliches Waldviertel	K	
8	<i>Artemisia absinthium</i>	Rutzendorf	S, T	
9	<i>Arctium minus</i>	Donauraum	K	
10	<i>Asparagus officinalis</i>	Lobau	T	
11	<i>Aster amellus</i>	Donauraum	T	
12	<i>Ballota nigra</i>	Südliches Waldviertel	B, auch spontan	
13	<i>Barbarea vulgaris</i>	Donauraum	K	
14	<i>Bifora radians</i>	Weinviertel	A	
15	<i>Bromus secalinus</i>	Waldviertel	K	Stark gefährdet
16	<i>Bupleurum rotundifolium</i>	Traiskirchen	A	Stark gefährdet
17	<i>Camelina microcarpa</i>	Sankt Pölten	B	
18	<i>Camelina sativa</i>	Aus dem Handel	B	
19	<i>Carduus nutans</i>	Tullnerfeld	K	
20	<i>Caucalis platycarpos</i>	Fischamend	A	Gefährdet
21	<i>Centaurea cyanus</i>	Südliches Waldviertel	B	Gefährdet
22	<i>Centaurea jacea</i>	Marchfeld	K	
23	<i>Centaurea scabiosa</i>	Südliches Waldviertel	B	
24	<i>Centaurea stoebe</i>	Südliches Waldviertel, Rutzendorf, Sankt Pölten	K,B	
25	<i>Chaerophyllum bulbosum</i>	Wien	S	
26	<i>Cichorium intybus</i>	Tullnerfeld	K	
27	<i>Crepis rhoeadifolia</i>	Sankt Pölten	B	
28	<i>Crepis setosa</i>	Lobau	B	Vom Aussterben bedroht
29	<i>Cynoglossum officinale</i>	Fischamend	K	
30	<i>Daucus carota</i>	Südl. Waldviertel, Rutzendorf	K,B,S	
31	<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Lobau	B	
32	<i>Dipsacus laciniatus</i>	Wien	K	Stark gefährdet
33	<i>Dipsacus sylvestris</i>	Wien,Rutzendorf	K,S	
34	<i>Echinops sphaerocephalus</i>	Weinviertel, Rutzendorf	K,S	
35	<i>Echium vulgare</i>	Donauraum, Rutzendorf	K,S	
36	<i>Eryngium campestre</i>	Rutzendorf	T	

37	<i>Erysimum diffusum</i>	Waldviertel	Extra, Feuchtstelle	Gefährdet
38	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	Waldviertel	B	
39	<i>Erysimum odoratum</i>	Donauraum	S	Gefährdet
40	<i>Euphorbia virgata</i>	Donauraum	S	
41	<i>Festuca ovina</i> agg.	Lobau	T	
42	<i>Festuca rubra</i>	Waldviertel	T	
43	<i>Galium verum</i>	Südliches Waldviertel	S	
44	<i>Hieracium umbellatum</i> cf	Donauraum	S	
45	<i>Hypericum perforatum</i>	Südliches Waldviertel	K	
46	<i>Isatis tinctoria</i>	Donauraum	K	
47	<i>Kickxia spuria</i>	Wien	A	Stark gefährdet
48	<i>Lappula squarrosa</i>	Fischamend	A	Gefährdet
49	<i>Lathyrus tuberosus</i>	Sankt Pölten	T	
50	<i>Lavathera thuringiaca</i>	Tullnerfeld	K	Gefährdet
51	<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	Waldviertel	T	
52	<i>Leonurus cardiaca</i>	Südliches Waldviertel	K,S	
53	<i>Linaria vulgaris</i>	Donauraum	B	
54	<i>Linum austriacum</i>	Fischamend	T	Gefährdet
55	<i>Linum flavum</i>	Wien	S	Gefährdet
56	<i>Linum hirsutum</i>	Weinviertel	S	Stark gefährdet
57	<i>Malva alcea</i>	Südliches Waldviertel	K	Gefährdet
58	<i>Malva sylvestris</i>	Melk	K	
59	<i>Marrubium peregrinum</i>	Burgenland	T	Stark gefährdet
60	<i>Melilotus officinalis</i>	Waldviertel	B	
61	<i>Nepeta cataria</i>	Lobau	S	Gefährdet
62	<i>Nigella arvensis</i>	Fischamend	A	Stark gefährdet
63	<i>Oenothera</i> spp.	Weinviertel	K	
64	<i>Onobrychis viciifolia</i>	Aus dem Handel	B	
65	<i>Onopordon acanthium</i>	Donauraum	K	
66	<i>Orlaya grandiflora</i>	Donauraum	A	Stark gefährdet
67	<i>Papaver rhoeas</i>	Weinviertel	B, auch spontan	
68	<i>Pastinaca sativa</i>	Donauraum	K	
69	<i>Picris hieracioides</i>	Wien	B	
70	<i>Pimpinella saxifraga</i>	Südliches Waldviertel	T	
71	<i>Potentilla recta</i>	Waldviertel	T	
72	<i>Reseda luteola</i>	Fischamend	K,B	
73	<i>Reseda lutea</i>	Rutzendorf	S	
74	<i>Salvia aethiopis</i>	Wien	T	Stark gefährdet
75	<i>Salvia nemorosa</i>	Donauraum, Rutzendorf	T,S	
76	<i>Salvia pratensis</i>	Waldviertel	T	
77	<i>Saponaria officinalis</i>	Donauraum	B	
78	<i>Scabiosa ochroleuca</i>	Lobau	T	
79	<i>Scabiosa triandra</i>	Südliches Waldviertel	T	Gefährdet
80	<i>Securigera varia</i>	Südliches Waldviertel, Rutzendorf	S	

81	<i>Senecio jacobaea</i>	Südliches Waldviertel	B	
82	<i>Senecio sarracenicus</i>	Donauraum	Extra, Feuchtstelle	Gefährdet
83	<i>Sisymbrium altissimum</i>	Südliches Waldviertel	B	
84	<i>Sisymbrium loisellii</i>	Wien	B	
85	<i>Sisymbrium orientale</i>	Südliches Waldviertel	B	
86	<i>Tanacetum vulgare</i>	Südliches Waldviertel	K	
87	<i>Torilis japonica</i>	Waldviertel	S	
88	<i>Tragopogon dubius</i>	Donauraum	T	
89	<i>Vaccaria pyramidata</i>	Spanien	A	Vom Aussterben bedroht
90	<i>Verbascum densiflorum</i>	Fischamend	K	
91	<i>Verbascum phlomoides</i>	Südliches Waldviertel, Rutzendorf	K	
92	<i>Verbascum speciosum</i>	Donauraum	K,B	Stark gefährdet
93	<i>Verbena officinalis</i>	Lobau	S	
94	<i>Veronica vindobonensis</i>	Südliches Waldviertel	T	

Tabelle 26: Ursprünglich vorhandene Pflanzenarten auf den Brachestreifen entlang der Hecke 4 und den Baumreihen 10 und 11

Nr.	Pflanzenart	Vorkommen in Aufnahme	Kategorie
1	<i>Acer negundo</i>	5a	Gehölz 1
2	<i>Acer platanoides</i>	1d	Gehölz 2
3	<i>Acer pseudo-platanus</i>	5a,1d	Gehölz 3
4	<i>Aethusa cynapium</i>	5a	
5	<i>Agropyron repens</i>	1a,2a,4a,1b,1c,2c	
6	<i>Ajuga chamaepitys</i>	1c dort auch angebaut	Rote Liste: Gefährdet
7	<i>Alopecurus myosuroides</i>	5a	
8	<i>Amaranthus albus</i>	1c	
9	<i>Amaranthus powellii</i>	1b,3b,1c	„Unkraut“ 1
10	<i>Amaranthus retroflexus</i>	3a,1b,3b,1c,2c	„Unkraut“ 2
11	<i>Anagallis arvensis</i>	1c,1d	
12	<i>Anthemis austriaca</i>	4a,2b,1c,2c,1d, teilweise aus Anbau	
13	<i>Anthemis cotula</i>	5a	
14	<i>Anthriscus caucalis</i>	2c	
15	<i>Arrhenatherum elatius</i>	2a,4a,1c,2c	Aus Kultur 1
16	<i>Artemisia vulgaris</i>	1b	
17	<i>Asperugo procumbens</i>	5a,1b,1c,2c	
18	<i>Atriplex nitens</i>	1a,1c	
19	<i>Atriplex oblongifolia</i>	2,3a,4a,5a,1b, 2b,3b,1c,2c	
20	<i>Avena fatua</i>	3a,5a,1b,2b,1d	„Unkraut“ 3
21	<i>Ballota nigra</i>	1a,2a,1b,2c,1d, teilweise aus Anbau	
22	<i>Bromus cf japonicus</i>	1c,1d	
23	<i>Bromus sterilis</i>	1b,1c,2c,1d	
24	<i>Bromus tectorum</i>	3a,4a,1b,2c	
25	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	5a,1b,1d	
26	<i>Cardaria draba</i>	1b	
27	<i>Carduus acanthoides</i>	1,2,3a,4a,5a,1b,2b,3b,1c,2c,1d	
28	<i>Chenopodium album</i>	1,2,3a,4a,5a,1b,1c,2c	„Unkraut“ 4

29	<i>Chenopodium ficifolium</i>	2c	„Unkraut“ 5
30	<i>Cirsium arvense</i>	1a,4a,5a,1b,1d	„Unkraut“ 6
31	<i>Consolida regalis</i>	1b,2c, teilweise aus Anbau	
32	<i>Convolvulus arvensis</i>	1a,2c	„Unkraut“ 7
33	<i>Conyza canadensis</i>	1a,5a,1c,2c,1d	
34	<i>Datura stramonium</i>	1d	
35	<i>Descurainia sophia</i>	1,2,3a,4a,5a,1b,2b,1c	„Unkraut“ 8
36	<i>Echinochloa crus-galli</i>	5a,1c	
37	<i>Euphorbia falcata</i>	1c	
38	<i>Euphorbia platyphyllos</i>	3b,2c	
39	<i>Fallopia convolvulus</i>	3a,5a,1b,3b,1c,2c,1d	„Unkraut“ 9
40	<i>Galium spurium</i>	4a,5a,1b,1c,1d	„Unkraut“ 10
41	<i>Helianthus annuus</i>	2a,3a	Aus Kultur 2
42	<i>Hyoscyamus niger</i>	1b,3b,1c	
43	<i>Lactuca serriola</i>	2a,3a,5a,1b,2b,3b,1c,1d	
44	<i>Lolium multiflorum</i>	5a	Aus Kultur 3
45	<i>Medicago varia</i>	1,2,3a,4a,5a,1b,3b,1c,2c,1d	Aus Kultur 4
46	<i>Mercurialis annua</i>	5a,1c,2c,1d	
47	<i>Papaver rhoeas</i>	1,2a,4a,1b,2b,1c,2c,1d, teilweise aus Anbau	
48	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	1,2,3a,4a	Aus Kultur 5
49	<i>Plantago lanceolata</i>	1c,2c	
50	<i>Plantago major</i>	5a	
51	<i>Polygonum aviculare</i>	2a,3a,5a,1b,2b,1c,2c,1d	
52	<i>Prunus mahaleb</i>	2c	Gehölz 4
53	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1c	Gehölz 5
54	<i>Rumex crispus</i>	1a	
55	<i>Rumex obtusifolius</i>	1,3a,5a,1b	
56	<i>Rumex patientia</i>	5a	
57	<i>Silene alba</i>	2a,3a,4a,5a,2b,1c	
58	<i>Solanum nigrum</i>	1c	
59	<i>Sonchus asper</i>	5a,2b	
60	<i>Sonchus oleraceus</i>	5a,1c	
61	<i>Stachys annua</i>	1,3a,5a,1b,2b,3b,1c,2c,1d	
62	<i>Stellaria media</i>	5a	
63	<i>Taraxacum officinale</i>	1d	
64	<i>Thlaspi arvense</i>	1b	
65	<i>Trifolium hybridum</i>	5a	Aus Kultur 6
66	<i>Trifolium pratense</i>	1a,5a	Aus Kultur 7
67	<i>Tripleurospermum maritimum</i>	1,3a,4a,5a,1b,2b,3b,1c,2c,1d	„Unkraut“ 11
68	<i>Trisetum flavescens</i>	2c	Aus Kultur 8
69	<i>Triticum aestivum</i>	5a	Aus Kultur 9
70	<i>Veronica polita</i>	3a,1c	
71	<i>Viola arvensis</i>	3a,1c	

13 TEILPROJEKT 12: FUTTERMITTEL

Titel: Titel: Untersuchungen zum Futterwert von Getreide aus Biologischer Landwirtschaft

BearbeiterInnen: W. Zollitsch, M. Velik, W. Knaus

Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien.

13.1 Zusammenfassung / Summary

Von der Ernte 2004 wurden je 4 repräsentative Proben von Winterweizen und Wintergerste aus den Düngungsvarianten Gründüngung, Kompost und Stallmist gezogen und auf den Gehalt an Rohnährstoffen, Stärke, Zucker, Aminosäuren und Mengenelemente untersucht. Von Weizen standen drei, von Gerste nur eine Vergleichsprobe der selben Sorte aus konventionellem Anbau an vergleichbaren Standorten zur Verfügung.

Im Gehalt an Rohfett, Kohlenhydraten und Umsetzbarer Energie bestanden zwischen den untersuchten Varianten keine relevanten Differenzen. Der Proteingehalt variierte für die verschiedenen Düngungsvarianten bei Weizen deutlich stärker als bei Gerste, die konventionellen Vergleichsproben wiesen für beide Getreidearten höhere Proteingehalte, aber niedrigere Gehalte an Methionin und Cystein im Protein auf. Gerste der Variante Gründüngung enthielt mehr Lysin als mit Stallmist gedüngte Gerste. Unabhängig von der Düngungsvariante enthielt biologisch erzeugter Weizen weniger Phosphor als konventioneller.

Bei Verfütterung hofeigenen Getreides sind somit regelmäßige Analysen zumindest des Rohproteingehaltes zu empfehlen.

Four representative samples were taken from each of the fertilization treatments (green manuring, compost and manure) for winter wheat and winter barley of the 2004 harvest. Samples were analysed for proximate composition, starch, sugar, amino acids and minerals. Additionally, three samples were analysed of conventional wheat and one sample of conventional barley of the same variety grown on similar sites.

No relevant differences were found between treatments for the content of ether extracts, carbohydrates and metabolizable energy. Protein content showed a clearly greater variability between differently fertilized crops for wheat than barley. However, for both grains, conventional samples contained more protein but less methionine plus cysteine in the protein. Barley contained more lysine if subjected to green manuring as compared to fertilization with manure. Organic wheat contained less phosphorus as compared to conventional wheat.

It is recommended to conduct regular feed analysis, implying crude protein analysis at least, if homegrown grains are fed to livestock on organic farms.

13.2 Einleitung

Der Nährstoffgehalt von Futtermitteln aus Biologischer Landwirtschaft kann aufgrund von Effekten der Sorte und Nährstoff-Versorgung der Pflanzen variieren: In eigenen Arbeiten wurden signifikante Abweichungen im Rohnährstoff- und Aminosäuren-Gehalt verschiedener Getreide aus biologischer Erzeugung zumindest gegenüber Tabellenwerten, die für die Fütterungspraxis relevant sind, nachgewiesen (Wlcek u. Zollitsch 2001, 2003). Es konnten signifikante Interaktionen zwischen Sorten- und Düngungseffekt nachgewiesen werden, die für die Praxis von erheblicher Bedeutung sind; aufgrund der methodischen Vorgangsweise sind diese Ergebnisse allerdings mit einer gewissen Unsicherheit belastet und ermöglichen vor allem keine allgemeine Aussage über allfällige systembedingte Unterschiede (biologisch versus konventionell) im Nährstoffgehalt von Getreide. Weiters bestand eine positive Vorfrucht-Wirkung von Leguminosen auf den Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren im Getreide.

13.3 Thema und Ziele der Arbeit

Da systematisch durchgeführte Untersuchungen dazu derzeit nicht publiziert sind, ist das wichtigste Ziel des vorliegenden Projekts die Untersuchung des Futterwerts (Gehalte an Rohnährstoffen, Energie, Mengenelementen, Aminosäuren) von Getreide (Weizen und Gerste) nach erfolgter Umstellung auf Biologischen Landbau. Durch dieses Teilprojekt können einerseits die Ergebnisse der oben angeführten Untersuchungen überprüft werden, andererseits liegen damit erstmalig Resultate für den Futterwert von Getreide aus dem ostösterreichischen Anbaugebiet (das aufgrund der Umstellung einer erheblichen Zahl von viehlos wirtschaftenden Betrieben auf Biologische Wirtschaftsweise als Futtermittel-Produktionsgebiet zunehmende Bedeutung erlangt) vor.

13.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Aufgrund der unterschiedlichen Düngung ist im Verlauf der Vegetationsperiode eine variierende Nährstoffversorgung der Pflanzen zu erwarten. Diese kann den Gehalt an wichtigen Inhaltsstoffen, insbesondere Rohprotein und Aminosäuren im Getreide beeinflussen. Gegenüber konventionell erzeugtem Getreide ist aufgrund früherer Untersuchungen ein verminderter Rohproteingehalt, aber ein höherer Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren im Getreideprotein zu erwarten.

13.5 Material und Methoden

Es wurden repräsentative Proben von Wintergerste (Schlag S1M, Parzelle 1 bis 12, Vorfrucht: Sommergerste) und Winterweizen (Schlag S4M, Parzelle 1 bis 12, Vorfrucht: Futtererbsen) der Ernte 2004 gezogen. Für jede Getreideart konnten Proben aus den 3 Düngungsvarianten (Gründüngung, Kompost, Stallmist) gezogen werden; jede Düngungsvariante wurde in 4 Wiederholungen beprobt, sodass insgesamt 24 Proben zur Verfügung standen (2 Getreidearten x 3 Düngungsvarianten x 4 Wiederholungen). Um zumindest Orientierungswerte für einen Vergleich mit konventionellem Futtergetreide zu erhalten, wurden 3 Proben von konventionellem Winterweizen der gleichen Sorte wie im Versuch (Capo), sowie eine Probe von konventioneller Wintergerste (Sorte Virgo) von vergleichbaren Standorten des Marchfelds gezogen. Somit ist für Weizen ein varianzanalytischer Vergleich der Inhaltsstoffe der drei biologisch erzeugten Varianten mit konventionellen Proben möglich; für Gerste können die Inhaltsstoffe der konventionellen Probe nur als Orientierungswert angesehen, aufgrund fehlender Wiederholungen aber nicht in die statistische Auswertung einbezogen werden.

Diese insgesamt 28 Proben wurden auf folgende Merkmale untersucht: Nährstoffe der Weender Analyse (Trockenmasse, Rohasche, Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, N-freie Extraktstoffe), Stärke, Zucker, Mengenelemente (Ca, P, K, Mg, Na) und Aminosäuren (ALVA, 1983; Degussa 1986; Kommission der Europäischen Union 1998). Aus diesen Daten wurde mit Hilfe geeigneter Schätzgleichungen (Jeroch et al., 1999, S. 159, 160) der Gehalt an Umsetzbarer Energie (ME) für Rind und Geflügel geschätzt.

Die Analysen-Ergebnisse wurden mittels einfacher Varianzanalyse ausgewertet. Paarweise Gruppenvergleiche zwischen den einzelnen Düngungsstufen (bzw. bei Weizen auch zu der konventionellen Variante) erfolgten mittels Bonferroni-Holm-Test (Eßl, 1987).

13.6 Ergebnisse und Diskussion

Im folgenden werden die Ergebnisse der Analysen der Rohnährstoffe (einschließlich Stärke und Zucker), der darauf aufbauenden Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie, der Aminosäuren- und Mineralstoffanalysen für Weizen und Gerste dargestellt. In den Tabellen werden die LS-Mittelwerte für die Behandlungen, die Residualstandardabweichung s_e sowie die Irrtumswahrscheinlichkeit aus der Varianzanalyse P angegeben. Bei P -Werten von unter

0,05 werden die Differenzen zwischen den Behandlungen als signifikant interpretiert.

13.6.1 Futterwert von Weizen

In Tabelle 27 sind die Gehalte an Rohnährstoffen und Umsetzbarer Energie für Weizen der unterschiedlichen Düngungsvarianten dargestellt.

Tabelle 27: Futterwert (Rohnährstoff- und Energiegehalt) unterschiedlich gedüngter Weizenproben im Vergleich zu konventionellem Weizen

Inhaltsstoff	Gründüngung	Kompost	Stallmist	konventionell	s _e	P
Rohprotein, g/kg T	137	143	145	153	7,0	0,069
Rohfett, g/kg T	17	17	17	17	0,7	0,884
Rohfaser, g/kg T	23	24	24	23	1,3	0,851
Rohasche, g/kg T	19	19	18	18	1,1	0,579
Stärke, g/kg T	687	674	668	661	12,2	0,076
Zucker, g/kg T	25	24	27	21	6,2	0,730
ME _{Rind} , MJ/kg	13,20	13,20	13,23	13,23	0,033	0,352
ME _{Geflügel} , MJ/kg T	14,49	14,35	14,31	14,28	0,210	0,581

se ...Residualstandardabweichung; P...Irrtumswahrscheinlichkeit

Hinsichtlich der in Tabelle 27 dargestellten, für den Futterwert relevanten Merkmale bestehen zwischen den verschiedenen Varianten nur für den Gehalt an Rohprotein und Stärke tendenzielle Unterschiede. Im paarweisen Gruppenvergleich weist Weizen nach Gründüngung im Vergleich zu konventionell erzeugtem Weizen einen um 16 g/kg T niedrigeren (P=0,067) Gehalt an Rohprotein bzw. einen um 26 g/kg T höheren (P=0,102) Gehalt an Stärke auf. Der Rohproteingehalt ist in allen Bio-Varianten höher als von Wlcek und Zollitsch (2001) für die gleiche Sorte angegeben. Der Stärkegehalt im konventionellen Weizen ist fast identisch mit dem von Jeroch et al. (1999) angegebenen Wert.

In Tabelle 28 ist der Aminosäuregehalt der untersuchten Weizenproben angegeben.

Tabelle 28: Gehalt an Aminosäuren von unterschiedlich gedüngten Weizenproben im Vergleich zu konventionellem Weizen

Inhaltsstoff	Gründüngung	Kompost	Stallmist	konventionell	s _e	P
Ala, g/kg T	4,4	4,3	4,6	4,5	0,24	0,364
Arg, g/kg T	5,8	5,8	6,2	6,1	0,33	0,282
Asp, g/kg T	6,0	6,0	6,3	6,1	0,33	0,366
Cys, g/kg T	3,2	3,1	3,2	2,7	0,31	0,153
His, g/kg T	3,3	3,3	3,5	3,5	0,23	0,370
Glu, g/kg T	36,5	38,0	38,4	41,9	2,33	0,064
Gly, g/kg T	4,9	4,9	5,2	5,2	0,31	0,376
Ile, g/kg T	4,2	4,3	4,5	4,7	0,20	0,092
Leu, g/kg T	8,6	8,9	9,0	9,2	0,47	0,416
Lys, g/kg T	3,3	3,2	3,5	3,2	0,26	0,467
Met, g/kg T	2,1	2,2	2,2	2,0	0,12	0,107
Phe, g/kg T	5,8	5,9	6,1	6,4	0,35	0,184
Ser, g/kg T	5,1	5,2	5,3	5,6	0,29	0,230
Thr, g/kg T	3,7	3,7	3,8	3,9	0,20	0,418
Trp, g/kg T	1,6	1,5	1,6	1,6	0,04	0,362
Tyr, g/kg T	3,3	3,4	3,5	3,6	0,18	0,131
Val, g/kg T	5,5	5,5	5,7	5,9	0,24	0,143

se ...Residualstandardabweichung; P...Irrtumswahrscheinlichkeit

Der tendenziell höhere Proteingehalt des konventionellen Weizens (siehe Tabelle 27) findet im Gehalt an ernährungsphysiologisch wichtigen Aminosäuren keine Entsprechung: Die Gehalte an Lysin, Methionin, Cystein und Tryptophan sind gleich wie oder numerisch sogar

niedriger als in den biologisch erzeugten Weizenproben. In Übereinstimmung mit Wlcek und Zollitsch (2001) liegt der Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (Met + Cys) im Protein beim Bio-Weizen (3,71 – 3,87 %) höher als in konventionellem Weizen (3,07 %). In den paarweisen Gruppenvergleichen wurden keinerlei signifikante Differenzen im Aminosäuregehalt gefunden. Der Gehalt an nicht essentieller Glutaminsäure war im konventionellen Weizen um 5,4 g/kg T tendenziell höher (P=0,065) als im Weizen nach Gründüngung. Die Werte liegen für alle Varianten im Bereich der Angaben von Degussa (2001) für österreichischen Weizen.

Tabelle 29: Gehalt an Mengenelementen von unterschiedlich gedüngten Weizenproben im Vergleich zu konventionellem Weizen

Inhaltsstoff	Gründüngung	Kompost	Stallmist	konventionell	s _e	P
Ca, g/kg T	0,6	0,7	0,7	0,6	0,08	0,434
P, g/kg T	3,5	3,5	3,5	4,0	0,22	0,038
Mg, g/kg T	1,4	1,4	1,4	1,6	0,11	0,087
K, g/kg T	3,9	4,5	3,9	4,8	0,74	0,293
Na, g/kg T	0,1	0,1	0,2	0,2	0,04	0,090

se ...Residualstandardabweichung; P...Irrtumswahrscheinlichkeit

Unabhängig von der Düngungsart weisen die ökologisch erzeugten Weizenproben praktisch gleiche Gehalte an Ca, P und Mg auf. Der P-Gehalt von konventionellem Weizen liegt tendenziell über dem der übrigen Behandlungen (P-Werte aus den paarweisen Gruppenvergleichen zwischen 0,060 und 0,076). Der numerisch höhere Mg-Gehalt des konventionellen Weizens ist statistisch nicht gesichert.

13.6.2 Futterwert von Gerste

In Tabelle 30 sind die Gehalte an Rohnährstoffen und Energie für die Gerstenproben aus den unterschiedlichen Düngungsregimen dargestellt. Die Angaben für konventionelle Gerste sind kursiv gehalten, da diese nur von einer untersuchten Probe stammen und somit keinen statistischen Vergleich zulassen, sondern nur als Orientierungswert anzusehen sind.

Tabelle 30: Futterwert (Rohnährstoff- und Energiegehalt) unterschiedlich gedüngter Gerstenproben

Inhaltsstoff	Gründüngung	Kompost	Stallmist	s _e	P	<i>konventionell</i>
Rohprotein, g/kg T	114	112	114	4,2	0,847	<i>131</i>
Rohfett, g/kg T	19	20	20	0,7	0,622	<i>19</i>
Rohfaser, g/kg T	45	45	44	2,2	0,604	<i>46</i>
Rohasche, g/kg T	27	27	26	1,6	0,913	<i>25</i>
Stärke, g/kg T	586	592	581	13,5	0,538	<i>586</i>
Zucker, g/kg T	47	46	37	15,0	0,594	<i>15</i>
ME _{Rind} , MJ/kg T	13,29	13,30	13,29	0,015	0,640	<i>13,35</i>
ME _{Geflügel} , MJ/kg T	12,81	12,89	12,60	0,305	0,414	<i>12,66</i>

se ...Residualstandardabweichung; P...Irrtumswahrscheinlichkeit

In den in Tabelle 30 angegebenen Merkmalen des Futterwertes traten keine Differenzen zwischen den Düngungsvarianten auf. Die untersuchte Probe von konventioneller Gerste der gleichen Sorte wies einen höheren Gehalt an Rohprotein auf. Wlcek und Zollitsch (2003) geben für biologisch erzeugte Gerste der gleichen Sorte einen Rohproteingehalt von 125 g/kg T an. In Tabelle 31 sind die Gehalte an Aminosäuren dargestellt.

Tabelle 31: Gehalt an Aminosäuren in unterschiedlich gedüngten Gerstenproben

Inhaltsstoff	Gründüngung	Kompost	Stallmist	s _e	P	<i>konventionell</i>
Ala, g/kg T	5,2	4,6	4,4	0,43	0,060	4,7
Arg, g/kg T	5,8	5,3	5,1	0,46	0,117	5,7
Asp, g/kg T	7,2	6,4	6,2	0,58	0,072	6,6
Cys, g/kg T	2,4	2,4	2,4	0,10	0,951	2,2
Glu, g/kg T	22,1	22,3	23,0	1,29	0,638	28,0
Gly, g/kg T	4,8	4,3	4,2	0,37	0,102	4,7
His, g/kg T	3,0	2,1	2,7	0,85	0,311	3,2
Ile, g/kg T	3,6	3,5	3,4	0,24	0,398	4,1
Leu, g/kg T	7,4	7,0	7,0	0,37	0,308	8,0
Lys, g/kg T	4,4	3,9	3,8	0,37	0,074	3,9
Met, g/kg T	2,0	1,9	1,8	0,14	0,242	1,8
Phe, g/kg T	5,1	4,9	5,0	0,29	0,797	5,9
Ser, g/kg T	4,1	3,8	3,8	0,20	0,118	4,3
Thr, g/kg T	3,9	3,5	3,5	0,21	0,088	4,0
Trp, g/kg T	1,3	1,2	1,2	0,05	0,388	1,4
Tyr, g/kg T	2,9	2,8	2,8	0,17	0,796	3,3
Val, g/kg T	5,3	5,0	4,9	0,36	0,319	5,8

se ...Residualstandardabweichung; P...Irrtumswahrscheinlichkeit

Die Ergebnisse der Varianzanalyse deuten auf zumindest tendenzielle Differenzen zwischen den Düngungsvarianten im Gehalt an den nicht essentiellen Ala und Asp bzw. den essentiellen Lys und Thr hin, die jeweils in der Gründüngungsvariante die höchsten und in der Stallmistvariante die niedrigsten Werte aufweisen. Die P-Werte aus dem entsprechenden paarweisen Gruppenvergleich bestätigen dies für Ala, Asp bzw. Lys (0,077, 0,097 bzw. 0,108) während die Differenzen für Thr (P=0,166) jedenfalls als zufällig bedingt zu interpretieren sind. Die von Degussa (2001) angegebenen Werte für österreichische Gerste mit 14 % Rohprotein entsprechen weitestgehend den Gehalten der hier untersuchten konventionellen Probe, während die von Wlcek und Zollitsch (2003) angegebenen Werte bei Berücksichtigung der Differenzen im Proteingehalt mit den Anteilen in Tabelle 31 relativ gut übereinstimmen. In Übereinstimmung mit den Schlussfolgerungen der genannten Autoren weisen auch die hier untersuchten Proben von Bio-Gerste einen höheren Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren im Protein (Met + Cys; 3,68 – 3,86 %) auf als die konventionelle Gerstenprobe (3,05 %; Degussa (2001) gibt für österreichische Gerste 3,29 % an). Keinerlei relevante Differenzen zwischen den Düngungsvarianten ließen sich für die Gehalte an Mengenelementen feststellen (Tabelle 32)

Tabelle 32: Gehalt an Mengenelementen von unterschiedlich gedüngten Gerstenproben

Inhaltsstoff	Gründüngung	Kompost	Stallmist	s _e	P	<i>konventionell</i>
Ca, g/kg T	0,7	0,7	0,7	0,06	0,767	0,6
P, g/kg T	4,0	4,1	4,2	0,11	0,305	4,0
Mg, g/kg T	1,3	1,3	1,3	0,03	0,405	1,3
K, g/kg T	5,5	5,8	5,5	0,31	0,359	5,5
Na, g/kg T	0,3	0,3	0,3	0,02	0,693	0,2

se ...Residualstandardabweichung; P...Irrtumswahrscheinlichkeit

13.7 Schlussfolgerungen

Im Gehalt an Rohnährstoffen und Umsetzbarer Energie bestehen zwischen biologisch und konventionell erzeugtem Getreide nur für Rohprotein Unterschiede, die für den Futterwert relevant sind.

Hinsichtlich des Proteingehaltes variieren die unterschiedlichen Behandlungen bei Winterweizen deutlich stärker als bei Wintergerste; gegenüber konventionellem Weizen weist der Wei-

zen nach Gründung einen tendenziell niedrigeren Proteingehalt auf. Bei Gerste lassen sich für Lys, Ala und Asp tendenziell höhere Werte in der Variante Gründung gegenüber Stallmist feststellen. Weizen und Gerste aus biologischem Anbau weisen höhere Gehalte an schwefelhaltigen Aminosäuren im Protein im Vergleich zu konventionellen Proben auf. Hinsichtlich des Gehalts an Mengenelementen sind nur für den P-Gehalt von Weizen Unterschiede festzustellen: Konventioneller Winterweizen weist einen um rund 14 % höheren P-Gehalt als die untersuchten Bio-Weizenproben auf. Bei Verfütterung hofeigenen Getreides sind somit regelmäßige Analysen zumindest des Rohproteingehaltes anzuraten, aus denen mit Hilfe von Schätzgleichungen Anhaltspunkte für den Gehalt an den wichtigsten Aminosäuren abgeleitet werden können.

13.8 Literaturverzeichnis

- ALVA (1983), Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher Versuchsanstalten in Österreich: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Wien : Eigenverlag
- Degussa (1986): Analytik/Analysis (01/86). A 4, 1-2
- Degussa (2001): AminoDat™ 2.0, Degussa AG, Hanau.
- Eßl A. (1987): Statistische Methoden in der Tierproduktion. Wien : Österreichischer Agrarverlag
- Jeroch, H., Drochner, W. und Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Kommission der Europäischen Union (1998): Richtlinie 98/64/EG der Kommission vom 3.9.1998 zur Festlegung gemeinschaftlicher Analysemethoden für die Bestimmung von Aminosäuren, Rohfetten und Olaquinox in Futtermitteln und zur Änderung der Richtlinie 71/39/EWG. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Teil A, L257/16-23
- Wlcek, S. und Zollitsch, W. (2001): Rohprotein- und Aminosäuregehalte von Winterweizen und Triticale aus Biologischem Anbau. In: Die systemkompatible Ernährung von Schweinen im Biologischen Landbau – Untersuchungen zum Aufkommen und Futterwert von Nebenprodukten aus der Verarbeitung biologisch erzeugter Lebensmittel. Endbericht zum Projekt Nr. 1113, BMLFUW, Wien.
- Wlcek, S. und Zollitsch, W. (2003): Untersuchungen zum Rohprotein- und Aminosäuregehalt als wichtige Kriterien des Futterwerts biologisch erzeugter Gerste. Endbericht zum Projekt Nr. 1294, BMLFUW, Wien.

14 TEILPROJEKT 13: ÖKONOMIE

Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf die Wirtschaftlichkeit

BearbeiterInnen: M. Eder, B. Stürmer

Institut für Agrar- und Forstökonomik, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, BOKU Wien.

14.1 Zusammenfassung / Summary

Auf Grundlage von Versuchsergebnisse wurden für drei Düngungsvarianten für die Jahre 2003 bis 2005 Gesamtdeckungsbeiträge (ohne Direktzahlungen) errechnet. Die Düngungsvarianten simulieren unterschiedliche betriebliche Vorraussetzungen der Nährstoffbereitstellung (viehlose Bewirtschaftung, Zufuhr organischen Düngers durch Kompostzukauf, Stallmist von Rinderbetrieb mit 0,5 GVE je ha Ackerfläche) in der Fruchtfolge. Für die Jahre 2006 bis 2011 erfolgte die Kalkulation der Deckungsbeiträge auf Basis einer Zielfruchtfolge und angenommener Ertragsdaten. In der Umstellungsphase bewegte sich der erzielte Gesamtdeckungsbeitrag im negativen Bereich, erst im Jahr 2005 konnte ein Fruchtfolgedeckungsbeitrag (ohne Direktzahlungen) von rund 270 € je ha erzielt werden. Dieser Wert erhöht sich in der Zielfruchtfolge durch die Aufnahme zusätzlicher Kulturen. Ein Vergleich der Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten zeigt keine gravierenden Unterschiede. Für gesicherte Ergebnisse bedarf es hier längerfristiger Untersuchungen.

Based on the results of the experiment, the whole farm gross margin (excluding direct payments) was calculated for each of the three fertiliser treatments. The three treatments simulate different possibilities regarding the nutrient supply on a farm (no animal husbandry, supply of organic fertiliser through purchase of compost, cattle manure at a rate of 0.5 animal units per hectare cropland). For the years 2006 till 2011 the calculation of the gross margin is based on a specified crop rotation and assumed yields. During the conversion period, the farm gross margin was negative. In the year 2005 a gross margin for cropping (excluding direct payment) of approx. 270 € per ha could be achieved. In the later years, this value increases as the specified crop rotation includes additional crop types. The comparison of the gross margin across fertiliser treatments does not show significant differences. A long term study would be needed to confirm these results.

14.2 Einleitung

Bei der Umstellung auf den biologischen Landbau sind im Bereich des Ackerbaus weit reichende Änderungen bei der Fruchtfolge, der Nährstoffbereitstellung und -mobilisierung erforderlich. Neben der optimalen Planung in pflanzenbaulicher Hinsicht ist für die Umsetzung in der Praxis auch eine Optimierung hinsichtlich ökonomischer Kriterien von großer Bedeutung. Mit den vorliegenden Untersuchungen soll die Auswirkung von drei Düngungsvarianten, die unterschiedliche betriebliche Vorraussetzungen der Nährstoffbereitstellung (viehlose Bewirtschaftung, Zufuhr organischen Düngers durch Kompostzukauf, Stallmist von Rinderbetrieb mit 0,5 GVE je ha Ackerfläche) simulieren, nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten analysiert werden.

14.3 Thema und Ziele der Arbeit

Thema der Arbeit ist ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Düngungsvarianten unter den Standortbedingungen des pannonischen Klimas. Ziel ist es, für die unterschiedlichen betrieblichen Voraussetzungen (DV1 = nur Gründüngung/viehlose Bewirtschaftung, DV2 = Biotonnekompost/Zufuhr organischen Düngers, DV 3 = Stallmist/Rinder haltender Betrieb) Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge auf Basis der

drei Untersuchungsjahre 2003 bis 2005 zu kalkulieren und diese miteinander zu vergleichen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen soll dies auch für eine formulierte Zielfruchtfolge für die Jahre 2006 bis 2011 erfolgen.

14.4 Material und Methoden

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit erfolgte anhand eines Vergleiches der Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge der drei Düngungsvarianten. In der Periode 2003 bis 2005 wurden die Kalkulationen auf Grundlage der tatsächlich angebauten Kulturen bzw. Zwischenfrüchte und der ermittelten Versuchsergebnisse durchgeführt. In die Kalkulationen flossen die Ertrags- und Bewirtschaftungsdaten der Parzellenversuche ein. Die Produkterlöse orientierten sich an den Auszahlungspreisen der Aufkäufer von Bioware unter Berücksichtigung der tatsächlich erzielten Qualitäten (Futter-/Speiseware, Proteingehalt). Im Jahr 2003 (letztes Umstellungsjahr) konnten die Produkte noch nicht als anerkannte Bioware verkauft werden. Die variablen Kosten wurden - wenn vorhanden - nach den tatsächlich eingesetzten Mengen und Preisen (Saatgut, Dünger) ermittelt bzw. mit Standardwerten je nach angewandtem Produktionsverfahren errechnet.

Die Kalkulation der Deckungsbeiträge für Getreide der Düngungsvariante 3 berücksichtigte die Strohbergung, die beiden anderen Düngungsvarianten wurden ohne Strohbergung kalkuliert. Beim Produktionsverfahren Luzerne gab es ebenfalls eine Differenzierung zwischen den Düngungsvarianten. Düngungsvariante 3 wurde mit Silagebereitung berechnet, bei DV1 und DV2 wird die Luzerne nicht geerntet. Das geborgene Stroh wurde ebenso wie die Luzernesilage nicht monetär bewertet und bei der Leistung des Produktionsverfahrens berücksichtigt. Dahinter steht die Annahme, dass diese Leistung wieder über den Stallmist, der ebenfalls nicht monetär bewertet wurde, in das System einfließt.

Die einzelnen Deckungsbeiträge der angebauten Kulturen eines Untersuchungsjahres wurden anschließend nach Düngungsvarianten getrennt mit deren Anbauumfang multipliziert und zum Gesamtdeckungsbeitrag (Fruchtfolgedeckungsbeitrag) summiert. Da mit den Berechnungen keine Vergleiche zu anderen Bewirtschaftungsweisen angestellt wurden, blieben die Direktzahlungen (Betriebsprämie, ÖPUL-Prämien) unberücksichtigt. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist daher nicht die absolute Höhe des Fruchtfolgedeckungsbeitrages sondern die Differenz zwischen den einzelnen Düngungsvarianten maßgeblich.

Für die Jahre 2006 bis 2011 erfolgte die Berechnung auf Basis einer definierten Zielfruchtfolge. Die Erträge für die neu hinzukommenden Kulturen (Körnermais, Kartoffel, Sonnenblume) wurden geschätzt. Da die Ertragsdaten von Winterweizen und Winterroggen aus den Versuchsergebnissen als eher extrem einzustufen sind, wurde ebenfalls durchschnittlich zu erwartende Erträge angenommen und gemäß der relativen Ertragsunterschiede bei den Düngungsvarianten abgestuft. Die Ergebnisse für die Zielfruchtfolge wurden in zwei Varianten - einmal mit Körnermais und einmal mit Kartoffel als Hackfrucht - gerechnet.

14.4.1 Berechnung der Deckungsbeiträge der Hauptkulturen in den Untersuchungsjahren

Zur Ermittlung der **Hauptleistung** wurden die Ertragsniveaus der einzelnen Düngungsvarianten aus den Parzellenversuchen verwendet. Durch Multiplikation mit den durchschnittlichen Verkaufspreisen der "Österreichische Agentur für Bio Getreide GmbH", der "Göweil Mühle" bzw. mit Preisen aus dem Standarddeckungsbeitragskatalog für den Biologischen Landbau (BMLFUW 2002) errechnete sich die Hauptleistung.

Die **Saatgutkosten** wurden aus den jeweiligen ausgebrachten Mengen an Original- und/oder Nachbausaatgut und den aktuellen bzw. für das Nachbausaatgut kalkulierten Saatgutpreisen kalkuliert.

Da die Betriebe der BVW GmbH insgesamt rund 1000 ha bewirtschaften und der Maschinenpark auch auf diese Größe ausgerichtet ist, wurde auf Standardwerte zur Berechnung der **variablen Maschinenkosten** zurückgegriffen (ÖKL 2005). Die zu erwartenden Maschineneinsatzstunden für die Stallmistausbringung, der Silagebereitung und der Strohbergung beruhen auf Annahmen der Autoren.

Die **Erntekosten** wurden gemäß den Werten für die Lohnernte aus dem Standarddeckungsbeitragskatalog für den Biologischen Landbau einbezogen.

Für die **Hagelversicherung** wurden € 17 je ha veranschlagt. Das eingesetzten Umlaufkapital wurde in Abhängigkeit des Vegetationszeitraumes, den die Hauptkultur in Anspruch nimmt (6 bzw. 9 Monate), zu 4% verzinst.

14.4.2 Berechnung der variablen Kosten der Zwischenfrüchte

Für den Erhebungszeitraum wurden die variablen Kosten der Zwischenfrüchte ZF1 (Körnererbse, Sommerwicke), ZF2 (Platterbse, Sommerwicke, Phacelia) und ZF3 (Buchweizen, Körnererbse, Örettich, Phacelia, Platterbse, Sommerwicke) zur Berechnung herangezogen. Für die Kalkulationen des Zeitraum 2006 bis 2011 wurden die variablen Kosten der Zwischenfrüchte aus der Zielfruchtfolge mit ZF WW (Platterbse, Sommerwicke, Phacelia), ZF RS (Platterbse, Senf, Phacelia, Örettich) und ZF E verwendet. ZF 0 beschreibt keinen Zwischenfruchtanbau, sondern gibt nur an, dass 2x gegrubbert wurde. ZF E wird eingesetzt, wenn die Ausfallerbse der vorherigen Hauptfrucht nur 1x eingegrubbert wurden. Detaillierte Angaben über Zusammensetzung und variable Kosten je ha Zwischenfrucht gibt es im Anhang Tabelle 48 und 49.

14.4.3 Berechnung der Düngungskosten

In der Düngungsvariante 2 wurde Kosten von 3 € je t für den Kompost plus 2 € je t für den Transport des Kompostes berechnet. Inklusiv der variablen Maschinenkosten bei der Kompostausbringung ergeben sich bei einer durchschnittlichen Ausbringungsmenge von etwas mehr als 16 t/ha Kosten von ca. 113 € je ha. Bei der Düngungsvariante 3 (Rinder haltender Betrieb) wurde der Stallmist nicht bewertet, es flossen nur die variablen Maschinenkosten der Ausbringung (rund 19 t/ha) von 36 €/ha in die Kalkulationen ein.

14.4.4 Berechnung der Deckungsbeiträge der Kulturen in der Zielfruchtfolge

Für die in der Zielfruchtfolge neu hinzu kommenden Kulturen Kartoffel, Sonnenblume und Körnermais basieren die errechneten Deckungsbeiträge auf geschätzten Erträgen und Daten aus dem Standarddeckungsbeitragskatalog für den Biologischen Landbau. Die variablen Maschinenkosten richteten sich nach der angenommenen Maschinenausstattung. Da die Ertragsdaten von Winterweizen und Winterroggen aus den Versuchsergebnissen als eher extrem einzustufen sind, wurde ebenfalls durchschnittlich zu erwartende Erträge angenommen und gemäß den relativen Ertragsunterschieden bei den Düngungsvarianten abgestuft.

14.4.5 Berechnung der Gesamtdeckungsbeiträge

Die Kosten der Zwischenfrüchte und die Dünger- bzw. Düngerausbringungskosten wurden den jeweiligen Folgefrüchte angelastet. Die kalkulierten Deckungsbeiträge der in einem Jahr angebauten Kulturen wurden mit dem Flächenausmaß der betreffenden Schläge multipliziert und zum Gesamtdeckungsbeitrag summiert. Der Fruchtfolgedeckungsbeitrag je ha ergibt sich aus der Division des Gesamtdeckungsbeitrages durch die Gesamtfläche von 140 ha. Diese Vorgehensweise wurde für die drei Düngungsvarianten und alle acht Jahre angewandt.

14.5 Ergebnisse und Diskussion

Allgemeine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der einzelnen Düngungsvarianten lassen sich aufgrund der geringen Anzahl von Untersuchungsjahren und der vergleichsweise langsam sich einstellenden Änderungen bei der Umstellung von Fruchtfolgen bzw. Bewirtschaftungsweisen zum jetzigen Zeitpunkt nicht ableiten. Tabelle 33 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungsjahre 2003 bis 2005.

Tabelle 33: Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge im Untersuchungszeitraum

Düngungsvariante	Gesamtdeckungsbeitrag in €			Fruchtfolgedeckungsbeitrag in € je ha		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
DV 1 (Gründüngung)	-26.454	-4.254	39.274	-189	-30	266
DV 2 (Biotonnekompost)	-26.782	-5.793	37.207	-191	-41	266
DV 3 (Stallmist)	-26.721	-4.164	31.675	-191	-30	226

Der Fruchtfolgedeckungsbeitrag war 2003 (letztes Umstellungsjahr) und 2004 (hoher Luzerneanteil) negativ. Zwischen den drei Düngungsvarianten gab es nur geringfügige Unterschiede. Im Jahr 2005 erzielte die Düngungsvarianten 1 und 2 mit 266 €/ha den höchsten Fruchtfolgedeckungsbeitrag, die Düngungsvariante 3 lag um 40 €/ha darunter.

Da - wie im Anhang ersichtlich - während der drei Jahre insgesamt nur auf drei Schlägen eine Kompost- bzw. Stallmistgabe erfolgte, lassen die unterschiedlichen Deckungsbeiträge der Düngungsvarianten keine Rückschlüsse auf die relative Vorzüglichkeit einer Düngungsvariante zu. Vor allem der geringe Ertrag der Düngungsvariante 3 bei Winterweizen auf dem Schlag Nr. 6 ist für das schlechte Ergebnis der Variante mit Stallmistdüngung verantwortlich. Durch die Zufuhr von organischer Substanz allfällig zu erwartende höhere Erträge dürften einerseits durch unterschiedliche Standortbedingungen (Boden, Wasserangebot) überlagert worden sein, andererseits stellen Kompost und Stallmist nur langsam wirkende Dünger dar, deren Effekte erst über einen längeren Zeitraum Auswirkungen zeigen.

Durch die Aufnahme zusätzlicher Kulturen in die Zielfruchtfolge mit Körnermais erhöht sich - unter den zugrunde liegenden Annahmen - der geschätzte durchschnittliche Fruchtfolgedeckungsbeitrag der Jahre 2006 bis 2011 gegenüber 2005 um 51 €/ha bei der Düngungsvariante 1, 22 €/ha bei der Düngungsvariante 2 und 21 €/ha bei der Düngungsvariante 3 (Tabelle 34).

Wird anstatt Körnermais Kartoffel in die Zielfruchtfolge aufgenommen, erhöht sich der geschätzte durchschnittliche Fruchtfolgedeckungsbeitrag zwischen 276 €/ha (Düngungsvariante 1) und 247 €/ha (Düngungsvariante 2 und 3) gegenüber 2005 (Tabelle 35).

Tabelle 34: Geschätzte Fruchtfolgedeckungsbeiträge der Zielfruchtfolge mit Körnermais

Düngungsvariante	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	Fruchtfolgedeckungsbeitrag in € je ha					
DV 1 (Gründüngung)	305	284	315	394	293	314
DV 2 (Biotonnekompost)	270	260	279	365	267	288
DV 3 (Stallmist)	247	225	237	298	228	248

Tabelle 35: Geschätzte Fruchtfolgedeckungsbeiträge der Zielfruchtfolge mit Kartoffeln

Düngungsvariante	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	Fruchtfolgedeckungsbeitrag in € je ha					
DV 1 (Gründüngung)	566	528	548	637	476	498
DV 2 (Biotonnekompost)	531	502	510	307	453	475
DV 3 (Stallmist)	508	471	473	544	415	437

14.6 Schlussfolgerungen

Die ersten drei Untersuchungsjahre waren durch die Umstellungsphase auf biologische Wirtschaftsweise geprägt. Die Umstellungsphase beeinflusste auch maßgeblich die Höhe des Gesamtdeckungsbeitrages der Jahre 2003 bis 2005. Im letzten Jahr als Umstellungsbetrieb (2003) konnten die Leistungen aus dem Verkauf der Produkte noch nicht die variablen Kosten der Produktion abdecken. Dies zeigt - wie auch in der Praxis beobachtet - die ökonomisch schwierige Phase während der Umstellungszeit. Durch den hohen Luzerneanteil im ersten Jahr als anerkannter Biobetrieb (2004) konnte ebenfalls noch kein positiver Gesamtdeckungsbeitrag (ohne Direktzahlungen) erzielt werden.

Erst im Jahr 2005 näherte sich Art und Umfang der angebauten Kulturen der geplanten Zielfruchtfolge und es konnte ein in dieser Höhe auch in der Praxis üblicher Fruchtfolgedeckungsbeitrag je ha erzielt werden.

Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der einzelnen Düngungsvarianten können erst nach mehreren Jahren mit der Zielfruchtfolge gemacht werden. Bei gleichen Fruchtfolgen und mit gleichem Zwischenfruchtanbau bei den Düngungsvarianten müssten sich die positiven Effekte der Zufuhr organischer Dünger in nachhaltig höheren Erträgen und/oder Qualitäten niederschlagen. Der Zufuhr organischer Masse über Kompost oder Stallmist erfolgte nur in geringem Umfang. Auch in der Zielfruchtfolge ist die Ausbringung auf jährlich ca. ein Viertel der Gesamtfläche beschränkt. Speziell bei den dann eingesetzten Hackfrüchten müssten sich längerfristig Auswirkungen der unterschiedlichen Düngungsvarianten zeigen. Inwieweit hier die spezifischen klimatischen Bedingungen (Trockengebiet) auf die tatsächliche Wirkung des eingesetzten organischen Düngers haben, sollen die Versuche der kommenden Jahre zeigen.

14.7 Literaturverzeichnis

- BMLFUW - Bundeministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2002): Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung im Biologischen Landbau 2002/03. Wien: Selbstverlag.
- ÖKL - Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (2005): ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2005. Wien: Selbstverlag.

14.8 Anhang

Tabelle 36: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterweizen >13% Protein

	mit Strohhbergung						ohne Strohhbergung						Einheit
	Originalsaatgut			Nachbau			Originalsaatgut			Nachbau			
	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung	3.504	3.332	3.275	4.761	5.045	4.533	3.504	3.332	3.275	4.761	5.045	4.533	kg/ha
Ertrag 1				3.865	3.739	2.640				3.865	3.739	2.640	
Ertrag 2				3.528	4.047	2.424				3.528	4.047	2.424	€/kg
Ertrag 3													
Ø Ertrag	3.504	3.332	3.275	4.051	4.277	3.199	3.504	3.332	3.275	4.051	4.277	3.199	kg/ha
	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	€/kg
	1.103,91	1.049,51	1.031,78	1.276,17	1.347,21	1.007,61	1.103,91	1.049,51	1.031,78	1.276,17	1.347,21	1.007,61	€
Leistung	1.103,9	1.049,5	1.031,8	1.276,2	1.347,2	1.007,6	1.103,9	1.049,5	1.031,8	1.276,2	1.347,2	1.007,6	€
Saatgut	187,50	187,50	187,50	176,50	176,50	176,50	187,50	187,50	187,50	176,50	176,50	176,50	kg/ha
				177,96	177,96	177,96				177,96	177,96	177,96	
				175,60	175,60	175,60				175,60	175,60	175,60	€/kg
				176,69	176,69	176,69				176,69	176,69	176,69	
	187,50	187,50	187,50	0,68	0,68	0,68	187,50	187,50	187,50	0,68	0,68	0,68	€
	0,68	0,68	0,68	0,45	0,45	0,45	0,68	0,68	0,68	0,45	0,45	0,45	€
	127,50	127,50	127,50	79,51	79,51	79,51	127,50	127,50	127,50	79,51	79,51	79,51	€
var. Maschinenkosten	Grubbern	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	€
	Pflügen	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	
	Eggen 2x	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	
	Säen	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	
	Hackstriegel 3x	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	
	Walzen	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	
	Pressen	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	
	Laden	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
	Transport	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	
	Summe	154,50	154,50	154,50	154,50	154,50	154,50	139,48	139,48	139,48	139,48	139,48	
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	€	
Versicherung	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	€	
4% Zinsansatz	3,83	6,26	3,83	2,39	4,82	2,39	3,83	6,26	3,83	2,39	4,82	€	
variable Kosten	397,8	400,3	397,8	348,4	350,8	348,4	382,8	385,2	382,8	333,4	335,8	333,4	€
Ø DB anerkannter Betr.	706,1	649,3	634,0	927,8	996,4	659,2	721,1	664,3	649,0	942,8	1.011,4	674,2	€
DB Ertrag 1				1.151,2	1.238,4	1.079,4				1.166,2	1.253,4	1.094,4	€
DB Ertrag 2				289,7	181,3	172,4				274,7	166,3	157,4	€
DB Ertrag 3				942,1	1.078,9	703,1				927,1	1.063,9	688,0	€

Tabelle 37: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterweizen <13% Protein

	mit Strohhbergung			ohne Strohhbergung			Einheit
	Originalsaatgut			Originalsaatgut			
	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung	6.576	6.847	6.585	6.576	6.847	6.585	kg/ha
	0,2170	0,2170	0,2170	0,2170	0,2170	0,2170	€/kg
	1.426,95	1.485,90	1.428,98	1.426,95	1.485,90	1.428,98	€
Leistung	1.427,0	1.485,9	1.429,0	1.427,0	1.485,9	1.429,0	€
Saatgut	176,00	176,00	176,00	176,00	176,00	176,00	kg/ha
	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	€/kg
	119,68	119,68	119,68	119,68	119,68	119,68	€
var. Maschinenkosten	Grubbern	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	€
	Pflügen	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	
	Eggen 2x	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	
	Säen	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	
	Hackstriegel 3x	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	
	Walzen	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	
	Pressen	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	
	Laden	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
	Transport	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	
	Summe	154,50	154,50	154,50	139,48	139,48	
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	3,59	6,02	3,59	3,59	6,02	3,59	€
variable Kosten	389,8	392,2	389,8	374,8	377,2	374,8	€
DB anerkannter Betr.	1.037,2	1.093,7	1.039,2	1.052,2	1.108,7	1.054,2	€
DB Umstellbetrieb	370,4	399,4	371,5	385,4	414,4	386,5	€

Tabelle 38: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterroggen

	mit Strohbürgung						ohne Strohbürgung						Einheit
	Originalsaatgut			Nachbau			Originalsaatgut			Nachbau			
	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung	6.433	6.607	7.062	3.169	3.518	4.040	6.433	6.607	7.062	3.169	3.518	4.040	kg/ha
	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	€/kg
	798,96	820,61	877,07	393,58	436,96	501,79	798,96	820,61	877,07	393,58	436,96	501,79	€
Leistung	799,0	820,6	877,1	393,6	437,0	501,8	799,0	820,6	877,1	393,6	437,0	501,8	€
Saatgut	165,00	165,00	165,00	174,60	174,60	174,60	165,00	165,00	165,00	174,60	174,60	174,60	kg/ha
	0,64	0,64	0,64	0,42	0,42	0,42	0,64	0,64	0,64	0,42	0,42	0,42	€/kg
	105,60	105,60	105,60	73,33	73,33	73,33	105,60	105,60	105,60	73,33	73,33	73,33	€
var. Maschinenkosten													
Grubbern	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	
Pflügen	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	
Eggen 2x	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	
Säen	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	
Hackstriege 3x													
Walzen													
Pressen	41,55	41,55	41,55	41,55	41,55	41,55							
Laden	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81							
Transport	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69							
Summe	148,60	148,60	148,60	148,60	148,60	148,60	97,56	97,56	97,56	97,56	97,56	97,56	€
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	3,17	5,60	3,17	2,20	4,63	2,20	3,17	5,60	3,17	2,20	4,63	2,20	€
variable Kosten	369,4	371,8	369,4	336,1	338,6	336,1	318,3	320,8	318,3	285,1	287,5	285,1	€
DB anerkannter Betr.	429,6	448,8	507,7	57,4	98,4	165,7	480,6	499,9	558,7	108,5	149,4	216,7	€
DB Umstellerbetrieb	295,8	311,4	360,8	-8,5	25,2	81,6	346,8	362,4	411,9	42,6	76,3	132,7	€

Tabelle 39: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Triticale

	ohne Strohbürgung						Einheit
	Originalsaatgut			Nachbau			
	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung	2.659	2.731	3.724	2.786	2.913	2.908	kg/ha
	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	0,1242	€/kg
	330,22	339,24	462,57	346,07	361,81	361,18	€
Leistung	330,22	339,24	462,57	346,07	361,81	361,18	€
Saatgut	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	kg/ha
	0,61	0,61	0,61	0,32	0,32	0,32	€/kg
	106,75	106,75	106,75	56,00	56,00	56,00	€
var. Maschinenkosten							
Grubbern	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	
Pflügen	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	
Eggen 2x	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	
Säen	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	
Hackstriege 2x							
Walzen	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	
Pressen							
Laden							
Transport							
Summe	103,84	103,84	103,84	103,84	103,84	103,84	€
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	3,20	5,64	3,20	1,68	4,11	1,68	€
variable Kosten	325,8	328,2	325,8	273,5	276,0	273,5	€
DB anerkannter Betr.	4,4	11,0	136,8	72,5	85,9	87,7	€
DB Umstellerbetrieb	-50,9	-45,8	59,3	14,6	25,3	27,2	€

Tabelle 40: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Wintergerste

	mit Strohbergung			ohne Strohbergung			Einheit
	Originalsaatgut			Originalsaatgut			
	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung	5,351	5,718	5,719	5,351	5,718	5,719	kg/ha
	0,1663	0,1663	0,1663	0,1663	0,1663	0,1663	€/kg
	889,86	950,85	951,06	889,86	950,85	951,06	€
Leistung	889,9	950,9	951,1	889,9	950,9	951,1	€
Saatgut	159,00	159,00	159,00	159,00	159,00	159,00	kg/ha
	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	€/kg
	95,40	95,40	95,40	95,40	95,40	95,40	€
var. Maschinenkosten	Grubbern	29,26	29,26	29,26	29,26	29,26	
	Pflügen	39,57	39,57	39,57	39,57	39,57	
	Eggen 2x	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	
	Säen	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	
	Hackstriegel 3x	19,15	19,15	19,15	19,15	19,15	
	Walzen						
	Pressen	12,22	12,22	12,22			
	Laden	2,00	2,00	2,00			
	Transport	0,79	0,79	0,79			
	Summe	148,21	148,21	148,21	133,20	133,20	133,20
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	2,86	5,30	2,86	2,86	2,86	2,86	€
variable Kosten	358,5	360,9	358,5	343,5	343,5	343,5	€
DB anerkannter Betr.	531,4	589,9	592,6	546,4	607,4	607,6	€
DB Umstellbetrieb	199,1	234,9	237,4	214,1	252,3	252,5	€

Tabelle 41: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Sommergerste

	ohne Strohbergung			Einheit
	Originalsaatgut			
	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung	2,421	2,745	2,683	kg/ha
	0,1663	0,1663	0,1663	€/kg
	402,67	456,47	446,26	€
Leistung	402,7	456,5	446,3	€
Saatgut	182,90	182,90	182,90	kg/ha
	0,64	0,64	0,64	€/kg
	117,06	117,06	117,06	€
var. Maschinenkosten	Grubbern			
	Pflügen	39,57	39,57	39,57
	Eggen 2x	33,24	33,24	33,24
	Säen	11,97	11,97	11,97
	Hackstriegel 3x	19,15	19,15	19,15
	Walzen			
	Pressen			
	Laden			
	Transport			
	Summe	103,94	103,94	103,94
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	2,34	3,96	2,34	€
variable Kosten	335,3	337,0	335,3	€
DB anerkannter Betr.	67,3	119,5	110,9	€
DB Umstellbetrieb	-83,0	-50,9	-55,7	€

Tabelle 42: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Futtererbse

	Originalsaatgut			Einheit
	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung	2.748	2.385	2.396	kg/ha
	0,2120	0,2120	0,2120	€/kg
	582,50	505,55	508,00	€
Leistung	582,5	505,6	508,0	€
Saatgut	124,30	124,30	124,30	kg/ha
	0,73	0,73	0,73	€/kg
	90,54	90,54	90,54	€
var. Maschinenkosten				
Pflügen	39,57	39,57	39,57	
Eggen	16,62	16,62	16,62	
Säen	11,97	11,97	11,97	
Hackstriege 2x	12,77	12,77	12,77	
Walzen	6,28	6,28	6,28	
Summe	87,22	87,22	87,22	€
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	1,81	3,43	1,81	€
variable Kosten	291,6	276,2	274,6	€
DB anerkannter Betr.	290,9	229,4	233,4	€
DB Umstellerbetrieb	55,2	24,8	27,8	€

Tabelle 43: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Luzerne

	mit Silagebereitung		ohne Silagebereitung		Einheit
	Originalsaatgut		Originalsaatgut		
	Anbau	Untersaat	Anbau	Untersaat	
Saatgut	20,00	20,00	10,00	10,00	kg/ha
	5,45	5,45	5,45	5,45	€/kg
	109,00	109,00	109,00	109,00	€
var. Maschinenkosten					
Grubbern					
Pflügen 1/2x	19,79		19,79		
Eggen 1x	16,62		16,62		
Säen 1/2x	5,99	1,14	5,99	1,14	
Mulchen 3x			57,14	57,14	
Walzen 1/2x	3,14		3,14		
Mähen	8,25	8,25			
Schwaden	10,53	10,53			
Pressen	78,21	78,21			
Laden	12,82	12,82			
Transport	5,07	5,07			
Wickeln	29,93	29,93			
Summe	190,34	145,94	102,68	58,28	€
Lohndrusch	0,00	0,00	0,00	0,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	3,27	3,27	3,27	3,27	€
variable Kosten	319,6	275,2	231,9	187,6	€
DB	-319,6	-275,2	-231,9	-187,6	€

Tabelle 44: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterweizen - Zielfruchtfolge

	Angenommener DB Zielfruchtfolge			Einheit
	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung				
Ertrag 1				kg/ha
Ertrag 2				€/kg
Ertrag 3				€
Ø Ertrag	5.000,00	5.015,97	4.310,56	
	0,3150	0,3150	0,3150	
	1.575,00	1.580,03	1.357,83	
Leistung	1.575,0	1.580,0	1.357,8	€
Saatgut	180,00	180,00	180,00	kg/ha
	0,57	0,57	0,57	€/kg
	101,70	101,70	101,70	€
var. Maschinenkosten				
Grubbern	29,26	29,26	29,26	
Pflügen	39,57	39,57	39,57	
Eggen 2x	33,24	33,24	33,24	
Säen	11,97	11,97	11,97	
Hackstriegel 3x	19,15	19,15	19,15	
Walzen	6,28	6,28	6,28	
Pressen			12,22	
Laden			2,00	
Transport			0,79	
Summe	139,48	139,48	154,50	€
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	3,05	5,49	3,05	€
variable Kosten	356,2	358,7	371,2	€
Ø DB anerkannter Betr.	1.218,8	1.221,4	986,6	€

Tabelle 45: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterroggen - Zielfruchtfolge

	Angenommener DB Zielfruchtfolge			Einheit
	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung				
	5.000,00	5.343,29	5.931,78	kg/ha
	0,1242	0,1242	0,1242	€/kg
	621,00	663,64	736,73	€
Leistung	621,00	663,64	736,73	€
Saatgut	170,00	170,00	170,00	kg/ha
	0,53	0,53	0,53	€/kg
	90,10	90,10	90,10	€
var. Maschinenkosten				
Grubbern				
Pflügen	39,57	39,57	39,57	
Eggen 2x	33,24	33,24	33,24	
Säen	11,97	11,97	11,97	
Hackstriegel 3x	12,77	12,77	12,77	
Walzen				
Pressen			41,55	
Laden			6,81	
Transport			2,69	
Summe	97,56	97,56	148,60	€
Lohndrusch	95,00	95,00	95,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	2,70	5,14	2,70	€
variable Kosten	302,4	304,8	353,4	€
DB anerkannter Betr.	318,6	358,8	383,3	€

Tabelle 46: Deckungsbeiträge Produktionsverfahren Körnermais, Kartoffeln und Sonnenblume - Zielfruchtfolge

	Körnermais	Kartoffel	Sonnenblume
Bruttoertrag dt/ha	66,00	168,00	24,00
Nettoertrag dt/ha	64,70	126,00	22,80
Preis/dt	18,60	37,00	39,48
Leistung	1.203,4	4.662,0	900,1
Saatgut	143,33	1.380,00	104,53
Pflanzenschutz		100,00	
Var. Maschkosten	Pflügen	39,57	39,57
	Saatbettbereitung	16,62	33,24
	Säen		
	Walzen		
	Striegeln 2x		12,77
	Hacken 2x		
	Transport		
	Stroh schlegeln	19,05	
	sonstiges	45,24	330,15
	Summe	120,48	415,73
Lohnernte	110,00	399,00	95,00
Versicherung	17,00	17,00	17,00
Trocknung	142,18		38,40
Zinsansatz	4,46	30,67	2,79
variable Kosten	537,4	2.342,4	418,3
DB anerkannter Betr.	666,0	2.319,6	481,9

Tabelle 47: Variable Kosten Düngung

DV2	
Menge	16.230 kg/ha
Kosten	0,005 €/kg
Summe	81,15 €/ha
Frontlader	10,02 €
Kompoststreuer	21,81 €
var. Maschkosten	31,83 €/ha
variable Kosten	113,0 €/ha

DV3	
Frontlader	12,82 €
Miststreuer	22,96 €
var. Maschkosten	35,78 €/ha
variable Kosten	35,8 €/ha

Tabelle 48: Variable Kosten Zwischenfrüchte

ZF 1				
		€/100kg kg/ha		
Saatgut	Körnererbse	72,84	61,80	45,02
	Sommerwicke	81,60	52,90	43,17
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		58,52
	Scheiben			13,09
	Walzen			6,28
	Säen			11,97
	Mulchen	1 x		19,05
variable Kosten				-197,1

ZF 2				
		€/100kg kg/ha		
Saatgut	Futtererbse	168,00	96,00	161,28
	Sommerwicke	81,60	44,00	35,90
	Phacelia	535,60	5,00	26,78
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		58,52
	Säen			11,97
	Mulchen	1 x		19,05
variable Kosten				-313,5

ZF 3				
		€/100kg kg/ha		
Saatgut	Buchweizen	162,00	2,00	3,24
	Körnererbse	72,84	2,00	1,46
	Ölrettich	211,60	2,00	4,23
	Phacelia	535,60	2,00	10,71
	Platterbse	168,00	2,00	3,36
	Sommerwicke	81,60	2,00	1,63
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		58,52
	Walzen			6,28
	Säen			11,97
	Mulchen	1 x		19,05
variable Kosten				-120,5

ZF WW				
		kg/ha	€/100kg	
Saatgut	Platterbse	50	168,00	84,00
	Sommerwicke	50	81,60	40,80
	Phacelia	4	535,60	21,42
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		58,52
	Walzen	1 x		6,28
	Säen			11,97
	Mulchen	1 x		19,05
variable Kosten				-242,0

ZF RS				
		kg/ha	€/100kg	
Saatgut	Platterbse	50	168,00	84,00
	Senf	4	264,00	10,56
	Phacelia	4	535,60	21,42
	Ölrettich	2	211,60	4,23
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		58,52
	Walzen	1 x		6,28
	Säen			11,97
	Mulchen	1 x		19,05
variable Kosten				-132,0

ZF E				
var. MaschKosten	Grubbern	1 x		29,26
	Mulchen	1 x		19,05
variable Kosten				-48,3

ZF 0				
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		58,52

Tabelle 49: Variable Kosten Zwischenfrüchte

ZF 2005 7			
	€/100kg	kg/ha	
Buchweizen	162,00	1,5	2,43
Körnererbse	72,84	30,1	21,92
Ölrettich	211,60	2	4,23
Phacelia	535,60	2,7	14,46
Platterbse	168,00	22	36,96
Senf	264,00	1,5	3,96
Sommerwicke	81,60	32,4	26,44
var. MaschKosten	Grubbern	2 x	58,52
variable Kosten			-168,9

ZF 2005 6			
	€/100kg	kg/ha	
Körnererbse	72,84	25,4	18,50
Ölrettich	211,60	2,1	4,44
Phacelia	535,60	2,5	13,39
Platterbse	168,00	20,7	34,78
Senf	264,00	1,5	3,96
Sommerwicke	81,60	30,7	25,05
Grubbern		2 x	58,52
variable Kosten			-158,6

ZF 2005 4			
	€/100kg	kg/ha	
Körnererbse	72,84	30,6	22,29
Phacelia	535,60	2,1	11,25
Platterbse	168,00	30,6	51,41
Sommerwicke	81,60	30,6	24,97
Grubbern		2 x	58,52
variable Kosten			-168,4

Tabelle 50: Variable Maschinenkosten je Arbeitsgang

		h/ha			Zwischen- summe	Gerät	€/h	Zwischen- summe	Gesamt- summe	2% Rüstzeit	incl. 20% USt
		55 kW	65 kW	100 kW							
Feldarbeit	Pflügen	1,26		17,20	21,67	Anbaudrehpflug, 5 Schäre	8,46	10,66	32,33	32,98	39,57
	Saatbeetbereitung	0,62		17,20	10,66	Saatbeetkombination, 6m	4,70	2,91	13,58	13,85	16,62
	Walzen	0,38	11,08		4,21	Cambridgewalze 6m	2,43	0,92	5,13	5,24	6,28
	Scheiben	0,70	11,08		7,76	Scheibenegge 3m	4,2	2,94	10,70	10,91	13,09
	Drillsaat	0,83	9,39		7,79	Sämaschine 3m+Fahrgassenautomatik	2,40	1,99	9,78	9,98	11,97
	Striegeln	0,24	11,08		2,66	Hackstriegel 12m	10,65	2,56	5,22	5,32	6,38
	Ernteguttransport	0,30		17,20	5,16	2 Zweiachsanhänger je 8t	3,88	1,16	6,32	6,45	7,74
	Stoppelsturz/Grubbern	0,72		17,20	12,38	Schwergrubber, 11 Zinken	16,00	11,52	23,90	24,38	29,26
Stallmist	Frontlader	1,07	9,39		10,02	Frontlader 1,2m	0,43	0,46	10,47	10,68	12,82
	Miststreuer	1,07	11,08		11,82	Miststreuer, 6t Nutzlast	6,50	6,93	18,75	19,13	22,96
Kompost	Frontlader	0,83	9,39		7,83	Frontlader 1,2m	0,43	0,36	8,18	8,35	10,02
	Kompoststreuer	0,83	11,08		9,24	Kompoststreuer 6,5t	10,30	8,58	17,82	18,17	21,81
	Mulchen	1,00	11,08		11,08	Schlepphacksler 3m	4,48	4,48	15,56	15,87	19,05
Silage- ernte	Mähen	0,45	11,08		4,99	Rotormähwerk Heckanbau 320cm	3,90	1,76	6,74	6,88	8,25
	Schwaden	0,80	9,39		7,51	Kreiselschwader Heckanbau 3m	1,36	1,09	8,60	8,77	10,53
	Pressen	2,13		17,20	36,69	Rundballenpresse 120 - 130cm	12,75	27,20	63,89	65,17	78,21
	Laden	1,07	9,39		10,02	Frontlader 1,2m	0,43	0,46	10,47	10,68	12,82
	Transport	1,07				2 Zweiachsanhänger je 8t	3,88	4,14	4,14	4,22	5,07
	Wickeln	1,60	11,08		17,73	Rundballenwickelmaschine mit Ladegabel	4,20	6,72	24,45	24,94	29,93
Strohernte	Pressen	0,33		17,20	5,73	Rundballenpresse 120 - 130cm	12,75	4,25	9,98	10,18	12,22
	Laden	0,17	9,39		1,57	Frontlader 1,2m	0,43	0,07	1,64	1,67	2,00
	Transport	0,17				2 Zweiachsanhänger je 8t	3,88	0,65	0,65	0,66	0,79
Strohernte	Pressen	0,33		17,20	5,73	Rundballenpresse 120 - 130cm	12,75	4,25	9,98	10,18	12,22
	Laden	0,17	9,39		1,57	Frontlader 1,2m	0,43	0,07	1,64	1,67	2,00
	Transport	0,17				2 Zweiachsanhänger je 8t	3,88	0,65	0,65	0,66	0,79
Strohernte	Pressen	1,13		17,20	19,49	Rundballenpresse 120 - 130cm	12,75	14,45	33,94	34,62	41,55
	Laden	0,57	9,39		5,32	Frontlader 1,2m	0,43	0,24	5,56	5,68	6,81
	Transport	0,57				2 Zweiachsanhänger je 8t	3,88	2,20	2,20	2,24	2,69
Kartoffeln	Pflanzgut sortieren	0,90			0,90	Kartoffelsortierer klein	1,77	1,59	1,59	1,62	1,95
	Pflanzgut sortieren	0,90			0,90	Förderband 6m	1,20	1,08	1,08	1,10	1,32
	Pflanzgut Transport	0,50	9,39		4,70	1 Zweiachsanhänger 8t	1,94	0,97	5,67	5,78	6,93
	Kartoffel legen	3,00	11,08		33,25	Zreihig, Vollautomatik	2,01	6,03	39,28	40,06	48,07
	Häufeln 3x	6,00	9,39		56,34	Kartoffelvielfachgerät 2reihig	1,14	6,84	63,18	64,44	77,33
	Spritzen 2x	2,20	9,39		20,66	Feldspritze 500l, 10m	2,00	4,40	25,06	25,56	30,67
	Transport	3,80		17,20	65,36	1 Zweiachsanhänger 8t	2,40	9,12	74,48	75,97	91,16
	Sortieren	20,00				Kartoffelsortierer klein	1,77	35,40	35,40	36,11	43,33
	Sortieren	20,00				Förderband 6m	1,20	24,00	24,00	24,48	29,38
Körner- Mais	Säen	0,80	9,39		7,51	EK-sämaschine Pneu. 4reihig	13,04	10,43	17,94	18,30	21,96
	Hacken	1,00	9,39		9,39	Hackgerät Mais 4reihig	9,63	9,63	19,02	19,40	23,27

Tabelle 51: Übersicht Deckungsbeiträge

Werte aus DB Berechnungen in € je ha		2004/2005																	
		mit Strobergerung						ohne Strobergerung						Zielfruchtfolge					
		Originalsaatgut			Nachbau			Originalsaatgut			Nachbau			mit Strobergerung			ohne Strobergerung		
DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3	DV1	DV2	DV3		
WW	Winterweizen >13%P	706	649	634	1.151	1.238	1.079	721	664	649	1.166	1.253	1.094						
	diverse				290	181	172				275	166	157						
	Parzellen				942	1.079	703				927	1.064	688						
WW	Winterweizen <13%P	1.037	1.094	1.039				1.052	1.109	1.054									
WG	Wintergerste	531	590	593				546	607	608						546	607	608	
SG	Sommergerste							67	120	111					67	120	111		
WR	Winterroggen	430	449	508	57	98	166	481	500	559	108	149	217		383	319	359		
Tr	Triticale							4	11	137	73	86	88		38	48	112		
E	Erbsen							291	229	233					291	229	233		
Werte aus DB Berechnungen in € je ha		mit Silagebereitung						ohne Silagebereitung						mit Silagebereitung					
		Originalsaatgut			Nachbau			Originalsaatgut			Nachbau			mit Silagebereitung			ohne Silagebereitung		
		Anbau	Untersaat		Anbau	Untersaat		Anbau	Untersaat		Anbau	Untersaat		Anbau	Untersaat	Anbau	Untersaat		
L	Luzerne	-320	-275					-232	-188					-320	-275		-232	-188	
KM	Körnermais	666	Körnermais-Lohndrusch 66 dt/ha (BMFLUW 2002)																
Kar	Kartoffel	2.320	Speisekartoffel, 168 dt/ha (BMFLUW 2002)																
SB	Sonnenblume	482	Sonnenblume-Lohndrusch, 24 dt/ha (BMFLUW 2002)																

Variable Kosten in € je ha

ZF 1	Zwischenfruchtanbau 1	-197
ZF 2	Zwischenfruchtanbau 2	-314
ZF 3	Zwischenfruchtanbau 3	-120
ZF WW	Zwischenfruchtanbau nach Winterweizen	-242
ZF RS	Zwischenfruchtanbau nach Winterroggen oder Sommergerste	-132
ZF E	Zwischenfrucht durch Ausfallerbse	-48
ZF 0	2x Grubbern ohne Zwischenfruchtanbau	-59

Tabelle 52: Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten - Untersuchungszeitraum

Name Feld	Nr.	ha	Umstellerbetrieb						Anerkannter Biobetrieb																						
			ZF	2002	ZF	Düngung	2003	€/ha	€/Schlag	ZF	Düngung	2004	€/ha	€/Schlag	ZF	Düngung	2005	€/ha	€/Schlag												
Johannis-breite I	1	17,0	Tr	ZF1		SG																									
				DV1	-197	-83	-280	-4.762	-314	+	WG	531	218	3.704	L	-320	-320	-5.433													
				DV2	-197	-51	-248	-4.217	-314	-113	590	163	2.779	-320	-320	-5.433															
				DV3	-197	-56	-253	-4.298	-314	-36	593	243	4.136	-320	-320	-5.433															
Joh. Br I + II	2	17,0	Tr/SG	ZF0		L																									
				DV1	-59	-232	-290	-4.938			L	-232	-232	-3.943	ZF0	WW	721	663	11.264												
				DV2	-59	-232	-290	-4.938			-232	-232	-3.943	-59	664	606	10.298														
				DV3	-59	-232	-290	-4.938			-232	-232	-3.943	-59	634	575	9.782														
Johannis-breite II	3	17,0	SG	ZF0		L																									
				DV1	-59	-232	-290	-4.938			L	-232	-232	-3.943	ZF0	WW	1.151	1.093	18.576												
				DV2	-59	-232	-290	-4.938			-232	-232	-3.943	-59	1.238	1.180	20.058														
				DV3	-59	-232	-290	-4.938			-232	-232	-3.943	-59	1.079	1.021	17.354														
Alte Neurisse II	4	17,0	WG	ZF1		E																									
				DV1	-197	55	-142	-2.413	ZF2	+	WW <13%P	1.052	739	12.558	ZF3	WR	108	-12	-203												
				DV2	-197	25	-172	-2.930	-314	-113	1.109	682	11.598	-120	149	29	493														
				DV3	-197	28	-169	-2.878	-314	-36	1.039	690	11.729	-120	217	96	1.636														
Kapellenfeld	5	17,5	L	ZF0		L																									
				DV1	-59	-232	-290	-5.083			L	-320	-320	-5.593	ZF0	WW	290	231	4.045												
				DV2	-59	-232	-290	-5.083			-320	-320	-5.593	-59	181	123	2.149														
				DV3	-59	-232	-290	-5.083			-320	-320	-5.593	-59	172	114	1.993														
Alte N. I + Junge N.	6	18,5	SG	ZF0		L																									
				DV1	-188	-188	-3.470			L	-275	-275	-5.091	ZF0	WW	927	869	16.068													
				DV2	-188	-188	-3.470			-275	-275	-5.091	-59	1.064	1.005	18.600															
				DV3	-188	-188	-3.470			-275	-275	-5.091	-59	688	630	11.646															
Alte Neurisse I	7	18,0	SG	ZF0		E																									
				DV1	-59	55	-3	-60	ZF2		WR	481	167	3.008	ZF3	+	Tr	4	-116	-2.089											
				DV2	-59	25	-34	-608	-314		500	186	3.354	-120	-113	11	-222	-4.003													
				DV3	-59	28	-31	-552	-314		508	194	3.495	-120	-36	137	-19	-350													
Junge Neurisse	8	18,0	SG	ZF0		Tr																									
				DV1	-59	15	-44	-791			L	-275	-275	-4.954		L	-275	-275	-4.954												
				DV2	-59	25	-33	-599			-275	-275	-4.954		-275	-275	-4.954														
				DV3	-59	27	-31	-564			-275	-275	-4.954		-275	-275	-4.954														
Gesamt-DB bzw. Fruchtfolge-DB	DV1																														

Tabelle 53: Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten - Zielfruchtfolge mit Körnermais

Name Feld		Nr. ha		Z F		Düngung 2006		Düngung 2007		Düngung 2008		Düngung 2009		Düngung 2010		Düngung 2011		€/ha €/Schlag								
Johannis-breite I		1	17,0	L	ZF	WW	WW	ZF	WW	WW	ZF	SG	ZF	E	E	ZF	WW	ZF	€/ha €/Schlag							
Johannis-breite II		3	17,0	KM	ZF	SG	SG	ZF	SG	SG	ZF	WW	ZF	WR	WR	ZF	L	ZF	€/ha €/Schlag							
Alte Neuirse II		4	17,0	SG	ZF	SG	L	ZF	WW	WW	ZF	WW	ZF	KM	KM	ZF	SG	ZF	€/ha €/Schlag							
Kapellenfeld		5	17,5	WW	ZF	WR	ZF	ZF	L	L	ZF	L	ZF	WW	WW	ZF	KM	ZF	€/ha €/Schlag							
Alte N. I + Junge N.		6	16,5	Tr	ZF	E	ZF	ZF	WW	WW	ZF	L	ZF	WW	WW	ZF	WW	ZF	€/ha €/Schlag							
Alte Neuirse I		7	18,0	L	ZF	L	ZF	ZF	WW	WW	ZF	KM	ZF	SG	SG	ZF	E	ZF	€/ha €/Schlag							
Junge Neuirse		8	18,0	WW	ZF	KM	ZF	ZF	SG	SG	ZF	E	ZF	WW	WW	ZF	WR	ZF	€/ha €/Schlag							
Gesamt-DB bzw. Fruchtfolge-DB		DV1																								
		DV2																								
		DV3																								
Johannis-breite I		1	17,0	L	-320	-5,433	1.219	20.719	1.219	20.719	666	67	1.145	291	159	2.701	67	1.145	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
Düngungsvarianten		DV1	-169	-169	-320	-5,433	1.219	20.719	1.219	20.719	666	67	1.145	291	159	2.701	67	1.145	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
		DV2	-169	-169	-320	-5,433	1.221	20.763	1.221	20.763	666	120	2.032	229	97	1.654	120	2.032	18.021	229	97	1.654	1.221	1.221	18.021	
		DV3	-169	-169	-320	-5,433	987	16.772	987	16.772	666	111	1.886	233	101	1.724	111	1.886	15.951	233	101	1.724	987	987	15.951	
Joh. Br I + II		2	17,0	SB	313	5,320	1.219	20.719	1.219	20.719	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
Düngungsvarianten		DV1	-169	-169	313	5,320	1.219	20.719	1.219	20.719	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
		DV2	-169	-169	313	5,320	1.221	20.763	1.221	20.763	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	1.221	1.221	19.888	
		DV3	-169	-169	313	5,320	987	16.772	987	16.772	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	987	987	16.772	
Johannis-breite II		3	17,0	KM	507	8,625	67	1.145	67	1.145	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
Düngungsvarianten		DV1	-169	-169	507	8,625	67	1.145	67	1.145	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
		DV2	-169	-169	394	6,704	120	2.032	120	2.032	229	97	1.654	229	97	1.654	229	97	19.942	229	97	1.654	1.221	1.221	19.942	
		DV3	-169	-169	472	8,017	111	1.886	111	1.886	233	101	1.724	233	101	1.724	233	101	15.951	233	101	1.724	987	987	15.951	
Alte Neuirse II		4	17,0	SG	67	1,145	1.219	20.719	1.219	20.719	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
Düngungsvarianten		DV1	-169	-169	67	1,145	1.219	20.719	1.219	20.719	291	159	2.701	291	159	2.701	291	159	19.888	291	159	2.701	1.219	1.170	19.888	
		DV2	-169	-169	120	49	832	120	49	832	229	97	1.654	229	97	1.654	229	97	19.942	229	97	1.654	1.221	1.221	19.942	
		DV3	-169	-169	111	58	978	111	58	978	233	101	1.724	233	101	1.724	233	101	15.951	233	101	1.724	987	987	15.951	
Kapellenfeld		5	17,5	ZF0	1.160	20,304	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	19.724	319	77	1.340	1.219	1.160	19.724	
Düngungsvarianten		DV1	-69	-69	1.160	20,304	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	19.724	319	77	1.340	1.219	1.160	19.724	
		DV2	-69	-69	1.050	18,373	369	117	2.044	369	117	2.044	369	117	2.044	369	117	2.044	19.768	369	117	2.044	1.221	1.163	19.768	
		DV3	-69	-69	882	15,615	383	141	2.472	383	141	2.472	383	141	2.472	383	141	2.472	15.777	383	141	2.472	987	987	15.777	
Alte N. I + Junge N.		6	16,5	ZF0	1.160	20,304	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	19.724	319	77	1.340	1.219	1.160	19.724	
Düngungsvarianten		DV1	-69	-69	1.160	20,304	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	19.724	319	77	1.340	1.219	1.160	19.724	
		DV2	-69	-69	1.050	18,373	369	117	2.044	369	117	2.044	369	117	2.044	369	117	2.044	19.768	369	117	2.044	1.221	1.163	19.768	
		DV3	-69	-69	882	15,615	383	141	2.472	383	141	2.472	383	141	2.472	383	141	2.472	15.777	383	141	2.472	987	987	15.777	
Alte Neuirse I		7	18,0	Umersaat L	275	4,954	1.219	21.938	1.219	21.938	666	67	1.145	291	159	2.701	666	67	1.145	21.938	291	159	2.701	1.219	1.160	21.938
Düngungsvarianten		DV1	-69	-69	275	4,954	1.219	21.938	1.219	21.938	666	67	1.145	291	159	2.701	666	67	1.145	21.938	291	159	2.701	1.219	1.160	21.938
		DV2	-69	-69	1.160	20,864	1.221	20.931	1.221	20.931	666	120	2.032	229	97	1.654	120	2.032	18.021	229	97	1.654	1.221	1.221	18.021	
		DV3	-69	-69	928	16,705	987	17.758	987	17.758	666	388	6.987	233	101	1.825	233	101	15.951	233	101	1.825	987	987	15.951	
Junge Neuirse		8	18,0	ZF0	1.160	20,304	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	19.724	319	77	1.340	1.219	1.160	19.724	
Düngungsvarianten		DV1	-69	-69	1.160	20,304	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	319	77	1.340	19.724	319	77	1.340	1.219	1.160	19.724	
		DV2	-69	-69	1.050	18,373	369	117	2.044	369	117	2.044	369	117	2.044	369	117	2.044	19.768	369	117	2.044	1.221	1.163	19.768	
		DV3	-69	-69	882	15,615	383	141	2.472	383	141	2.472	383	141	2.472	383	141	2.472	15.777	383	141	2.472	987	987	15.777	
Gesamt-DB bzw. Fruchtfolge-DB		DV1			305	42,657	284	39,826	284	39,826	315	44,075	394	56,172	283	41,088	394	56,172	315	44,075	283	41,088	315	44,075	314	43,993
		DV2			270	37,833	260	36,412	260	36,412	279	39,005	365	51,129	267	37,445	267	37,445	279	39,005	267	37,445	267	37,445	288	40,298
		DV3			247	34,624	225	31,489	225	31,489	237	33,160	298	41,784	228	31,860	228	31,860	237	33,160	228	31,860	228	31,860	248	34,685

Tabelle 54: Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten - Zielfruchtfolge mit Kartoffeln

Name Feld		Nr. ha		Zf Düngung 2006		E/ha €/Schlag		Zf Düngung 2007		E/ha €/Schlag		Zf Düngung 2008		E/ha €/Schlag		Zf Düngung 2009		E/ha €/Schlag		Zf Düngung 2010		E/ha €/Schlag		Zf Düngung 2011		E/ha €/Schlag												
Anerkannter Biobetrieb, Zielfruchtfolge																																						
Johannis-breite I		1	17,0	L	-300	-5.433	1.219	1.219	20.719	2.320	2.078	35.318	ZF +	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE +	-48	1.219	1.170	19.888	1.219	1.170	19.888									
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Joh. Br I + II		2	17,0	SB	482	8.192	1.219	1.219	20.719	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE +	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE +	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701						
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Johannis-breite II		3	17,0	+	Kar	2.320	39.433	1.219	1.219	20.719	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701					
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Alte Neunisse II		4	17,0	+	SG	67	1.145	1.219	1.219	20.719	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701					
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Kapellenfeld		5	17,5	ZFO +	WW	1.219	1.160	20.304	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417			
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Alte N. I + Junge N.		6	18,5	ZFO +	Tr	38	-20	-371	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417			
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Alte Neunisse I		7	18,0	Untersaat L	L	-275	-275	-4.954	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417			
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Junge Neunisse		8	18,0	ZFO	WW	1.219	1.160	20.304	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417	ZFRS	-132	291	159	2.701	ZFE	319	319	5.417			
Düngung		DV1																																				
Düngung		DV2																																				
Düngung		DV3																																				
Quersumme																																						