

# ABSCHLUSSBERICHT

Juni 2009

Forschungsprojekt Nr.: 100040

## Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau (MUBIL II)

Der Zwischenbericht 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 (DNAS)  
Institut für Ökologischen Landbau (IFÖL)  
Gregor-Mendel-Strasse 33, A-1180 Wien  
0043 /1/ 47654 - 3750 (fax – 3792)  
[bernhard.freyer@boku.ac.at](mailto:bernhard.freyer@boku.ac.at)  
[andreas.surboeck@boku.ac.at](mailto:andreas.surboeck@boku.ac.at)

Eine Übersicht über die beteiligten Institutionen ist auf den folgenden Seiten abgebildet.

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

**SYNTHESE – DIE WICHTIGSTEN INHALTE**

**ABSCHLUSSBERICHT**

**Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung  
auf den biologischen Landbau (MUBIL II)**

Forschungsprojekt Nr.: 100040

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>AUSWIRKUNGEN VON BEWIRTSCHAFTUNGS- UND AGRARÖKOLOGISCHEN MASSNAHMEN .....</b>	<b>9</b>
2.1	<b>Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und unterschiedlicher Düngungssysteme auf Boden und Pflanze .....</b>	<b>9</b>
2.1.1	Bodenchemische Werte .....	9
2.1.2	Bodenphysikalische Werte und Bodenwasserhaushalt.....	9
2.1.3	Bodenfauna .....	10
2.1.4	Ackerwildkrautflora und Diasporenbank.....	10
2.1.5	Pflanzenbau (Ertrag und Qualität).....	11
2.1.6	Wirtschaftlichkeit .....	12
2.2	<b>Auswirkungen von Hecken auf angrenzende Ackerflächen .....</b>	<b>13</b>
2.2.1	Mikroklimatische Werte .....	13
2.2.2	Bodenwasserhaushalt und Pflanzenertrag.....	14
2.3	<b>Gehölze, Ökostreifen, Säume am Betrieb – Vegetationsökologie, Einrichtungs- und Pflegemaßnahmen.....</b>	<b>14</b>
2.3.1	Hecken und Baumreihen.....	14
2.3.2	Ökostreifen und Säume.....	15
2.4	<b>Auswirkungen des Gesamtsystems (biologische Bewirtschaftung und agrarökologische Begleitmaßnahmen) auf die Fauna am Betrieb .....</b>	<b>15</b>
2.4.1	Bodenfauna .....	15
2.4.2	Nützlinge .....	16
2.4.3	Wildbienen.....	16
2.4.4	Brutvogelfauna .....	17
<b>3</b>	<b>METHODEN – ERFAHRUNGEN UND ENTWICKLUNGSBEDARF.....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>PUBLIKATIONEN .....</b>	<b>24</b>

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kooperationspartner und Leiter der einzelnen Teilprojekte (TP).....	4
Tabelle 2: Informationen zum Versuchsbetrieb (Biobetrieb Rutzendorf):.....	5
Tabelle 3: Fruchtfolge am Biobetrieb Rutzendorf seit dem Jahr 2003 .....	5
Tabelle 4: Übersicht über die Erhebungsflächen .....	6

## 1 EINLEITUNG

Die Umstellung von Ackerflächen von konventioneller auf biologische Bewirtschaftung bringt eine Reihe von Veränderungen mit sich. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bewirtschaftung umfassen Änderungen der Fruchtfolgen mit einem verstärkten Futterleguminosen und Zwischenfruchtanbau. Viehhaltende Betriebe investieren in eine differenzierte Behandlung der organischen Hofdünger sowie deren gezielten Einsatz innerhalb der Fruchtfolge. Viehlosen Betrieben steht noch die Möglichkeit offen, Biokomposte zu nutzen oder Nährstoffkreisläufe über Gärrückstände aus Biogasanlagen zu schließen.

Die Betriebsform viehloser biologischer Ackerbau hat in Österreich in den zurückliegenden Jahren stark zugenommen. Viele dieser Betriebe liegen in Ostösterreich, einer Region mit geringen Niederschlägen und einer großräumig geprägten Landschaftsstruktur. Vergleichbare Agrarräume sind in Osteuropa anzutreffen. Die Nachhaltigkeit dieser biologischen Anbausysteme ist bislang kaum untersucht.

Als Folge des Klimawandels haben und nehmen die Jahresdurchschnittstemperaturen und ausgeprägte Trockenperioden während der Vegetationszeit zu. Zur Sicherung der Ertragsfähigkeit ist daher der Beitrag des Humusaufbaus zur Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, der Nährstoffspeicherung und Erhöhung der Nährstoffverfügbarkeit sowie von Gehölzstrukturen für das Kleinklima von besonderer Bedeutung.

Auf dem Biobetrieb Rutzendorf der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH im Marchfeld in Niederösterreich wird seit dem Jahr 2003 ein umfassende Langzeituntersuchung zur Dokumentation und Entwicklung des biologischen Landbaus, klimaspezifischer Wirkungen sowie ÖPUL relevanter Aktivitäten durchgeführt. Das Forschungsprojekt gliedert sich in 14 Teilprojekte, in deren Bearbeitung 10 Institute und das Zentrum für Umwelt und Naturschutz der BOKU, die Bio Forschung Austria, die Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf, der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau der TU München 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 Abbildung 1) an folgenden Fragestellungen:

- In welchem Ausmaß und in welchem Zeitraum können mit der biologischen Bewirtschaftung und der Anlage und Pflege von Biotopstrukturen (Landschaftselemente) die Bodenfruchtbarkeit und die Artenvielfalt gesteigert werden?
  - Wie verändert sich die Fähigkeit der Böden zur Wasserspeicherung und Kohlenstoffbindung?
  - Wie wirken sich verschiedene Düngungssysteme viehloser und viehhaltender Bewirtschaftung auf die Bodenfruchtbarkeit, den Nährstoffhaushalt, Ertrag und Qualität der Ernteprodukte, das Auftreten von Beikräutern, die Artenvielfalt und die Wirtschaftlichkeit, aus?
  - Welchen Beitrag können Landschaftselemente wie Hecken zur Regulierung des Kleinklimas und Förderung der Ertragsstabilität in den angrenzenden Ackerflächen leisten?
-

Auswirkungen von spezifischen Abstufungen im Anbausystem (Düngungsvarianten) innerhalb einer einheitlichen Fruchtfolge, unterschiedlichen Bodenbonitäten, dem Vergleich mit einer konventionell bewirtschafteten Referenzfläche sowie dem Zeitfaktor, sind in der Versuchsanordnung berücksichtigt. In den verschiedenen Düngungsvarianten (Düngungssystemen) werden optimierte Nährstoffkreisläufe viehloser biologischer Bewirtschaftung unter Einbeziehung von Biotonnekompost (DV2: Gründüngung + Biotonnekompost) und Verwertung von Luzerne über eine Biogasanlage, die pflanzliche „Biogasgülle“ liefert (DV4: Pflanzliche Biogasgülle, ab 2008), mit einem viehlosen System mit alleiniger Luzernegründüngung (DV1: nur Gründüngung) und einem viehhaltenden System mit Stallmist (DV 3: Abfuhr von Luzerne und Stroh, statt dessen Zufuhr von Rindermist) verglichen.

In Teilabschnitten wurden Ökostreifen mit unterschiedlichen Blühmischungen angelegt. Ein Pflegekonzept für bestehende Hecken und Baumreihen wurde erarbeitet und in einzelnen Pilotabschnitten bereits umgesetzt. Der Beitrag der biologischen Bewirtschaftung und der Anlage von Ökostreifen zur Förderung der Individuendichte und Artenvielfalt wird anhand von Bodentieren, Nützlingen, Wildbienen, und Brutvögeln am Betrieb erhoben.

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen sollen den biologischen Praxisbetrieben wichtige Erkenntnisse zur Ausrichtung und Optimierung ihrer Bewirtschaftung und von agrarökologischen Maßnahmen liefern. Alle Ergebnisse sind von agrar- und umweltpolitischer Relevanz (Klimawandel, ÖPUL).

Die vorliegende Synthese basiert auf den Ergebnissen und Schlussfolgerungen aus den Zwischenberichten der Teilprojekte und wurde vom IfÖL in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erstellt.

---

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

TPNr.	Institut/Department	Teilprojekt-leiterIN	Name des Teilprojektes	Kurzbezeichnung der Institute
1	Institut für Ökologischen Landbau <sup>1</sup>	Freyer/ Surböck	Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenbau, Projektkoordination	IfÖL
2	Institut für Bodenforschung <sup>2</sup>	Wenzel	Bodenchemie und -physik	IBF
3	Institut für Hydraulik und landes-kulturelle Wasserwirtschaft <sup>3</sup>	Klik	Bodenwasserhaushalt und Erosion	IHLW
4	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung <sup>4</sup>	Muhar/ Schauppen-lehner	Metadatenbank und WEB-Portal	ILEN
5	Institut für Meteorologie <sup>3</sup>	Eitzinger	Agrarmeteorologie	BOKU-MET
6	Institut für Zoologie <sup>5</sup>	Bruckner	Bodentiere	Zoologie
7	Bio Forschung Austria	Kromp	Nützlinge	BFA
8	Institut für Botanik <sup>5</sup>	Bernhardt	Ackerwildkräuter und Diasporen	Botanik
9	Institut für Zoologie <sup>5</sup>	Straka	Avifauna	Zoologie
10	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung <sup>4</sup>	Brandenburg	Managementkonzept Biotopstrukturen	ILEN
11	Zentrum für Umwelt und Naturschutz <sup>5</sup>	Holzner/ Pachinger	Naturschutzbiologie/Wildbienen	ZUN
12	Institut für Nutztierwissenschaften <sup>1</sup>	Zollitsch	Futtermittel	NUWI
13	Institut für Agrar- und Forstökonomie <sup>6</sup>	Eder	Ökonomie	Agrarökonomik
14	Landwirtschaftliche Bundesversuchswirtschaften (BVW) GmbH	Draxler/ Naglitsch, Kurta	Leitung und Bewirtschaftung Gesamtbetrieb	BVW
	Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf <sup>7</sup>	Wagentristl/ Refenner	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	VWG
	Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzensysteme – TU München	Schmid	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	TUM

<sup>1</sup>Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien<sup>2</sup>Department für Wald- und Bodenwissenschaften, BOKU Wien<sup>3</sup>Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, BOKU Wien<sup>4</sup>Department für Raum, Landschaft, Infrastruktur, BOKU Wien<sup>5</sup>Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU Wien<sup>6</sup>Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, BOKU Wien<sup>7</sup>Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, BOKU Wien

**Tabelle 2: Informationen zum Versuchsbetrieb (Biobetrieb Rutzendorf):**

Versuchsbetrieb:	Biobetrieb Rutzendorf der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH, östlich von Wien im Marchfeld (Pannonisches Trockengebiet)
Versuchsdauer:	seit 2003 Langzeitmonitoring
Bewirtschaftung:	seit Herbst 2001 organisch biologisch
Untersuchungsebenen:	Parzellenversuche, Transekte, Betrieb / Landschaft
Klima- und Bodendaten:	9,8°C, 520 mm, meist Tschernoseme (Schwarzerden), lehmiger Schluff bis Lehm
Betriebsflächen:	140 ha Ackerfläche (8 Schläge), zusätzlich 3,20 ha Dauerbrache Ökostreifen: 1,8 % der Ackerfläche (1,72 ha, Ansaat 2003; 0,81 ha, Ansaat 2007) felderbegrenzende Biotopstrukturen (Hecken, Baumreihen, Säume, Raine)
Leitfruchtfolge:	1. Jahr: Luzerne 2. Jahr: Luzerne 3. Jahr: Winterweizen + Zwischenfrucht 4. Jahr: Körnermais 5. Jahr: Sommergerste + Zwischenfrucht 6. Jahr: Erbse + Zwischenfrucht 7. Jahr: Winterweizen 8. Jahr: Winterroggen

**Tabelle 3: Fruchtfolge am Biobetrieb Rutzendorf seit dem Jahr 2003**

Erntejahr Schlag	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
S1	SGERSTE ZF	WGERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER-MAIS	SGERSTE
S2	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	SONNEN- BLUMEN	WROGGEN ZF	FERBSE ZF	WROGGEN
S3	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER- MAIS	SGERSTE ZF	FERBSE ZF	WWEIZEN
S4	FERBSE ZF	WWEIZEN ZF	WROGGEN ZF	SGERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN
S5	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN	WWEIZEN ZF	SGERSTE	LUZERNE	LUZERNE
S6	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN	TRITICALE	FERBSE ZF	WWEIZEN	LUZERNE
S7	FERBSE ZF	WROGGEN ZF	TRITICALE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER- MAIS
S8	TRITICALE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER- MAIS	SGERSTE ZF	FERBSE

Anmerkung: Umstellungsfruchtfolge am Biobetrieb mit schlagspezifischem Einstieg in die Leitfruchtfolge

WWeizen...Winterweizen, WRoggen...Winterroggen, WGerste...Wintergerste  
SGerste...Sommergerste, FErbse...Futtererbse (Pelusckhe)

Tabelle 4: Übersicht über die Erhebungsflächen

Ort der Probenahme	Auswahlkriterien	Anzahl/ Code	Unter- suchungen
<b>Kleinparzellenversuch (KPV):</b> 12 PDF, 3 DV, 4 WH	7 Schläge; mittlere Bodenbonität	7 KPV/ <b>S2M-S8M</b>	Pflanzen (Boden)
<b>Kleinparzellenversuch (KPV):</b> 12 PDF, 3 DV bzw. 4 DV, 4 WH	1 Schlag; mittlere Bodenbonität	1 KPV/ <b>S1M</b>	Pflanzen Boden Wasser
<b>Kleinparzelle (KP):</b> 1 PDF und 1 BDF; (Referenzfläche bio., 1 DV)	1 Schlag; geringe Bodenbonität	1 KP/ <b>S1G</b>	Pflanzen Boden Wasser
<b>Kleinparzelle (KP):</b> 1 PDF und 1 BDF, (Referenzfläche konv.)	1 konventionell bewirtschafteter Schlag; mittlere Bodenbonität	1 KP/ <b>SK</b>	Pflanzen Boden Wasser
<b>Transekte:</b> Aufnahmestrecken direkt in Landschaftselementen und in angrenzenden Ackerflächen in bestimmten Entfernungen dazu	Baumreihe mit Öko- streifen, 4 Schläge, mittlere Bodenbonität Hecke mit Ökostreifen, 2 Schläge, geringe Bodenbonität	1 Transekt Nord/ <b>TN 1–TN 9</b>  1 Transekt Süd/ <b>TS 1–TS 8</b>	Pflanzen Wasser Nützlinge Kleinklima
<b>Landschaftselemente</b> (Biotopstrukturen)	Hecken, Baumreihen, Säume, Raine, Öko- streifen, Bracheflächen	variabel	Bodentiere Nützlinge Avifauna Vegetation
<b>Ackerflächen Gesamtbetrieb</b>	8 Schläge (3 Schläge davon bestehen aus jeweils 2 Teilschlägen)	<b>S1-S8</b>	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).

Code: S1M = Kleinparzellenversuch: Schlag 1, mittlere Bodenbonität; S1G = Kleinparzelle: Schlag 1, geringe Bodenbonität; SK = Kleinparzelle: Schlag konventionell bewirtschaftet, mittlere Bodenbonität (am Biobetrieb Rutzendorf angrenzend); 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.

Säume: von hohen Kräutern dominierte Strukturen, die Waldränder und Hecken begleiten.



## Erläuterung Düngungsvarianten (Düngungssysteme):

Die geprüften Düngungsvarianten bzw. -systeme unterscheiden sich hinsichtlich der Art, Menge und Qualität der Zufuhr von organischer Substanz und der Einbringung von Nährstoffen in das Betriebssystem. Die Fruchtfolge inkl. der Zwischenfrüchte und die Bodenbearbeitungsmaßnahmen werden in allen Düngungsvarianten gleich gestaltet. Die Zwischenfrüchte werden bei allen Düngungsvarianten als Gründüngung in den Boden eingearbeitet und nicht abgefahren.

- **Düngungsvariante 1 (DV 1) „Gründüngung“**

Auf eine externe Nährstoffzufuhr wird verzichtet. Die Flächen werden nur mit organischer Substanz aus der Gründüngung (= Luzernemulch) versorgt.

- **Düngungsvariante 2 (DV 2) „Gründüngung + Biotonnekompost“:**

Zusätzlich zur Gründüngung mittels Luzernemulch findet eine Zufuhr von organischer Substanz und Nährstoffen aus externen Quellen statt. Es wird Biotonnekompost aus dem kommunalen Bereich eingesetzt. Grundlage für die Berechnung der Aufwandmenge sind die negativen Bilanzsalden an Phosphor und Kalium der Leitfruchtfolge, welche mit zwei Kompostgaben je Schlag innerhalb einer Fruchtfolgerotation ausgeglichen werden sollen, wobei die maximal erlaubten Ausbringungsmengen (N-Obergrenzen) berücksichtigt werden.

- **Düngungsvariante 3 (DV 3) „Stallmist“:**

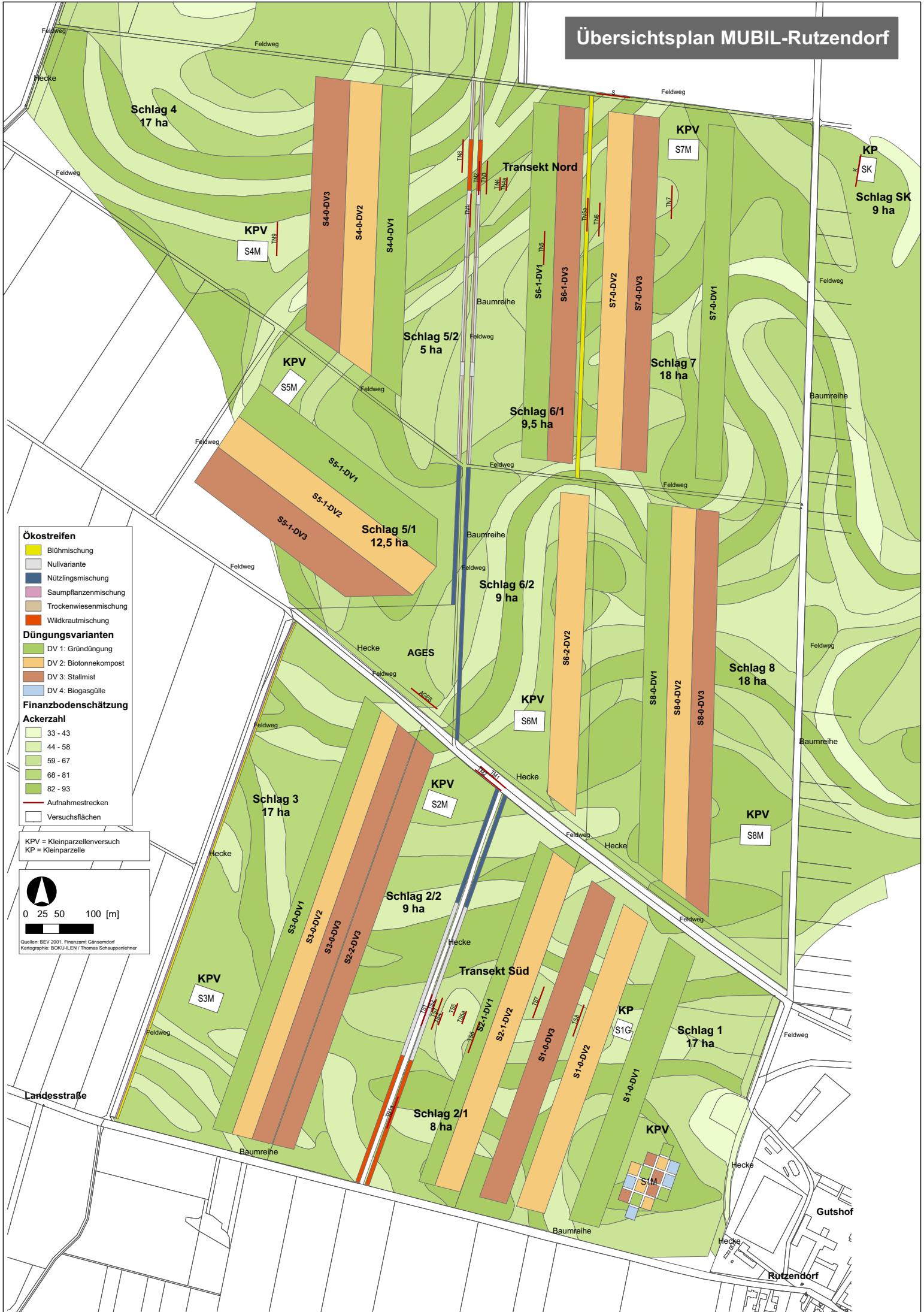
Weitgehend geschlossene Betriebskreisläufe werden simuliert. Dazu wird organischer Dünger aus Tierbeständen in das Betriebssystem eingebracht. Die zweijährige Luzerne der Leitfruchtfolge liefert die Futtergrundlage für eine Mutterkuhherde mit umgerechnet 0,5 GVE/ha. Das Grundfutter (Luzerne) und das für die Einstreu benötigte Stroh wird von den Parzellen dieser Düngungsvariante abgefahren. Der berechnete Mistanfall wird jährlich auf zwei Parzellenversuche aufgeteilt.

- **Düngungsvariante 4 (DV 4) „Pflanzliche Biogasgülle“:**

Diese Düngungsvariante wird nur in einem Kleinparzellenversuch (S1M, ab 2008) umgesetzt. Hintergrund dieser Variante ist entsprechend der DV 3 die Simulation von weitgehend geschlossenen Betriebskreisläufen. Luzernegrünmasse wird von den Parzellen für die Erzeugung von Biogasgülle durch anaerobe Fermentation abgefahren. Die dafür eingesetzten Luzernemengen sind an der DV 3 „Stallmist“ orientiert. Dem Entzug äquivalente Mengen der Biogasgülle werden als Dünger auf die Flächen zurückgebracht.

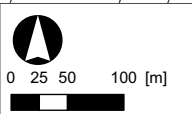
---

# Übersichtsplan MUBIL-Rutzendorf



- Ökostreifen**
- Blütmischung
  - Nullvariante
  - Nützlingsmischung
  - Saumpflanzenmischung
  - Trockenwiesenmischung
  - Wildkrautmischung
- Düngungsvarianten**
- DV 1: Gründüngung
  - DV 2: Biotonnekompost
  - DV 3: Stallmist
  - DV 4: Biogasgülle
- Finanzbodenschätzung**
- Ackerzahl**
- 33 - 43
  - 44 - 58
  - 59 - 67
  - 68 - 81
  - 82 - 93
- Aufnahmestrecken  
Versuchsfächen

KPV = Kleinparzellenversuch  
KP = Kleinparzelle



Quellen: BEV 2001, Finanzamt Gänserndorf  
Kartographie: BOKU-LEON / Thomas Schuppenlehner

Landesstraße

Gutshof

Rutzendorf

## 2 AUSWIRKUNGEN VON BEWIRTSCHAFTUNGS- UND AGRARÖKOLOGISCHEN MASSNAHMEN

### 2.1 Auswirkungen biologischer Bewirtschaftung und unterschiedlicher Düngungssysteme auf Boden und Pflanze

#### 2.1.1 Bodenchemische Werte

Die pflanzenverfügbaren Konzentrationen von Kalium und Phosphor (CAL-Extrakt) blieben im Vergleich zum Zeitraum 2003-2005 unverändert im „gut versorgten“ Bereich. Lediglich die neue Düngevariante DV4 wies etwas geringere Phosphor-Gehalte auf. Für Kalium wurden bei der gering bonitierten Fläche S1G geringfügig höhere Konzentrationen gefunden. Mit zunehmender Tiefe sank die Konzentration von Kalium und Phosphor deutlich ab, ein zeitlicher Trend war jedoch auch hier nicht zu finden. Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass die Versorgung der Pflanzen mit Phosphor und Kalium im gesamten bisher untersuchten Zeitraum (2003-2008) stabil geblieben ist und damit eine ausreichende Versorgung der Feldfrüchte gegeben war.

Mit der zweijährigen Luzerne konnte das Stickstoffnachlieferungsvermögen des Bodens bei allen biologisch bewirtschafteten Düngungsvarianten (DV) deutlich gesteigert werden. Die Gehalte im Kleinparzellenversuch S1M stiegen im Jahr 2008 auf ungefähr das Doppelte der Werte zur ersten Aufnahme im Jahr 2003 an (von „niedrig“ zu „mittel“ nach den Gehaltsstufen der Richtlinien für eine sachgerechte Düngung, BMLFUW, 2006). Die Luzerne baut über die Luftstickstoffbindung und die Speicherung des Stickstoffs in ihre organische Substanz und den Bodenvorrat ein wesentliches Stickstoffpotential zur Versorgung der nachfolgenden Marktfrüchte auf. Die unterschiedlichen Düngungsvarianten hatten Auswirkungen auf die Nitratdynamik im Boden. Bei der DV 3 (Stallmist) führte die Luzerneabfuhr in den Jahren 2005 und 2006 zu einer geringeren Erhöhung der Stickstoffnachlieferung als bei den Varianten 1 und 2 mit Luzernemulch. Die Luzernennutzung spiegelte sich auch in den Boden-N<sub>min</sub>-Gehalten unter Körnermais Ende Mai 2008 wieder, wo die DV 3 den geringsten Wert aufwies. Ein Einfluss auf den Maisertrag wurde jedoch nicht festgestellt, da vermutlich im Laufe der Vegetationszeit weiterer Stickstoff aus der Stallmistdüngung nachgeliefert wurde.

Im Gegensatz zum Zeitraum 2003-2005 wurden keine weiteren bodenchemischen Parameter untersucht, da Veränderungen erst über eine längere Beobachtungszeit erwartet werden bzw. erfassbar werden (~10 Jahre). In der Projektphase 2006 bis 2008 wurde auch die Erhebung der bodenmikrobiellen Parameter (mikrobielle und pilzliche Biomasse, Mykorrhizabesiedelung) ausgesetzt. Das genaue und umfangreiche Bodenmonitoring zu Beginn der Umstellung in den Jahren 2003 und 2005 sollte daher in einem Folgeprojekt wiederholt werden.

#### 2.1.2 Bodenphysikalische Werte und Bodenwasserhaushalt

In niederschlagsarmen Vegetationsperioden zeigt sich, dass biologisch bewirtschaftete Flächen höhere Profilwassergehalte aufweisen als konventionell bewirtschaftete. So waren etwa 2008 auf der Fläche S1M bei Körnermais über den Messzeitraum um bis zu 35% mehr Bodenwasser vorhanden als bei Kartoffel auf SK. In Vegetationsperioden mit höheren Niederschlagsmengen wäre dieser Unterschied – wenn überhaupt - nur gering. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngungsvarianten lässt sich nicht erkennen.

Bodenphysikalische Kennwerte wie Trockendichte, Wasserdurchlässigkeit und Aggregatstabilität werden mehr von der angebauten Kultur und der Jahreszeit beeinflusst als von der Art der organischen Düngung. Eine dichte Bepflanzung wie etwa bei Luzerne und Winterweizen wirkt sich günstig auf diese Bodenkennwerte aus.

### 2.1.3 Bodenfauna

In den ersten drei Jahren des Monitorings stagnierten die Dichten und Artenzahlen aller drei untersuchten Tiergruppen in den biologischen Düngungsvarianten geringfügig über dem Niveau der konventionellen Vergleichsfläche. Ab 2005 entwickelten sich die Gemeinschaften der Collembolen (Springschwänze) und Gamasinen (Raubmilben) der biologisch bewirtschafteten Kleinparzellen dann stark nach oben (Erhebungen in den Kleinparzellenversuchen S1M und S4M). Die Dichten erreichten 2007 einen ausgeprägten Peak, der im Jahr darauf wieder abflachte; die Artenzahlen stiegen generell beständig. In der Zusammensetzung der Arten und der Dominanzstruktur wichen die Collembolen und Gamasinen der biologischen Kleinparzellen nur geringfügig von der konventionellen Fläche ab. Die Faunen der Düngungsvarianten waren dagegen nicht voneinander unterscheidbar und zeigten im Verlauf des Monitorings eine gerichtete Entwicklung, die parallel zur steigenden Artenzahl verlief. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Maßnahmen des ökologischen Landbaus in den ersten etwa drei Jahren der Umstellung keinen Effekt auf die Collembolen und Gamasinen des Betriebs hatten, sich die Faunen aber seit 2005 sehr dynamisch und gerichtet veränderten. Einen spezifischen Effekt einer der drei Düngungsvarianten gab es bislang nicht.

Als wesentlich träger erwiesen sich die Oribatiden (Hornmilben). Auch hier lagen die Dichten und Artenzahlen der Kleinparzellen konsistent über denen der konventionellen Fläche; und auch hier unterschieden sich die drei Düngungsvarianten nicht voneinander. Im Unterschied zu Collembolen und Gamasinen haben sich die Werte der Oribatiden im Untersuchungszeitraum aber nicht verändert, es gibt keinen messbaren Effekt der Umstellungsmaßnahmen. Wahrscheinlich ist für die Oribatiden der Ackerflächen die Intensität der Bodenbearbeitung der wesentliche steuernde Faktor, sie konnten daher nicht auf die verbesserten Lebensbedingungen reagieren. Pflug und Grubber wurden bisher bis auf die zweijährige Bodenruhe bei der Luzerne in der Fruchtfolge eingesetzt. Luzerne wurde im Frühjahr als Untersaat in Getreide oder im August nach einem Grubberstrich eingesät.

### 2.1.4 Ackerwildkrautflora und Diasporenbank

Der in MUBIL I vermutete artenanzahlerhöhende Einfluss der biologischen Bewirtschaftung beschränkt sich auf ein einmaliges, sprunghaftes Ansteigen am Beginn der Umstellung, was durch den Vergleich mit den Artenzahlen auf der Referenzfläche auch zum Ende von MUBIL II bestätigt wird. Ein kontinuierlicher Anstieg der Artenzahlen mit Fortdauer der biologischen Bewirtschaftung wurde jedoch nicht festgestellt. Die Artenzahlen und Deckungswerte sind generell sehr gering. Ein negativer Einfluss der biologischen Wirtschaftsweise über einen erhöhten Ackerwildkrautdruck resp. der einseitigen Entwicklung einzelner Beikrautarten auf die Kulturfrüchte und damit die Wirtschaftlichkeit, wurde nicht festgestellt. Den größten Einfluss auf das Aufkommen der Ackerwildkräuter hat indirekt die Kulturfrucht, da bei jenen mit extensiver Bodenbearbeitung (Luzerne) und geringer Frühjahrsdeckung (Mais, Futtererbse) die Artenanzahl deutlich erhöht war. Die Artenzahlen und Deckungsgrade gehen aber bei Änderung der Kulturfrucht im Folgejahr wieder zurück, wodurch kein negativer Einfluss auf die Kulturfolgefrucht gegeben war.

Die unterschiedlichen Düngungsvarianten zeigten keinen Einfluss auf die Entwicklung der Ackerwildkräuter oder der Diasporenbank. Da die meisten Schläge jedoch erst einmal gedüngt wurden, ist zur Bearbeitung dieser zentralen Frage eine kontinuierliche Fortführung des Monitorings von entscheidender Bedeutung.

Die Diasporenmengen im Boden sind generell gering, sie zeigen eine mit der Kulturfrucht bzw. Oberflächenvegetation korrelierende Schwankung.

Das Arteninventar auf den Flächen des Biobetriebs Rutzendorf ist relativ ähnlich zu jenem der Umgebung, wodurch auch kein verändernder Einfluss der Vegetation der Umgebung (etwa durch Einfliegen neuer Arten) auf die Ackerwildkrautflora innerhalb der Versuchsfelder angenommen werden kann.

---

### 2.1.5 Pflanzenbau (Ertrag und Qualität)

Grundsätzlich konnten mit der umgesetzten Fruchtfolge am Biobetrieb bei allen Düngungsvarianten bei entsprechender Wasserversorgung hohe Erträge und entsprechende Qualitäten erzielt werden. Damit werden Stickstoffbilanzrechnungen bestätigt, die von einem Mindestanteil von 25% Luzerne resp. Rotklee (-gras) (jeweils 2-jährig) in biologischen Fruchtfolgen ausgehen. In niederschlagsarmen Frühjahren kam es jedoch zu deutlichen Ertragseinbußen. Zwischen den Düngungsvarianten wurden aufgrund unterschiedlicher Luzernenutzung und organischer Düngung differenzierte Ertragsentwicklungen in einzelnen Fruchtfolgeabschnitten festgestellt.

Nach zweijähriger Luzerne mit Schnittnutzung und Abfuhr von Biomasse und Stickstoff (DV 3) waren die Winterweizenerträge und die Proteingehalte dieser Variante deutlich geringer als die Weizenerträge beim Mulchen der Luzerne und Belassen der Biomasse am Feld (DV 1 und 2). Eine statistisch gesicherte direkte Ertragswirkung der organischen Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist war bisher nicht feststellbar. Werden aber alle bisherigen organischen Düngergaben in den Versuchen betrachtet, lieferte die Stallmistdüngung tendenziell die höchsten Erträge. Innerhalb der Fruchtfolge können daher die Ertragsverluste des Winterweizens nach Luzerne durch die Ertragseffekte der Stallmistdüngung zu Druschfrüchten in späterer Fruchtfolgestellung aufgehoben werden. Obwohl mit dem Biotonnekompost zusätzliche Nährstoffe und organische Substanz in das System eingebracht werden, ist eine Düngewirkung bisher nicht oder nur in Ansätzen erkennbar. Ein Grund dafür liegt, bei im Mittel ähnlicher Zufuhr von Gesamtstickstoff über die Düngung wie bei Stallmist, in der geringen Stickstoffmineralisierung des Kompostes im Erntejahr der gedüngten Kultur. Die Düngung mit Biotonnekompost diente bisher vor allem als Ausgangsmaterial für die Humusbildung bzw. als Futtergrundlage für das Bodenleben. Die Berechnung der Nährstoff- und Humusbilanzen für die Düngungsvarianten mit dem Modell REPRO bestätigt die bisherige Ertragsentwicklung. Die Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) diente vor allem der Anreicherung des Boden-N-Vorrats. Bei der DV 3 („Stallmist“) war die Stickstoff-Zufuhr geringer als bei den Varianten 1 und 2. Der vorhandene Stickstoff wurde jedoch optimal genutzt und in Ertrag umgesetzt. Bei der kulturartenspezifischen Zuteilung der Dünger zeigte sich, dass die Düngung zu Körnermais mit einer günstigen Fruchtfolgestellung im zweiten Jahr nach Luzerne keinen zusätzlichen Ertragseffekt auslöste, während der Ertrag von Wintergetreide mit meist ungünstigerer Fruchtfolgestellung (noch ohne Luzerne in der Fruchtfolge bzw. 2 bis 4 Jahre nach Luzerne) durch die Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist tendenziell erhöht wurde.

Aufgrund der Akkumulationseffekte bei mehrmaliger Düngung und deren Wirkung auf den Humus- und Nährstoffhaushalt im Boden, einsetzenden Mineralisierungsprozessen und einer fortgesetzten Nährstoffabfuhr aus den relativ gut versorgten Böden über die Ernteprodukte, wird mittel- bis langfristig eine deutlich stärkere Differenzierung zwischen den Düngungssystemen erwartet.

Die untersuchten Wert gebenden Inhaltsstoffe (Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, N-freie Extraktstoffe, Stärke, Zucker, Mengenelemente: Ca, P, K, Mg, Na und Aminosäuren) werden durch die unterschiedlichen biologischen Düngungsvarianten (Proben der Ernte 2008: Kleinparzellenversuch S6M) nicht signifikant beeinflusst. Hinsichtlich des Gehaltes an Protein und Aminosäuren erreichen alle Düngungsvarianten vergleichbare Werte zu Weizenproben von konventionellen Vergleichsbetrieben. Demgegenüber schneiden die Proben von anderen Bio-Praxisbetrieben signifikant schlechter ab, weisen aber einen höheren Stärkegehalt auf. In vergleichenden Untersuchungen an Proben der Ernten 2004 und 2008 kann ein signifikanter Jahreseinfluss auf die Gehalte an Rohprotein und den meisten Aminosäuren sowie an Rohasche, Stärke, Zucker, Umsetzbarer Energie (Rind), P, Mg, K und Na nachgewiesen werden. Für die meisten dieser Nährstoffe ist der Gehalt im Jahr 2004 signifikant niedriger als im Jahr 2008; eine Ausnahme stellen die Gehalte an Stärke, K und Na dar, die 2008 niedriger als 2004 ausfallen. Der niedrige Protein- und Aminosäuregehalt der Proben aus den Bio-Praxisbetrieben unterstreicht die Notwendigkeit regelmäßiger Analysen in der Praxis zumindest des Rohproteingehaltes, um eine bessere Einschätzung des Futterwertes für Rationsplanungen vornehmen zu können.

### 2.1.6 Wirtschaftlichkeit

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wurden für die in den Jahren 2006 bis 2008 angebauten Kulturen Deckungsbeiträge errechnet. In die Kalkulationen flossen die Ertrags- und Bewirtschaftungsdaten der Parzellenversuche ein. Die Produkterlöse orientierten sich an den tatsächlichen Auszahlungspreisen der betreffenden Jahre. Die variablen Kosten wurden - wenn vorhanden - nach den tatsächlich eingesetzten Mengen und Preisen (Saatgut, Dünger) ermittelt bzw. mit Standardwerten je nach angewandtem Produktionsverfahren errechnet. Je nach Düngungsvariante fanden noch die variablen Kosten für die Gründüngung und die Düngung mit Biotonnekompost bzw. Stallmist Berücksichtigung. 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.

In allen drei Jahren war der Fruchtfolgedeckungsbeitrag (ohne Direktzahlungen) positiv. In den Jahren 2006 und 2007 lag er in einem Bereich von 330 bis 481 €/ha. Im Jahr 2008 wurden bei allen drei Düngungsvarianten wesentlich höhere Fruchtfolgedeckungsbeiträge erzielt (693 bis 753 €/ha). Die Düngungsvariante 1 wies in allen drei Jahren bessere Ergebnisse auf als die Variante mit Biotonnekompost bzw. Stallmist. Gemittelt über die Jahre 2006 bis 2008 erreichte die Düngungsvariante mit Biotonnekompost 90% und die Düngungsvariante mit Stallmist 82% des Fruchtfolgedeckungsbeitrag der Düngungsvariante 1 von 546 €/ha.

Die in der Analyse veranschlagten Kosten für die Düngung lagen umgelegt auf die gesamte Fläche zwischen 50 und 76 € je ha und Jahr bei der Düngung mit Biotonnekompost. Rund zwei Drittel davon fielen auf den Zukaufspreis für den Biotonnenkompost. Steht dieser zu günstigeren Konditionen zur Verfügung, können die Düngungskosten beträchtlich sinken. Für die Düngungsvariante mit Stallmist lagen die Kosten (Strohbergung, Luzernesilierung, Stallmistausbringung) bei 66 bis 88 € je ha und Jahr. Im Durchschnitt der drei Jahre konnten diese zusätzlichen Kosten nicht durch höhere Leistungen kompensiert werden. In einem Ackerbaubetrieb mit Viehhaltung könnte allerdings je nach betrieblicher Voraussetzung die Kostenverrechnung zwischen Ackerbau und Viehhaltung zu geringeren Kosten gegenüber der Kalkulation in Düngungsvariante 3 führen. So sind in der vorliegenden Kalkulation keine Erlöse für das vom Feld verbrachte Stroh inkludiert und die Silagebereitung wird als Kostenpunkt dem Luzerneanbau zugerechnet. Je nach Haltungssystem wird jedoch in einem Betrieb mit Viehhaltung Stroh eine Kostenposition darstellen und ebenso wie die Erzeugung von Silage als Kostenposition dem Betriebszweig Viehhaltung zugerechnet werden.

---

## 2.2 Auswirkungen von Hecken auf angrenzende Ackerflächen

### 2.2.1 Mikroklimatische Werte

Allgemein gesehen stellen sich die Witterungsverhältnisse am Untersuchungsstandort Rutzendorf seit Projektbeginn sehr unterschiedlich dar. Die Jahresniederschläge schwanken seit Beginn des Projektes von 384 mm (2003) bis 646mm (2007). Gerade die Niederschläge während des Sommerhalbjahres können räumlich sehr inhomogen sein, sodass die kontinuierlich Daten liefernde Referenzstation vor Ort von großer Bedeutung ist.

Es hat sich gezeigt, dass der Gesamt-Wirkungsbereich der Hecke in Abhängigkeit der Ausrichtung, Durchlässigkeit und Höhe etwa bis zum 15 bis 20-fachen seiner Höhe reicht und dass dem verfügbarem Wasser, sei es aus flüssigem oder festen Niederschlag, verminderte Verdunstung durch Windschutzanlagen oder in Form von Schneeverlagerungen große Bedeutung für die (Boden-)Wasserbilanz und in weiterer Folge für die Landwirtschaft an diesem eher trockenen Standort in Rutzendorf zukommt.

Nachdem der nördliche Heckenabschnitt geringfügig ausgelichtet wurde, zeigte sich dort im Vergleich zum belassenen Heckenabschnitt (mittleres Drittel) eine reale Zunahme der Windgeschwindigkeiten im Lee. Diese ist bei sehr kleinen Windgeschwindigkeiten äußerst gering, nimmt mit steigenden Windgeschwindigkeiten aber zu und kann bei höheren Windgeschwindigkeiten durchaus im Bereich von 1 m/s liegen. Bei höheren Windgeschwindigkeiten wird die frei durchströmbare Fläche relevant (das Blattwerk beugt sich dem Wind), sodass dem Grad der Heckenauslichtung eine entscheidende Rolle zukommt. Die testweise untersuchte Winddurchlässigkeit im Lee der (geringfügig ausgelichteten) Hecke beträgt im Mittel 34 % der Referenzstation in belaubten bzw. 49 % in unbelaubten Zustand.

In Bezug auf die Wasserbilanz wurde festgestellt, dass nicht nur die windbremsende Wirkung sondern auch die Schneeablage entlang der Hecken einen deutlich positiven Einfluss auf die Wasserversorgung der Pflanzen haben kann. Eine Ertragssimulation aufgrund der Verhältnisse im Frühjahr 2005 mit Schneewehen bis Mitte März zeigt nur eine geringe Unterschätzung der realen Ergebnisse. Für den Nahbereich der Hecke bedeutete dieses Wasseräquivalent der Schneewehen (Schneeverfrachtungen) zusätzliche 30% der normalen Jahresniederschlagssumme, woraus sich ein positiver Effekt auf den Bodenwasserhaushalt und den Ertrag der Pflanzen ergibt.

Aufgrund des Klimawandels ist in Mitteleuropa mit zunehmenden Sommertrockenheiten und deutlich erhöhten Wasserverlusten von Pflanzenbeständen zu rechnen. Daher werden Anpassungen zunehmend wichtig, welche die Wassernutzungseffizienz der angebauten Kulturen erhöhen. Eine dieser Maßnahmen ist der Einsatz von Hecken in der Landschaft zur Windbremsung und Reduktion der potentiellen Verdunstung. Aus dem MUBIL Projekt wurde eine für das Klimagebiet des Marchfeldes gültige Beschreibung dieser Wirkungen abgeleitet, die bisher nicht in dieser detaillierten Form vorlagen. Die Erkenntnisse daraus können direkt genutzt werden um den Heckeneinfluss auf den Landschaftswasserhaushalt und das damit verbundenen Produktionspotential der angebauten Kulturen abzuschätzen. Im weiteren kann das Potential und die Wirkung für Landschaftsstrukturänderungen in dieser Hinsicht quantitativ bestimmt werden, um entsprechende Anpassungsmaßnahmen wirkungsvoll zu steuern.

## **2.2.2 Bodenwasserhaushalt und Pflanzenertrag**

Die Untersuchungen über den Einfluss der Bodenschutzanlage (Leeseite zu einer dichten, ca. 8 m hohen Hecke) auf den Bodenwasserhaushalt ergaben eine positive Wirkung mindestens bis zu einem Abstand des 3-Fachen der Heckenhöhe. Dies liegt deutlich unter vielen Literaturangaben, die bis zum 10-Fachen der Heckenhöhe reichen. Die Wirkung auf den Bodenwasserhaushalt ist in trockenen Jahren wesentlich höher als in niederschlagsreichen. Dabei kann wie im niederschlagsarmen Jahr 2006 in einem Abstand bis zur 3-fachen Heckenhöhe bis zu 26 % mehr Wasser gespeichert werden.

In drei von vier Untersuchungsjahren konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe des Ertrages in der angrenzenden Ackerfläche und der Entfernung zur Hecke festgestellt werden. Bei Luzerne, Winterweizen und Sonnenblumen stieg der Ertrag mit zunehmender Nähe zur Hecke an. Die Ertragshöhe des Winterroggens im Jahr 2007 wurde hingegen nicht von der Hecke beeinflusst. Winterroggen legt sein Ertragspotential schon früh in der Vegetationsperiode fest, er verwurzelt gut und kann damit die Winterfeuchtigkeit optimal ausnutzen, wodurch er weniger unter der Vorsommerdürre leidet. Im Spätwinter 2007 traten auch keine Schneewehen auf, welche für ein höheres Wasserangebot in Heckennähe sorgen konnten. Starke Schneewehen entlang der Bodenschutzhecke im März waren ein wesentlicher Grund für die höheren Winterweizenerträge in Heckennähe bei einem insgesamt sehr warmen und trockenem Frühjahr 2005.

Das Ausmaß der Ertragssteigerung und die Reichweite des Einflusses der Hecke hängen ganz wesentlich von der angebauten Kultur und der Jahreswitterung ab. Die berechneten möglichen Ertragssteigerungen lagen zwischen 9,5 % bei Winterweizen (Jahr 2005) und 24,7 % bei Sonnenblumen (Jahr 2006). Ein ertragssteigernde Effekt wurde bis maximal 80 Meter Abstand von der Hecke festgestellt.

## **2.3 Gehölze, Ökostreifen, Säume am Betrieb – Vegetationsökologie, Einrichtungs- und Pflegemaßnahmen**

### **2.3.1 Hecken und Baumreihen**

Die mittels Strukturkartierung festgestellte Armut der Hecken bezogen auf die horizontale und vertikale Strukturierung der Hecken sowie bezogen auf die Artenzusammensetzung war Ausgangsbasis für die Entwicklung des Pflegekonzeptes. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist es bei optimaler Pflege möglich die Multifunktionalität der Hecken und Baumreihen zu gewährleisten und die Biodiversität der Biotopstrukturen zu erhöhen.

Die Gesamtkonzeption und die Maßnahmen des vorgeschlagenen Managementkonzeptes der Biotopstrukturen wurden mit den am MUBIL-Projekt beteiligten Forschungseinrichtungen und den betroffenen Nutzergruppen abgesprochen. Das Managementkonzept ist ein einfach erfassbares, flexibel gestaltbares Instrument, mit dem die Biotopstrukturen in Rutzendorf vorausschauend weiterentwickelt werden können. Auch ist das vorgeschlagene Konzept als ein lernendes Instrument anzusehen, das jederzeit entsprechend den geänderten inhaltlichen Schwerpunktsetzungen angepasst werden kann. Mit den derzeit vorgeschlagenen Maßnahmen sollen in den nächsten 15 Jahren die bestehenden Biotopstrukturen behutsam erneuert und verbessert werden. Durch die Umsetzung der Maßnahmen in die Praxis und einer noch zu leistenden ökonomischen Bewertung und Optimierung der Maßnahmen, kann das Managementkonzept Vorbildwirkung für die Pflege von Biotopstrukturen im Marchfeld haben.

---



### 2.3.2 Ökostreifen und Säume

Im Zuge der Umstellung wurden 2003 und 2007 Ökostreifen mit folgenden Zielen angelegt: (1) die Diversität der Flora und Fauna zu erhöhen und damit eventuell Nützlinge zu fördern, (2) vom Aussterben bedrohte oder im Marchfeld bereits ausgestorbene Arten zu etablieren und (3) den Biobetrieb auch landschaftlich zu etwas Besonderem, sich von anderen Flächen abhebenden zu machen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ansaaten trotz stellenweiser Startprobleme (wegen Trockenheit oder ungünstigem Anbauermin) langfristig erfolgreich waren. Einige im Marchfeld praktisch ausgestorbene Arten wurden wieder angesiedelt. Einjährige Ackerwildkrautarten wurden aber größtenteils im Zuge der Vegetationsentwicklung wieder von ausdauernden Arten verdrängt.

Da die spontan aufkommende Flora der Ökostreifen, die nicht eingesät worden waren (Nullvarianten) bis 2008 artenarm blieb, ist bewiesen, dass in derartigen Agrarlandschaften nur durch die anfängliche Einsaat von Wildpflanzen eine Steigerung der Biodiversität erreicht werden kann. Dies gilt nicht nur für den Biobetrieb Rutzendorf, sondern für alle Flächen, wo geeignete Vegetation, welche eine Einwanderung ermöglicht, in der Umgebung fehlt. Aus den Windschutzstreifen wandern eher Arten ein, die zu Unkräutern werden können, wie Quecke oder Trespens-Arten. Aus Akzeptanzgründen können Einsaaten bevorzugt werden, die zu trockenrasen- oder wiesenartigen Beständen führen. Diese müssen aber konsequenterweise auch gemäht bzw. gehäckselt werden. Eine Gefahr von Verunkrautung von den Ökostreifen her konnte im Großen und Ganzen nicht festgestellt werden. Dies gilt besonders für die Flächen, welche mit mehrjährigen hochwüchsigen und konkurrenzstarken Wildkrautarten besät waren, sowie für die Trockenrasen- und Wiesenbestände.

## 2.4 Auswirkungen des Gesamtsystems (biologische Bewirtschaftung und agrarökologische Begleitmaßnahmen) auf die Fauna am Betrieb

### 2.4.1 Bodenfauna

Die Dichten und Artenzahlen der Oribatiden der Ökostreifen haben sich seit etwa 2005 stark nach oben entwickelt; viele der neuen Arten stammten aus den Hecken, die vor Beginn des Projektes vorhanden waren und daher eine wichtige Reservoirfunktion hatten. Die Oribatidenfauna aller anderen im Monitoring erfassten Nutzungstypen (konventionell, biologische Düngungsvarianten, Hecken) hat sich dagegen nicht messbar verändert; Oribatiden sind offenbar eine ökologisch sehr träge Bodentiergruppe. Die Gemeinschaften der Hecken und der konventionellen Vergleichsfläche waren denen der biologischen Düngungsvarianten und der Ökostreifen sehr unähnlich.

Dagegen war die Entwicklung der Collembolen- und Gamasinenfauna in allen Nutzungstypen sehr dynamisch. Die Artenzahlen nahmen relativ gleichmäßig zu, die Dichten zeigten im Jahr 2007 einen ausgeprägten Peak, der im folgenden Jahr wieder abflachte. Diese Entwicklung wurde wahrscheinlich durch den außergewöhnlich milden Winter des Jahres 2006/07 verursacht, der die Mortalität erniedrigt und einen Immigration Schub neuer Arten ausgelöst haben könnte. Möglicherweise sind solche gepulsten Ereignisse wichtig für die Wiederherstellung der Bodenfauna ausgeräumter Agrarlandschaften, in denen die Bedingungen jahre-, vielleicht jahrzehntelang konstant ungünstig bleiben, um dann in einzelnen, besonders günstigen Jahren eine sprunghafte Entwicklung der Fauna zu ermöglichen. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob diese Hochstände auf den biologisch bewirtschafteten Flächen erhalten bleiben.

### 2.4.2 Nützlinge

Die aus den Arthropoden-Aufsammlungen bzw. Beobachtungen in den Projektjahren 2007 und 2008 vorliegenden Auswertungen unterstreichen die Bedeutung der angelegten Ökostreifen für die Artenvielfalt an Arthropoden im Allgemeinen sowie für die Anreicherung von Schädlingsantagonisten im Besonderen. Die meisten während der Untersuchungsjahre 2003, 2004, 2007 und 2008 gefangenen Laufkäferarten (> 20 spp.) wurden in Luzernefeldern, den jungen Ökostreifen (TN2 und TS2 in 2004, TN5 in 2007 und 2008) sowie im kurzrasigen Feldrain TM2 (in 2008) gefunden, die wenigsten (< 10 spp.) in der älteren Brache. Mit eigenständigen Faunenelementen tragen die nichtbewirtschafteten Biotope wesentlich zur Artenvielfalt der Laufkäfer (bisher 95 Arten nachgewiesen) im Betrieb Rutzendorf bei. Ein einheitlicher Trend einer zunehmenden Biodiversität infolge der Umstellung auf biologische Bewirtschaftung konnte in den Kulturfeldern aufgrund fruchtwechselbedingter Schwankungen der Laufkäferdiversität von Jahr zu Jahr nicht direkt nachgewiesen werden, kann aber im Vergleich mit den in allen Untersuchungsjahren niedrigen Artenzahlen im konventionellen Vergleichsfeld indirekt angenommen werden. Bei Sichtbeobachtungen wurden vorwiegend Schwebfliegen mit blattlausfressenden Larven angetroffen. Diese waren aufgrund des reichen Blütenangebots in und entlang der Ökostreifen angereichert. Bei 2007 und 2008 durchgeführten Einzelpflanzen-Bonituren von Erbsenblattläusen und deren Antagonisten in 3 verschiedenen Entfernungen von Ökostreifen wurden weniger Blattläuse in Ökostreifennähe festgestellt, allerdings keine höheren Dichten z.B. von Schwebfliegenlarven in der Nähe der Ökostreifen. 2007 wurden die Arthropoden der Vegetationsoberfläche entlang der Aufnahmestrecken mit dem Streifnetz erfasst und nach potenziellen Nützlings- bzw. Schädlingsgruppen ausgewertet. Die räumliche Verteilung der Gruppennzahlen unterstreicht die Bedeutung der Hecken und Ökostreifen für die Arthropoden-Biodiversität.

### 2.4.3 Wildbienen

Für Wildbienen kommt der Lage der Ökostreifen und der Ausstattung mit bestimmten Pollenfutterpflanzen und Nisthabitaten besondere Bedeutung zu. Eine hohe Wildbienenendiversität bei gleichzeitigem Auftreten anspruchsvoller und seltener Arten zeigte sich in den ostseitigen, 2003 mit Nützlings- oder Wildkrautmischung angebauten Ökostreifen. Die im Jahr 2007 angebauten Ökostreifen bieten zwar fast ebenso vielen Arten einen Lebensraum wie die vier Jahre älteren, es konnten hier jedoch beinahe ausschließlich euryöke Arten (d.h. Arten mit einem breiten Lebensraumspektrum) nachgewiesen werden. Die Untersuchungen zeigen damit die besondere Bedeutung des Faktors Zeit für die Entwicklung der Wildbienenfauna auf.

Der Verzicht auf Insektizide durch die biologische Bewirtschaftungsweise müsste positive Auswirkungen auf die Wildbienen auf den Ackerflächen mit sich bringen. Die Wildbienen können sich diesen Vorteil allerdings nicht nutzbar machen, da die für sie geeigneten Kulturen wie Luzerne nur sehr kurz blühen bevor sie gehäckselt werden und der Blühzeitraum somit nicht zur Verproviantierung der Nester reicht. Die Pflanzen müssten länger im Blühzustand am Feld stehen bleiben.

---

#### 2.4.4 Brutvogelfauna

Das Projektgebiet Rutzendorf zeichnet sich durch eine verarmte, für intensiv agrarisch genutzte Flächen des Marchfeldes typische Brutvogelfauna aus. Allerdings ist seit Projektbeginn im Jahre 2003 eine stetige Zunahme der Artenzahl und Individuenzahl der Brutvögel zu beobachten. Ein Zusammenhang mit einer Verbesserung der agrarökologischen Gesamtsituation durch die biologische Bewirtschaftung sowie durch die Anlage von Ökostreifen ist wahrscheinlich und durch die vorliegenden Beobachtungen dokumentiert.

Als besonders bedeutend für charakteristische Bodenbrüter der Agrarlandschaft, wie Feldlerche und Wachtel, erwies sich das Vorhandensein von Luzerne in der Fruchtfolge. Bei entsprechender, auf die Brutbiologie der einzelnen Arten abgestimmter Bewirtschaftung kommt diesen Flächen zentrale Bedeutung für das dauerhafte Vorkommen typischer Ackervögel zu. Die nicht ackerbaulich genutzten Landschaftselemente bestanden zu Projektbeginn fast ausschließlich aus Gehölzen, welche nur einer geringen Anzahl anpassungsfähiger und weit verbreiteter Vogelarten Lebensmöglichkeit boten. Durch die Anlage von Wildkrautstreifen wurden erste Verbesserungen zur Förderung schutzbedürftiger Zielarten durchgeführt. Ein Zusammenhang dieser Maßnahme mit der positiven Bestandsentwicklung des Rebhuhns und dem Vorkommen der Dorngrasmücke ist auf Grund der vorliegenden Beobachtungen wahrscheinlich.

### 3 METHODEN – ERFAHRUNGEN UND ENTWICKLUNGSBEDARF

Im Rahmen von MUBIL I wurde festgestellt, dass der üblicherweise verwendete CAL-Extrakt zwar recht gut als Indikator für die Verfügbarkeit von Phosphor und Kalium in landwirtschaftlichen Böden eingesetzt werden kann, jedoch die genaue Erfassung der gesamten Dynamik – insbesondere von Phosphor – an ihre Grenzen stößt. Deswegen wurden zwei neue Methoden getestet, um einen besseren Einblick in die bodenchemischen Prozesse zu gewinnen – mit dem Ziel, eine bessere Vorhersagbarkeit der langfristigen Versorgung (insbesondere in biologisch bewirtschafteten System) mit Phosphor zu gewährleisten.

Die erste getestete Methode wurde zur Erfassung des organisch-gebundenen Phosphors eingesetzt. Hier zeigte sich, dass sehr große Mengen von dieser Phosphor-Fraktion in den Böden lagern. Das bedeutete mit großer Wahrscheinlichkeit, dass diese Fraktion auch eine langfristig gute Versorgung mit Phosphor gewährleistet. Die genaue Dynamik (z.B. mikrobielle Abbauraten) wurde jedoch nicht erfasst, wäre aber ein lohnendes Ziel für weitere methodische Entwicklungen. Die zweite getestete Methode wurde eingesetzt, um die Kinetik der Phosphor-Nachlieferung zu erfassen. Hier zeigte sich, dass der Entzug des Phosphors durch die Pflanzen sich nicht im CAL-Extrakt wiederfindet, mit der neu getesteten Methode hingegen schon. In einem Topf-Versuch (der mit ausgewählten Böden, die nicht von den Flächen in Rutzendorf stammten, durchgeführt wurde) zeigten sich sehr deutliche Unterschiede in der Fähigkeit der Böden, den entzogenen Phosphor wieder nachzuliefern (d.h. die Fraktion des unmittelbar pflanzenverfügbaren Phosphors wieder „aufzufüllen“).

## **4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

### **I Die Rahmenbedingungen und Anforderungen an die Landwirtschaft sind gestiegen**

Nimmt man die Äußerungen über den Klimawandel ernst, so wird das System viehloser Ackerbau unter den Anbaubedingungen der ökologischen Landwirtschaft eines der in Zukunft weltweit wichtigsten Anbausysteme sein, um die Herausforderungen - Bodenfruchtbarkeitssicherung, Ressourceneffizienz und -effektivität, Biodiversitätssicherung, Wasserversorgung, Ernährungs- und Rohstoffsicherung – zu bewältigen. Wie diese im Detail aussehen und wie tragfähig, elastisch, strapazierfähig und effektiv dieses System sich darstellt und bewährt, lässt sich allerdings nur über ein multi-systemisches Monitoringverfahren langfristig feststellen.

### **II Grundlegende Erkenntnisse zum Forschungsprogramm MUBIL**

Die Ergebnisse nach dem sechsten Jahr MUBIL verdeutlichen die Notwendigkeit einer interdisziplinären wie langfristig ausgerichteten Monitoringforschung unter der Einbeziehung temporär differenzierter Versuchsfragestellungen zur Interpretation von spezifisch auftretenden Phänomenen, d.h.

- nur über Langzeitbeobachtung lassen sich die jeweiligen Phänomene erklären;
- nur über einen integrativen, mehrere Teilsysteme eines landwirtschaftlichen Betriebes umfassenden Untersuchungsansatz, können die disziplinär erfassten Phänomene hinreichend erklärt werden;
- nur über ein räumliches, die Interaktionen mit dem betrieblichen Umfeld (Windverhältnisse, Artenreservoir etc.) einbeziehendes Monitoring - Verfahren, können die disziplinär erfassten Phänomene interpretiert werden.

Vor diesem Hintergrund sind die zwei x drei-jährigen Forschungszyklen MUBIL I und II ermittelten Ergebnisse zu interpretieren. Im Folgenden werden nochmals die Eckpunkte und damit verbundenen Konsequenzen zusammengefasst.

#### **Klimatische Entwicklungen im Wandel:**

Die in Rutzendorf eingerichtete Klimastation zur Erfassung der lokalen klimatischen Bedingungen hat sich als unverzichtbar herausgestellt, da damit kleinklimatische Unterschiede, die erheblich sind, für eine ortsbezogene Interpretation aller anderen Daten zur Verfügung standen. Die sowohl gesamtjährlichen als auch jahreszeitlich spezifisch ausgeprägten Witterungsbedingungen unterstreichen an erster Stelle die Notwendigkeit eines Langzeitmonitorings, um sowohl für die Politik, die Praxis als auch die Forschung zu stabilen Ergebnissen und Empfehlungen zu gelangen.

---

**Reaktionen der Bodennährstoffe auf die Bewirtschaftungsmaßnahmen:**

Nach sechs Jahren der Umstellung sind bilanztechnisch keine bedeutenden Abnahmen der P- und K-Gesamtgehalte im Boden zu erwarten gewesen. Indem keine Mineraldünger ausgebracht werden, erfolgte auch keine „künstliche“ Erhöhung der CAL-Werte von Phosphor und Kalium. Dagegen leistete die Mineralisierung von Gründüngungen und organischen Düngern einen Beitrag zur Aufrechterhaltung dieser Bodenkennwerte.

Die im Nährhumus gespeicherten Nährstoffe werden sich bei Fortführung der organischen Anbausysteme weiter verändern. Bei der DV1 (Gründüngung) und DV 3 (Stallmist) werden Nährstoffe durch die Marktfrüchte von der Fläche exportiert, diese werden aber nicht durch einen entsprechenden Ersatz mittels externer Nährstoffzufuhr ausgeglichen. Nur bei der DV2 (Gründüngung + Biotonnekompost) erfolgt ein Ausgleich der Exporte durch die Zufuhr von Biotonnekompost von außen. In DV 1 und DV3 ist mit der Zeit eine Abnahme der verfügbaren Nährstoffpools zu erwarten. Von Bedeutung sind die ersten Schritte in der Entwicklung sensibler Analysemethoden, welche organisch gebundene Nährstoffe erfassen.

**Die pflanzenbaulichen Erträge reagieren auf die optimierten Bodenverhältnisse und die unterschiedliche Nährstoffverteilung:**

Mit der zweijährigen Luzerne in der Fruchtfolge werden die Bodenstruktur und der Stickstoffhaushalt für die nachfolgenden Kulturen optimiert. Eine gute Wasserversorgung ist aber Voraussetzung, damit Pflanzenrückstände mineralisieren und die Nachfrüchte die guten Bedingungen auch in einen entsprechenden Ertrag umsetzen können.

Die ausgebrachten Mengen an Biotonnekompost waren eine Zukunftsinvestition für die langfristige Bodenverbesserung sowie den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und hatten bisher keine bzw. nur sehr geringe Ertragseffekte. Deutliche Auswirkungen hatte hingegen die Abfuhr der oberirdischen Biomasse aus der Luzerne und deren Rückfuhr mit Stroh als Einstreu über den Stallmist. Die Ertragsminderung des Winterweizens nach der Luzerneabfuhr wurde durch eine Ertragssteigerung mit der Stallmistdüngung ausgeglichen. Profitiert von der Umverteilung haben vor allem Kulturen mit einer ungünstigeren Fruchtfolgestellung. Entscheidend für mögliche Ertragseffekte ist die Art der organischen Dünger und die Verteilung der vorhandenen Gründüngungsbiomasse. Hier besteht Forschungsbedarf, um den Gesamtertrag der Fruchtfolge auch in viehlosen biologischen Betrieben stabilisieren und erhöhen zu können.

**Produktqualität reagiert auf Vorfrucht und Witterung:**

Die Qualität biologischer Produkte, hier untersucht am Beispiel Weizen, zeigt fruchtfolge- und witterungsspezifische Reaktionen auf. Anders als in der konventionellen Wirtschaftsweise können hier Mineraldünger nicht nivellierend eingreifen. Die Stellung in der Fruchtfolge sowie die gesamte Fruchtfolge sind von Bedeutung für die Inhaltsstoffe. Längerfristige Untersuchungen, welche den akkumulierenden Effekt der Fruchtfolgen sowie der organischen Dünger erfassen, können erst nachweisen, welche Qualitäten und Erträge in einem optimal umgestellten Betrieb erzeugt werden können.

**Der Wasserhaushalt reagiert:**

Die Ergebnisse der Wassergehaltsuntersuchungen weisen darauf hin, dass mit den ökologischen Fruchtfolgen der Profilwassergehalt gesteigert werden kann. Da Kulturart und jahreszeitliche Niederschlagsverteilung sowie akkumulative Effekte über die Fruchtfolgen und organischen Dünger von erheblicher Bedeutung sind, bedarf es der Fortsetzung dieser Erhebungen und Analysen. Insbesondere interessiert in Zukunft auch das Verhältnis zwischen erzeugter Biomasse und Niederschlag.

**Die Wasserversorgung ist (auch) eine Frage der Landschaftsgestaltung:**

Die Untersuchungen der Auswirkungen von Gehölzstrukturen unterstreichen deren Bedeutung für den Wasserhaushalt unter den umliegenden Nutzflächen. Es wurde jedoch deutlich, dass die Gestaltung optimaler Wirkungen weitaus mehr Wissen über Heckenstrukturen erforderlich machen. D.h. auch, dass für einen nachhaltig wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieb allein unter dem Gesichtspunkt der Optimierung des Wasserhaushaltes, Gehölzstrukturen von erheblicher Bedeutung sein werden und deren „Feinjustierung“ auf der Landschaftsebene unverzichtbar wird.

**Bodentiere nehmen zu, aber sie beanspruchen Zeit:**

Die bodenfaunistischen Untersuchungen demonstrieren zum einen, dass die Arten sehr zögerlich aber doch über einen Zuwachs auf die Veränderungen des Anbausystems reagieren. Zum anderen lassen bislang ausbleibende, differenzierende Effekte der organischen Dünger (Biogasgülle wurde bislang nur in einem Jahr untersucht) erkennen, dass bei den eher geringen Düngermengen erst längerfristig Veränderungen des Bodenmilieus zu erwarten sind und damit die Bewertung von Auswirkungen auf die Bodenfauna einen weitaus längeren Untersuchungszeitraum erforderlich macht. Da bislang die Bodenbearbeitung intensiv ausgerichtet ist, und noch keine systemische Anpassung erfahren hat, fehlt ein wesentlicher Einflussfaktor zur Beurteilung der bodenfaunistischen Entwicklung. D.h., dass neben der Frage der Wasserversorgung und der Humusentwicklung auch vor diesem Hintergrund eine Integration von Bodenbearbeitungsvarianten in das zukünftige Untersuchungsdesign wünschenswert ist.

**Das Beikrautartenpotential am Standort ist gering, die Zufuhr von Samen von außen unverzichtbar:**

In der Beikrautentwicklung ist zunächst einmal festzustellen, dass die Diasporenmengen im Boden gering sind. Erhöhter Beikrautdruck kann auf den Flächen nicht beobachtet werden, die Zunahme an Beikrautarten ist als gering zu bezeichnen, Auswirkungen der organischen Düngung sind nicht zuletzt aufgrund der bisher nur einmaligen Anwendung kaum festzustellen. Daraus lässt sich vorläufig schließen: je später mit einer Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise begonnen wird, umso weniger ist eine Zunahme der Ackerwildkrautflora aus dem Diasporenvorrat zu erwarten. Eine intensive nicht biologische Bewirtschaftung im Umfeld grenzt die Wahrscheinlichkeit des Eintrages an Samen von anderen Biobetrieben ein. Ein Zuwachs an Samenpotential ist umso wahrscheinlicher, desto mehr Biobetriebe in der Region vorhanden sind (Eintrag Wind) und desto höhere Artenzahlen und Abundanzen in der Avifauna zu verzeichnen sind. Eine Zufuhr an Samen über den von außen eingebrachten Stallmist ist dann zu erwarten, wenn die Heißrotte nicht die gesamte Biomasse erfasst und somit Samen überleben können.

**Erst eine gezielte Revitalisierung der Gehölzstrukturen und Ökowertstreifen führt zum Erfolg:**

Ähnlich den Untersuchungen zur Ackerwildkrautflora zeigen die Ergebnisse der Ökostreifenansaat, dass diese zur Revitalisierung der Biodiversität unverzichtbar sind. Ökostreifen wie auch Gehölze erwiesen sich auch in Bezug auf ausgewählte faunistische Vertreter als die bedeutsamsten Artenpools. Aber auch hier wurde deutlich, dass temporär ausgeprägte Witterungsereignisse zu Entwicklungsimpulsen führen können, die nicht oder nicht nur unmittelbar mit dem Anbausystem und der Landschaftsgestaltung in Verbindung zu bringen sind und von daher langfristige Beobachtungsreihen unverzichtbar sind, um Fehlschlüsse zu vermeiden.

---

Sowohl die Gehölzstrukturen als auch die Ökostreifen unterstreichen deren Bedeutung für die Nützlingsdichte sowie die Interaktionen zwischen Nützlings- und Schädlingspopulationen. Die Optimierung der Gehölzstreifen aber auch die Anlage der Ökostreifen hat sich ebenso förderlich auf die Artenvielfalt und die Anzahl der Brutvogelpaare ausgewirkt. Der Futterleguminose Luzerne kommt innerhalb des Anbausystems die Schlüsselrolle für eine Zunahme der Avifauna zu, wobei auch hier ein fein abgestimmtes Nutzungs- und Pflegemanagement voraussetzungsvoll ist.

### **Wirtschaftlichkeit ist langfristig zu bewerten:**

Unter ökonomischen Gesichtspunkten wird einmal mehr deutlich, dass die Umstellungsphase, in der keine Biopreise lukriert und in die Bodenfruchtbarkeit investiert werden muss, Umstellungsbeiträge sinnvoll erscheinen. Unter einer systemischen Perspektive bedarf es langfristiger Untersuchungen der ökonomischen Entwicklung, da erst diese nachweisen können, ob die Investitionen in die Bodenfruchtbarkeit sich als wirtschaftlich erweisen, über die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit sowie insbesondere die erhöhte Wasserverfügbarkeit, welche unmittelbar ertragswirksam wird und damit das betriebswirtschaftliche Ergebnis positiv beeinflusst.

### **III Was lässt sich für die Praxis ableiten?**

Ein Langzeitmonitoring zielt bewusst darauf ab, vor allem solche Entwicklungsprozesse zu untersuchen, die langfristigen Veränderungen unterliegen. Je nach dem, welche agrarökologischen und agrarischen Prozesse beobachtet werden, können bereits nach wenigen Jahren für die Praxis bedeutsame Hinweise abgeleitet werden. Bei allen Hinweisen, die im Folgenden gegeben werden, sollen sich die PraktikerInnen immer die Frage stellen: wie und unter welchen Umständen sind die Erkenntnisse aus der Forschung in meinem eigenen Betrieb von Bedeutung? Ideal wäre, sich darüber gemeinsam mit den ForscherInnen auszutauschen. Wie bereits im vorausgehenden Text ausgeführt, müssen wir auf die Vorläufigkeit der Ergebnisse verweisen – die Natur reagiert in manchen Fällen sehr kurzfristig auf menschliche Eingriffe, in anderen Fällen erfolgen Veränderungen erst über Jahre – hier müssen wir uns gedulden!

### **Klima und Witterung:**

Einmal mehr gibt auch diese Untersuchung den eindeutigen Hinweis darauf, dass die Witterungsereignisse auf kleinsten Entfernungen sehr unterschiedlich ausfallen können und die zeitliche und mengenmäßige Verteilung der Niederschläge bezogen auf die Entwicklung der Pflanzenbestände gerade bei limitierten Jahresniederschlägen für die Interpretation entscheidend sind. Ein Niederschlag kurz nach der Aussaat ist von Bedeutung für den Saatvorgang und die Gesamtentwicklung des Pflanzenbestandes. Fällt der Regen erst drei Wochen später, sind die Entwicklungsbedingungen völlig andere. In einer monatlichen Aufzeichnung der Niederschläge erkennt man aber nur die gleiche Menge an Niederschlag. Detaillierte Aufzeichnungen erlauben erst eine sinnvolle Interpretation. Das gilt auch für alle Beobachtungen aus der Praxis.

**Bodennährstoffverfügbarkeit – die Aussagekraft der vorhandenen Methoden ist begrenzt:**

Will man sich im eigenen Betrieb einen Einblick über die Verfügbarkeit von P und K verschaffen, geben noch immer die Fruchtfolge (Anteil Futterleguminosen und Gründüngungen – Ertrag, Wurzelmasse; Spatendiagnose), die organische Düngung sowie die Intensität der Bodenbearbeitung eine Vielzahl an Hinweisen über die potentielle Nährstoffverfügbarkeit. Die Analyseergebnisse der CAL-Methode geben nur bedingt die Verfügbarkeit der Bodennährstoffe wider, zumal diese jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen.

**Einschätzung zukünftiger Ertragsentwicklungen:**

Im Versuchsbetrieb haben wir in der Phase der Umstellung den Anteil an zweijähriger Luzerne überdurchschnittlich hoch angesetzt, um möglichst frühzeitig alle Feldstücke mit Humus und Stickstoff zu versorgen. Zwar bedeutet dies in der Umstellungsphase eher geringe Anteile an Marktfrüchten, andererseits sind in den Folgejahren bessere Erträge, aber auch bessere Preise (Bio im Gegensatz zur Umstellungsphase mit den konventionellen Preisen) zu erwarten. Hier hilft nur eine längerfristige Betrachtung, aber auch die Vorgeschichte des Schlages bei der Entscheidungsfindung über die Einrichtung der Fruchtfolge ab dem ersten Umstellungsjahr.

**Beikrautentwicklung – mehr Arten wären wünschenswert:**

Betriebsumstellungen im intensiv genutzten Agrarraum werden bei fachlich korrekter Umstellung der Fruchtfolge und Bodenbearbeitung keine gravierenden Probleme mit der Beikrautentwicklung haben – aus dem Projekt abgeleitet gilt dies für die konventionelle Pflug-Grubber-Bodenbearbeitung. Je intensiver die Nutzungs-Vorgeschichte des Betriebes und je intensiver die Agrarlandschaft im betrieblichen Umfeld genutzt wird, desto weniger werden sich seltene Arten wieder ansiedeln – dies kann als vorläufige Beobachtung festgehalten werden.

**Produktqualität reagiert auf Vorfrucht und Witterung – ein bekanntes Phänomen:**

Körnerleguminosen als Vorfrucht vor Winterweizen lassen nur in Ausnahmefällen ansprechende Proteingehalte im Weizen zu. Dies ist dann der Fall, wenn entweder die Witterung ideal verläuft oder von Vorvorfrüchten Stickstoffmengen mineralisiert werden, oder aber Gülle resp. Jauche zum Weizen gedüngt wird. Aus anderen Versuchen wissen wir, dass eine Luzernevorfrucht zu spät umgebrochen, bei dem nachfolgenden Weizen zu Engpässen in der Wasserversorgung führen kann, weshalb ein frühzeitiger Umbruch der Luzerne im Trockengebiet zu empfehlen ist.

**Viehlos oder nicht – längere Untersuchungszeiträume erforderlich:**

Über die Auswirkungen einer viehlosen Bewirtschaftung im Vergleich zu verschiedenen organischen Düngerverfahren auf Ertrag und Humushaushalt, können wir derzeit noch keine Aussagen treffen, bis auf einzelne Beobachtungen, die jedoch aus unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen, Verteilungen der Dünger sowie spezifischen Jahreswitterungen resultieren. Lediglich aus der Literatur ist bekannt, dass ca. 25% Klee gras sowie Stallmistkompost in der Lage sind, zu positiven Humusbilanzen beizutragen. Diese sind allerdings voraussetzungsvoll, wenn sich die prognostizierten Witterungsextremisierungen einstellen werden, um die Ertragsfähigkeit der Standorte zu gewährleisten.

---



**Wasserhaushalt lässt sich optimieren:**

Bodenbedeckung in der Fruchtfolge einerseits und die gezielte Gestaltung der Gehölzstrukturen andererseits können in jedem Betrieb den Bodenwasserhaushalt verbessern. Die fachgerechte Anlage der Gehölzstrukturen zahlt sich aus und ist als eine der wesentlichen Zukunftsinvestitionen im Kontext mit dem Klimawandel zu bewerten.

**Artenvielfalt muss gezielt gefördert werden:**

In ausgeräumten Agrarlandschaften kann eine Wiederbesiedlung mit Bodenorganismen, Nützlingen oder Vögeln nur über ein gezieltes agrarökologisches Management erreicht werden. Auf jedem einzelnen Betrieb sind diesbezüglich spezifische, längerfristig angelegte Maßnahmen zu definieren. Expertenwissen aber auch gute Beobachtungsgabe im eigenen Betrieb und Landschaftsraum führen zu erfolversprechenden Ergebnissen. In Bezug auf die Hecken kann festgehalten werden, dass deren Wirkungen sich in Summe positiv auf den Ertrag der umliegenden Flächen auswirkt. Einwanderungen von ungeliebten Ackerunkräutern aus Ökowerstreifen sind bei sachgerechter Pflege nicht zu erwarten.

**Fazit:**

Die Untersuchungen im Langzeitmonitoring Rutzendorf zeigen eindrücklich, dass erst das Zusammenspiel von produktionstechnischen Maßnahmen einerseits und agrarökologischen Maßnahmen andererseits zu dem Ergebnis führen, was wir als einen nachhaltig organisierten Biobetrieb bezeichnen können. Diese Doppelstrategie versteht sich auch als effiziente wie effektive Vorsorgemaßnahme gegenüber zukünftig zu erwartenden klimatischen Extremisierungen. In beiden Bereichen bedarf es viel Fach- und Erfahrungswissen für eine sachgerechte Planung und Umsetzung.

---

## 5 PUBLIKATIONEN

Im Rahmen der und in Verbindung mit den Projekten MUBIL I und MUBIL II wurden bisher verschiedene Publikationen veröffentlicht und mehrere Diplomarbeiten und eine Dissertationen durchgeführt. Weiters fanden auch verschiedene Lehrveranstaltungen und zahlreiche Exkursion auf den Flächen des Biobetriebs Rutzendorf statt.

### PUBLIKATIONEN:

#### 1. Gesamtprojekt

- Freyer, B., Surböck, A., Friedel, J.K., Heinzinger, M., Gollner, M. (2005): Monitoring the conversion to organic farming.. In: Ulrich Köpke, Urs Niggli, Daniel Neuhoﬀ, Peter Cornish, William Lockeretz, Helga Willer.: Researching Sustainable Systems. First Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), 21 -23 September 2005, Adelaide Convention Center, Adelaide, South Australia; Researching Sustainable Systems, Proceedings.
- Surböck, A., Freyer, B., Friedel, J.K., Gollner, M., Heinzinger, M., (2005): Monitoring der Umstellung auf den Ökologischen Landbau. In: J. Heß und G. Rahmann: Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 1. - 4. März 2005, Kassel, 667-668; kassel university press GmbH, Kassel; ISBN 3-89958-115-6.
- Surböck, A., Friedel, J.K., Heinzinger, M., Freyer, B. (2006): Long-term monitoring of different management systems within organic farming and their effects on arable land and landscape. Phase I: Monitoring of the conversion to organic farming. In: Joachim Raupp, Carola Pekrun, Meike Oltmanns and Ulrich Köpke (eds.), Long-term Field Experiments in Organic Farming. International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), Scientific Series, 198; Verlag Dr. Köster, Berlin; ISBN 3-89574-590-1. 183-198.
- Freyer, B., Surböck, A., Friedel, J.K., Heinzinger, M. (2007): Zukunft einer ökologisch genutzten Agrarlandschaft. GAIA. Ökologische Perspektiven für Wissenschaft und Gesellschaft, 2/2007, 158-160, ISSN 0940-5550.
- Surböck, A. (2007): Umstellung auf die biologische Landwirtschaft - Langzeituntersuchung. In: Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien und Bio Austria - Niederösterreich/Wien: Beiträge zur Weiterentwicklung des viehlosen biologischen Ackerbaus - Teil 2: 10-13, Eigenverlag.
- Surböck, A., Freyer, B., Friedel, J.K., Heinzinger, M. (2007): Monitoring der Umstellung auf ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 143/3, 53-55; ISSN 1015-2423.

#### 2. Boden / Klima

- 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.
- Eitzinger, J., Gerersdorfer, T., Schume, H., Mursch-Radlgruber, E., (2005). Influence of a hedge row on field evapotranspiration in the semi-arid region of north-east Austria. In: Deutscher Wetterdienst (DWD): 17th International Congress of Biometeorology (ICB 2005) September 5-9 2005, Garmisch-Partenkirchen; Annalen der Meteorologie, 41, 50-53; DWD, Offenbach am Main; ISBN 3-88148-405-1; ISSN 4122
- 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.
- Surböck, A., Faustmann, P., Heinzinger, M., Friedel, J.K., Klick, A., Freyer, B. (2005): Auswirkungen einer Hecke auf Bodenwasserhaushalt, Bodenparameter und Ertrag in angrenzenden Ackerflächen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 17, 20 - 21.

Emerstorfer N., A. Klik, G. Kammerer (2006): Comparison of Different Soil Water Measuring Systems and Their Application for Soil Water Balance Studies in Lower Austria. SOPHYWA 2006, 28-29 September, Vienna (p.101-104)

Dragut, L., Schauppenlehner, T., Muhar, A., Strobl, J., Blaschke, T. (2009): Optimization of scale and parametrization for terrain segmentation: an application in soil-landscape modeling, Computers & Geosciences. (in press)

Thaler S., Eitzinger J., Rischbeck P. (2008): Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten der Landwirtschaft an den Klimawandel im Marchfeld  
In: Universität für Bodenkultur, Tagungsband des 10. Österreichischen Klimatags, Klimaforschungsinitiative AustroClim, 10. Österreichischer Klimatag. Forschung zu „Klima, Klimawandel und Auswirkungen“ in Österreich., 13 - 14/03/2008, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)

Eitzinger J., Kersebaum K.-C., Formayer H., (2009): Landwirtschaft und Klimawandel. Agrimedia Verlag

### **3. Bewirtschaftung / Düngungssysteme**

Surböck, A., Gollner, M., Heinzinger, M., Friedel, J.K., Freyer, B. (2004): Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im Ökologischen Landbau auf Bodenparameter und Entwicklung der Pflanzen. In: Kauter, D., A. Kämpf, W. Claupein, W. Diepenbrock, Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (Hrsg.), 47. Jahrestagung: Effizienter Pflanzenbau für Nahrung und Rohstoffe im 21. Jahrhundert, 21.-23. September, Braunschweig, 16, 155-156; Günter Heimbach, Stuttgart; ISBN 3-935380-15-1; ISSN 0934-5116.

### **4. Naturschutz / Biodiversität**

Pachinger, B. (2003): *Andrena cordialis* Morawitz 1877 - eine neue Sandbiene für Österreich und weitere bemerkenswerte Vorkommen ausgewählter Wildbienen-Arten (Hymenoptera: Apidae) in Wien, Niederösterreich und Kärnten. Linzer biol. Beitr. 35/2, 927-934.

Bernhardt, K.G., Laubhann, D. (2006): *Crambe hispanica*, der Spanische Meerkohl (Brassicaceae) als Kulturbegleiter. *Neilrechia*, 4, 121 - 124

Bernhardt, K-G., Laubhann, D., Kropf, M. (2008): *Chorispora tenella* und *Diplotaxis erucoides* und *Capsella rubella* (Brassicaceae) in Wien und Niederösterreich. *Neilrechia* 5, pp. 211-216.

### **5. Vorträge / Posterbeiträge**

Surböck, A., Heinzinger, M. (2006): Projekt MUBIL – Ausgewählte Ergebnisse. Vortrag im Rahmen des Bio Austria Seminars „Luzerne-Nutzungssysteme im viehlosen Ackerbau“ am 14.12.2006 an der BOKU Wien.

Surböck, A., Heinzinger, M., Friedel, J.K., Freyer, B. (2008): Umstellung auf den biologischen Landbau: Langzeitmonitoring Projekt MUBIL. Posterpräsentation im Rahmen des Seminars gemäß Fortbildungsplan des Bundes „Bioforschung für die Praxis“ am 08.04.2008 im Seminarzentrum am Spiegeln, Wien.

**DIPLOMARBEITEN / DISSERTATIONEN:**

- Schmid, M. (2004): Anlage und Entwicklung von Ökostreifen mit standortgerechten Wildpflanzen in Rutzendorf, Niederösterreich. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, Zentrum für Umwelt und Naturschutz.
- Weiss T. C. (2004): Ökologische Aufwertung eines Betriebes durch die gezielte Gestaltung von verschiedenen Landschaftselementen im Zuge der Umstellung von konventioneller auf biologische Bewirtschaftungsweise – Eine Systemanalyse. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, Zentrum für Umwelt und Naturschutz.
- Fruhmann, Thomas (2005): Untersuchung der Auswirkung unterschiedlicher Bodenbewirtschaftung auf Kohlenstoffanreicherung im Boden und CO<sub>2</sub>-Emission. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft.
- Lenz, Sabine (2006): Auswirkungen von Biolandbau auf Bodenkennwerte. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft.
- Barberena, Goizeder (2007): Different methods for assessing soil aggregate stability in organic farming. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ökologischen Landbau.
- Prochazka, B. (2007): Blühstreifen in der Agrarlandschaft und ihre Auswirkungen auf die Wildbienenfauna (Apidae) am Beispiel eines Biobetriebes in Rutzendorf (Niederösterreich) Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, Zentrum für Umwelt und Naturschutz.
- Lunzer, E. (in Arbeit): Untersuchung der zeitlichen Veränderung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes bei biologisch bewirtschafteten Flächen, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft. (In Arbeit)
- Kriechenbaum, K. (in Arbeit): Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten und Gehölzstrukturen auf den Bodenwasserhaushalt in der Umstellung auf den biologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft.
- Schauppenlehner, T. (2008): Geostatistische Analysen zur Integration von Geländemodellen und Bodenschätzungsdaten für verbesserte digitale Bodenkarten am Beispiel einer alluvialen Landschaft. , 138; Dissertation. Universität für Bodenkultur Wien
- Wedenig, D. (in Arbeit): Ackerwildkräuter im Marchfeld – Biodiversität, Verteilungsmuster und bedingende Faktoren. Diplomarbeit an der Universität Wien und am Institut für Botanik der Universität für Bodenkultur Wien.
-

# **BERICHTE DER TEILPROJEKTE**

**Anhang zur Synthese**

## **ABSCHLUSSBERICHT**

**Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung  
auf den biologischen Landbau (MUBIL II)**

Forschungsprojekt Nr.: 100040

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Teilprojekt 1-1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT .....</b>	<b>9</b>
	<b>Teilprojekt 1-2: PRAXISINTEGRATION.....</b>	<b>9</b>
1.1	Zusammenfassung / Summary .....	9
1.2	Einleitung.....	10
1.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	10
1.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	11
1.5	Material und Methoden .....	11
1.6	Ergebnisse und Diskussion.....	14
1.7	Schlussfolgerungen.....	25
1.8	Literaturverzeichnis .....	27
1.9	Anhang .....	28
<b>2</b>	<b>Teilprojekt 2: BODENCHEMIE UND -PHYSIK.....</b>	<b>34</b>
2.1	Zusammenfassung / Summary .....	34
2.2	Einleitung.....	35
2.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	35
2.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	35
2.5	Material und Methoden .....	36
2.6	Ergebnisse und Diskussion.....	37
2.7	Schlussfolgerungen.....	42
2.8	Literaturverzeichnis .....	43
2.9	Anhang .....	44
<b>3</b>	<b>Teilprojekt 3: BODENWASSERHAUSHALT UND EROSION.....</b>	<b>49</b>
3.1	Zusammenfassung / Summary .....	49
3.2	Einleitung.....	49
3.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	50
3.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	50
3.5	Material und Methoden .....	50
3.6	Ergebnisse und Diskussion.....	51
3.7	Schlussfolgerungen.....	55
3.8	Literaturverzeichnis .....	56
3.9	Anhang .....	57
<b>4</b>	<b>Teilprojekt 4: METADATENBANK UND WEB-PORTAL.....</b>	<b>62</b>
4.1	Zusammenfassung / Summary .....	62
4.2	Einleitung.....	62
4.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	62
4.4	Material und Methoden .....	63
4.5	Ergebnisse und Diskussion.....	66
4.6	Schlussfolgerungen.....	67
4.7	Literaturverzeichnis .....	67
<b>5</b>	<b>Teilprojekt 5: AGRARMETEOROLOGIE .....</b>	<b>68</b>
5.1	Zusammenfassung / Summary .....	68
5.2	Einleitung.....	68
5.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	69
5.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	69
5.5	Material und Methoden .....	70
5.6	Ergebnisse und Diskussion.....	70
5.7	Schlussfolgerungen.....	78
5.8	Literaturverzeichnis .....	78
5.9	Anhang .....	79

<b>6</b>	<b>Teilprojekt 6: BODENTIERE.....</b>	<b>83</b>
6.1	Zusammenfassung / Summary .....	83
6.2	Einleitung.....	84
6.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	84
6.4	Material und Methoden .....	85
6.5	Ergebnisse und Diskussion.....	85
6.6	Schlussfolgerungen.....	87
6.7	Literaturverzeichnis .....	88
6.8	Anhang .....	89
<b>7</b>	<b>Teilprojekt 7: NÜTZLINGE.....</b>	<b>96</b>
7.1	Zusammenfassung / Summary .....	96
7.2	Thema und Ziele der Arbeit.....	96
7.3	Material und Methoden .....	97
7.4	Ergebnisse und Diskussion.....	98
7.5	Schlussfolgerungen.....	102
7.6	Literaturverzeichnis .....	103
7.7	Anhang .....	104
<b>8</b>	<b>Teilprojekt 8: ACKERWILDKRÄUTER UND DIASPOREN .....</b>	<b>108</b>
8.1	Zusammenfassung / Summary .....	108
8.2	Einleitung.....	108
8.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	109
8.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	109
8.5	Material und Methoden .....	109
8.6	Ergebnisse und Diskussion.....	111
8.7	Schlussfolgerungen.....	115
8.8	Literaturverzeichnis .....	116
<b>9</b>	<b>Teilprojekt 9: AVIFAUNA.....</b>	<b>117</b>
9.1	Zusammenfassung / Summary .....	117
9.2	Einleitung.....	117
9.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	117
9.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	118
9.5	Material und Methoden .....	118
9.6	Ergebnisse und Diskussion.....	119
9.7	Schlussfolgerungen.....	124
9.8	Literaturverzeichnis .....	125
9.9	Anhang .....	126
<b>10</b>	<b>Teilprojekt 10: MANAGEMENTKONZEPT BIOTOPSTRUKTUREN.....</b>	<b>129</b>
10.1	Zusammenfassung / Summary .....	129
10.2	Einleitung.....	129
10.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	130
10.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	130
10.5	Material und Methoden .....	130
10.6	Ergebnisse und Diskussion.....	133
10.7	Schlussfolgerungen.....	137
10.8	Literaturverzeichnis .....	138
10.9	Anhang .....	138

<b>11</b>	<b>Teilprojekt 11: NATURSCHUTZBIOLOGIE / WILDBIENEN .....</b>	<b>139</b>
11.1	Zusammenfassung / Summary .....	139
11.2	Einleitung.....	140
11.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	140
11.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	140
11.5	Material und Methoden .....	141
11.6	Ergebnisse und Diskussion.....	142
11.7	Schlussfolgerungen.....	145
11.8	Literaturverzeichnis .....	146
<b>12</b>	<b>Teilprojekt 12: FUTTERMITTEL.....</b>	<b>147</b>
12.1	Zusammenfassung / Summary .....	147
12.2	Einleitung.....	147
12.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	148
12.4	Herleitung der Arbeitshypothesen.....	148
12.5	Material und Methoden .....	148
12.6	Ergebnisse und Diskussion.....	149
12.7	Schlussfolgerungen.....	152
12.8	Literaturverzeichnis .....	152
<b>13</b>	<b>Teilprojekt 13: ÖKONOMIE .....</b>	<b>153</b>
13.1	Zusammenfassung / Summary .....	153
13.2	Einleitung.....	153
13.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	154
13.4	Material und Methoden .....	154
13.5	Ergebnisse und Diskussion.....	156
13.6	Literaturverzeichnis .....	157
13.7	Anhang.....	158
<b>14</b>	<b>ERGÄNZUNG Teilprojekt 1-1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT.....</b>	<b>163</b>
14.1	Zusammenfassung / Summary .....	163
14.2	Einleitung.....	163
14.3	Thema und Ziele der Arbeit.....	163
14.4	Material und Methoden .....	164
14.5	Ergebnisse und Diskussion.....	165
14.6	Schlussfolgerungen.....	172
14.7	Literaturverzeichnis .....	173
14.8	Anhang.....	174



## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Entwicklung der Stickstoffnachlieferung im Boden in Abhängigkeit der Fruchtfolge und der Düngungsvariante (Probennahme zu Vegetationsbeginn) .....	15
Abbildung 2: Luzerne-Trockenmasseertrag bei Schnittnutzung in Abhängigkeit des Erntejahres .....	16
Abbildung 3: Ertragswirkung von Biotonnekompost und Stallmist im Erntejahr der gedüngten Kultur (Düngung jeweils im Herbst vor dem Erntejahr von Wintergetreide und Körnermais, alle Ertragsangaben in der Abbildung sind in Getreideeinheiten).....	21
Abbildung 4: Mittlerer Erträge aller Druschfrüchte der Jahre 2006 bis 2008 in Abhängigkeit der Düngungsvariante (Wirkungen der Luzernenutzung und der organischen Düngung).....	22
Abbildung 5: Boden-N <sub>min</sub> -Gehalte in Abhängigkeit der Düngungsvariante zum Anbau von Körnermais 2008 im Kleinparzellenversuch S1M und der Referenzparzelle S1G .....	28
Abbildung 6: CAL-extrahierbare Phosphorgehalte in bepflanzten und nicht bepflanzten Böden im Vergleich zu Phosphorgehalten in <i>Brassica napus</i> nach 60 Tagen Wachstum im Gefäßversuch. 38	
Abbildung 7: Konzentration von P (C <sub>DGT</sub> ) in der Bodenlösung an der Oberfläche der DGT-Einheit.....	39
Abbildung 8: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 0-30 cm.....	41
Abbildung 9: Phosphorgehalte und Biomasse (Ertrag, Trockenmasse) von Weizenkorn und –stroh bei der Ernte im Juni 2007 auf den Flächen in Rutzendorf und den fünf neuen Flächen in Ostösterreich. ....	42
Abbildung 10: Phosphor-Konzentration in Blättern und Wurzeln der Rapspflanzen (links) sowie Spross- und Wurzelbiomasse (rechts) im Gefäßversuch. ....	44
Abbildung 11: Konzentration von Phosphor in der Bodenlösung am Ende des Gefäß-Versuchs.....	44
Abbildung 12: Vergleich von organisch gebundenem Phosphor in den bepflanzten und nicht bepflanzten Böden im Gefäß-Versuch. ....	44
Abbildung 13: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 30-60 cm.....	45
Abbildung 14: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 60-90 cm.....	46
Abbildung 15: Pflanzenverfügbare Kaliumkonzentrationen nach der CAL-Methode. ....	47
Abbildung 16: Konzentration des organisch gebundenen Phosphors in der Tiefenstufe 0-30 cm. ....	48
Abbildung 17: Gesamtentzug an Phosphor pro ha durch Anreicherung im Weizenkorn und –stroh.....	48
Abbildung 18: Mittlere Profilwasserinhalte und Standardabweichungen (0 – 60 cm) bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten .....	52
Abbildung 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten .....	53
Abbildung 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Aggregatstabilität für die unterschiedlichen Düngungsvarianten .....	54
Abbildung 22: Mittelwerte und Standardabweichungen der k-Werte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten .....	54
Abbildung 23: Mittlere Profilwassermengen im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage .....	55
Abbildung 24: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten (2004 – 2008) .....	57
Abbildung 25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten (2006-2008).....	58
Abbildung 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten (2004-2008).....	58
Abbildung 27: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge in Abhängigkeit des Heckenabstandes beim Transekt Süd (0-90 cm Bodentiefe) .....	59
Abbildung 28: Mittlere Profilwassermengen im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage (Mittelwerte 2005 - 2008).....	59
Abbildung 29: Zeitlicher und räumlicher Verlauf der Profilwasserinhalte im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage .....	60
Abbildung 30: Zeitlicher und räumlicher Verlauf der Profilwasserinhalte im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage (Fortsetzung).....	61
Abbildung 31: Startseite der MUBIL-Projektwebsite ( <a href="http://mubil.boku.ac.at">http://mubil.boku.ac.at</a> ) .....	63
Abbildung 32: CMS-Backend der MUBIL-Projektwebsite (erreichbar über Login) .....	64
Abbildung 33: MUBIL-WebGIS auf Basis der Openlayers-Technologie .....	65
Abbildung 34: MUBIL-WebGIS auf Basis von ArcIMS .....	66

Abbildung 35: Referenzstation Rutz_7 (re.) und Anordnung der Transektmessungen 2007 und 2008 .	70
Abbildung 36: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007.....	73
Abbildung 37: Windgeschwindigkeiten im Lee der Hecke. Am 15. September war die Hecke noch belaubt, am 15. November nicht mehr. ....	74
Abbildung 38: Differenz der Windgeschwindigkeiten zwischen der ausgelichteten und der natürlich belassenen Hecke .....	75
Abbildung 39: Temperatur (oben)- und Feuchteverlauf (unten) am 13. Juni 2007 innerhalb und außerhalb der Hecke. ....	76
Abbildung 40: Schneewehen im Lee (links und Mitte) und Luv (rechts) der Hecke am 10. März 2005 .	76
Abbildung 41: Schneeprofile von 10. März 2005 .....	77
Abbildung 42: Messanordnung 2007.....	79
Abbildung 43: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007 .....	80
Abbildung 44: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007 .....	81
Abbildung 45: Ertragsdaten 2005. ....	82
Abbildung 46: Abundanzen (oben) und Artenzahlen (unten) der Oribatiden (Hornmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. ....	89
Abbildung 47: Multivariate Ordination ( <i>nonmetric multidimensional scaling</i> ) der Oribatidengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. 90	
Abbildung 48: Abundanzen (oben) und Artenzahlen (unten) der Collembolen (Springschwänze) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. ....	91
Abbildung 49: Multivariate Ordination ( <i>nonmetric multidimensional scaling</i> ) der Collembolen-gemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Für die Kürzel siehe Abbildung 2 .....	92
Abbildung 50: Abundanzen (oben) und Artenzahlen (unten) der Gamasinen (Raubmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben. ....	93
Abbildung 51: Gamasinen NMDS, Achsen 1 und 2 (oben), 1 und 3 (mittig) und 2 und 3 (unten). Multivariate Ordination ( <i>nonmetric multidimensional scaling</i> ) der Gamasinengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. ....	95
Abbildung 52: Biodiversität der Laufkäfer im Betrieb Rutzendorf.....	98
Abbildung 53: Symmetrisch skaliertes Biplot einer Korrespondenzanalyse mit den Gesamtsummen der Carabidenfänge 2007, wobei nur die Laufkäferarten mit mehr als zwei Individuen berücksichtigt wurden .....	99
Abbildung 54: Mittelwerte und Standardabweichungen der Individuen a) im Jahr 2007 und b) im Jahr 2008, die an zwei Tagen an je 5 Probestellen auf je 5 einzelnen Erbsenpflanzen in verschiedenen Entfernungen vom Feldrand gezählt wurden. ....	101
Abbildung 55: Kategorisierte Individuenzahlen (Ordinate) der Schwebfliegenarten farbige Blockteile) pro Aufnahmestrecke (TS1-4, TS6) im Transekt Süd 2008 (Abszisse).. ....	106
Abbildung 56: Deckungswerte der Kulturarten und Ackerwildkräuter in den Untersuchungsjahren in Prozent nach Schmidt (1974).. ....	112
Abbildung 57: Entwicklung der Diasporenmengen im Laufe der Untersuchungsjahre A). 2006 wurden keine Erhebungen durchgeführt. ....	113
Abbildung 58: Entwicklung der Diasporenmengen im Laufe der Untersuchungsjahre (B). 2006 wurden keine Erhebungen durchgeführt. ....	113
Abbildung 59: Artenzahl der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005 - 2008.....	120
Abbildung 60: Flächenanteil verschiedener Ackerkulturen und Verteilung der Wachtelreviere (rufende Männchen, n = 25) auf die einzelnen Ackerkulturen im Projektgebiet Rutzendorf im Untersuchungszeitraum 2005 - 2008. ....	122
Abbildung 61: neu geschaffenes Strukturelement .....	132
Abbildung 62: räumliche und zeitliche Staffelung der Heckenpflege eigene Darstellungen).....	135
Abbildung 63: modifizierte Benjeshecke / Schichthecke .....	136

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Trockenmasse- und Stickstofftrag der Luzerne (Summe aus zwei Nutzungsjahren) in Abhängigkeit der Nutzung der Luzerne .....	17
Tabelle 2: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) - Mittelwerte aus 10 Düngungen .....	18
Tabelle 3: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost, Stallmist und Biogasgülle in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) für die Kulturen des Erntejahres 2008 .....	18
Tabelle 4: Kornertrag und Proteingehalt von Winterweizen nach Luzerne in Abhängigkeit der Luzernenutzung .....	20
Tabelle 5: Berechneter Ertragseinfluss einer 8 Meter hohen Bodenschutzhecke auf verschiedene Kulturen in der angrenzenden Ackerfläche .....	24
Tabelle 6: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen der Ernte 2006.....	28
Tabelle 7: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen der Ernte 2007.....	29
Tabelle 8: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen der Ernte 2008.....	29
Tabelle 9: Produktionsmaßnahmen und Erträge der Jahre 2006 bis 2008 auf den Schlägen des Biobetriebes Rutzendorf (Quelle: BVW GmbH) .....	30
Tabelle 10: Ertragsaufnahmen 2006 bis 2008 in den drei Düngestreifen je Schlag .....	31
Tabelle 11: Erträge in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit des Erntejahres (2003 bis 2008), der Fruchtfolge und der organischen Düngung.....	32
Tabelle 12: pH-Wert und CAL-extrahierbarer Phosphor in den 5 Versuchsböden.....	36
Tabelle 13: Anbauplan.....	51
Tabelle 14: Mittlere monatliche Evapotranspiration (in mm.d <sup>-1</sup> ) bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten .....	57
Tabelle 15: Mittlere Erträge (Quelle: IFÖL, BOKU) im Jahr 2005, Transekt Süd und Simulation zweier Szenarien.....	77
Tabelle 16: Übersicht über die 2007 und 2008 untersuchten Transekte, Aufnahmestrecken und Feldfrüchte.....	97
Tabelle 17: Carabidenfänge in verschiedenen Feldern und Landschaftselementen des Umstellungsbetriebs Rutzendorf von April bis Oktober 2007.....	104
Tabelle 18: Carabidenfänge in verschiedenen Feldern und Landschaftselementen des Umstellungsbetriebs Rutzendorf von April bis Oktober 2008.....	105
Tabelle 19: Beobachtete Schwebfliegenarten pro Datum und Transekt, die Lebensweise ihrer Larven und die Häufigkeit ihres Vorkommens.....	106
Tabelle 20: Übersicht der gesamten mit dem Streifnetz beprobten Transekte und der ausgewerteten Arthropodengruppen.....	107
Tabelle 21: Ähnlichkeit des Arteninventars auf den Parzellenversuchen und der Umgebung .....	114
Tabelle 22: Häufigkeit (Anzahl der Reviere) und ökologische Charakterisierung der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005 - 2008.....	119
Tabelle 23: Abundanz der Feldlerche (Reviere/10 ha) auf ausgewählten Ackerschlägen (Nr. 1 und 4 je 17 ha, Nr. 7 und 8 je 18 ha) im Projektgebiet Rutzendorf bei unterschiedlicher Bewirtschaftung in den Jahren 2005 - 2008.....	121
Tabelle 24: Im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet Rutzendorf und nördlich angrenzende Schottergrube) in den Jahren 2006-2008 beobachtete Vogelarten und ihr Status.....	126
Tabelle 25: 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 2005 bis 2008.....	127
Tabelle 26: Brutvögel (ohne Fasan und Rebhuhn) der Gehölzstreifen des Projektgebietes Rutzendorf in den Jahren 2005 bis 2008.....	128
Tabelle 27: Lage und Beschreibung der Untersuchungstransekte Wildbienen .....	142
Tabelle 28: Futterwert (Rohnährstoff- und Energiegehalt) unterschiedlich gedüngter Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben (PB) .....	149
Tabelle 29: Gehalt an Aminosäuren von unterschiedlich gedüngten Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben (PB) .....	150
Tabelle 30: Futterwert (Rohnährstoff- und Energiegehalt) unterschiedlich gedüngter Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben (PB) der Ernten 2004 und 2008 (LS-Mittelwerte aus beiden Untersuchungsjahren).....	151
Tabelle 31: Gehalt an Aminosäuren von unterschiedlich gedüngten Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben der Ernten 2004 und 2008 (LS-Mittelwerte aus beiden Untersuchungsjahren).....	151

Tabelle 32: Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge im Untersuchungszeitraum.....	156
Tabelle 33: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterweizen.....	158
Tabelle 34: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterroggen.....	158
Tabelle 35: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Triticale.....	158
Tabelle 36: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Sommergerste .....	159
Tabelle 37: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Körnererbse .....	159
Tabelle 38: Deckungsbeiträge Produktionsverfahren Körnermais.....	159
Tabelle 39: Deckungsbeiträge Produktionsverfahren Sonnenblume.....	160
Tabelle 40: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Luzerne .....	160
Tabelle 41: Variable Kosten Düngung.....	160
Tabelle 42: Variable Kosten Zwischenfrüchte .....	161
Tabelle 43: Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten – 2006 bis 2008 .....	162
Tabelle 44: Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten – 2003 bis 2008 .....	162
Tabelle 45: Übersicht über die Erhebungsflächen und deren Fruchtfolge und Düngung in den Jahren 2003 bis 2008 .....	165
Tabelle 46: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvarianten 1 – 3 (Jahre 2003 bis 2008) ..	167
Tabelle 47: Humusbilanz der Düngungsvarianten 1 – 3 (Jahre 2003 bis 2008), dynamische HE- Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N).....	168
Tabelle 48: Flächenbezogene Nährstoffbilanz des Kleinparzellenversuchs S1M und der Referenzparzellen S1G und SK (Jahre 2003 bis 2008).....	169
Tabelle 49: Humusbilanz des Kleinparzellenversuchs S1M und der Referenzparzellen S1G und SK (Jahre 2003 bis 2008), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N) .....	170
Tabelle 50: Flächenbezogene Nährstoffbilanz des Kleinparzellenversuchs S1M für die Düngungsvariante 1 (nur Gründüngung).....	171
Tabelle 51: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvariante 1 (KPV S1M – S8M).....	174
Tabelle 52: Humusbilanz der Düngungsvariante 1 (KPV S1M – S8M), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N) .....	174
Tabelle 53: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvariante 2 (KPV S1M – S8M).....	175
Tabelle 54: Humusbilanz der Düngungsvariante 2 (KPV S1M – S8M), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N) .....	175
Tabelle 55: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvariante 3 (KPV S1M – S8M).....	176
Tabelle 56: Humusbilanz der Düngungsvariante 3 (KPV S1M – S8M), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N) .....	176
Tabelle 57: Vergleich Humusbilanzverfahren (Düngungsvarianten 1 – 3, Jahre 2003 bis 2008), HE- Methoden – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N).....	177
Tabelle 58: Vergleich Humusbilanzverfahren (Kleinparzellenversuch S1M und Referenzparzellen S1G und SK, Jahre 2003 bis 2008), HE-Methoden – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N).....	178

# 1 TEILPROJEKT 1-1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT; PROJEKTKOORDINATION

## TEILPROJEKT 1-2: PRAXISINTEGRATION

**Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf ausgewählte bodenmikrobiologische, -physikalische und chemische sowie pflanzenbauliche Parameter im biologischen Landbau; Koordination des Gesamtprojekts**

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

### 1.1 Zusammenfassung / Summary

Im Rahmen des Langzeitmonitorings werden seit 2003 die Auswirkungen der biologischen Bewirtschaftung und verschiedener Düngungsvarianten bzw -systeme (DV 1: nur Gründüngung (GD): Luzernemulch; DV 2: GD + Biotonnekompost; DV 3: Stallmist, Luzerne und Stroh abgeführt) auf den Boden und die Entwicklung der Pflanzen geprüft. Mit der zweijährigen Luzerne in der Fruchtfolge wurde das Stickstoffmineralisierungspotential des Bodens deutlich erhöht. Die Abfuhr von Luzernebiomasse und damit von Nährstoffen bei der Düngungsvariante 3 führte zu statistisch gesichert geringeren Erträgen und Proteingehalten von Winterweizen nach Luzerne gegenüber den Varianten mit Mulchen und Belassen der Luzerne am Feld. Eine statistisch gesicherte direkte Ertragswirkung der organischen Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist war bisher nicht feststellbar. Werden aber alle bisherigen Düngungen in den Versuchen betrachtet, lieferte die Stallmistdüngung tendenziell die höchsten Erträge. Innerhalb der Fruchtfolge können daher die Ertragsverluste des Winterweizens nach Luzerne durch die Ertragseffekte der Stallmistdüngung zu Druschfrüchten in späterer Fruchtfolge aufgehoben werden. Die Düngewirkung des Biotonnekomposts war weit weniger deutlich und konstant, was auf die geringere Stickstoffausnutzung des Komposts im Erntejahr der gedüngten Kultur gegenüber dem Stallmist zurückgeführt wird. Ein ertragssteigernder Effekt einer Hecke wurde mit den bisherigen Untersuchungen nachgewiesen. Das Ausmaß der Ertragssteigerung und die Reichweite des Einflusses der Hecke hängen aber ganz wesentlich von der angebauten Kultur und der Jahreswitterung ab.

The effects of organic farming in general and of different organic fertilisation systems (variant 1: green manure by mulching lucerne, variant 2: green manure plus communal compost, variant 3: farmyard manure, removal of lucerne crop and cereal straw) on soil and plant properties have been examined within a long term field monitoring since the year 2003. The N mineralization potential of the soil was significantly increased by lucerne in the crop rotation. The yield of winter wheat after lucerne was significantly lower in variant 3 because of the removal of lucerne biomass in this system in contrast to the systems with Lucerne mulching. No significant positive effect of a fertilisation with communal compost and farmyard manure on crop yield has been detected. However, interesting results can be found by analysis of all fertilised trials of the last years. Overall, the fertilisation with farmyard manure (system 3) reached tendentially the highest crop yields. The communal compost fertilisation did not show so constant results because of the lower nitrogen effect of the compost in contrast to the farmyard manure. A positive effect of a hedge on crop yield in the adjacent field was shown. The level of the yield increase and the extension of the influence of a hedge depend on the cultivated crop, the site, the temperature and the amount of rain in the period of growth.

## 1.2 Einleitung

Im biologischen Landbau muss das Anbausystem im Vergleich zur konventionellen Produktion durch andere acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen versorgt und gesteuert werden. Eine zentrale Bedeutung kommt dabei der Gestaltung der Fruchtfolge zu. Ein nachhaltiges Nährstoffmanagement wird durch eine effiziente Nutzung der Nährstoffvorräte des Bodens, der Luftstickstoffbindung über Leguminosen 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

Mit der Arbeit sollen das Ausmaß und die Geschwindigkeit potentieller Auswirkungen einer Umstellung auf den Biologischen Landbau auf das System Boden-Pflanze überprüft, konkretisiert und beurteilt werden.

Die Mehrzahl der Betriebe in der Untersuchungsregion wirtschaftet viehlos bzw. vieharm. Um die langfristigen Auswirkungen unterschiedlicher Strategien dieser Betriebe, Nährstoffkreisläufe zu schließen, auf Boden und Pflanzen festzustellen, wurden unterschiedliche Düngungssysteme anhand von drei bzw. vier Düngungsvarianten (DV) auf den Versuchsfeldern eingerichtet.

In Gebieten mit geringen Jahresniederschlägen und Phasen anhaltender Trockenheit ist die Wasserversorgung für die Pflanzenentwicklung von zentraler Bedeutung. Biotopstrukturen wie Hecken haben Einfluss auf das Mikroklima und die Wassergehalte in angrenzenden Ackerflächen, was wiederum das Pflanzenwachstum beeinflusst. Die Höhe dieses Einflusses wird mittels Ertragserhebungen und ergänzenden Qualitätsuntersuchungen über mehrere Jahre erfasst.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen der Jahre 2006 bis 2008 liegt in der Fortführung der pflanzenbaulichen Erhebungen. Die Mehrzahl der Bodeneigenschaften reagiert nur langsam auf die geänderte Bewirtschaftung. Die Bodenuntersuchungen beschränken sich daher in dieser Projektphase auf die Nitratdynamik im Boden.

Die Ziele des vorliegenden Teilprojekts umfassen Untersuchungen auf der betrieblichen Ebene und auf der Ebene von Feldversuchen sowie die Organisation des gesamten Projekts.

### **Betriebliche Ebene:**

- Planen und dokumentieren der Umstellung und der längerfristigen Bewirtschaftung des Betriebs sowie Wahrnehmen von organisatorischen Aufgaben.

### **Ebene Feldversuche:**

- Analyse der Änderungen von ausgewählten Bodeneigenschaften (Stickstoffmineralisation und Nitratdynamik im Boden) mit zunehmender Dauer biologischer Bewirtschaftung und in Abhängigkeit von den Düngungsvarianten.
- Analyse von Stoffeinträgen, Stoffabfuhr über Ernteprodukte, dem Auftreten von Krankheiten und Schädlingen sowie von Erträgen und Qualitäten der Ernteprodukte mit zunehmender Dauer biologischer Bewirtschaftung und in Abhängigkeit von den Düngungsvarianten.
- Analyse des Einflusses von Biotopstrukturen (Hecken) auf die Pflanzenentwicklung und Ertragsleistung verschiedener Kulturen in angrenzenden Ackerflächen.

### **Projektkoordination:**

- Qualitätssicherung bei der Umsetzung des Gesamtprojekts durch die wissenschaftliche und operative Koordination der einzelnen Teilprojekte. Das Projekt nach außen vertreten und präsentieren.

### **Praxisintegration:**

- Verstärktes Einbinden von BiobäuerInnen und BioberaterInnen in das Projekt durch Feldbegehungen mit Präsentation und Diskussion der Ergebnisse und der Möglichkeit den Forschungsprozess einer praxisnahen Qualitätsprüfung zu unterziehen und praxisrelevantes, lokales Wissen einzubeziehen.

## **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; Fließbach und Mäder, 2000; Fließbach et al., 2000b). Da in viehlosen Systemen keine tierischen Dünger zur Verfügung stehen, fehlen deren zusätzliche positive Effekte auf die Bodenstruktur, auf das Bodenleben und die Mobilisierung von Bodennährstoffvorräten. Mittel- bis langfristig sind daher Unterschiede bei der Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit, der Wasserspeicherfähigkeit der Böden, 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 haben kann.

## **1.5 Material und Methoden**

### **1.5.1 Betriebliche Ebene**

Seit Projektbeginn im Jahr 2003 wird in Zusammenarbeit mit der BVW GmbH der Anbau der Haupt- und Zwischenfrüchte geplant und die entsprechenden Produktionsmaßnahmen von der BVW GmbH durchgeführt. In den ersten Projektjahren wurde ein flächenmäßig verstärkter Luzerneanbau umgesetzt. Der Einstieg in die achtfeldrige Leitfruchtfolge erfolgte schlagspezifisch. Jährlich werden 2 Schläge (Beginn Jahr 2005 für das Erntejahr 2006) und davon 2 ha pro Düngungsvariante je Schlag (DV 2 und DV 3) von der BVW GmbH mit Unterstützung des IfÖLs maschinell gedüngt. Die Düngermengen wurden auf die Ausbringungsmengen je ha der Kleinparzellenversuche (KPV) abgestimmt. Bei der Düngungsvariante 3 („Stallmist“) wurde auf den Großschlägen (2 ha je Schlag) maschinell Luzerne und Stroh wie bei den entsprechenden Parzellen in den Kleinparzellenversuchen von der Fläche abgefahren (Beginn Jahr 2006).

Auf den Schlägen erfolgten die Ertragsaufnahmen durch den GPS-Mähdrescher der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf (Getreide und Futtererbse) bzw. von den Lohndreschern der BVW GmbH (Hackfrüchte) mittels Ernte einer Mähdrescherschnittbreite pro Düngungsvariantenfläche (DV1, DV2 und DV3). Durch Wiegung der Erntemenge bzw. Auswertung der GPS-Daten wurde der Ertrag festgestellt.

## 1.5.2 Ebene Feldversuch

### 1.5.2.1 Kleinparzellenversuche

Das Monitoring wird seit 2003 auf den 8 Kleinparzellenversuchen (KPV: S1M – S8M) mit drei Düngungsvarianten (DV) und den zwei Referenzparzellen (KP: S1G und SK) durchgeführt. In den Versuch S1M wurde nachträglich eine vierte Düngungsvariante (DV 4: Pflanzliche Biogasgülle) eingebunden. Die erste Düngung mit Biogasgülle erfolgte im Jahr 2008 zu Körnermais.

Die geprüften Düngungsvarianten unterscheiden sich hinsichtlich der Art, Menge und Qualität der Zufuhr von organischer Substanz und der Einbringung von Nährstoffen in das Betriebssystem. Die Ausbringung des Düngers auf den KPV erfolgte händisch parzellenscharf und gleichmäßig verteilt, die Einarbeitung wurde maschinell mit einem Grubber durchgeführt. Die Auswahl der in der Umstellungsphase gedüngten KPV erfolgte an Hand des Nährstoffbedarfs der Kultur und der Fruchtfolgestellung. Ab dem Erntejahr 2008 (Düngung Jahr 2007) wird die Düngung von jährlich zwei KPV zu Winterweizen nach Erbse und zu Körnermais gemäß der Leitfruchtfolge umgesetzt. Die Nährstoffanalyse der organischen Dünger wurde an der AGES und im Labor ESW Consulting WRUSS durchgeführt.

#### ▪ Bodenkundliche Untersuchungen

Die Nitratdynamik im Boden wurde durch Untersuchung des mineralischen Stickstoffs ( $N_{\min}$ ) vor dem Luzerneumbruch (August 2006) und zur organischen Düngung des Körnermais (März und Mai 2008) im KPV S1M, in der Referenzparzelle S1G und je nach Kultur in der konventionellen Referenzfläche SK durchgeführt. Die Erhebung der Stickstoffnachlieferung erfolgte im März 2008 im KPV S1M und den Referenzparzellen S1G und SK. Die Proben wurden für  $N_{\min}$  in 3 Tiefenstufen (0-30 cm; 30-60 cm; 60-90 cm) und für die Stickstoffnachlieferung in einer Tiefenstufe (0-30 cm) gezogen, anschließend 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).
- Stickstoffnachlieferung: Die Stickstoffmineralisation wurde im anaeroben Brutversuch (Kandeler et al. 1993) an der AGES vom Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung und am Institut für Ökologischen Landbau, BOKU Wien, ermittelt.

Weitere Bodenuntersuchungen, wie in der Projektphase MUBIL I (mikrobielle und pilzliche Biomasse, Besiedelung mit Mykorrhiza und Erhebungen zur Bodenstruktur), wurden in der zweiten MUBIL-Phase nicht durchgeführt.

#### ▪ Pflanzenbauliche Untersuchungen

Diese wurden in den Jahren 2006 – 2008 wie in MUBIL I weitergeführt. Die Bestandesentwicklung wurde beim Getreide durch Aufnahme der Bestockung, der Bestandesdichte, der Bestandeshöhe und der Lagerung und beim Körnermais durch Aufnahme der Bestandesdichte und Bestandeshöhe festgehalten. Die Bonitur des Auftretens von Krankheiten und Schädlingen erfolgte in Winterweizen und Körnermais durch visuelle Befallsschätzung und Umlegung in Bonitierungsnoten gemäß dem Sorten und Saatgutblatt des BFL, 2002.



Getreide und Futtererbse wurden mit einem Parzellenmähdrescher auf den vorgesehenen Erntestreifen jeder Parzelle geerntet. Bei Mais und Sonnenblumen wurden die Kolben bzw. Köpfe am Feld händisch geerntet und getrocknet, mit einem Maisrebler bzw. dem Parzellemähdrescher wurde anschließend der Kornertrag festgestellt. Die Erntefläche je Parzelle lag bei Körnermais bei 20 m<sup>2</sup> in den KPV S3M und S8M und im Hauptversuch S1M bei 28 m<sup>2</sup>. Bei Sonnenblumen wurden im KPV S2M 8 m<sup>2</sup> je Parzelle geerntet. Die Ertragshebung bei Luzerne erfolgte in allen Parzellen durch Quadratmeterernten jeweils zu 3 Schnittterminen (angestrebte Termine sind: 1. Schnitt im Mai, 2. Schnitt im Juli, 3. Schnitt im August). Je Schnitttermin wurde händisch 2 m<sup>2</sup> je Parzelle auf den dafür vorgesehenen Erntestreifen mit Scheren geerntet. Nur im Hauptversuch (KPV S1M) wurde im Jahr 2007 die Menge der oberirdischen Biomasse der Zwischenfrucht ebenfalls mittels Quadratmeterernten festgestellt. Auf den Parzellen der DV3 wurde die mittels Motorbalkenmäher geschnittene Luzerne und das Getreidestroh (nach dem berechneten Einstreubedarf) der gesamten Parzellenfläche händisch abgeführt.

Beim gesamten Erntegut wurde die Trockenmasse festgestellt (Trocknung bei 105 °C) und damit die jeweilige Ertragsleistung je Parzelle mit einheitlichen Trockensubstanzgehalten je Kultur auf Dezitonnen pro Hektar hochgerechnet. Folgende Qualitätskriterien wurden beim Getreide, der Futtererbse und dem Körnermais in Abhängigkeit der Kultur untersucht: Tausendkorngewicht (TKG), Hektolitergewicht, Fallzahl und Vollgerstenanteil. Die Bestimmung der Nährstoffgehalte von den bei 60°C vorgetrockneten und gemahlten Mischproben für Stickstoff und Kohlenstoff erfolgte an der BOKU durch Verbrennung mittels eines C/N-Analyzers (Elementanalysator der Fa. Leco). Die Nährstoffgehalte werden für die Ermittlung der Rohproteingehalte (über den N-Gehalt) und zur Berechnung von Nährstoffbilanzen von den einzelnen Düngungsvarianten verwendet.

Die Kleinparzellenversuche sind randomisierte komplette Blockanlagen mit drei bzw. im Versuch S1M mit vier verschiedenen Düngungsvarianten in vierfacher Wiederholung. Die Messergebnisse der KPV wurden mit statistischen Tests (2-faktorielle ANOVA – paarweiser Mittelwertvergleich nach Tukey,  $p < 0,05$ ) auf signifikante Unterschiede geprüft und in Grafiken und Tabellen dargestellt. Im Jahr 2005 hatten aufgrund der extremen Trockenheit in den Versuchen S5M und S6M geringfügige Bodenunterschiede einen deutlichen Einfluss auf den Ertrag einzelner Parzellen. Da diese Unterschiede in den nächsten Jahren nicht mehr auftraten, wurde der Ertrag dieser Parzellen im Jahr 2005 statistisch korrigiert.

Mit den Daten der Kleinparzellenversuche wurden für die einzelnen Düngungsvarianten Humus- und Nährstoffbilanzen (N, P, K) mit dem Modell REPRO (Hülsbergen und Diepenbrock, 1996; Hülsbergen, 2003; Küstermann et al., 2005) in Zusammenarbeit mit der TU München-Weihenstephan (Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme) berechnet. Eine detaillierte Methodenbeschreibung dazu und die Ergebnisse der Berechnung sowie die Diskussion und Schlussfolgerungen wurden in einem eigenen Kapitel (Punkt 14: Ergänzung Teilprojekt 1: Berechnung von Nährstoff- und Humusbilanzen, Seite 163 bis 178) zusammengefasst.

#### 1.5.2.2 Transekte

Ernteaufnahmen zum Einfluss von Bodenschutzanlagen auf die angrenzende Ackerfläche wurden im Schlag 2/1 (Transekt Süd) in bestimmten Entfernungen zu einer Hecke (8, 16, 24, 40, seit 2007 auch 54, und 80 m) auf deren Leeseite und im Schlag 6/1 (Transekt Nord) in ähnlichen Entfernungen, ebenfalls auf der Leeseite zu einer Baumreihe, durchgeführt. Auf den Schlägen 2/1 und 6/1 standen in den Jahren 2006 - 2008 folgende Kulturen: Sonnenblumen, Winterroggen und Futtererbse bzw. Triticale, Futtererbse und Winterweizen. Bei allen Kulturen wurde 6 x 2 m<sup>2</sup> je Entfernung geerntet und im Standbetrieb mit einem Parzellenmähdrescher gedroschen. Der Ertrag sowie das Tausendkorn- und Hektolitergewicht wurden bestimmt. Die statistische Auswertung des Einflusses der Biotopstrukturen auf die Ackerflächen erfolgte mittels Regression und Berechnung des Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ).

Auf Basis der Trendlinie aus der Regressionsberechnung wurde der Einflussbereich und die Höhe der Ertragssteigerung durch die Bodenschutzhecke ermittelt.

### **1.5.3 Praxisintegration**

Zur verstärkten Einbindung der landwirtschaftlichen Praxis aber auch von öffentlichen Stellen mit Bezug zum Thema wurden Feldtage auf den Flächen des Biobetriebs Rutzendorf abgehalten. Im Jahr 2007 wurden Ergebnisse zum Thema „Biologischer Landbau und Naturschutz“ und im Jahr 2008 zum Thema „Bewirtschaftungsumstellung und Düngungssysteme im biologischen Ackerbau – Auswirkungen auf Ertrag, Boden und Organismen“ präsentiert und zur Diskussion gestellt. Ende März 2009 fand eine Abschlusspräsentation zum Gesamtprojekt im Lebensministerium statt. An den Veranstaltungen haben BiobäuerInnen, BioberaterInnen, MitarbeiterInnen der Bio Austria, MitarbeiterInnen des Lebensministeriums, sowie ForscherInnen und MitarbeiterInnen aus verschiedenen öffentlichen und privaten Institutionen teilgenommen.

## **1.6 Ergebnisse und Diskussion**

### **1.6.1 Betriebliche Ebene**

Die Produktionsmaßnahmen und Erträge der einzelnen Schläge in den Jahren 2006 – 2008 sind in der Tabelle 9 im Anhang zusammengefasst. Für die Grundbodenbearbeitung kam bisher in der Regel der Pflug zum Einsatz. Die Stoppelbearbeitung wurde mit einem Flügelschargrubber durchgeführt. Luzerne wurde als Untersaat in Getreide oder im August nach einem Grubberstrich eingesät. Zwischenfrüchte als Gemenge aus Körnerleguminosen und Nicht-Leguminosen wurden so oft wie möglich in die Fruchtfolge eingebaut.

Ertragserhebungen von den drei Düngestreifen pro Schlag wurden ab dem Jahr 2006 parallel zu den Kleinparzellenversuchen durchgeführt (siehe Tabellen 10 im Anhang). Die Bodenbonitäten der Düngungsstreifen wurden kontrolliert und nur eine geringe Streuung zwischen den Düngungsvarianten innerhalb eines Schlages festgestellt. Die Ertragshöhe stimmt vor allem beim Getreide gut mit den Ergebnissen aus den Parzellenversuchen überein. Ein Ertragseinfluss der Düngungsvarianten ist noch nicht ersichtlich, was einerseits auf die erst dreijährige Umsetzung der Düngung in den Großschlägen und andererseits auf die jährliche einfache Wiederholung der Düngungsvarianten je Schlag zurückzuführen ist. Mit der Erhöhung der Anzahl von Ertragsaufnahmen über mehrere Jahre werden auch diese Ergebnisse besser interpretierbar sein.

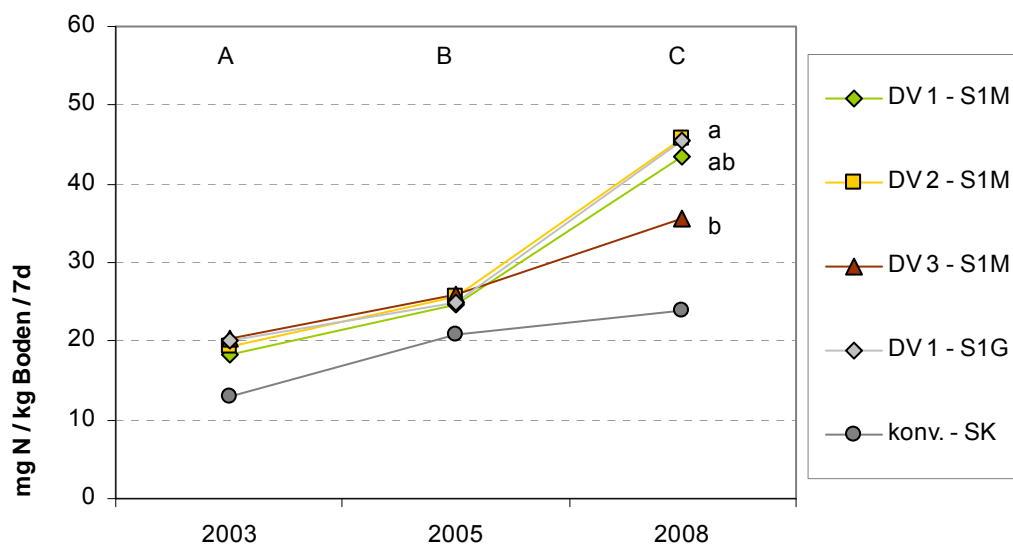
### **1.6.2 Ebene Feldversuch**

#### **1.6.2.1 Entwicklung von Bodeneigenschaften**

Die Gehalte an nachlieferbarem Stickstoff waren zu Beginn der Umstellung im Jahr 2003 sowohl im biologisch bewirtschafteten Kleinparzellenversuch S1M und der Referenzparzelle S1G (beide Schlag 1) als auch in der konventionellen Referenzparzelle SK sehr gering. Nach zwei Jahren (2003 zu 2005) kam es in allen Parzellen zu einem geringfügigen Anstieg des Stickstoffmineralisierungspotentials der Böden. Bei den Düngungsvarianten 1 bis 3 im Kleinparzellenversuch S1M war diese Steigerung signifikant. Die einmalige Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) im Jahr 2003 (Versuch S1M) wirkte sich nicht auf die nachlieferbaren Stickstoffgehalte aus. Deutliche Auswirkungen auf das Stickstoffmineralisierungspotential zeigte hingegen der zweijährige Luzerneanbau. Die Gehalte stiegen auf ungefähr das Doppelte der Werte zur ersten Aufnahme im Jahr 2003 (von „niedrig“ zu „mittel“ nach den Gehaltsstufen der Richtlinien für eine sachgerechte Düngung, BMLFUW, 2006). Luzerneanbau ergab auch in Untersuchungen von Campbell et al. (1991) und Ekenler und Tabatabai (2002) eine Erhöhung des Stickstoffmineralisierungspotentials.

Einfluss auf die Stickstoffnachlieferung hatte auch die Luzernenutzung. Die DV 3 mit Abfuhr von Luzerne und damit von Stickstoff und organischer Substanz wies im April 2008 einen signifikant geringe Stickstoffnachlieferung als die Varianten mit Mulchen und Belassen der Luzerne am Feld (DV 2 und DV 3) auf (Abbildung 1).

Die Untersuchungen zeigen auch deutlich, wie wichtig die beiden Referenzparzellen für die Einschätzung der Entwicklung der Bodeneigenschaften sind. Die konventionelle Parzelle wies bis zum Jahr 2005 eine ähnliche Steigerung des Stickstoffwertes auf, blieb aber in weiterer Folge im Gegensatz zu den biologischen Flächen auf einem weitgehend konstantem Niveau.



**Abbildung 1: Entwicklung der Stickstoffnachlieferung im Boden in Abhängigkeit der Fruchtfolge und der Düngungsvariante (Probennahme zu Vegetationsbeginn)**

**Fruchtfolge S1M, S1G:**

03: Sommergerste; 04: Wintergerste; 05: Luzerne; 06: Luzerne; 07: Winterweizen; 08: Körnermais  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test:  $P < 0,05$ ).

Im Kleinparzellenversuch S1M wurden Ende August 2006 vor Umbruch der Luzerne die Boden- $N_{min}$ -Gehalte erhoben. Die Werte waren in allen Düngungsvarianten sehr gering (zwischen 22 und 31 kg ha<sup>-1</sup> bis 90 cm Bodentiefe). Aufgrund des geringen Bodenwassergehalts im August war zu diesem Zeitpunkt nur wenig mineralischer Stickstoff, d.h. direkt pflanzenverfügbare Stickstoff, vorhanden. Anfang März 2008 wurden die Boden- $N_{min}$ -Gehalte vor dem Anbau des Körnermais festgestellt. Zu diesem Termin war noch keine Biogasgülle ausgebracht. Biotonnekompost und Stallmist wurden Ende November 2007 gedüngt, bei der Variante Biotonnekompost erfolgte Ende März noch eine Nachdüngung im Umfang von 100 dt/ha mit 70 kg N/ha.

Aufgrund der zweijährigen Luzerne 2005 und 2006 und dem geringen Ertragsniveau des Winterweizens 2007 war zu diesem frühen Zeitpunkt mit ca. 90 kg/ha (bis 90 cm Bodentiefe) schon viel mineralischer Stickstoff vorhanden. Zwischen den Düngungsvarianten lagen keine signifikanten Unterschiede im  $N_{min}$ -Gehalt vor. Bis Ende Mai 2008 nach Abschluss aller Düngungsmaßnahmen stiegen die  $N_{min}$ -Gehalte aufgrund der Mineralisierung aus dem Bodenvorrat nochmals deutlich an. Der Körnermais erreichte wegen der guten Stickstoffversorgung und den ausreichenden Niederschlägen im Jahr 2008 bei allen Düngungsvarianten ein hohes Ertragsniveau.

Die Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist wirkte sich nicht auf die  $N_{\min}$ -Gehalte aus. Bei der Stallmistvariante (DV 3) wurden aufgrund der Luzerneabfuhr zwei und drei Jahre zuvor sogar signifikant geringere Werte im Vergleich zu den Varianten Biotonnekompost (DV 2) und Biogasgülle (DV 4) festgestellt. Die Düngung mit Biogasgülle führte aufgrund des hohen Anteils an pflanzenverfügbarem Stickstoff in der Gülle zu den höchsten  $N_{\min}$ -Werten mit einer statistisch gesicherten Differenz zu allen Varianten (siehe Abbildung 5 im Anhang). Auf der konventionellen Vergleichsfläche waren im Jahr 2008 Kartoffeln angepflanzt. Der  $N_{\min}$ -Gehalt bis 90 cm Bodentiefe auf dieser Fläche stieg von 65 kg/ha Anfang März auf 195 kg/ha zum Termin Ende Mai an.

### 1.6.2.2 Auswirkungen von Düngungssystemen

#### Luzernenutzung

Der Luzerneaufwuchs der Düngungsvariante 3 (Stallmist) wurde von den Parzellen abgefahren. Die Luzerneerträge wiesen je nach Witterungsverlauf und dadurch bedingtem Wasserangebot starke Schwankungen zwischen den Erntejahren auf (Abbildung 2). So lag der Trockenmasseertrag von drei Luzerneschnitten in den Jahren 2004 bis 2008 zwischen 52,8 und 120,5 dt/ha. Dementsprechend stark schwankten auch die abgefahrenen Stickstoffmengen zwischen 156,5 und 435,3 kg/ha. Im Mittel der Jahre wurden 82 dt/ha TM an oberirdischer Biomasse der Luzerne mit einem Stickstoffertrag von 297 kg/ha geerntet. Ob die Luzerne im ersten oder zweiten Hauptnutzungsjahr stand, hatte nur geringen Einfluss, da das zur Verfügung stehende Wasser ausschlaggebend für die Ertragsbildung war. Die für den ertragsreichen ersten Schnitt ausschlaggebenden Niederschlagssummen in den Monaten März bis Mai waren 2004: 148 mm, 2005: 86 mm, 2006: 135 mm, 2007: 69 mm und 2008: 125,7 mm (Quelle: TP 5, BOKU-Met). Die Luzerne im Jahr 2006 (erstes Hauptnutzungsjahr) wies trotz mittlerem Luzerneertrag einen hohen Stickstoffertrag von 317 kg/ha auf. Die aufgrund der Fruchtfolge dieses Schlags gute Stickstoffversorgung (1999, 2000: Klee gras, 2003: Futtererbsen) führte zu sehr hohen Stickstoffgehalten in allen drei Luzerneschnitten.

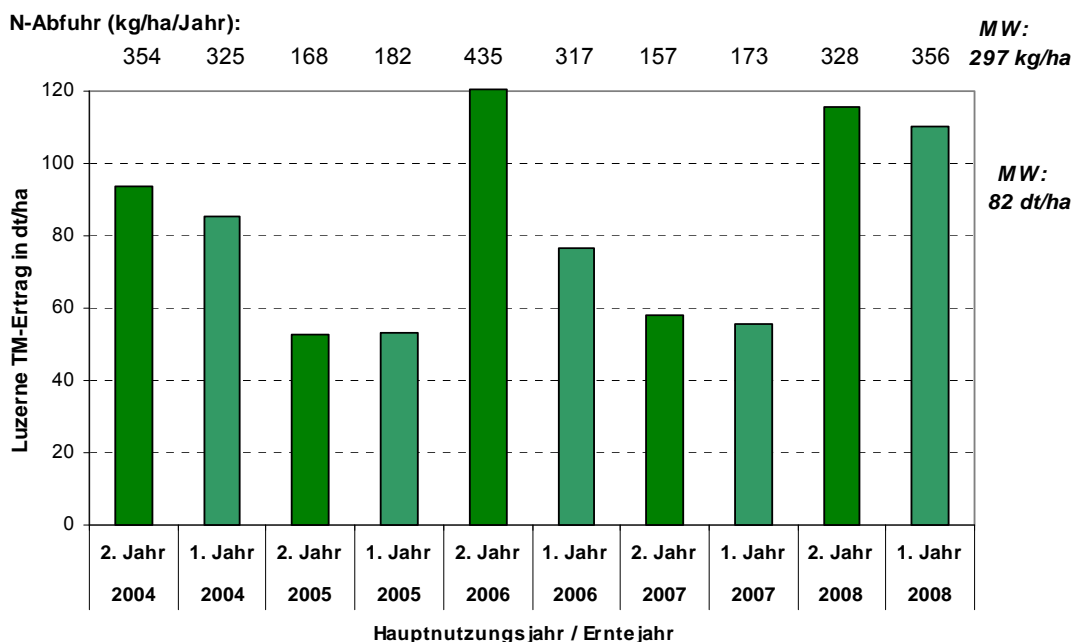


Abbildung 2: Luzerne-Trockenmasseertrag bei Schnittnutzung in Abhängigkeit des Erntejahres

Aufgrund des regelmäßigen Wechsels eines Jahres mit ausreichend Niederschlag im Frühjahr und Sommer mit einem Jahr mit geringen Niederschlagsmengen in diesem Zeitraum waren die Gesamterträge über die zwei Hauptnutzungsjahre der Luzerne relativ konstant. Beim Vergleich Mulch- und Schnittnutzung (Jahre 2005 bis 2008) war der Gesamtertrag der DV 3 (Schnittnutzung) nur im Versuch S7M deutlich geringer als die Erträge der DV1 und 2 mit Mulchnutzung (nur im Vergleich zur DV 2 statistisch signifikant). Der Grund dafür wird in einer langen Trockenperiode nach dem zweiten Schnitt im Jahr 2006 gesehen. Die Bedeckung des Bodens mit Luzernemulch konnte bei den Mulchvarianten die Wasserverdunstung reduzieren, während der Boden bei der Schnittnutzung unbedeckt blieb. Bei den Versuchen S1M und S4M wurde kein Ertragsunterschied in Abhängigkeit der Nutzungsart festgestellt (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Trockenmasse- und Stickstoffertrag der Luzerne (Summe aus zwei Nutzungsjahren) in Abhängigkeit der Nutzung der Luzerne**

Jahr/KPV	2005/06 – S1M		2006/07 – S7M		2007/08 – S4M	
	TM-Ertrag, dt/ha	N-Ertrag, kg/ha	TM-Ertrag, dt/ha	N-Ertrag, kg/ha	TM-Ertrag, dt/ha	N-Ertrag, kg/ha
Düngungsvariante						
DV 1: Mulchnutzung	178 a	638 a	157 ab	534 ab	161 a	497 a
DV 2: Mulchnutzung	178 a	620 a	165 a	556 a	168 a	495 a
DV 3: Schnittnutzung	174 a	617 a	135 b	474 b	171 a	501 a

Mulchnutzung: Mulchen und Belassen der oberirdischen Biomasse als Gründüngung am Feld

Schnittnutzung: Schnitt und Abfuhr der oberirdischen Biomasse als Grünfütter vom Feld

DV 1: Gründüngung, DV 2: GD + Biotonnekompost, DV 3: Stallmist

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

### Organische Düngung

In den Jahren 2003 bis 2006 (für die Kulturen der Erntejahre 2004 bis 2007) wurden alle acht Kleinparzellenversuche mindestens einmal mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt. Zwei Versuche (S1M und S6M) bekamen im Jahr 2007 bereits die zweite Düngergabe (für das Erntejahr 2008).

Die mit Biotonnekompost und Stallmist ausgebrachten Nährstoffe Stickstoff und Phosphor und die Menge an organischer Substanz liegen im Mittel auf einem ähnlichen Niveau (Tabelle 2). Mit Stallmist wurde hingegen mehr als das 2,7-fache an Kalium gegenüber dem Biotonnekompost gedüngt. Stallmist weist im Mittel ein geringfügig engeres C/N-Verhältnis auf. Der hohe Stickstoffgehalt im Stallmist wird auf die Futtergrundlage Luzerne und auf das Stallsystem Tiefstall zurückgeführt. Bedingt durch den im Tiefstallmist enthaltenen Urin weist der Mist auch hohe Kaliumgehalte auf (Stein-Bachinger et al., 2004). Zu berücksichtigen ist, dass dem Betriebssystem mit dem Biotonnekompost zusätzlich zur Gründüngung Nährstoffe und organische Substanz von außen zugeführt werden, während es sich beim Stallmist um eine Luzerneabfuhr als Futter und simulierte Rückführung von Nährstoffen und organischer Substanz aus dem Betriebssystem handelt. Bei den Düngungsvarianten 1 (Gründüngung) und 2 (GD + Biotonnekompost) blieb im Mittel der Jahre 2004 bis 2008 eine Luzernegründung im Ausmaß von 84 dt/ha oberirdische Biomasse mit 286 kg N und 3481 kg C am Feld.

**Tabelle 2: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) - Mittelwerte aus 10 Düngungen**

Düngung für Erntejahre	Düngungs-variante (DV)	Aufwandmengen, FM dt/ha	Gesamtstickstoff (N), kg/ha	Gesamtposphor (P), kg/ha	Gesamtkalium (K), kg/ha	Organische Substanz, kg/ha	Gesamtkohlenstoff (C), kg/ha	C/N Verhältnis	N/P Verhältnis	N/K Verhältnis
2004 – 2008	DV 2: Biotonnekompost	181	164	34	119	4646	2766	17	5,0	1,4
2004 – 2008	DV 3: Stallmist	182	157	40	337	4903	2561	15	4,2	0,5

Die Tabelle 3 zeigt die Ausbringungsmengen und Nährstoffgehalte der zweiten Düngergabe mit Biotonnekompost und Stallmist in den Kleinparzellenversuchen S1M zu Körnermais und S6M zu Winterweizen zum Zeitpunkt der Ausbringung. Im Versuch S1M erfolgte im Jahr 2008 die erste Düngung mit pflanzlicher Biogasgülle bei dieser nachträglich eingebundenen Düngungsvariante. Zu beachten ist dabei, dass mit der Biogasgülle bei ungefähr gleichen Mengen an gedüngtem Gesamtstickstoff im Mittel nur die Hälfte an organischer Substanz und Gesamtkohlenstoff im Vergleich zu den Varianten Biotonnekompost und Stallmist in den Boden kommen, da das C/N-Verhältnis deutlich enger war. Der Stickstoff der Biogasgülle lag zu 70 % als direkt pflanzenverfügbarer Ammonium-Stickstoff vor.

**Tabelle 3: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost, Stallmist und Biogasgülle in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) für die Kulturen des Erntejahres 2008**

Düngung für Erntejahr	KPV	Düngungs-variante (DV)	Aufwandmengen, FM dt/ha	Gesamtstickstoff (N), kg/ha	Gesamtposphor (P), kg/ha	Gesamtkalium (K), kg/ha	Organische Substanz, kg/ha	Gesamtkohlenstoff (C), kg/ha	C/N Verhältnis
2008	S1M	DV 2: Biotonnekompost	245	161	40	116	5044	2892	18
		DV 3: Stallmist	182	163	50	395	4780	2251	14
		DV 4: Biogasgülle	35,7*	170	20	322	2415	1340	8
2008	S6M	DV 2: Biotonnekompost	230	163	37	110	4789	2754	17
		DV 3: Stallmist	182	163	50	395	4780	2251	14

\*Angabe in m<sup>3</sup> ausgebrachte Biogasgülle, Summe aus zwei Teilgaben: 25 m<sup>3</sup> (April, zum Anbau) und 10,7 m<sup>3</sup> (Mai, in den wachsenden Bestand)

### *Bestandesentwicklung, Qualitätsparameter und Schaderregerbefall*

Das Wasserangebot in den Erhebungsjahren hatte neben dem Einfluss auf den Ertrag auch wesentliche Auswirkungen auf die Entwicklung der Bestände. Die trockenen Bedingungen in der Vegetationsperiode 2007 führten zu sehr niedrigen Getreide- und Maisbeständen, während die Bestände in den Jahren 2006 und 2008 mit ausreichend Niederschlag eine entsprechende Höhe und Dichte erreichten. Zwischen den Düngungsvarianten wurden keine gesicherten Unterschiede in der Bestandeshöhe und –dichte festgestellt.

Auch auf das Tausendkorngewicht des Ernteguts hatten die Düngungsvarianten keinen statistisch gesicherten Einfluss, wobei tendenziell die Düngungsvarianten mit höheren Erträgen auch ein höheres Tausendkorngewicht erreichten. Die Rohproteingehalte, die Hektolitergewichte und die Fallzahlen des Winterweizens waren in den Jahren 2006 bis 2008 bei allen Düngungsvarianten hoch und lagen über den geforderten Mindestwerten für Biospeiseweizen (AGES, 2006). Bei Winterweizen nach Luzerne wurden die Proteingehalte von der Nutzungsart der Luzerne beeinflusst. Eine Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist zum Anbau von Winterweizen und Winterroggen hatte keinen Einfluss auf die Höhe der Proteingehalte. Der im Jahr 2007 geerntete Winterroggen konnte ebenfalls als Speiseware vermarktet werden. Bei Sommergerste wurden nur Futtergerstesorten angebaut. Auffällig bei der Gerste war die hohe Streuung der Proteingehalte mit Werten zwischen 11,0 und 16,8 % (siehe Tabellen 6 bis 8 im Anhang).

In Winterweizen wurde in den Jahren 2006 und 2008 ein geringer bis mittlerer Befall mit Echtem Mehltau (*Erysiphe graminis*) festgestellt. Im Jahr 2007 trat aufgrund der trockenen Bedingungen kein Pilzbefall in Winterweizen auf. Ein Befall mit Getreidehähnchen (*Oulema lichenis* und *O. melanopus*) in Winterweizen wurde in den Jahren 2006 und 2007 im Ausmaß von ein bis zu zehn % Blattflächenverlust durch streifenförmigen Fensterfraß bonitiert. Beim Körnermais war der Anteil der Pflanzen mit Maisbeulenbrand und der unterhalb des Kolbens geknickten Pflanzen in den Erntejahren 2006 bis 2008 in allen Düngungsvarianten gering. Ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Düngungsvarianten bezüglich des Befalls mit Krankheiten und Schädlingen in Winterweizen und Körnermais wurde nicht festgestellt. Aufgrund der zunehmend differenzierteren Nährstoffversorgung der Pflanzenbestände durch die Düngungsvarianten werden in den nächsten Jahren auch stärkere Unterschiede im Schaderregerbefall erwartet. Die pflanzliche Biogasgülle enthält einen hohen Anteil an leicht verfügbarem Stickstoff, was einerseits die Ertragswirksamkeit erhöht, andererseits aber dem Befall der Pflanzen mit Pilzkrankheiten zuträglich sein kann. Umgekehrt könnte von der Düngung mit Kompost oder Rottemist eine phytosanitäre Wirkung ausgehen.

### *Winterweizen nach Luzerne*

Die Nutzungsform der Luzerne beeinflusste die Erträge und Proteingehalte des nachfolgenden Winterweizens. Bei der Stallmistvariante mit Luzerneabfuhr (DV 3) wurden entweder signifikant geringere Kornerträge (Jahr 2006, KPV S8M) oder Proteingehalte (Jahr 2008, KPV S7M) im Vergleich zu den Düngungsvarianten 1 und 2 mit Luzernemulch festgestellt. Beim Versuch S1M im Jahr 2007 war der Unterschied der DV 3 zu den Mulchvarianten sowohl beim Ertrag (nur zur DV 1) als auch beim Proteingehalt (zur DV 1 und DV 2) statistisch gesichert (Tabelle 4).

Bei Schnittnutzung und Abfuhr der Luzernebiomasse wird ein wesentlicher Teil an organischer Substanz und Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium) von der Fläche exportiert. Im Mittel der Versuche lag die abgefahrene Stickstoffmenge von zwei Luzernejahren bei 528 kg/ha. Der Nachfrucht Winterweizen stand daher weniger Stickstoff zur Verfügung als bei Mulchnutzung der Luzerne. Deutlich geringere Erträge wie im Jahr 2006 mit ca. 800 kg oder ein Proteingehalt unter 13 % wie im Jahr 2008 wirken sich daher auch wirtschaftlich mit niedrigeren Deckungsbeiträgen aus. Zu berücksichtigen ist, dass die Luzerne in den Versuchen als Grünfütter mit geringen Werbungsverlusten geerntet wurde bei einer Futterwerbung als Anwelksilage oder Heu treten höhere Bröckelverluste auf und es wird dadurch weniger Stickstoff von der Fläche abgefahren. Die Werbungsverluste liegen nach Stein-Bachinger et. al., (2004) in Abhängigkeit der Art der Futterwerbung bei Grünfütter zwischen 5-10 %, bei Anwelksilage zwischen 15-30 % und bei Heu in Bodentrocknung zwischen 25-50 %.

Bei als Mulch genutzter Luzerne kann die Fixierungsleistung von Luftstickstoff reduziert werden und es kann zu Stickstoffverlusten aus dem Mulchmaterial kommen. Im Trockengebiet gelten die geringen Niederschläge als begrenzender Faktor für die Stickstoffmineralisation aus dem Luzernemulch. Bei Versuchen im Marchfeld wurden bei sehr geringen Niederschlägen von Mai bis Juni keine Unterschiede in der Stickstoffbindungsleistung zwischen Schnitt- und Mulchnutzung festgestellt, die gasförmigen Stickstoffverluste aus dem Mulchmaterial wurden auf 15-30 kg N ha<sup>-1</sup> geschätzt (Pietsch et al. 2007).

**Tabelle 4: Kornertrag und Proteingehalt von Winterweizen nach Luzerne in Abhängigkeit der Luzernenutzung**

Jahr/KPV	2006 – S8M		2007 – S1M		2008 – S7M	
	Korn- ertrag, dt/ha, 86 % TM	Protein Gehalt, %	Korn- ertrag, dt/ha, 86 % TM	Protein Gehalt, %	Korn- ertrag, dt/ha, 86 % TM	Protein Gehalt, %
DV 1: Gründüngung	50,0 a	14,8 a	40,8 a	15,6 a	62,1 a	13,9 a
DV 2: GD+Biotonnekompost	50,1 a	14,9 a	39,7 ab	16,2 a	60,0 a	13,8 a
DV 3: Stallmist	42,1 b	14,6 a	38,0 b	13,3 b	60,9 a	12,7 b

DV 1 und DV 2: Mulchen der Luzerne, DV 3: Schnitt und Abfuhr der Luzerne

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

#### *Kornerträge in Abhängigkeit der organischen Düngung*

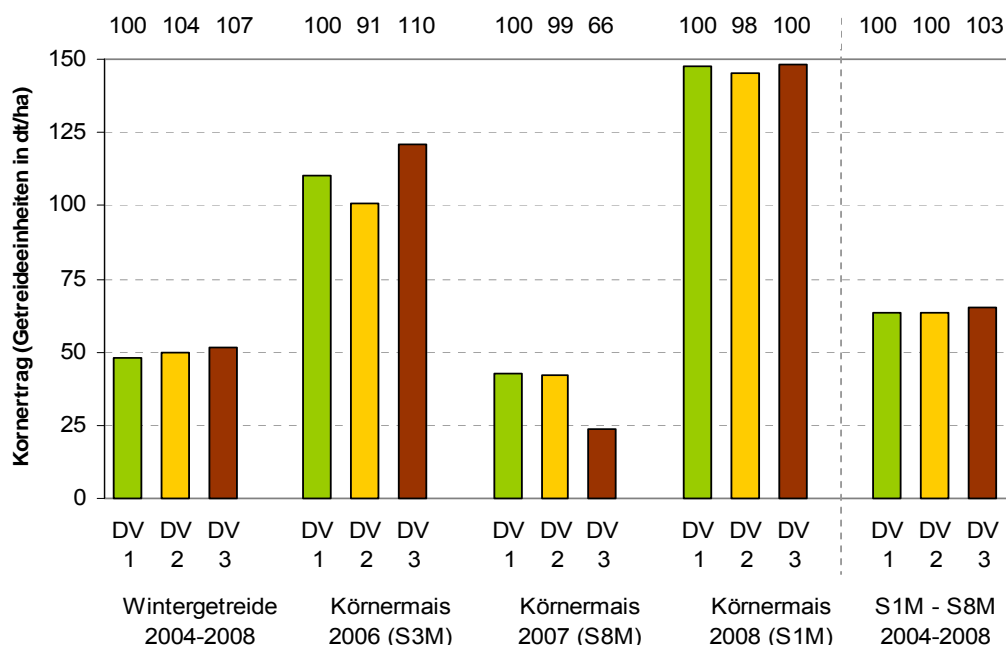
Im Erntejahr 2007 waren erstmals alle Kleinparzellenversuche mindestens einmal mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt. 2008 wurden die ersten zwei Kleinparzellenversuche (KPV S1M und S6M) mit einer zweimaligen organischen Düngung geerntet. Beim gedüngten Wintergetreide setzten sich auch in den Jahren 2006 bis 2008 die bisher in der Tendenz festgestellten Ertragseffekte fort. Im Anwendungsjahr der Dünger erreichte die Düngungsvariante 3 mit Stallmistdüngung in allen Versuchen die höchsten Erträge, wobei die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten nur in einem Versuch statistisch nicht signifikant waren. Bei zweimaliger Düngung (KPV S6M, Jahr 2008) lagen die Winterweizenerträge sowohl bei der Stallmistvariante (DV 3) als auch bei der Biotonnekompostvariante um 463 bzw. 316 kg/ha deutlich, aber nicht statistisch gesichert, über der Variante mit ausschließlicher Gründüngung (DV 1) (siehe Tabelle 11 im Anhang).



In der Abbildung 3 wird die Ertragswirkung (angegeben in Getreideeinheiten, KTBL 2005) der organischen Düngung im Erntejahr der gedüngten Kultur zusammengefasst und getrennt für Wintergetreide und für Körnermais dargestellt. Bei Wintergetreide ist der tendenziell positive Ertragseffekt der Düngung mit Biotonnekompost und vor allem mit Stallmist erkennbar. Beim Körnermais sind die Auswirkungen der Düngung in den einzelnen Jahren sehr unterschiedlich. Während die Erträge der DV 2 (GD + Biotonnekompost) geringfügig aber konstant unter denen der DV 1 (Gründüngung) lagen, kam es bei der DV 3 (Stallmist) zu starken Ertragschwankungen. Nach dem Jahr 2006 mit höheren Maiserträgen der DV 3, fiel der Maisertrag dieser Variante im Jahr 2007 bei insgesamt aufgrund der Trockenheit sehr niedrigem Ertragsniveau deutlich gegenüber den DV 1 und 2 ab. Der Mais wurde Anfang Mai 2007 nach einem trockenen April ausgesät. Wir nehmen an, dass sich der Bestand der Stallmistvariante aufgrund der höheren Stickstoffversorgung aus der Stallmistdüngung bei noch vorhandener Bodenfeuchte schneller entwickelt und mehr Biomasse gebildet hat als der Bestand der anderen Düngungsvarianten. Durch diesen höheren Biomassezuwachs wurden aber auch die Bodenwasservorräte rascher verbraucht. Das hatte zum Entwicklungszeitpunkt der Anlage und Ausbildung der Kolben negative Folgen. Bei gleicher Bestandesdichte aller geprüften Varianten wurden in der Düngungsvariante 3 signifikant weniger Kolben angelegt bzw. ausgebildet (Ergebnisse nicht dargestellt).

Der KPV S1M war im Jahr 2008 bereits zweimal mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt. Die Körnermaiserträge der DV 1 bis 3 lagen weitgehend auf gleichem Niveau. Einen höheren Ertrag erzielte die Variante mit Biogasgülledüngung, wobei die Unterschiede zwischen den Varianten nicht signifikant waren. Zu beachten ist allerdings, dass aufgrund der späten Einbindung der Biogasgüllevariante in den Versuch S1M die zweijährige Luzerne als Gründüngung gemulcht und nicht geschnitten und abgefahren wurde und im Jahr 2008 erst die erste Düngung mit Biogasgülle durchgeführt wurde. Der Ertrag der Parzelle mit geringer Bonität (S1G) blieb deutlich gegenüber den Erträgen im Versuch S1M mit mittlerer Bonität zurück (siehe Tabelle 11 im Anhang).

Bei Zusammenfassung der Erträge des Wintergetreides und des Körnermais aller Düngungsjahre bleibt ein geringer Ertragsvorteil der Stallmistdüngung (DV 3).

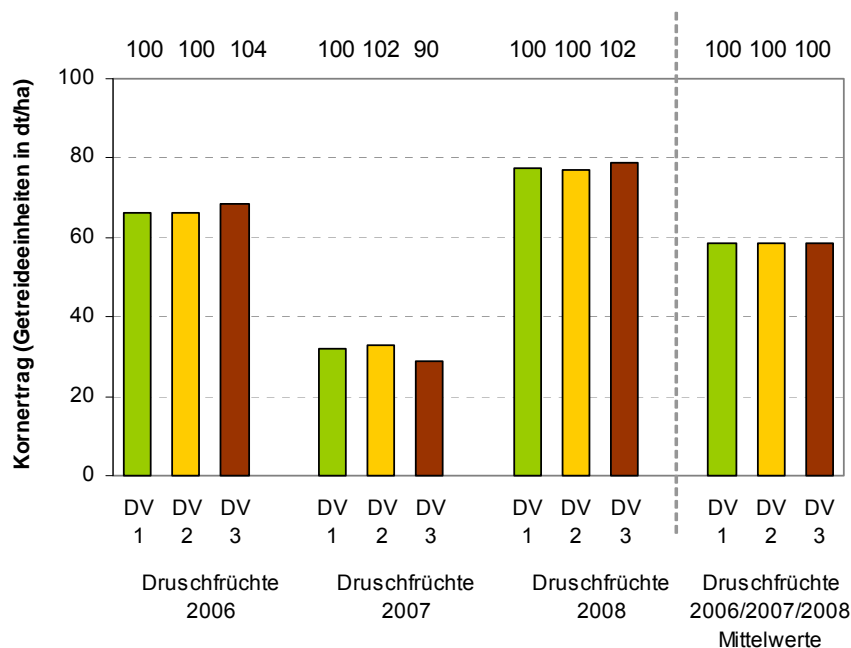


**Abbildung 3: Ertragswirkung von Biotonnekompost und Stallmist im Erntejahr der gedüngten Kultur** (Düngung jeweils im Herbst vor dem Erntejahr von Wintergetreide und Körnermais, alle Ertragsangaben in der Abbildung sind in Getreideeinheiten)

### Gesamtwirkung der Düngungsvarianten

Die gesamte Wirkung der Düngungsvarianten wird ersichtlich, wenn man die Erträge aller Druschfrüchte eines Jahres zusammenfasst (Abbildung 4). Bei dieser Berechnung werden die Effekte der Luzernenutzung und der organischen Düngung sowohl im Erntejahr der gedüngten Kulturen als auch in den Folgejahren miteinbezogen. In den Jahren 2006 und 2008 lag der mittlere Ertrag über alle Druschfrüchte der Variante mit Stallmistdüngung (DV 3) geringfügig über dem der Varianten 1 (Gründüngung) und 2 (GD + Biotonnekompost). Im Jahr 2007 mit insgesamt geringem Ertragsniveau erreichte die DV 3 nur ca. 90 Prozent der Ertragsleistung dieser beiden Varianten. Ausschlaggebend dafür war der geringe Maisertrag der Stallmistvariante in diesem Jahr. Werden die Erträge dieses Versuches mit Körnermais nicht in die Berechnung für das Jahr 2007 miteinbezogen, erreicht die DV 3 99 Prozent des Ertrages der reinen Gründüngungsvarianten (DV 1).

Im Mittel über die Jahre 2006 bis 2008 erreichten alle Düngungsvarianten ein gleiches Ertragsniveau. Werden alle Erhebungsjahre von 2003 bis 2008 betrachtet, ergibt sich ein ähnliches Bild mit ausgeglichenen Erträgen über alle Düngungsvarianten. Innerhalb der Fruchtfolge können die Ertragsverluste des Winterweizens nach Luzerne aufgrund der Luzerneabfuhr durch die Ertragseffekte der Stallmistdüngung zu später in der Fruchtfolge stehenden Druschfrüchten aufgehoben werden. Berner et. al. (1997) sprechen vor allem Rottemist und Mistkompost eine gute Stickstoffwirkung (Mineralisierungseigenschaft) zu, was bedeutet, dass ein hoher Anteil des mit dem Rottemist gedüngten Stickstoffs von den Pflanzen aufgenommen wird.



**Abbildung 4: Mittlerer Erträge aller Druschfrüchte der Jahre 2006 bis 2008 in Abhängigkeit der Düngungsvariante (Wirkungen der Luzernenutzung und der organischen Düngung)**

### 1.6.2.3 Ertragseinfluss von Hecken in angrenzende Ackerflächen

Bei den Erhebungen zum Einfluss einer Bodenschutzhecke auf eine angrenzende Ackerfläche (TS = Transekt Süd: gut ausgebildete Bodenschutzanlage, Leeseite zu einer dichten, ca. 8 m hohen Hecke) konnte in drei von vier Untersuchungsjahren ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe des Ertrages und der Entfernung zur Hecke festgestellt werden. Bei Luzerne, Winterweizen und Sonnenblumen stieg der Ertrag mit zunehmender Nähe zur Hecke an. Die Ertragshöhe des Winterroggens im Jahr 2007 wurde hingegen nicht von der Hecke beeinflusst. Winterroggen legt sein Ertragspotential schon früh in der Vegetationsperiode fest, er verwurzelt gut und kann damit die Winterfeuchtigkeit optimal ausnutzen, wodurch er weniger unter der Vorsommerdürre leidet. Im Spätwinter 2007 traten auch keine Schneewehen auf, welche für ein höheres Wasserangebot in Heckennähe sorgen konnten. Starke Schneewehen entlang der Bodenschutzhecke im März waren ein wesentlicher Grund für die höheren Winterweizenerträge in Heckennähe bei einem insgesamt sehr warmen und trockenem Frühjahr 2005.

Das Tausendkorngewicht bei der Sonnenblume zeigte die gleiche Trendlinie wie der Ertrag, bei Winterroggen wurden das Tausendkorngewicht und das Hektolitergewicht wie der Kornertrag nicht von der Hecke beeinflusst.

Im Jahr 2008 waren Futtererbsen angesät. Die Auswertungen ergaben einen signifikanten Einfluss der Hecke auf den Erbsenertrag. Die Ergebnisse sind aber nicht dargestellt, da der Erbsenbestand massiv durch eine Viruserkrankung beeinträchtigt war. Der Virusbefall führte zu einem nesterweisen Absterben der Erbsenpflanzen und zu einer starken Ertragsminderung, wodurch die Ertragserhebungen beeinflusst wurden.

Auf Basis der in bestimmten Abständen zur Hecke erhobenen Ertragsdaten wurde eine Trendlinie ermittelt und damit der Einflussbereich der Hecke und die Höhe der Ertragssteigerungen berechnet (Tabelle 5). Mit einer Hecke als Windbarriere konnte der Ertrag in den Jahren 2004 bis 2007 im Vergleich zu einem ungeschützten Feld zwischen 9,5 und 23,7 Prozent gesteigert werden. Die größte Steigerung wurde bei der Sonnenblume mit über 800 kg Mehrertrag verzeichnet. Der Einflussbereich der Hecke reichte bis ca. 35 Meter (4-fache Heckenhöhe) bei Winterweizen und bis zu ca. 80 Meter (10-fache Heckenhöhe) bei Luzerne und Sonnenblumen. Ergebnisse aus der Literatur (Mazek-Fialla, 1967; Bruckhaus und Buchner, 1995; Möndel, 2008) zeigen ähnliche Ertragssteigerungen und Einflussbereiche durch Hecken, deuten aber auch auf große Schwankungsbereiche in Abhängigkeit der Kultur, des Standorts und der vorherrschenden Witterung hin.

**Tabelle 5: Berechneter Ertragseinfluss einer 8 Meter hohen Bodenschutzhecke auf verschiedene Kulturen in der angrenzenden Ackerfläche**

<b>Jahr</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Kultur</b>	<b>Luzerne</b>	<b>Winterweizen</b>	<b>Sonnenblume</b>	<b>Winterroggen</b>
Messbereich in m	80	80	80	80
Ertragssteigerung bis m von der Hecke	ca. 80 m	ca. 35 m	ca. 80 m	Keine Steigerung
Mittlerer Ertrag* im Messbereich ohne Hecke (kg/ha)	7677	2644	3511	3728
Mittlerer Ertrag* im Messbereich mit Hecke (kg/ha)	8425	2896	4344	3728
<b>Ertragssteigerung in %</b>	<b>9,7</b>	<b>9,5</b>	<b>23,7</b>	<b>0</b>

\*Luzerne: TM-Ertrag, Summe aus drei Luzerneschnitten

\*Winterweizen, Winterroggen: Kornenertrag, 86 % TM

\*Sonnenblume: Kornenertrag, 92 % TM

Vom Transekt Nord im Schlag 6/1 (TN = Transekt Nord: schlecht ausgebildete Bodenschutzanlage, Leeseite zu einer durchlässigen Baumreihe) liegen aufgrund sehr heterogener Pflanzenbestände innerhalb des Schlages in den Jahren 2004 bis 2006 nur Ergebnisse aus den Jahren 2007 und 2008 vor. Die Ergebnisse (2007: Futtererbe, 2008: Winterweizen) deuten zwar auf einen Ertragseinfluss der Baumreihe hin, aufgrund der wenigen erhobenen Abstände zur Baumreihe und des unregelmäßigen Verlaufs der Trendlinie können keine sicheren Aussagen zur Wirkung der Baumreihe getätigt werden.

## 1.7 Schlussfolgerungen

### *Entwicklung von Bodeneigenschaften*

- Mit der zweijährigen Luzerne konnte das Stickstoffnachlieferungsvermögen des Bodens bei allen Düngungsvarianten deutlich gesteigert werden. Die Abfuhr von Luzerne führte jedoch gegenüber dem Mulchen der Luzerne zu einer deutlich geringeren Erhöhung der Stickstoffmineralisierung. Eine einmalige organische Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist hatte noch keine Auswirkungen auf die Stickstoffnachlieferung. Die wichtige Bedeutung von Futterleguminosen wie Luzerne in der Fruchtfolge wurde bestätigt. Die Luzerne baut über die Luftstickstoffbindung und die Speicherung des Stickstoffs in ihre organische Substanz und den Bodenvorrat ein wesentliches Stickstoffpotential zur Versorgung der nachfolgenden Marktfrüchte auf.

### *Einfluss der biologischen Bewirtschaftung und der Düngungsvarianten auf den Pflanzenertrag*

- Grundsätzlich konnten mit der umgesetzten Fruchtfolge am Biobetrieb bei allen Düngungsvarianten hohe Erträge und entsprechende Qualitäten erzielt werden.

Ausschlaggebend für gute Erträge war vor allem das Wasserangebot in der Vegetationsperiode. Ab dem Jahr 2004 wechselten sich feuchte bzw. normale Jahre mit sehr trockenen Jahren mit deutlichen Ertragseinbußen ab. Bei Luzerne und Winterweizen werden dadurch Ertragsreduktionen von über 50 % vom höchsten zum geringsten Ertrag erklärt. Zur zukünftigen Ertragssicherung in der Region sind daher eine möglichst wasserschonende Bewirtschaftung und Maßnahmen zur Reduktion der Verdunstung in der Landschaft notwendig. Die Luzerne mit ihrem hohen Wasserverbrauch verschärft das Problem für den nachfolgenden Winterweizen in einem Jahr mit geringen Frühjahrsniederschlägen. Kritisch ist auch der biologische Erbsenanbau. Im Jahr 2008 konnte der Bestand aufgrund eines Virusbefalls mit hohen Ertragseinbußen und starker Spätverunkrautung nicht geerntet werden.

- Der Einfluss der Luzernenutzung auf den nachfolgenden Winterweizen wurde bestätigt. Die Winterweizenerträge und Proteingehalte nach zweijähriger Luzerne mit Schnittnutzung und Abfuhr von Biomasse und Stickstoff (DV 3) waren regelmäßig geringer als die Weizenerträge beim Mulchen der Luzerne und Belassen der Biomasse am Feld (DV 1 und 2). Diesbezüglich ist zu berücksichtigen dass bei der DV 3 jährlich drei Luzerneschnitte als Grünfutter mit wenig Ernteverlusten von den Parzellen abgefahren wurden.
- Mit dem Erntejahr 2008 waren alle Kleinparzellenversuche mindestens einmal und zwei Versuche bereits zweimal mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt. Die zusammenfassende Auswertung der Ergebnisse zeigt eine tendenziell positive Ertragswirkung des Stallmistes im Erntejahr der gedüngten Kultur. Die positiven Ergebnisse der Stallmistdüngung sind von Bedeutung, wenn man bedenkt, dass es bei der Düngungsvariante 3 zu einem Stickstoffentzug von der Fläche mit der Luzerne- und Strohabfuhr kommt, und über die Tierhaltung und bei der Lagerung und Aufbereitung des Stallmistes hohe Stickstoffverluste auftreten. Innerhalb der Fruchtfolge können die Ertragsverluste des Winterweizens nach Luzerne aufgrund der Luzerneabfuhr durch die Ertragseffekte der Stallmistdüngung aufgehoben werden.
- Obwohl mit dem Biotonnekompost zusätzliche Nährstoffe und organische Substanz in das System eingebracht werden, ist eine Düngewirkung von Biotonnekompost bisher nicht oder nur in Ansätzen erkennbar. Ein Grund dafür liegt, bei im Mittel ähnlicher Zufuhr von Gesamtstickstoff über die Düngung, im höheren Anteil an pflanzenverfügbarem N bei Rottemistdüngung (5 – 20 % vom Gesamtstickstoff) gegenüber Biotonnekompost (5 -10 %) im Anwendungsjahr (Stein-Bachinger et al., 2004).

Im Kompost ist der Anteil des organisch gebundenen Stickstoffs sehr hoch. Dieser Stickstoff wird Großteils in den Bodenstickstoffvorrat eingebunden und nur teilweise und langsam in den Folgejahren nachgeliefert. Die Düngung mit Biotonnekompost diente bisher vor allem dem Aufbau von Bodenfruchtbarkeit.

- Da die Böden insgesamt eine gute Nährstoffversorgung aufweisen, sind Auswirkungen der Düngungsvarianten über die Nährstoffverfügbarkeit auf den Pflanzenertrag und die Pflanzenqualität – abgesehen von sensiblen Kulturen wie z.B. Kartoffeln auf K-Verfügbarkeit – nicht unmittelbar zu erwarten. Es wird jedoch erwartet, dass wiederholte Düngegaben in den Versuchen zu einer stärkeren Differenzierung der Erträge zugunsten der Düngungsvarianten mit Biotonnekompost und Stallmist führen. Mit mehreren Düngegaben wird Stickstoff im Boden angereichert und dadurch die N-Verwertung durch die Pflanzen stark erhöht (Gutser et al. 2005).
- Bei Wintergetreide konnte im Gegensatz zu Körnermais ein tendenziell positiver Ertragseffekt der Düngung mit Biotonnekompost und vor allem der Stallmistdüngung festgestellt werden. Körnermais steht im zweiten Jahr nach dem Luzerneumbruch. Aufgrund dieser günstigen Fruchtfolgestellung wirkte sich die zusätzliche Nährstoffzufuhr, trotz des hohen Nährstoffbedarfs und der guten Verwertung von organischem Dünger des Maises, bisher nicht ertragssteigernd aus. Bei der Düngungsvariante 3 muss mit der Stallmistdüngung in dieser Fruchtfolgestellung auch der Nährstoffverlust mit der Luzerneabfuhr ausgeglichen werden. Das gedüngte Wintergetreide, mit einer meist weniger bevorzugten Stellung in der Fruchtfolge, verwertete die organischen Dünger besser.
- In der Untersuchungsregion mit nur wenig Viehhaltung sollte untersucht werden, wie sich eine bessere Verteilung des hohen Anfalls an organischer Substanz und Stickstoff von der Luzerne innerhalb der Fruchtfolge auswirkt. Mögliche Strategien dazu können, neben der in Düngungsvariante 4 untersuchten anaeroben Fermentation zur Biogasgewinnung, ein Kompost aus einem oder maximal zwei Schnitten der Luzerne ev. mit einem strohreichen Pferdemist oder eine direkte Umverteilung eines Luzerneschnittes zu anderen Kulturen der Fruchtfolge sein.

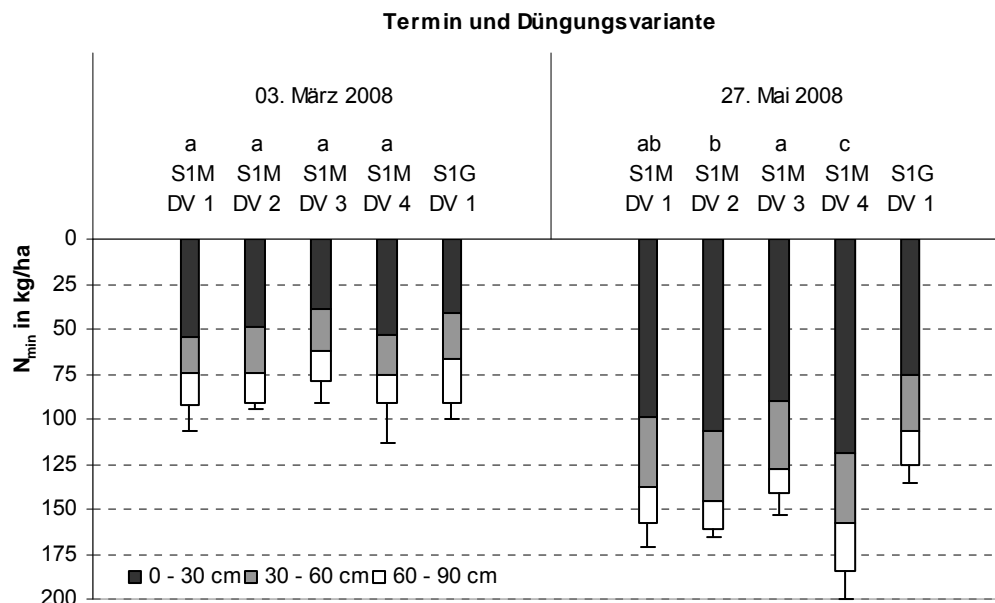
#### *Ertragseinfluss von Hecken als Bodenschutzanlagen*

- Ein ertragssteigernder Effekt einer Hecke als Bodenschutzanlage wurde mit den bisherigen Untersuchungen nachgewiesen. Das Ausmaß der Ertragssteigerung und die Reichweite des Einflusses der Hecke hängen aber ganz wesentlich von der angebauten Kultur und der Jahreswitterung, vor allem von der Verteilung der Niederschläge, ab. Bei einer Sommerung wie Sonnenblume wurde der Ertrag mit der Hecke bis über 20 Prozent gesteigert, während der Winterroggenertrag nicht von der Hecke beeinflusst wurde.
- Bodenschutzanlagen verändern das Kleinklima. Sie sind daher eine Möglichkeit, um den Ertrag in einer niederschlagsarmen Region, mit aufgrund des Klimawandels zukünftig noch schwierigeren Produktionsbedingungen, zu sichern. Ihre Anlage ist jedoch aufwendig und bedeutet Flächenverlust. Positiv wirken sich die Ertragssteigerung, die ökologischen Effekte und die Verringerung des Betriebsmitteleinsatzes auf der verbleibenden Fläche aus.
- Für gesicherte Aussagen über das Ausmaß des Heckeneinflusses sind daher Erhebungen über mehrere Jahre und in verschiedenen Kulturen notwendig. Um den gesamten Einflussbereich der Hecke beurteilen zu können, muss in Ergänzung zu den Erhebungen im Leebereich der Hecke auch der Luvbereich untersucht werden.

## 1.8 Literaturverzeichnis

- AGES (2008): Österreichische beschreibende Sortenliste 2008, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2008. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hrsg.), Wien.
- Berner, A., Scherrer, D., Alföldi, T. (1997): Stickstoffeffizienz von unterschiedlich aufbereiteten Misten in einer Ackerfruchtfolge auf Lösslehm. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 3.-4. März 1997 an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- BFL (2002): Sorten- und Saatgutblatt 2002. Schriftenreihe 59/2002 des Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, 10. Jahrgang, Sondernummer 13. BMLFUW, Wien.
- BMLFUW (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage. Hrsg.: BMLFUW, Wien.
- Bruckhaus, A. und Buchner, W. (1995): Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfruchtertrag und ökologische Kenngrößen. Ber.Ldw. 73: 435-465.
- Campbell, C. A., Lafond, G. P., Leyshon, A. J., Zentner, R. P. and Janzen, H. H. (1991): Effect of cropping practices on the initial potential rate of N mineralization in a thin Black Chernozem. Canadian Journal of Soil Science 71, 43-53.
- Ekenler, M. and Tabatabai, M. A. (2002): beta-Glucosaminidase activity of soils: effect of cropping systems and its relationship to nitrogen mineralization. Biology and Fertility of Soils 36, 367-376.
- 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.
- Gutser, R., Ebertseder, Th. Weber, A., Schraml, M. und Schmidhalter, U. (2005): Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. J. of Plant Nutrition and Soil Science. 168, 439-446.
- Herrmann, G. und Plakolm, G. (1993): Ökologischer Landbau, Grundwissen für die Praxis. Verlagsunion Agrar.
- Hülsbergen, K. J. und W. Diepenbrock, W. (1996): Das Modell REPRO zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben. In Diepenbrock W., Kaltschmitt M., Nieberg H., Reinhardt G. (eds): Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, 159-184.
- Hülsbergen, K.J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitationsschrift. Verlag Shaker, Aachen.
- 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.
- KTBL (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt.
- Mazek-Fialla, K. (1967): 10 Jahre Bodenschutz in Niederösterreich. Die Bodenschutzmaßnahmen und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen. Österreichischer Agrarverlag Wien.
- Möndel A. (2007): Ertragsmessungen in Winterroggen - der Ertragseinfluss einer Windschutzanlage in der oberrheinischen Tiefebene. Verbundprojekt: agroforst - neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung  
[http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag\\_winterroggen.pdf](http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag_winterroggen.pdf) (03.10.2008)
- ÖN L1091 (1988): Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von mineralischem Stickstoff - Nmin-Methode.
- Pietsch, G., Friedel, J. K. and Freyer, B. (2007): Lucerne management in an organic farming system under dry site conditions. Field Crop Research 102, 104-118.
- 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.
- 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



T ... Fehlerindikatoren stellen den Standardfehler des Mittelwertes dar  
Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test:  $P < 0,05$ )

**Abbildung 5: Boden- $N_{min}$ -Gehalte in Abhängigkeit der Düngungsvariante zum Anbau von Körnermais 2008 im Kleinparzellenversuch S1M und der Referenzparzelle S1G**

**Tabelle 6: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen der Ernte 2006**

DV	KPV	Kultur	Bestandeshöhe, cm		TKG, g 86%TS		Hektolitergewicht, kg		Rohprotein, %		Fallzahl, sec.		Vollgerstenanteil, % (Sortierung >2,5 mm)	
			Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw			
DV 1	S2M	SB			53,1	a 3,0								
DV 2	S2M	SB			55,4	a 1,0								
DV 3	S2M	SB			56,2	a 1,1								
DV 1	S3M	KM	228	a 15,4	383,7	a 13,4			10,3	a 0,6				
DV 2	S3M	KM	229	a 8,6	381,8	a 11,6			10,8	a 1,1				
DV 3	S3M	KM	235	a 18,9	379,9	a 12,6			10,0	a 1,3				
DV 1	S4M	SG	78	a 1,7	39,8	a 1,0	67,4	a 0,8	12,3	a 0,4			69,6	a 2,2
DV 2	S4M	SG	80	a 2,1	41,2	a 0,2	68,0	a 0,5	12,7	a 0,2			71,9	a 2,8
DV 3	S4M	SG	80	a 3,2	40,8	a 0,8	67,6	a 0,7	12,3	a 0,2			72,1	a 3,2
DV 1	S5M	WW	113	a 1,6	40,1	a 1,4	84,2	a 1,2	14,8	a 0,2	418	a 7		
DV 2	S5M	WW	112	a 1,3	41,2	a 1,1	85,1	a 0,6	14,7	a 0,6	412	a 8		
DV 3	S5M	WW	112	a 0,4	41,0	a 0,2	85,0	a 0,1	14,8	a 0,3	381	b 12		
DV 1	S6M	T	76	a 2,5	28,7	a 0,8	72,5	a 0,9	15,1	a 0,6				
DV 2	S6M	T	75	a 1,5	28,9	a 1,7	72,7	a 1,3	14,8	a 0,5				
DV 3	S6M	T	75	a 3,2	29,2	a 0,5	72,8	a 1,1	15,2	a 0,4				
DV 1	S8M	WW	105	a 2,4	39,7	a 1,2	83,8	a 0,3	14,8	a 0,2	375	a 16		
DV 2	S8M	WW	105	a 1,1	39,9	a 0,8	83,9	a 0,2	14,9	a 0,1	370	a 30		
DV 3	S8M	WW	104	a 1,6	37,6	a 1,1	83,0	b 0,4	14,6	a 0,2	393	a 19		



**Tabelle 7: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen der Ernte 2007**

DV	KPV	Kultur	Bestandes- höhe, cm		Bestandes- dichte, Pfl./m <sup>2</sup>		TKG, g 86%TS		Hektoliter- gewicht, kg		Rohprotein, %		Fallzahl, sec.		Vollgerstenanteil, % (Sortierung >2,5 mm)	
			Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	
DV 1	S1M	WW	60	a 0,8	411	a 45	38,8	a 1,0	85,8	a 0,5	15,6	a 0,5	448	a 30		
DV 2	S1M	WW	62	a 1,1	403	a 46	38,4	a 0,9	85,7	a 0,5	16,2	a 0,6	502	b 18		
DV 3	S1M	WW	62	a 1,6	375	a 17	37,5	a 1,1	86,0	a 0,6	13,3	b 0,7	440	a 14		
DV 1	S1G	WW	62	2,3	397	20	36,7	0,3	84,7	0,4	15,7		456			
DV 1	S2M	WR	114	a 1,1	253	a 23	27,8	a 0,3	75,7	a 0,2	10,5	a 0,3				
DV 2	S2M	WR	114	a 1,4	254	a 24	28,0	a 0,9	75,7	a 0,4	10,7	a 0,2				
DV 3	S2M	WR	115	a 1,5	265	a 29	28,2	a 0,6	76,0	a 0,3	10,1	a 0,5				
DV 1	S3M	SG	49	a 1,1	407	a 31	39,0	a 0,7	62,1	a 0,5	13,2	a 0,5			56,5	a 2,0
DV 2	S3M	SG	49	a 0,9	428	a 42	40,8	a 0,7	63,3	a 0,9	13,0	a 0,6			61,7	a 3,5
DV 3	S3M	SG	49	a 2,1	428	a 50	40,4	a 0,9	63,1	a 0,6	12,6	a 1,2			60,9	a 3,3
DV 1	S5M	SG	52	a 2,4	476	a 64	40,4	a 0,6	63,3	a 0,5	16,5	a 0,3			64,9	a 2,6
DV 2	S5M	SG	53	a 3,1	490	a 5	40,3	a 1,8	63,5	a 0,9	16,2	a 0,9			66,9	a 4,1
DV 3	S5M	SG	52	a 1,1	476	a 33	41,0	a 0,6	63,1	a 0,1	16,8	a 0,5			63,8	a 2,0
DV 1	S6M	FE					184,3	a 5,4			25,1	a 0,7				
DV 2	S6M	FE					178,0	a 7,1			24,7	a 0,6				
DV 3	S6M	FE					168,8	a 11,3			25,2	a 0,4				
DV 1	S8M	KM	143	a 23,0	6,8	a 0,2	286,8	a 4,8			10,3	a 0,4				
DV 2	S8M	KM	151	a 24,2	6,2	a 0,6	284,7	a 10,1			10,4	a 0,2				
DV 3	S8M	KM	157	a 16,3	6,4	a 0,3	275,6	a 10,8			11,0	b 0,2				

**Tabelle 8: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen der Ernte 2008**

DV	KPV	Kultur	Bestandes- höhe, cm		Bestandes- dichte, Pfl./m <sup>2</sup>		TKG, g 86%TS		Hektoliter- gewicht, kg		Rohprotein, %		Fallzahl, sec.		Vollgerstenanteil, % (Sortierung >2,5 mm)	
			Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw	Stabw		
DV 1	S1M	KM	241	a 2,1	6,1	a 0,3	313,7	7,8			7,7	a 0,2				
DV 2	S1M	KM	245	a 3,7	6,3	a 0,2	315,4	7,6			7,6	a 0,3				
DV 3	S1M	KM	247	a 1,9	6,3	a 0,2	324,5	9,5			7,8	a 0,1				
DV 4	S1M	KM	246	a 2,2	6,5	a 0,3	324,8	3,1			7,8	a 0,1				
DV 1	S1G	KM	243	2,9	5,9	0,6	304,3	2,7			7,0	0,3				
DV 1	S6M	WW	97	a 2,5	440	a 31	50,8	a 1,4	80,1	a 0,9	14,1	a 0,9	306	a 28		
DV 2	S6M	WW	99	a 1,4	424	a	51,5	a 0,6	80,1	a 0,5	14,2	a 0,5	292	a 30		
DV 3	S6M	WW	101	a 2,2	461	a 59	51,1	a 1,8	79,3	a 1,5	14,3	a 0,2	290	a 36		
DV 1	S7M	WW	101	a 2,6	460	a 42	50,4	a 1,4	79,1	a 1,0	13,9	a 0,4	341	a 27		
DV 2	S7M	WW	102	a 2,3	485	a 21	50,7	a 0,9	79,2	a 0,1	13,8	a 0,3	352	a 29		
DV 3	S7M	WW	100	a 2,2	435	a 29	50,5	a 0,7	79,2	a 0,6	12,7	b 0,5	375	a 22		
DV 1	S8M	SG	64	a 2,5	439	a 26	50,6	a 0,7	66,2	a 0,3	11,6	a 1,1			91,4	a 0,4
DV 2	S8M	SG	65	a 3,2	459	a 49	50,8	a 0,6	65,9	a 0,6	12,0	a 0,7			91,4	a 1,5
DV 3	S8M	SG	64	a 1,3	428	a 16	51,2	a 0,5	66,1	a 0,5	11,0	a 0,6			91,2	a 0,8

**Legende Tabellen 6 - 8:** WW...Winterweizen, WR...Winterroggen, SG...Sommergerste, T...Triticale, FE...Futtererbse (Pelusckhe), KM...Körnermais, SBL...Sonnenblumen; Stabw...Standartabweichung; Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test:  $P < 0,05$ ).

**Tabelle 9: Produktionsmaßnahmen und Erträge der Jahre 2006 bis 2008 auf den Schlägen des Biobetriebes Rutzendorf (Quelle: BVW GmbH)**

Schlag	KPV	Erntejahr 2006					Erntejahr 2007					Erntejahr 2008							
		Hauptfrucht	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflege- maß- nahmen	Ertrag Schlag (kg/ha) FM Ernte	Hauptfrucht	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflege- maß- nahmen	Ertrag Schlag (kg/ha) FM Ernte	Hauptfrucht	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflege- maß- nahmen	Ertrag Schlag (kg/ha) FM Ernte
1	S1M S1G	Luzerne	La-bella-camp.- bea	22	19.07. 2004	Mehrmaliges Mulchen (3x)		Winterweizen	Capo	182	19.10. 2006	1 x Hackstriegel	3508	Körnermais	Die-Samanta	1,50 Pkg/ha	18.04. 2008	1 x Hackstriegel 3 x Maschinenhacke	8623
2	S2M	Ölsonnenblume	Alzan	0,92 Pkg/ha	20.04. 2006	1 x Hackstriegel 2 x Maschinenhacke	2835	Winterroggen	Nikita	182	11.10. 2006	1 x Hackstriegel	3525	Futtererbse	Dora	229	02.04. 2008	1 x Hackstriegel	k.E.
3	S3M	Körnermais	Kuxar	1,53 Pkg/ha	25.04. 2006	1 x Hackstriegel 2 x Maschinenhacke	6746	Sommergerste	Elisa	162	28.03. 2007	2 x Hackstriegel	2144	Futtererbse	Dora	229	02.04. 2008	1 x Hackstriegel	k.E.
4	S4M	Sommergerste	Elisa	159	04.04. 2006	2 x Hackstriegel	3532	Luzerne	La-bella-camp.- bea	26	22.05. 2006	Mehrmaliges Mulchen (3x)		Luzerne	La-bella-camp.- bea			Mehrmaliges Mulchen (3x)	
5	S5M	Winterweizen	Capo	166	04.10. 2005	1 x Hackstriegel	4621	Sommergerste	Elisa Tempera	163	28.03. 2007	1 x Hackstriegel	2144	Luzerne	La-bella-camp.- bea	22	03.08. 2007	Mehrmaliges Mulchen (3x)	
6	S6M	Triticale	Triamant	159	26.09. 2005	2 x Hackstriegel	857	Futtererbse	Dora	232	02.04. 2007	1 x Hackstriegel	1886	Winterweizen	Capo	184	03.11. 2007	2 x Hackstriegel	6391
7	S7M	Luzerne	La-bella-camp.- bea	23	25.04. 2005	Mehrmaliges Mulchen (3x)		Luzerne	La-bella-camp.- bea			Mehrmaliges Mulchen (3x)		Winterweizen	Capo	184	03.11. 2007	2 x Hackstriegel	6403
8	S8M	Winterweizen	Capo	166	04.10. 2005	1 x Hackstriegel	4596	Körnermais	Die-Samanta	1,67 Pkg/ha	03.05. 2007	1 x Hackstriegel 2 x Maschinenhacke	3001	Sommergerste	Tempera	166	01.04. 2008	2 x Hackstriegel	4148

Anmerkung: Die Ertragsangaben beziehen sich auf die Großschläge. 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.

**Tabelle 10: Ertragsaufnahmen 2006 bis 2008 in den drei Düngestreifen je Schlag**

Ernte 2006 - 2008: KORN, 86 % TM in dt/ha und STROH, 100 % TM in dt/ha																					
Jahr	DV	S	Körner- mais	S	Sonnen- blumen	S	Sommer- gerste	Stroh	S	Winter- roggen	Stroh	S	Winter- weizen	Stroh	S	Winter- weizen	Stroh	S	Tritikale	S	Futter- erbse
2006	DV1	S3	68,8	S2/1	31,4	S4	38,3					S8	47,8		S5/1	52,7		S6/1	k.E. <sup>2</sup>		
2006	DV2	S3	70,8	S2/1	32,3	S4	37,9					S8	46,9		S5/1	51,6		S6/2	k.E. <sup>2</sup>		
2006	DV3	S3	69,1	S2/2	32,6	S4	40,8	k.E. <sup>1</sup>				S8	50,5	k.E. <sup>1</sup>	S5/1	50,0	k.E. <sup>1</sup>	S6/1	k.E. <sup>2</sup>		
2007	DV1	S8	19,3			S3, S5/1	21,2 25,3		S2/1	41,2		S1	36,6							S6/1	16,0
2007	DV2	S8	29,2			S3, S5/1	21,9 25,5		S2/1	35,3		S1	43,0							S6/2	19,2
2007	DV3	S8	24,4			S3, S5/1	19,5 23,6 3,9 4,0		S2/2	33,8 17,6		S1	33,7 10,3							S6/1	20,4
2008	DV1	S1	96,9			S8	43,8					S6/1	56,5		S7	68,8				S2/1, S3	k.E. <sup>2</sup>
2008	DV2	S1	79,1			S8	40,5					S6/2	65,8		S7	61,6				S2/1, S3	k.E. <sup>2</sup>
2008	DV3	S1	84,1			S8	41,7 12,9					S6/1	59,9 15,0		S7	64,4 17,2				S2/2, S3	k.E. <sup>2</sup>

k.E.<sup>1</sup> = keine Strohaufnahmen durchgeführt (Erfassungsprobleme)

k.E.<sup>2</sup> = keine Ertragsaufnahmen durchgeführt (Virusbefall und starke Verunkrautung)

S = Schlag, DV = Düngungsvarianten

Tabelle 11: Erträge in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit des Erntejahres (2003 bis 2008), der Fruchtfolge und der organischen Düngung

Erntejahr	2003				2004				2005				2006				2007				2008			
	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)	Stabw	Stroh/Luzerne: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)
S1M	DV 1	24,2	a 4,3	H	WG	53,5	a 1,8	H	LUZ			M	LUZ			M	WW	40,8	a 2,0	H	KM	134,3	a 5,5	H
	DV 2	27,4	a 1,7	H		57,2	a 4,9	H		M	M	39,7		ab 2,7	H	132,1		a 8,5	H					
	DV 3	26,8	a 2,2	H		57,2	a 6,0	15,8		52,8	120,5	38,0		b 1,4	21,2	134,8		a 7,1	H					
	DV 4															141,4		a 1,8	H					
S1G	DV 1	25,0	3,1	H		36,1	6,3	H			M			M		33,6	1,8	H		108,2	14,9	H		
S2M	DV 1			M	LUZ			M	WW	35,0	a 2,3	H	SBL	43,7	a 1,8	H	WR	40,8	a 0,9	H	FE	k.E. <sup>2</sup>		H
	DV 2			M			M	33,3		a 2,6	H	46,4		a 1,3	H	41,9		a 1,6	H	k.E. <sup>2</sup>			H	
	DV 3			M			85,0			32,8	a 2,7	10,8		46,6	a 3,6	H		42,4	a 0,4	41,5		k.E. <sup>2</sup>		H
S3M	DV 1			M	LUZ			M	WW	47,6	a 5,2	H	KM	100,2	a 18,1	H	SG	17,3	a 1,6	H	FE	k.E. <sup>2</sup>		H
	DV 2			M			M	50,5		a 7,2	H	91,7		a 9,8	H	20,0		a 1,9	H	k.E. <sup>2</sup>			H	
	DV 3			M			91,9			45,3	a 4,9	12,8		109,8	a 13,0	H		19,3	a 3,5	16,2		k.E. <sup>2</sup>		H
S4M	DV 1	27,5	a 6,7	H	WW	65,8	a 2,0	H	WR	31,7	a 7,1	H	SG	42,5	a 3,2	H	LUZ			M	LUZ			M
	DV 2	23,8	a 7,3	H		68,5	a 1,6	H		35,2	a 0,5	H		45,4	a 1,0	H				M				M
	DV 3	24,0	a 6,4	H		65,9	a 1,7	29,0		40,4	a 4,0	H		44,4	a 2,3	34,0				55,6				115,6
S5M	DV 1			M	LUZ			M	WW	33,0	a 7,2	H	WW	55,6	a 2,9	H	SG	28,2	a 0,8	H	LUZ			H
	DV 2			M			M	29,9		a 6,9	H	55,6		a 3,2	H	29,3		a 1,1	H				H	
	DV 3			M			93,5			26,4	a 1,2	8,8		57,3	a 2,9	60,8		27,8	a 1,2	41,6				110,4
S6M	DV 1			M	LUZ			M	WW	27,4	a 5,4	H	TR	17,1	a 5,1	H	FE	19,3	a 3,5	H	WW	61,6	a 5,0	H
	DV 2			M			M	28,1		a 3,2	H	17,7		a 4,7	H	19,9		a 2,0	H	64,7		a 5,0	H	
	DV 3			M			104,0			24,2	a 4,7	H		18,1	a 5,6	16,2		18,2	a 2,3	H		66,2	a 1,4	34,5
S7M	DV 1	k.E. <sup>1</sup>		H	WR	64,3	a 3,9	H	TR	26,6	a 1,1	H	LUZ			M	LUZ			M	WW	62,1	a 3,3	H
	DV 2	k.E. <sup>1</sup>		H		66,1	a 5,3	H		27,3	a 4,6	H				M				M		60,0	a 7,0	H
	DV 3	k.E. <sup>1</sup>		H		70,6	a 3,0	50,1		37,2	b 3,2	H		76,8		57,8		60,9	a 3,0	26,9				
S8M	DV 1	27,9	a 2,0	H	LUZ			M	LUZ			M	WW	50,0	a 2,2	H	KM	38,6	a 11,8	H	SG	29,0	a 3,8	H
	DV 2	29,1	a 0,7	H			M	50,1		a 1,1	H	50,1		a 1,1	H	38,2		a 8,2	H	29,7		a 4,5	H	
	DV 3	29,1	a 0,5	H			85,5			42,1	b 2,3	44,5				21,6		a 3,6	H	31,2		a 5,6	20,0	
SK	MD	SD	61,5	3,2	H	ZR	850,0		WW	52,2	5,4	H	ZW	520,0			WD	69,9	4,9	H	KAR	465,0		

## Legende zur Tabelle:

DV...Düngungsvariante:	DV 1: Gründüngung:	nur Gründüngung mittels Luzernemulch (GD)
	DV 2: GD + Biotonnekompost:	zusätzlich zur Gründüngung wird Biotonnekompost zugeführt
	DV 3: Stallmist:	Luzerne- und Strohabfuhr, stattdessen Zufuhr von Stallmist (Rindermist)
	DV 4: Pflanzliche Biogasgülle:	Luzerneabfuhr, stattdessen Zufuhr von pflanzlicher Biogasgülle
	MD:	Konventionelle Bewirtschaftung, Einsatz von Mineraldünger
Wintergetreide:	WW...Winterweizen, WR...Winterroggen, TR...Triticale, WG...Wintergerste, WD...Winterdurum	
Sommergetreide:	SG...Sommergerste, SD...Sommerdurum	
Leguminosen:	LUZ...Luzerne, FE...Futtererbse (Peluschke)	
Hackfrüchte:	KM...Körnermais, SLB...Sonnenblumen (Ertrag Korn, 92 % TM), ZR...Zuckerrüben, ZW...Zwiebel, KAR...Kartoffel (Ertrag Frischmasse)	

Kultur...die Kultur wurde vor dem Anbau mit Biotonnekompost und Stallmist bzw. im KPV S1M Jahr 2008 mit Biogasgülle gedüngt

H...das Stroh wurde gehäckselt und auf den Parzellen belassen

M...die Luzerne wurde gemulcht und das Mulchmaterial auf den Parzellen belassen

33

Stabw...Standartabweichung; Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test:  $P < 0,05$ ).

k.E.<sup>1</sup>...keine Ertragerhebung aufgrund starker Spätverunkrautung, k.E.<sup>2</sup>...keine Ertragerhebung aufgrund Virusbefall und starker Spätverunkrautung

## 2 TEILPROJEKT 2: BODENCHEMIE UND -PHYSIK

### **Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor und Kalium im biologischen Landbau**

BearbeiterInnen: G. Wieshammer, M. Puschenreiter, W. W. Wenzel

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

#### **2.1 Zusammenfassung / Summary**

In diesem Teilprojekt wurde versucht, die Abschätzung des pflanzenverfügbaren Phosphors im Boden mittels der Standardmethode CAL-Extraktion durch die Entwicklung von bzw. Untersuchung mit effizienteren Methoden, die auch den im Boden organisch gebundenen Phosphor, sowie eine Nachlieferung des anorganischen Phosphors aus stärker im Boden gebundenen Fraktionen miteinschließen, zu verbessern, um damit deutlich zuverlässigere Aussagen über pflanzenverfügbare Phosphorgehalte auf ökologisch bewirtschafteten Böden treffen zu können. Dazu wurde ein Gefäßversuch mit deutlich unterschiedlich phosphorversorgten Böden und Raps (*Brassica napus*) durchgeführt. Außerdem wurden auf fünf neuen Flächen im Raum Ostösterreich, die alle bereits vor mehr als 12 Jahren auf ökologische Landwirtschaft umgestellt wurden, Bodendauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Diese neuen Flächen wurden in das Monitoring von Veränderungen des pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumgehaltes, sowie in die Bilanzierung von Nährstoffentzügen durch die Ernte des Winterweizens im Jahr 2007 miteinbezogen. Es zeigte sich, dass nur mit Einbeziehung weiterführender Methoden (z.B. DGT) ein genauerer Einblick in die P-Dynamik möglich ist. Das Bodenmonitoring hat ergeben, dass in den Jahren 2003 – 2008 eine im wesentlichen unverändert ausreichende Versorgung mit P und K gegeben ist. Auf den neuen Flächen wurde eine ausreichende bis sehr hohe Versorgung mit P und K gefunden, was darauf hindeutet das auch in längeren Zeiträumen mit biologischer Bewirtschaftung eine ausreichende Versorgung mit diesen Nährstoffen gewährleistet werden kann. Diese Vermutung wird durch die Tatsache, dass in allen untersuchten Böden ein sehr großer Pool an organisch gebundenem Phosphor (der über mikrobielle Aktivitäten auch für die Pflanzen-aufnahme verfügbar gemacht werden kann) vorliegt, untermauert.

In this subproject we tried to improve the estimation of plant available phosphorus using the standard method CAL-extraction by developing and investigating more efficient methods, which include the fraction of organic phosphorus in soils and consider the resupply of inorganic phosphorus from stronger bound fractions in the soil. This should result in more reliable information on plant available phosphorus in organically managed soils. A pot experiment with five soils clearly differing in available phosphorus contents and *Brassica napus* as experimental plant was carried out. Additionally long term monitoring sites have been established on five new sites in eastern Austria, which had been converted to organic farming practices more than 12 years ago. These new sites have been included in the monitoring of plant available phosphorus - and potassium - contents and in the balancing of nutrient removal after the harvest of winter wheat in 2007. The results indicate that the application of advanced methods (e.g., DGT) results in an improved insight into the P dynamic or agricultural soils. The soil monitoring has shown that in the period 2003 – 2008 the CAL-extractable P and K concentrations remained in the range of "sufficient availability". The investigation of the five additional sites has shown that also for sites with long term organic agriculture (12 – 18 years) a sufficient or even high availability of P and K can be expected. This assumption is supported by the fact that in all investigated soils a very large pool of organically bound phosphours (which becomes plant available due to microbial degradation) has been detected.

## 2.2 Einleitung

Die Umstellung von konventionellen auf biologischen Landbau verändert eine Vielzahl von Bodeneigenschaften. Um diese Veränderungen zu erfassen, wurde im Rahmen von MUBIL I eine intensive Beprobung des Bodens regelmäßig durchgeführt. Da während des Zeitraums von MUBIL I keine nennenswerten Änderungen der untersuchten Parameter aufgetreten ist, wurde in den folgenden drei Jahren von MUBIL II die Untersuchung auf die Nährstoffe Phosphor und Kalium beschränkt, da einerseits für diese beiden Minerale am wahrscheinlichsten eine Änderung zu erwarten war und andererseits neue Methoden getestet wurden, um Änderungen, die sonst nicht bestimmbar wären, zu erfassen.

## 2.3 Thema und Ziele der Arbeit

Es wird vermutet, dass eine Abschätzung des pflanzenverfügbaren Phosphors mittels der Standardmethode CAL-Extraktion vor allem im ökologischen Landbau unzureichend sein könnte, weil dabei der im Boden organisch gebundene Phosphor nicht erfasst wird. Dieser ist jedoch gerade im ökologischen Landbau von großer Bedeutung. Zudem wird auch eine Nachlieferung des anorganischen Phosphors aus stärker im Boden gebundenen Fraktionen, nach einer Extraktion von Phosphor aus der Bodenlösung durch die Aufnahme in Pflanzen, nicht berücksichtigt. Die Nachlieferung von Phosphor aus der Bodenfestphase geschieht unter anderem durch Desorption von sorbiertem P, durch Auflösung von Ca-Phosphaten oder durch Mineralisierung von organischem P (Scheffer/Schachtschabel, 2002). Durch die Ausscheidung von Wurzelexsudaten können Pflanzen die Nachlieferung von P aus der Bodenfestphase zusätzlich beeinflussen.

- Im vorliegenden Teilprojekt wird versucht, Methoden zu untersuchen, die einerseits den organisch gebundenen Phosphor in die Abschätzung des pflanzenverfügbaren Phosphors miteinbeziehen und die andererseits Informationen über den für die Pflanze potentiell verfügbaren anorganischen Phosphor im Boden liefern.
- Außerdem wurde das Monitoring der Veränderungen von pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumkonzentrationen in ökologisch bewirtschafteten Böden durch die Einbeziehung von fünf Referenzflächen, die bereits seit mindestens 10 Jahren auf ökologische Bewirtschaftung umgestellt sind, erweitert, um die Ergebnisse abzusichern.

## 2.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Die Bodenuntersuchungen auf den BDF umfassten im vorangegangenen Projekt die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors (P) und Kaliums (K) mit der in der ÖNORM L 1092-93 festgelegten CAL-Methode. Die Oberböden waren gemäß CAL-Methode ausreichend mit „pflanzenverfügbarem“ P versorgt während in den Unterböden bei allen BDF kein CAL-P nachgewiesen werden konnte. Die Pufferwirkung der hohen Karbonatgehalte (> 20%) im Unterboden verringerte die Extraktionsleistung, wodurch kein pflanzenverfügbare P meßbar war. Die bisher nur eingeschränkte Möglichkeit der Bestimmung von pflanzenverfügbarem Phosphor in stark gepufferten Systemen erfordert die Anpassung bestehender Methoden (van Reeuwijk, 1995) sowie die Entwicklung neuer Methoden zur Erfassung der Bioverfügbarkeit von Nährstoffen in low input Systemen wie dem biologischen Landbau. Neben der „klassischen“ CAL-Methode werden daher auch andere Ansätze zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren P getestet. Mit Hilfe von DGT (diffusive gradients in thin films) ist es beispielsweise möglich, die Nachlieferbarkeit von Nährstoffen im Boden zu bestimmen (Davison and Zhang, 1994; Davison et al., 2000). Es soll getestet werden, ob sich DGT auch für die Bestimmung der Nachlieferbarkeit von P in den BDF eignet und welche Vor- und Nachteile dieser Ansatz im Vergleich zur CAL-Extraktion mit sich bringt. Eine nachhaltige Nährstoffmobilisierung kann auch über geeignete Fruchtfolge und beim Vor- und Zwischenfruchtbau realisiert werden. Der ökologische Landbau ist stark von verfügbarem organischen P (Phytate,...) abhängig. Phytat-P kann durch Ektoenzyme, die von

Rhizosphärenmikroben ausgeschieden werden, oder durch organische Säuren (Citrat, Oxalat, etc.) pflanzenverfügbar gemacht werden (Feng et al., 2003; Hocking, 2001). Rhizosphärenprozesse, die Biogeochemie des Phosphors beeinflussen, sind ein wesentlicher Faktor bei der Aufnahme von P in die Pflanze, insbesondere unter Bedingungen des biologischen Landbaus. Neue bzw. verbesserte Methoden zur Bestimmung von Nährelementen, die diesen Prozessen Rechnung tragen sind speziell in low input Systemen wie dem biologischen Landbau hinsichtlich der Dokumentation der Nährstoffverfügbarkeit im Zuge der Umstellung auf biologischen Landbau von essentieller Bedeutung.

## 2.5 Material und Methoden

### 2.5.1 Methodenentwicklung zur Bioverfügbarkeit und Nachlieferung von pflanzenverfügbarem Phosphor

Zur Entwicklung und Überprüfung von Methoden zur Bestimmung der Bioverfügbarkeit und Nachlieferung von pflanzenverfügbarem Phosphor wurde nach einer Literatursuche ein Gefäßversuch im Glashaus durchgeführt. Dabei wurden fünf Böden mit ähnlichem pH-Wert (~ 7), aber sehr unterschiedlicher Phosphorversorgung (sehr niedrig bis sehr hoch) mit Raps (*Brassica napus*) bepflanzt. Raps wurde als Versuchspflanze gewählt, weil durch eine möglichst hohe Biomasseausbildung in kurzer Zeit ein maximaler Phosphorentzug aus den Böden erreicht werden sollte. Ziel dieses Versuches war es, Veränderungen des pflanzenverfügbaren Phosphors nach der CAL-Methode, des im Boden organisch gebundenen Phosphors sowie mögliche Veränderungen in der Nachlieferung des Phosphors aus stärker gebundenen anorganischen Fraktionen in den Böden zu bestimmen. Der im Boden organisch gebundene Phosphor wurde nach der Verbrennungsmethode (Sparks, 1996; Turner et al., 2005; Agbenin et al., 1999) bestimmt, während Unterschiede in der Nachlieferung von Phosphor durch Anwendung der DGT-Technik (Menziez et al., 2005; Pichette et al., 2007) bestimmt wurden. Zusätzlich wurde eine sechsstufige sequentielle Extraktion von anorganisch und organisch gebundenem Phosphor durchgeführt (Methode verändert nach Hedley et al, 1982 von Vu et al., 2007). Die DGT-Technik wurde von Davison & Zhang (1994) entwickelt und erlaubt es labile Ionenspezies bzw. Ionenflüsse in Böden zu bestimmen. In einer DGT („Diffusive gradients in thin films“) – Einheit wird im Fall von Phosphor ein Eisenoxidgel als Ionenaustauscherschicht auf die Rückseite eines ionendurchlässigen Diffusivgels und eines Membranfilters aufgebracht und auf den Boden aufgedrückt. Nach der Diffusion durch das ionendurchlässige Gel werden die Ionen sehr schnell im Eisenoxidgel immobilisiert. Mit der Anwendung von DGTs können Ionenflüsse direkt gemessen werden, weil DGTs ähnlich wie Pflanzenwurzeln lokal die Konzentration von Ionen in der Bodenlösung verringern und damit einen Gradienten erzeugen, der eine Ionennachlieferung aus der Bodenfestphase induziert. Eine Teilprobe des Bodens wurde dazu mit Wasser gesättigt und für 24 Stunden bei 25°C im Brutschrank inkubiert. Nach diesem Zeitraum wurde eine DGT – Einheit in jeweils 4 Wiederholungen auf den Boden aufgebracht, mit Parafilm ummantelt, um ein Austrocknen des Bodens zu verhindern und wieder bei 25°C im Brutschrank inkubiert. Nach jeweils 6 h, 12 h, 24 h oder 30 h Inkubationszeit wurden DGT- Einheiten entnommen und der noch anhaftende Boden mit bidest Wasser abgespült. Das Eisenoxidgel wurde entnommen und mit 5ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eluiert. Das Eluat wurde mittels ICP-MS des Instituts für Bodenforschung auf P-Konzentrationen analysiert.

**Tabelle 12:** pH-Wert und CAL-extrahierbarer Phosphor in den 5 Versuchsböden.

Boden	62	39	43	33	6
pH (CaCl <sub>2</sub> )	7.0	6.8	6.3	7.3	6.9
CAL-P (mg kg <sup>-1</sup> )	5,12	32,0	74,7	138	222
P-Versorgung	Sehr niedrig	Niedrig	Ausreichend	Hoch	Sehr hoch



## 2.5.2 Einrichtung von fünf zusätzlichen Bodendauerbeobachtungsflächen

Um das Verdichtungsmonitoring bezüglich pflanzenverfügbarer Phosphor- und Kaliumgehalte in drei Tiefenstufen auf eine breitere Basis zu stellen, wurden im März 2007 im Raum Ostösterreich Flächen gesucht, die im Gegensatz zu Rutzendorf bereits seit längerer Zeit biologisch bewirtschaftet werden. Neben einer ökologischen Bewirtschaftung seit mindestens 10 Jahren, waren ein viehloser Betrieb und Winterweizen als aktuelle Frucht ausschlaggebend, um abgesehen von der Umstellungszeit möglichst mit den Flächen des Betriebes in Rutzendorf vergleichbar zu bleiben.

## 2.5.3 Bodenmonitoring auf allen Bodendauerbeobachtungsflächen

Anfang April 2007, in der zweiten Oktoberwoche 2007 sowie im April 2008 wurden auf den fünf neuen Flächen sowie auf den biologisch bewirtschafteten Kleinparzellenversuch S1M (in drei Düngungsvarianten: DV1 – Gründüngung, DV2 – Biotonnenkompost und DV3 - Stallmist), und den Referenzparzellen S1G (biologisch bewirtschaftet, geringe Bodenbonität) und SK (konventionell bewirtschaftet, mittlere Bodenbonität) in Rutzendorf Bodenproben nach dem Bodendauerbeobachtungskonzept in drei Tiefenstufen entnommen. Die Proben wurden so rasch als möglich ins Labor des Instituts für Bodenforschung überstellt und bis zur Analyse von pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium bei 4 °C gelagert. Ende Juni 2007 wurden kurz vor der Ernte zufällig über die ganze Bodendauerbeobachtungsfläche verteilt vier Proben des Weizens entnommen. Die Proben wurden im Labor in Stroh und Korn getrennt, bei 80°C getrocknet und dann abgewogen, um die Biomasse pro Hektar berechnen zu können. Weizenproben der Flächen in Rutzendorf wurden uns vom IFÖL zur Verfügung gestellt. Nachdem die Proben fein vermahlen waren, wurden Teilproben in Säure aufgeschlossen und mittels Photometer auf Phosphorgehalte analysiert.

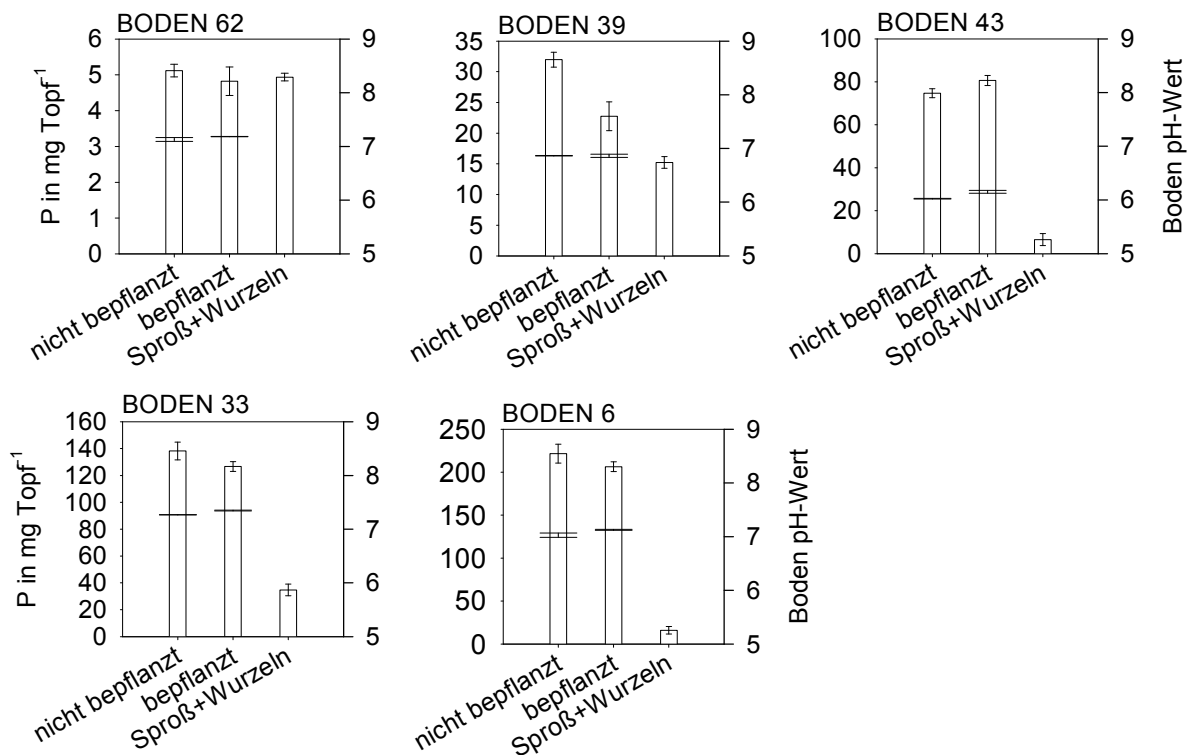
## 2.6 Ergebnisse und Diskussion

### 2.6.1 Methodenentwicklung zur Bioverfügbarkeit und Nachlieferung von pflanzenverfügbarem Phosphor

Abbildung 10 (Anhang) zeigt die Ergebnisse zur Biomasseproduktion und P-Aufnahme in *Brassica napus* nach 60 Tagen Wachstum. Die P-Konzentration war auf den Böden 62, 39 und 6 im Spross höher als in den Wurzeln, während bei den Böden 43 und 33 kein signifikanter Unterschied zu finden war. Die Reihung der Böden in der x-Achse erfolgte aufgrund der steigenden P-CAL-Konzentration. Man sieht, dass mit steigender CAL-P-Konzentration im Boden die P-Konzentration in den Pflanzen deutlich zunimmt. Auf den Böden 62, 39 und 33 kam es mit steigender CAL-P-Konzentration auch zu einer deutlichen Zunahme der Biomasse. Entgegen diesem Trend blieb die Biomasse auf den Böden 43 und 6 viel niedriger. Durch den hohen Ton-Anteil in diesen Böden kam es zu Staunässe, die das Pflanzenwachstum deutlich beeinträchtigt hat.

Die CAL-extrahierbaren Phosphorgehalte hatten sich trotz Anreicherung in den Pflanzen nicht oder nur in geringem Ausmaß verringert im Vergleich zum Entzug an Phosphor. Dies traf sowohl auf den als sehr gering mit Phosphor versorgten Boden 62 als auch auf die besser versorgten Böden 39, 43, 33 und 6 zu (Abbildung 6).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Bepflanzung mit *Brassica napus* auf keinen der untersuchten Böden einen Einfluss auf den pH-Wert zeigte und damit auch die pflanzenverfügbaren Gehalte an Phosphor nicht durch den pH-Wert des Bodens beeinflusst wurden (Abbildung 6). Üblicherweise ist Phosphor im Boden im Bereich eines pH-Wertes zwischen ca. 5,5 und 7 am besten verfügbar. Eine Erhöhung bzw. Verringerung des pH-Wertes im Boden führt im Allgemeinen zu einer verstärkten Bindung des Phosphors an Ca bzw. Fe und Al und damit zu einer reduzierten Verfügbarkeit für die Aufnahme in Pflanzenwurzeln.



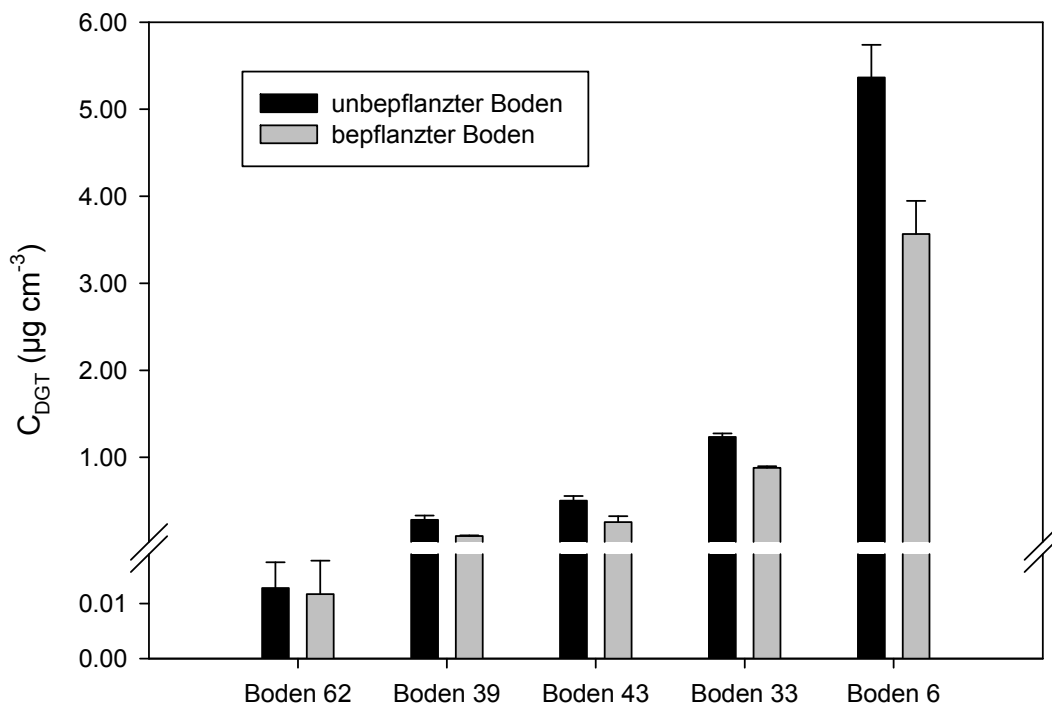
**Abbildung 6: CAL-extrahierbare Phosphorgehalte in bepflanzt und nicht bepflanzt Böden im Vergleich zu Phosphorgehalten in *Brassica napus* nach 60 Tagen Wachstum im Gefäßversuch.** Zudem werden die pH-Werte der bepflanzten im Vergleich zu den nicht bepflanzten Böden gezeigt. Die P-Versorgung der Böden war sehr niedrig (62), niedrig (39), ausreichend (43), hoch (33) und sehr hoch (6)

In Abbildung 11 (Anhang) ist die P-Konzentration in der Bodenlösung am Ende des Versuchs dargestellt. In den Böden 62 und 33 lag der Wert höher im bepflanzten Boden, was auf eine Mobilisierung von P hindeutet. In den Böden 6 und 62 war der Wert im bepflanzten Boden niedriger, was auf eine P-Abreicherung und eine niedrige P-Nachlieferung hindeutet.

Die Ergebnisse für die Analyse des organisch gebundenen Phosphors zeigten für vier (62, 39, 43, 33) der fünf Böden eine signifikante Reduktion in den bepflanzten im Vergleich zu den nicht bepflanzten Böden (Abbildung 12, Anhang).

Aus der Konzentration von P im Eisenoxid-Gel kann – unter Einbeziehung der Expositionszeit und der DGT-Oberfläche eine theoretische P-Konzentration ( $C_{DGT}$ ) in der Bodenlösung errechnet werden. Im Unterschied zu gewöhnlichen Bodenextrakten oder Bodenlösungsgewinnungsmethoden werden mit Hilfe von DGT alle Prozesse erfasst, die eine bestimmte Bodenlösungskonzentration verursachen: Diffusion und Nachlieferung. Zhang et al. (2001) konnten zeigen, dass die  $C_{DGT}$ -Konzentration viel besser mit der Konzentration in der Pflanze korreliert als Lösungskonzentrationen, die mit anderen Methoden bestimmt wurden. Abbildung 7 zeigt die Konzentration von P- $C_{DGT}$  in der Bodenlösung. Man erkennt bei allen Böden (ausgenommen beim sehr niedrig versorgten Boden 62) eine deutliche Reduktion.

Der Vergleich mit Abbildung 6 zeigt, dass die Anwendung der DGT-Technik einen besseren Einblick in die bodenchemischen Prozesse liefert als eine herkömmliche Extraktion mit CAL. Das CAL-extrahierbare P unterscheidet sich bei den meisten Böden nicht signifikant zwischen den bepflanzten und den nicht-bepflanzten Böden, während bei allen Böden (ausgenommen 6) ein Unterschied bei P- $C_{DGT}$  erkennbar ist. Eine Abreicherung von P in den Böden war somit nur mit Hilfe von DGT in allen Böden erkennbar, während im CAL-Extrakt nur für einen Boden eine geringere Extrahierbarkeit nach der Bepflanzung festgestellt werden konnte. Die größte Reduktion des CAL-extrahierbaren P in Boden 39 war jedoch ausgeprägt genug, um auch im CAL-Extrakt wiederfindbar zu sein.



**Abbildung 7: Konzentration von P ( $C_{DGT}$ ) in der Bodenlösung an der Oberfläche der DGT-Einheit (30 Stunden Expositionszeit; Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler;  $n = 3$ ). Die P-Versorgung der Böden war sehr niedrig (62), niedrig (39), ausreichend (43), hoch (33) und sehr hoch (6).**

### 2.6.2 Einrichtung von fünf zusätzlichen Bodendauerbeobachtungsflächen

Nach umfangreichen Begehungen und Beprobungen wurde letztendlich eine aus feldbodenkundlicher Sichtweise weitgehend homogene Fläche in Deutsch Wagram (Umstellung auf biologischen Landbau vor 12 Jahren), eine in Weikendorf (Umstellung vor 18 Jahren) und drei Flächen in Lassees (Umstellung seit 12 Jahren) ausgewählt, die allesamt im Jahr 2007 Winterweizen angebaut hatten. Es wurden Bodendauerbeobachtungsflächen eingerichtet (Blum et al., 1996), die fortan in regelmäßigen Abständen beprobt werden können.

### 2.6.3 Bodenmonitoring auf allen Bodendauerbeobachtungsflächen

Die Auswertung der pflanzenverfügbaren Phosphorgehalte im Frühjahr und Herbst 2007 zeigte, dass drei der neu hinzugekommenen Flächen (Deutsch-Wagram, Weikendorf, Lassees 3) vor allem in der Tiefenstufe 0 – 30 cm deutlich höher mit Phosphor versorgt waren, als die Flächen in Rutzendorf und die beiden anderen Flächen in Lassees (Abbildung 8). In der CAL-extrahierbaren Phosphorfraktion zeigten sich sowohl bei der Probenahme im Frühjahr vor Beginn der Vegetationsperiode als auch im Herbst nach der Ernte im Vergleich zu 2005 (für die Flächen in Rutzendorf) keine wesentlichen Unterschiede. Auch auf den deutlich länger umgestellten, neuen Flächen war im Herbst im Vergleich zum Frühjahr keine deutliche Veränderung der pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumgehalte festzustellen (Ergebnisse für Kalium in Abbildung 15 im Anhang). Zudem zeigten die verschiedenen Düngungsvarianten auf S1M keinen Einfluss auf pflanzenverfügbare Phosphor- oder Kaliumgehalte im Boden (Abbildung 8 und 15 im Anhang).

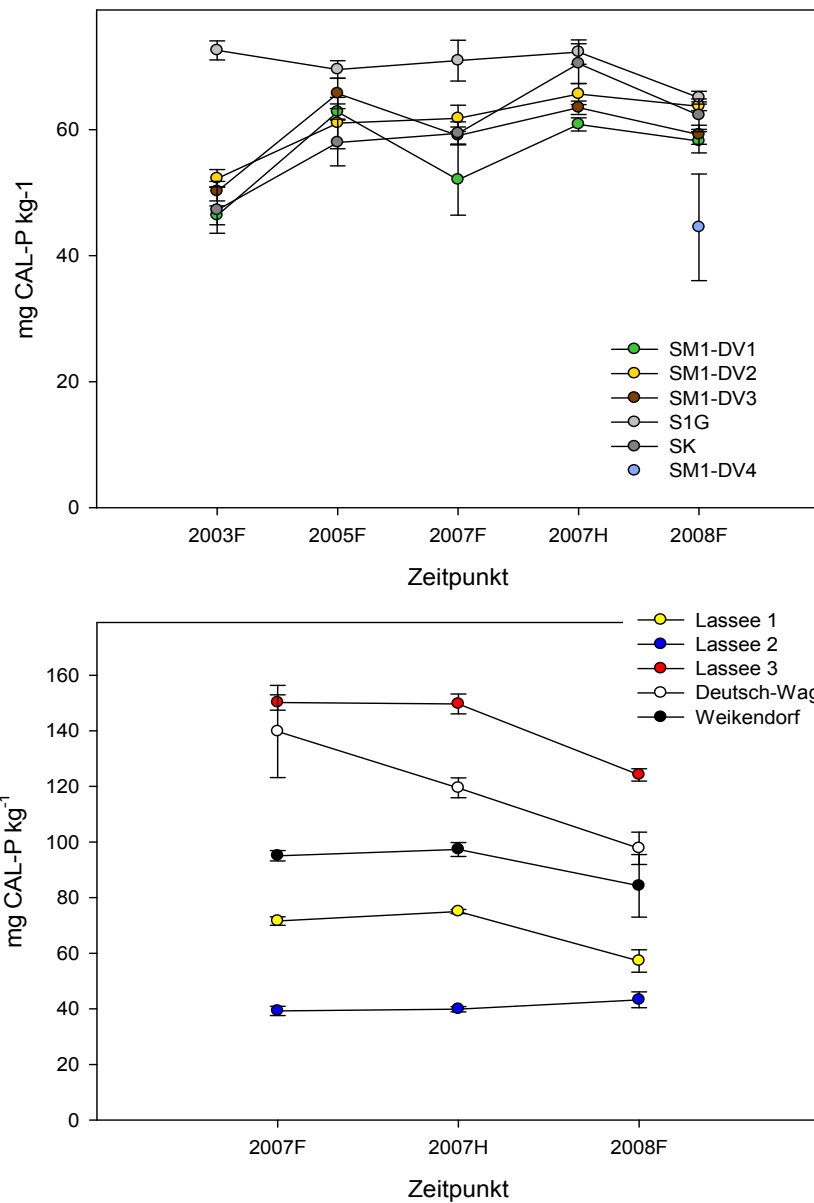
In der Tiefenstufe 30-60 (Abbildung 13 und 15, Anhang) sind die extrahierbaren P- und K-Konzentrationen bereits deutlich niedriger als in der Tiefenstufe 0-30 cm. Auch hier ist kein eindeutiger Trend erkennbar: auf den Flächen in Rutzendorf ist nach einem leichten Anstieg in den ersten Jahren eine Verringerung der Konzentrationen (mit Ausnahme der gering bonitierten Fläche S1G) erkennbar.

Bei den Daten für die unterste Tiefenstufe (60 – 90 cm) sind die sehr niedrigen P und K-Werte auffällig (Abbildung 14 und 15, Anhang). Teilweise waren die Werte unter der Nachweisgrenze. Diese Tiefenstufe trägt somit kaum zur P und K Versorgung der Pflanzen bei.

Die Daten zum Gehalt von organischem Phosphor sind in Abbildung 16 (Anhang) dargestellt. Während sich die Konzentration zwischen der Probenahme im Frühjahr und Herbst 2007 kaum unterscheidet, fällt auf dass die Konzentrationen im Frühjahr 2008 auf allen beprobten Flächen (mit Ausnahme von S1G) niedriger waren. Die Ursache für diese Abnahme ist unklar. Eine mögliche Erklärung könnte der außergewöhnlich warme Winter 07/08 sein, der für die Mineralisierung der organischen Substanz im Boden förderlich gewesen sein könnte. Allerdings ist im CAL-Extrakt keine Erhöhung zu finden, die auf diese Mineralisierung zurückführbar sein könnte. Möglicherweise wurde der freigesetzte P an die Bodenmatrix gebunden. Der auffällig hohe Wert von Lasse 3 im Frühjahr 2007 ist mit großer Wahrscheinlichkeit ein Artefakt.

Die Phosphorgehalte im Weizenkorn erwiesen sich mit Ausnahme der von den Flächen L1 und L3 entnommenen Proben, die mit durchschnittlich  $3160 \text{ mg kg}^{-1}$  P in der Trockenmasse deutlich geringer waren, als recht ähnlich (durchschnittlich  $3820 \text{ mg kg}^{-1}$  P in der Trockenmasse; Abbildung 9) und damit auch als völlig unabhängig von den CAL-extrahierbaren Phosphorgehalten im Boden (vgl. Abbildung 8 sowie 14 und 15 im Anhang). Die Phosphorgehalte im Stroh lagen mit durchschnittlich  $400 \text{ mg kg}^{-1}$  P in der Trockenmasse fast um einen Faktor 10 unter den Werten für das Weizenkorn (Abbildung 17, Anhang).

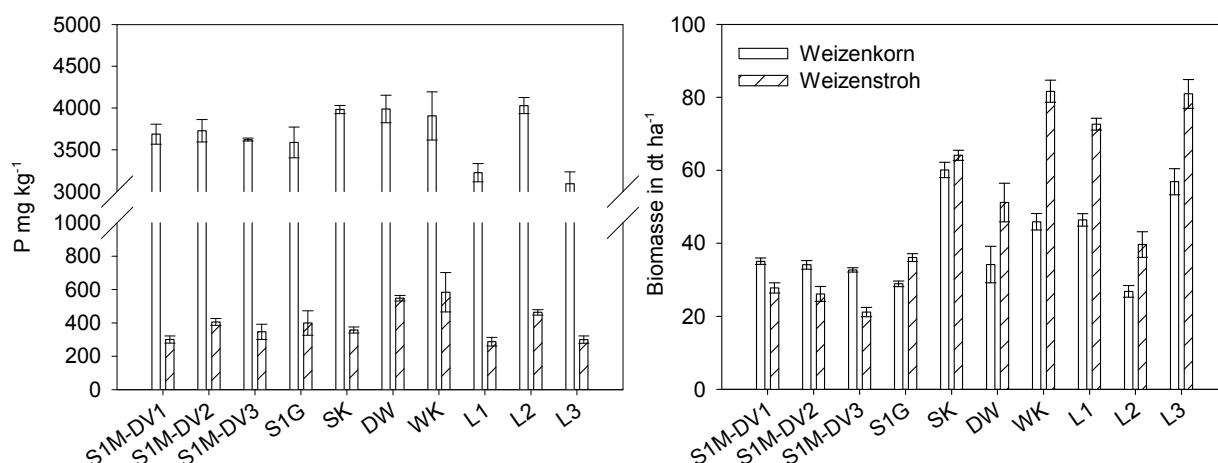
Die Ertragsermittlung von sowohl Stroh als auch Korn ergab deutliche Unterschiede der einzelnen Flächen, deren Begründung aber abgesehen von der Bewirtschaftung und der Bonität des Bodens mit Sicherheit auch in der Sortenwahl liegt. Weizenerträge (Korn) von mehr als  $40 \text{ dt ha}^{-1}$  wurden auf der konventionell bewirtschafteten Fläche in Rutzendorf (SK) und auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen in Weikendorf (WK) und in Lasse (L1, L3) ermittelt, während die Erträge der anderen Flächen mit 27 bis  $35 \text{ dt ha}^{-1}$  darunter lagen (Abbildung 9). Ein Einfluss der drei Düngevarianten auf S1M auf den Gesamtentzug an Phosphor konnte nicht festgestellt werden. Auch in den Erträgen von Stroh zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Flächen, wobei die Erträge teilweise über und teilweise unter jenen des Kornes lagen, was vermutlich in der Sortenwahl begründet ist (Abbildung 9). Es wird vermutet, dass Luzerne als Vorfrucht dem Weizen erhebliche Mengen an Wasser entziehen kann und somit zu geringeren Erträgen beitragen könnte. Mit Ausnahme der Flächen L1, L2 und SK kam Luzerne als Vorfrucht auf allen untersuchten Flächen zum Einsatz. Mit Ausnahme der Flächen in Weikendorf und Lasse 3, wo andere Faktoren eine größere Rolle gespielt zu haben scheinen, wurden auf den Flächen ohne Luzerne auch die höheren Erträge verzeichnet (Abbildung 9), was die Annahme bestätigt, dass die Wasserversorgung des Weizens von der Vorfrucht wesentlich beeinflusst werden könnte.



**Abbildung 8: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 0-30 cm.** Dargestellt sind Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler für alle bisherigen Probenahme-Zeitpunkte (Frühjahr 2003 – 2003F; Frühjahr 2005 – 2005 F; Frühjahr 2007 – 2007F; Herbst 2007 – 2007H; Frühjahr 2008 – 2008F). Die obere Grafik zeigt die Ergebnisse für beprobten Flächen in Rutzendorf (S1M in den vier Düngungsvarianten DV1-DV4; S1G; SK), die untere die Daten zu den fünf neuen Flächen in Ostösterreich.

Die Berechnung des Gesamtentzuges an P pro ha (als P in Korn oder Stroh x Ertrag pro ha) zeigte einen erwartungsgemäß deutlichen höheren Entzug an Phosphor durch Anreicherung im Korn als im Stroh (Abbildung 17, Anhang). Die höchsten P-Entzüge wurden dabei gemäß den höchsten Weizenerträgen auf der konventionell bewirtschafteten Fläche in Rutzendorf (SK), sowie auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen in Weikendorf (WK) und Lasse (L3) bestimmt (Abbildung 17, Anhang).

Der Gesamtentzug an Phosphor spiegelt sich nicht in einer Reduktion des CAL-extrahierbaren Phosphors im Boden entnommen im Herbst im Vergleich zu Proben vom Frühjahr wider. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme, dass die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors mittels CAL-Extraktion nur unzureichend ist, weil sie zum einen den im Boden organisch gebundenen Phosphor und zum anderen die offensichtliche Nachlieferung des Phosphors aus stärker gebundenen Fraktionen im Boden vernachlässigt oder nicht erfasst. Sobald die Ergebnisse zur Methodenentwicklung im Detail vorliegen, werden die selektierten Methoden auf die im Frühjahr und Herbst entnommenen Proben angewendet und geprüft, ob sie im Hinblick auf die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphors ein exakteres Ergebnis liefern.



**Abbildung 9: Phosphorgehalte und Biomasse (Ertrag, Trockenmasse) von Weizenkorn und -stroh bei der Ernte im Juni 2007 auf den Flächen in Rutzendorf (S1M in den drei Düngevarianten DV1-DV3; S1G; SK) und den fünf neuen Flächen in Ostösterreich (DW-Deutsch Wagram; W-Weikendorf; L1-L3-Lassee 1-3).**

## 2.7 Schlussfolgerungen

Die Fortführung des Bodenmonitorings mit den Parametern „pflanzenverfügbarer“ Phosphor und Kalium zeigte dass es im Zeitraum 2003 – 2008 in allen Tiefenstufen zu keiner nennenswerten Veränderung der Versorgung mit diesen beiden Nährstoffen kam. Die Versorgung mit diesen beiden Nährstoffen kann für den Untersuchungszeitraum als ausreichend bezeichnet werden. Die Einbeziehung von fünf weiteren biologisch bewirtschafteten Flächen hat gezeigt, dass trotz des wesentlich längeren Umstellungszeitraumes von mehr als 12 Jahren die Phosphor-Versorgung ausreichend bis sehr hoch ist. Damit wird untermauert, dass auch über längere Zeiträume biologische Bewirtschaftung möglich ist, ohne dass es zu einer Erschöpfung des Nährstoffs Phosphor kommt. Eindrucksvoll sind die hohen Gehalte von organisch gebundenem Phosphor auf allen untersuchten Flächen. Inwieweit diese Fraktion für die Pflanzenaufnahme zur Verfügung steht bzw. wie schnell sie von den Bodenmikroorganismen verfügbar gemacht werden können, kann aus den vorliegenden Daten nicht beantwortet werden.

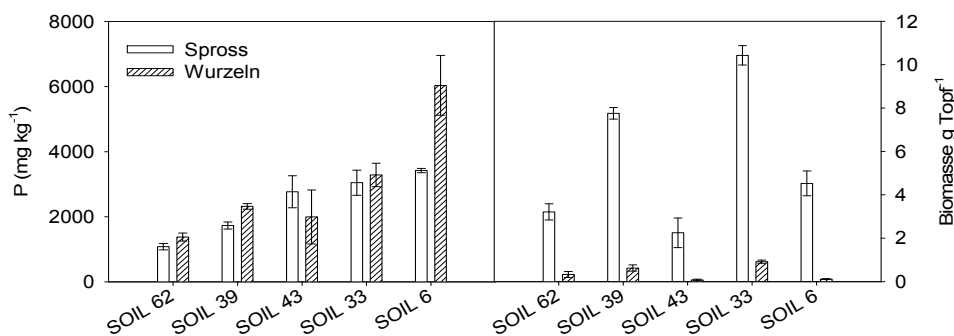
Die Vermutung der unzureichenden Erfassung der pflanzenverfügbaren Phosphor- bzw. Kaliumgehalte im Boden durch die Anwendung der CAL-Extraktion wurde sowohl im Gefäßversuch als auch im Monitoring der zehn Feldflächen bestätigt. Es zeigte sich, dass die Entzüge des Phosphors pro Hektar durch die Ernte des Winterweizens auf keiner der untersuchten Fläche zu einer deutlichen Reduktion der CAL-extrahierbaren Phosphorkonzentrationen geführt haben.

Die Anwendung der DGT-Technik im Gefäßversuch ermöglichte hingegen neue Einblicke in die P-Dynamik des Bodens. Während im CAL-Extrakt keine oder nur geringe Unterschiede zwischen mit Raps bepflanzt und nicht-bepflanztem Boden gefunden wurden, zeigte die mit DGT errechnete theoretische P-Bodenlösungskonzentration eine deutliche Abnahme im bepflanzten Boden. Die Schlussfolgerung ist, dass eine Einstufung des Bodens hinsichtlich der P-Versorgung mit Anwendung der CAL-Extraktion durchaus möglich ist, dass jedoch die Anwendung genauerer Methoden (wie z.B. die DGT-Technik) unerlässlich ist um die P-Dynamik vollständig zu erfassen.

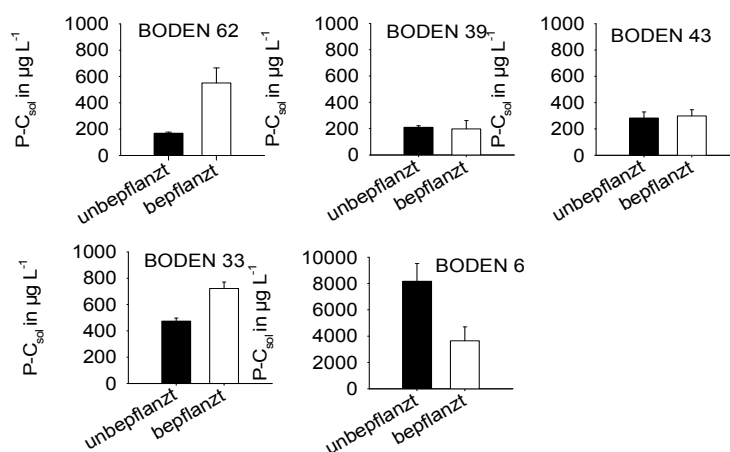
## 2.8 Literaturverzeichnis

- Agbenin, J. O., Iwuafor E.N.O. and Ayuba, B. (1999) A critical assessment of methods for determining phosphorus in savannah soils. *Boil Fertil Soils* 28, 177-181.
- 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.
- Davison, W. and Zhang, H. (1994): In situ speciation of trace components in natural waters using thin-film gels. *Nature* 367, 546-548.
- Davison W, Hooda P, Zhang H, Edwards A (2000) DGT Measured Fluxes as Surrogates for Uptake of Metals by Plants. *Advances in Environmental Research* 3, 550-555.
- Hedley M.J., Stewart J.W.B., Chauhan B.S. (1982) Changes in the inorganic and organic phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubation. *Soil Sci. Am. J.* 46: 970-976.
- Holford I.C.R. (1997) Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.* 35: 227-239.
- Marschner H. (2002) Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic press.
- Menzies, N.W., Kusumo, B., and Moody P.W. (2005) Assessment of P availability in heavily fertilized soils using the diffusive gradient in thin films (DGT) technique. *Plant and Soil* 269, 1-9.
- Pichette, C., Zhang, H., Davison, W. and Sauve, S. (2007) Preventing biofilm development on DGT devices using metals and antibiotics. *Talanta*, 72, 716-722.
- Scheffer / Schachtschabel (2002) Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin.
- Sparks D.L. (ed.) (1996) Methods of soil analysis, part 3 – chemical methods, SSSA book series No. 5.
- Turner, B.L., Cade-Menun, B.J. Condon, L.M. and Newman S. (2005): Extraction of soil organic phosphorus. *Talanta* 66, 294-306.
- Vu D.T., Tang C., Armstrong R.D. (2007) Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. *Plant Soil*, in press.
- Zhang H., Zhao F.J., Sun B., Davison W., McGrath S.P. (2001) A new method to measure effective soil solution concentration predicts copper availability to plants. *Environ. Sci. Technol.* 35, 2602-2607.

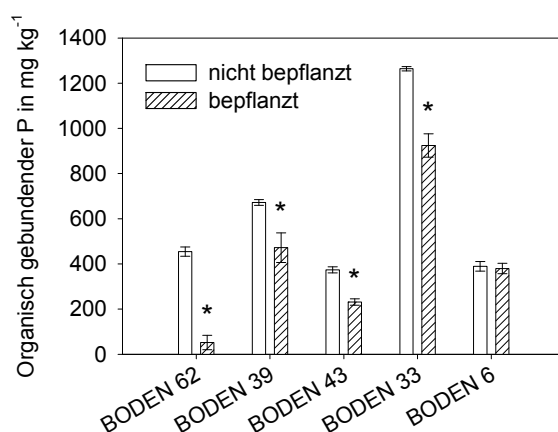
## 2.9 Anhang



**Abbildung 10: Phosphor-Konzentration in Blättern und Wurzeln der Rapspflanzen (links) sowie Spross- und Wurzelbiomasse (rechts) im Gefäßversuch. Die P-Versorgung der Böden war sehr niedrig (62), niedrig (39), ausreichend (43), hoch (33) und sehr hoch (6).**

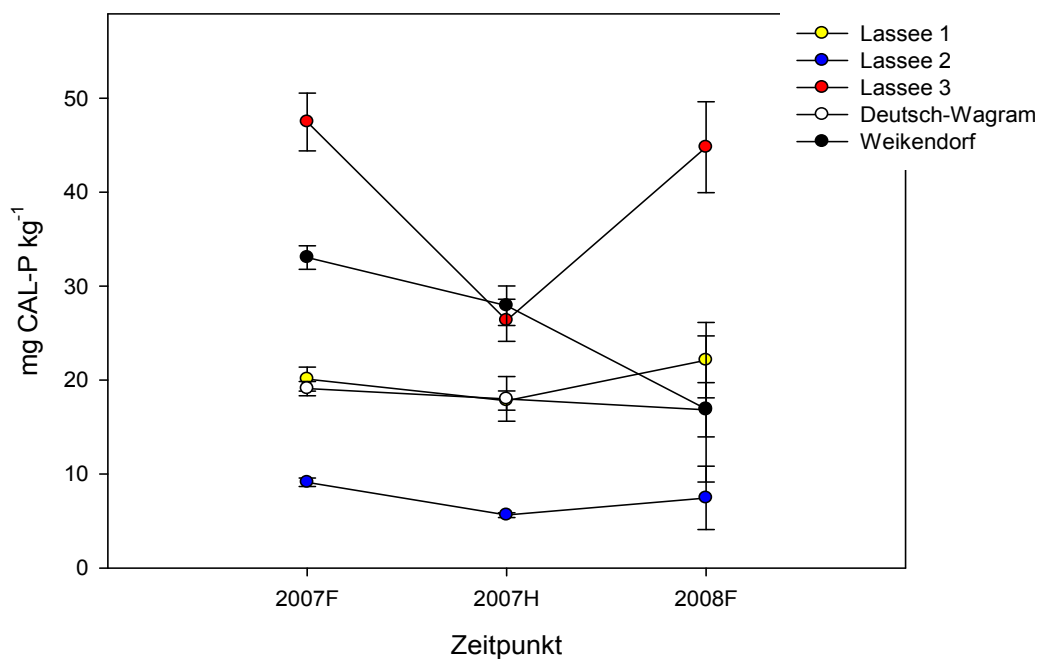
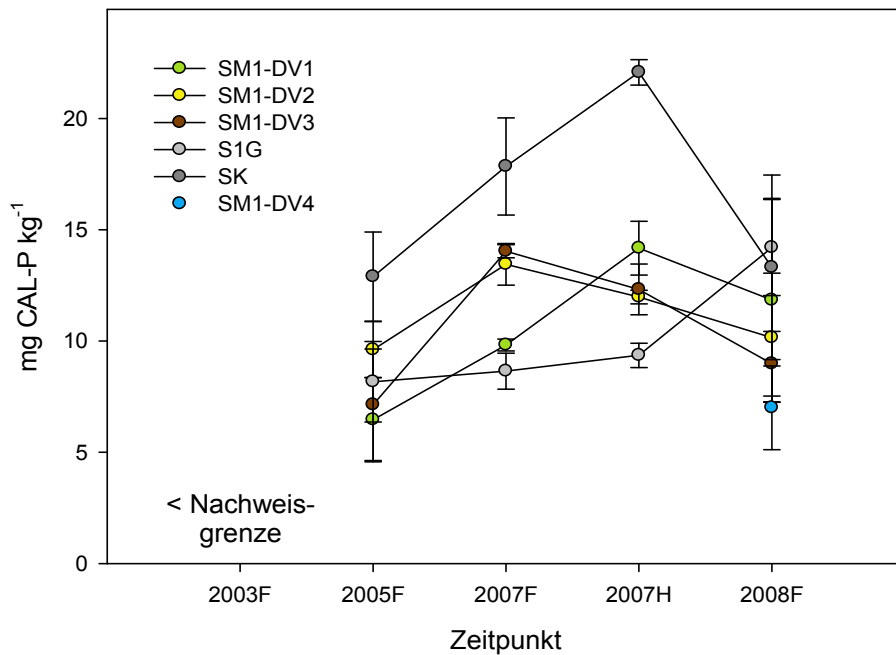


**Abbildung 11: Konzentration von Phosphor in der Bodenlösung am Ende des Gefäß-Versuchs. Dargestellt sind Mittelwerte ± Standardfehler. Die P-Versorgung der Böden war sehr niedrig (62), niedrig (39), ausreichend (43), hoch (33) und sehr hoch (6).**

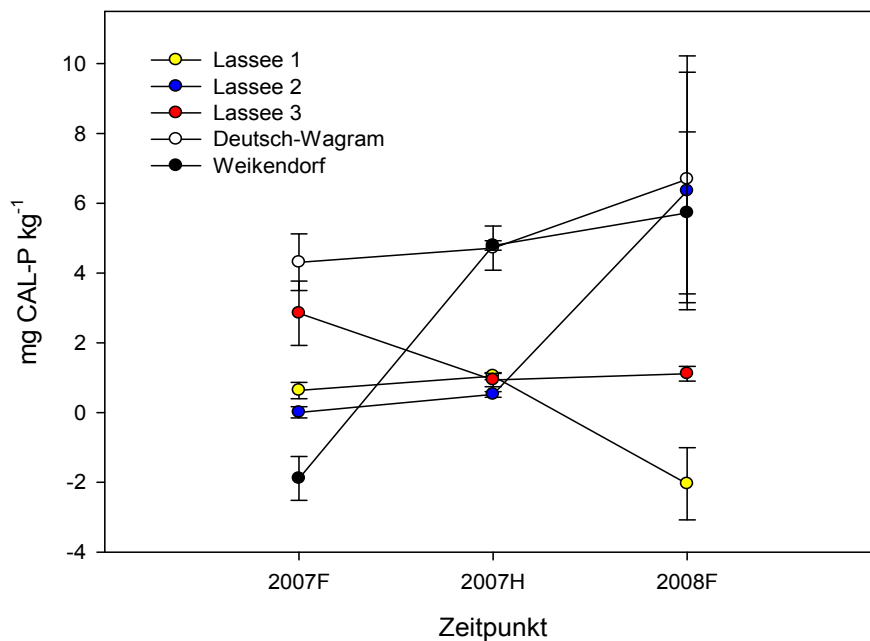
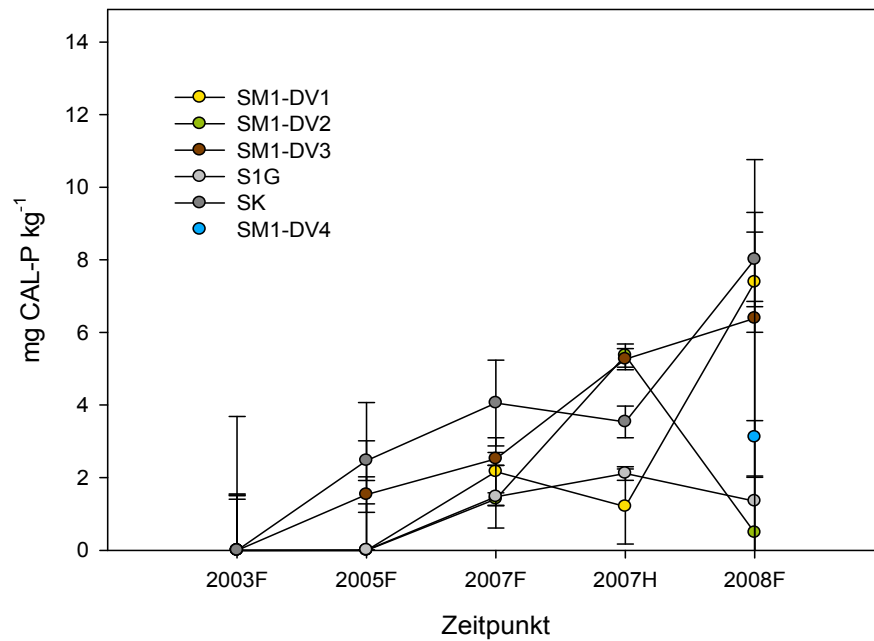


**Abbildung 12: Vergleich von organisch gebundenem Phosphor in den bepflanzten und nicht bepflanzten Böden im Gefäß-Versuch (\* bezeichnen signifikante Unterschiede zwischen nicht bepflanzten und korrespondierenden bepflanzten Böden, LSD-test,  $p < 0,05$ ). Die P-Versorgung der Böden war sehr niedrig (62), niedrig (39), ausreichend (43), hoch (33) und sehr hoch (6).**

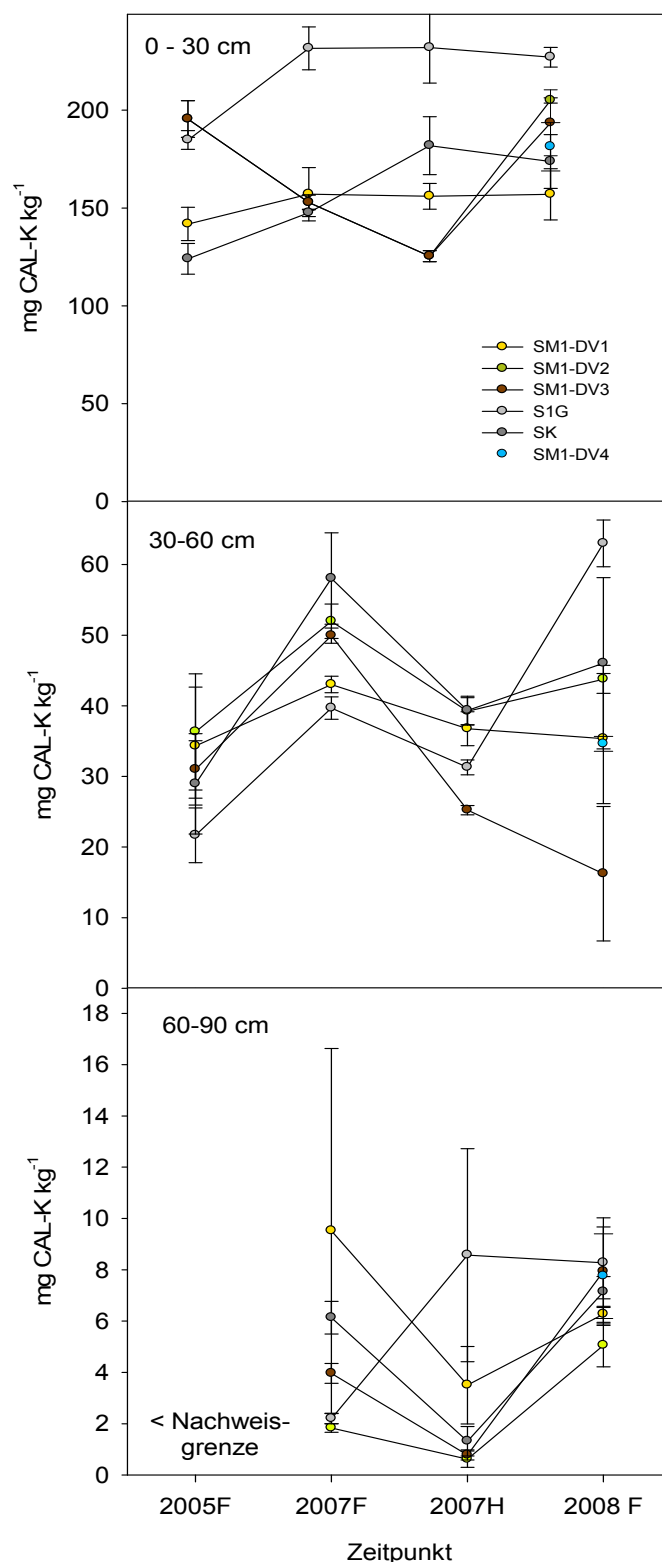




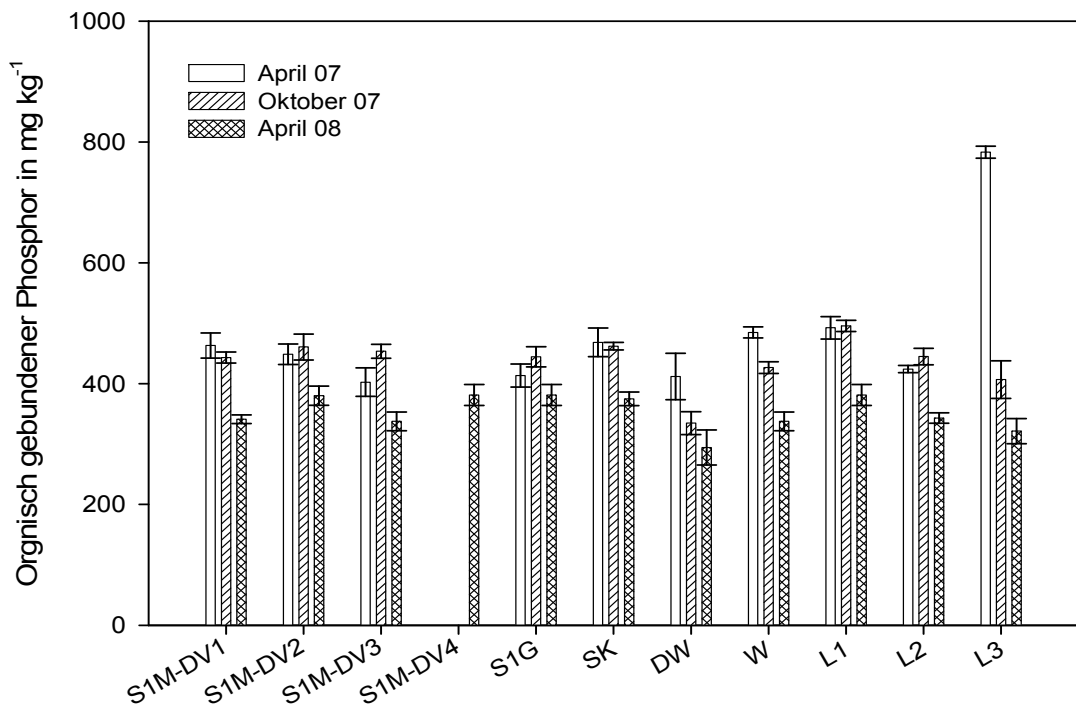
**Abbildung 13: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 30-60 cm.** Dargestellt sind Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler für alle bisherigen Probenahmezeitpunkte (Frühjahr 2003 – 2003F; Frühjahr 2005 – 2005F; Frühjahr 2007 – 2007F; Herbst 2007 – 2007H; Frühjahr 2008 – 2008F). Die obere Grafik zeigt die Ergebnisse für beprobten Flächen in Rutzendorf (S1M in den vier Düngevarianten DV1-DV4; S1G; SK), die untere die Daten zu den fünf neuen Flächen in Ostösterreich.



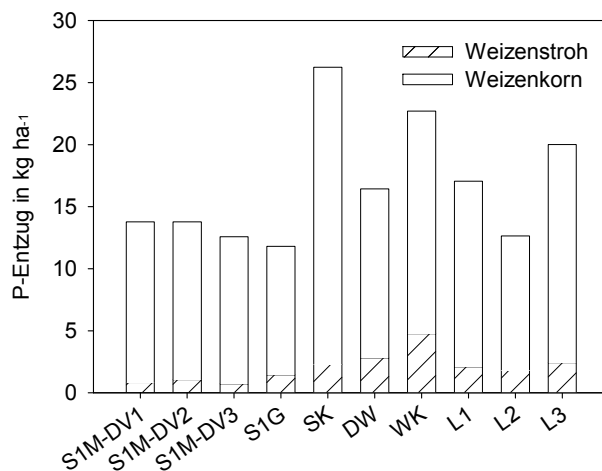
**Abbildung 14: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 60-90 cm.** Dargestellt sind Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler für alle bisherigen Probenahme-Zeitpunkte (Frühjahr 2003 – 2003F; Frühjahr 2005 – 2005F; Frühjahr 2007 – 2007F; Herbst 2007 – 2007H; Frühjahr 2008 – 2008F). Die obere Grafik zeigt die Ergebnisse für beprobten Flächen in Rutzendorf (S1M in den vier Düngevarianten DV1-DV4; S1G; SK), die untere die Daten zu den fünf neuen Flächen in Ostösterreich.



**Abbildung 15: Pflanzenverfügbare Kaliumkonzentrationen nach der CAL-Methode.** Dargestellt sind Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler für die Probenahme-Zeitpunkte Frühjahr 2005, Frühjahr 2007 und Herbst 2007. Die Grafik zeigt die Ergebnisse für beprobten Flächen in Rutzendorf (S1M in den vier Düngevarianten DV1-DV4; S1G; SK).



**Abbildung 16: Konzentration des organisch gebundenen Phosphors in der Tiefenstufe 0-30 cm.** Dargestellt sind Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler für die Probenahme-Zeitpunkte im Frühjahr 2007, Herbst 2007 und Frühjahr 2008. Die Grafik zeigt die Ergebnisse für beprobten Flächen in Rutzendorf (S1M in den vier Düngevarianten DV1-DV4; S1G; SK) sowie für die fünf neuen Flächen in Ostösterreich (DW-Deutsch Wagram; W-Weikendorf; L1-L3-Lassee 1-3).



**Abbildung 17: Gesamtentzug an Phosphor pro ha durch Anreicherung im Weizenkorn und -stroh bei der Ernte im Juni 2007 auf den Flächen in Rutzendorf (S1M in den drei Düngevarianten DV1-DV3; S1G; SK) und den fünf neuen Flächen in Ostösterreich (DW-Deutsch Wagram; WK-Weikendorf; L1-L3-Lassee 1-3).**

### **3 TEILPROJEKT 3: BODENWASSERHAUSHALT UND EROSION**

#### **Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten sowie Gehölzstrukturen auf den Bodenwasserhaushalt im biologischen Landbau**

BearbeiterInnen: A. Klik (Teilprojektleitung), N. Emerstorfer, P. Cepuder, G. Kammerer, W. Loiskandl. Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, BOKU Wien.

#### **3.1 Zusammenfassung / Summary**

Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Untersuchung möglicher Veränderungen bodenphysikalischer Kennwerte bei der Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau. Messungen des Bodenwasserhaushalts zeigten, dass biologisch bewirtschaftete Flächen besonders in trockenen Jahren höhere Wassergehalte aufwiesen, was eine bessere Wasserversorgung der Pflanze zur Folge hatte. Ein signifikanter Einfluss der Düngungsart war nicht erkennbar.

Ein dichter Bewuchs mit Luzerne oder Winterweizen wirkte sich positiv auf physikalische Bodenkennwerte wie etwa Trockendichte, Wasserdurchlässigkeit und Aggregatstabilität aus.

Untersuchungen über den Einfluss einer Bodenschutzanlage auf den Bodenwasserhaushalt lieferten niedrigere Verdunstungswerte und somit höhere Wassergehalte in einem Bereich bis zum 3-fachen der Heckenhöhe. Diese positiven Auswirkungen waren in niederschlagsarmen Jahren deutlich höher.

Mit den vorliegenden Daten können die Vorteile des biologischen Landbaus in Kombination mit Bodenschutzanlagen für trockene Anbauggebiete wie dem pannonischen Klimaraum gut aufgezeigt werden.

Goal of this research project was to investigate possible changes of soil physical properties as a result of the conversion from conventional to biological farming. Measurements of the soil water balance showed that biologically farmed fields had higher soil water contents, especially in dry years. This leads to improved soil water availability for plants. A significant impact of the kind of fertilization could not be observed.

A dense plant cover with alfalfa or winter wheat influenced positively soil physical parameters like bulk density, saturated hydraulic conductivity and aggregate stability.

Investigations of the impact of wind breaks demonstrated reduced water losses and therefore higher soil water contents within a distance of 3 times the barrier height. These positive effects were higher in years with low precipitation amounts.

Based on these data the benefits of biological farming in combination with wind break barriers for dry agricultural areas can be shown.

#### **3.2 Einleitung**

Bodenerosion durch Wind und Wasser sowie der Verlust an organischer Substanz stellen in Europa die größten Bedrohungen für die Ressource Boden dar (KOM, 2006). Für eine nachhaltige Bewirtschaftung unserer landwirtschaftlich genutzten Böden ist es daher wichtig, Bodennutzungen und -managementsysteme zu wählen, welche diese Probleme minimieren bzw. vermeiden. Die Umstellung von konventioneller Bewirtschaftung auf biologischen Landbau stellt eine geeignete Maßnahme für eine nachhaltige Agrarwirtschaft dar.

### 3.3 Thema und Ziele der Arbeit

Im Teilprojekt 3, Bodenwasserhaushalt und Erosion, wurden die Auswirkungen der Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau anhand der Veränderung maßgeblicher bodenphysikalischer Parameter sowie des Bodenwasserhaushalts untersucht und quantifiziert.

Die Ziele des Projektes lagen in der Untersuchung:

- 1) von Auswirkungen einer ökologischen Bewirtschaftung auf den Wasserhaushalt im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung,
- 2) von Auswirkungen unterschiedlicher biologischer Anbausysteme und Düngungsvarianten (DV) auf den Bodenwasserhaushalt, auf bodenphysikalische Kennwerte und deren zeitliche Veränderung sowie
- 3) von Auswirkungen bestehender Landschaftselemente (Hecke) 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 geringere Evapotranspiration und damit eine Verbesserung des Bodenwasserhaushalts.

### 3.5 Material und Methoden

#### 3.5.1 Monitoring in Kleinparzellen (KPV – S1M, S1K, SK)

Um Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf die Speicherung des Bodenwassers feststellen zu können, wurden 2003 auf drei Parzellen des biologisch bewirtschafteten Kleinparzellenversuches S1M (DV1–Gründüngung, DV2–Biotonnenkompost und DV3–Stallmist) in zweifacher Wiederholung Messstellen zur Erfassung des Bodenwassergehaltes eingerichtet. Die FDR-Sensoren (Easy Ag von 2003 bis 2006 und EnviroScan von 2007 bis 2008, beides Fabrikate der Fa. Sentek) waren in 10, 20, 30, 50 und 100 cm eingebaut und lieferten in 30-Minuten Intervallen Messwerte des Bodenwasseranteils. In den Jahren 2007 und 2008 wurden in 10, 20, 30 und 50 cm Tiefe zusätzlich Granularmatrixsensoren zur Bestimmung des Matrixpotenzials eingebaut. Alle Messwerte wurden mit Hilfe einer Datenerfassungsanlage gespeichert. Auf der Versuchsfläche DV1–S1G (biologisch bewirtschaftet) und der konventionell bearbeiteten Referenzfläche SK wurden in wöchentlichen Abständen mit FDR-Sensoren (Diviner, Fa. Sentek) in Tiefenabschnitten von jeweils 10 cm bis 90 cm Tiefe die Bodenwassergehalte gemessen.

Im Jahr 2008 wurde der Kleinparzellenversuch S1M um die Düngungsvarianten DV 4 (Biogasgülle) erweitert und diese ebenfalls mit entsprechenden Sensoren ausgestattet.

Zur Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Düngungsvarianten auf die Veränderung ausgewählter bodenphysikalischer Eigenschaften wurden mehrmals pro Jahr einerseits Bodenproben im Feld entnommen und die entsprechenden Parameter untersucht und andererseits Feldmessungen durchgeführt. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) wurde in 10 und 30 cm Tiefe mit Hilfe eines Guelph-Permeameters bestimmt (Reynolds und Elrick, 1985; Cepuder et al., 2008). Die Trockendichte wurde anhand ungestörter Stechzylinderproben für die selben Tiefen bestimmt (ÖNorm L 1068, 1988), die Bestimmung der Aggregatstabilität erfolgte im Labor an gestörten Bodenproben aus 0-10 cm Tiefe mit Hilfe des Tauchsiebverfahrens nach Kemper und Koch (1966).

### 3.5.2 Bodenwassergehaltsuntersuchungen entlang von Landschaftselementen innerhalb von Transekten (Transekt Süd)

Zur Untersuchung der Auswirkungen einer Bodenschutzanlage auf den Bodenwasserhaushalt wurden am Standort Transekt Süd (TS) im Lee-Bereich Bodenwassergehaltssensoren in unterschiedlichen Abständen zu einer rd. 8 m hohen Hecke installiert. Die Abstände betragen das 1-, 2-, 3-, 5-, 7- (ab 2008) und 10-fache der Heckenhöhe. Die rd. wöchentlichen Messungen erfolgten in Tiefenabschnitten von jeweils 10 cm bis in 90 cm Tiefe.

## 3.6 Ergebnisse und Diskussion

### 3.6.1 Erfassung des Bodenwasserhaushaltes – Kleinparzellenversuch

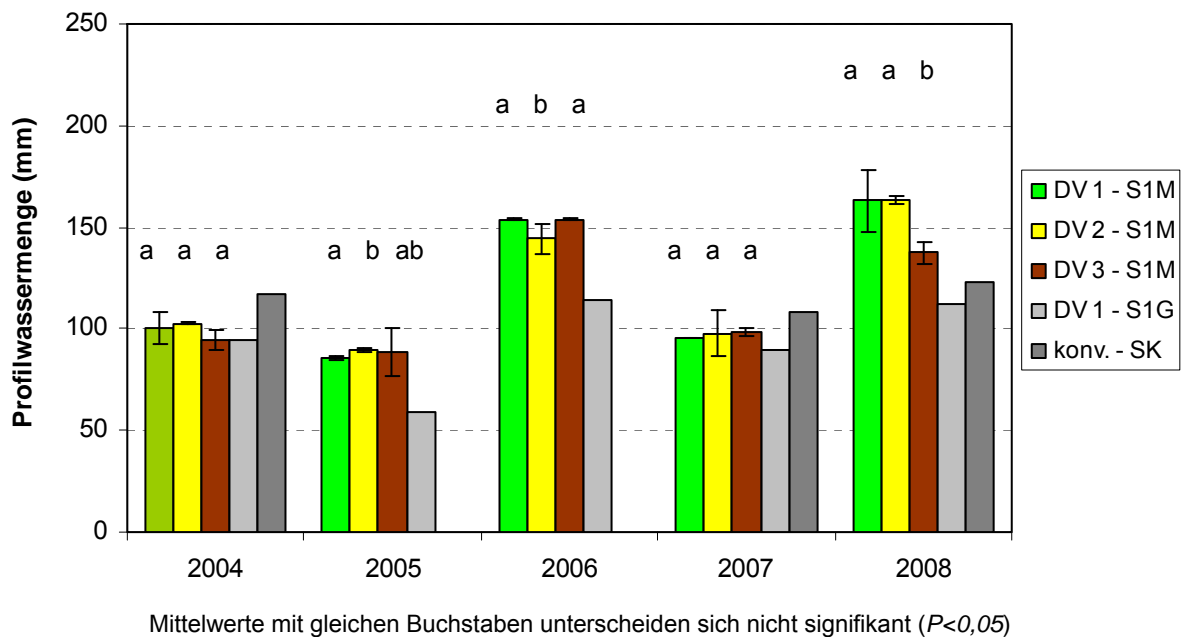
Im Untersuchungszeitraum wurden die Messstellen vom 5. April bis 30. August 2006, vom 24. Februar bis 28. Juni 2007 und vom 25. Juni bis 16. September 2008 betrieben. Bei den angebauten Kulturen handelte es sich um Luzerne, Winterweizen und Körnermais. Die in den Messperioden registrierten Niederschlagshöhen lagen bei 355,2 mm (2006), 206 mm (2007) und 214,6 mm (2008). Der zeitliche Verlauf der in 0-60 cm gespeicherten Profilwassermenge und des Niederschlags ist in der Abbildung 24 im Anhang dargestellt. Die in den einzelnen Jahren angebauten Kulturen sind in Tabelle 13 zusammengestellt.

**Tabelle 13: Anbauplan**

Variante	2005	2006	2007	2008
S1M	Luzerne	Luzerne	Winterweizen	Körnermais
S1G				
SK	Winterweizen	Zwiebel	Winterdurum	Kartoffel

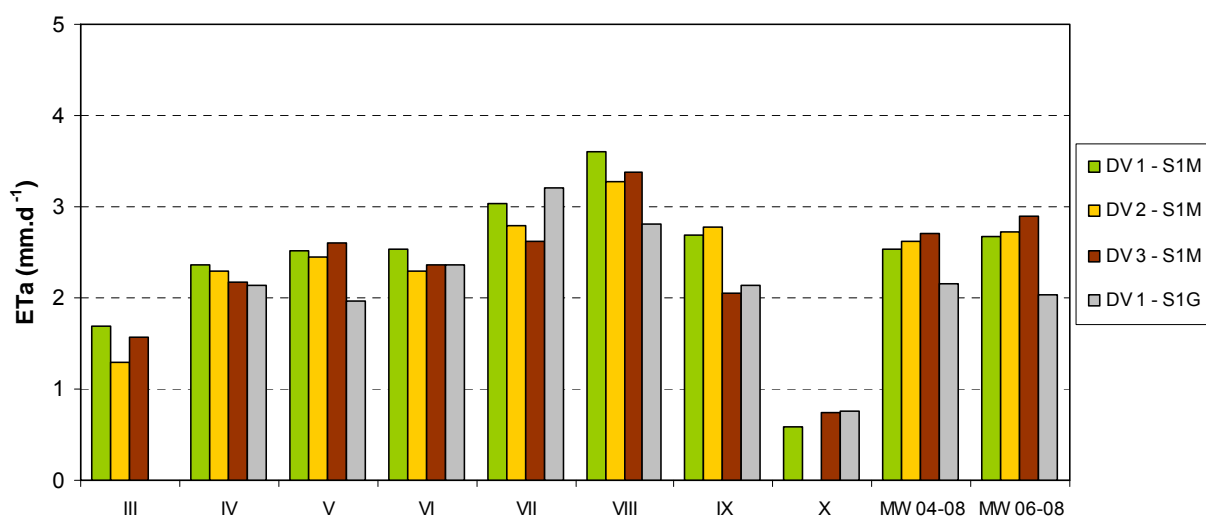
Aus den mittleren Profilwasserinhalten (Abbildung 18) lässt sich erkennen, dass bei DV 1 (Gründüngung) von 2006 bis 2008 die höchsten Werte auftreten. Während 2007 kein Unterschied zwischen den Düngungsvarianten festgestellt werden kann, ergeben die Messungen 2006 bei DV 2 (Biotonnekompost) und 2008 bei DV 3 (Stallmist) einen signifikant niedrigeren Wert.

Bezogen auf den Messzeitraum ergeben sich mittlere Tagesniederschläge von 2,41 mm (2006), 1,66 mm (2007) und 2,59 mm (2008). Bei geringen Niederschlägen und trockenen Verhältnissen – wie 2007 - zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten, es treten aber auch kaum Unterschiede zwischen mittlerer und geringer Bodenbonität (S1G) auf (Abbildung 18). In den niederschlagsreicheren Perioden 2006 und 2008 sind jedoch Unterschiede zwischen Bodenbonitäten sehr deutlich festzustellen. Mittlere Bonität (S1M) verfügt über höhere Profilwasserinhalte als geringe Bodenbonität (S1G), was auch zu höheren Erträgen der mittleren im Vergleich zur geringen Bodenbonität führte (siehe TP 1)



**Abbildung 18: Mittlere Profilwasserinhalte und Standardabweichungen (0 – 60 cm) bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten**

Aus den Tageswerten der Profilwasserinhalte und des Niederschlags wurden mittlere Monatswerte der aktuellen Evapotranspiration (ETa) für die einzelnen Varianten berechnet (Abbildung 19; Tabelle 14 im Anhang). Dabei wurde angenommen, dass keine Tiefensickerung aus dem Profil erfolgte. Es ist zu beachten, dass aufgrund der unterschiedlichen Messperioden nicht immer die gleiche Anzahl von Jahren zur Mittelwertbildung herangezogen wurde. Ein Jahresgang der Verdunstung ist deutlich zu erkennen. Die Werte steigen von März bis zum Maximum im August an und fallen danach wieder ab. Zwischen den Düngungsvarianten (S1M – DV 1 bis DV 3) treten kaum Unterschiede auf. Die Mittelwerte für den Untersuchungszeitraum 2006-2008 liegen zwischen  $2,67 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$  (DV 1) und  $2,89 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$  (DV 3). Aufgrund des geringeren Profilwasserinhalts wird bei der Variante S1G auch die ETa vermindert und erreicht im Mittel nur einen Wert von  $2,03 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$  (vgl. Abbildung 18 und 19).

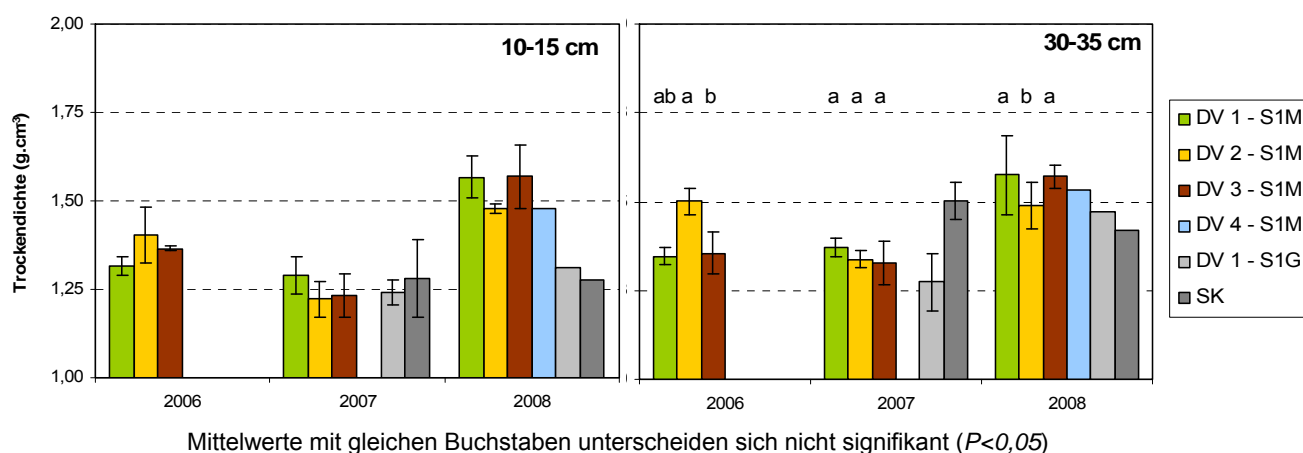


**Abbildung 19: Mittlere monatliche Evapotranspiration (in  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ) sowie Mittelwerte über die Messperioden für die unterschiedlichen Düngungsvarianten**



### 3.6.2 Direktes Monitoring - Kleinparzellenversuch

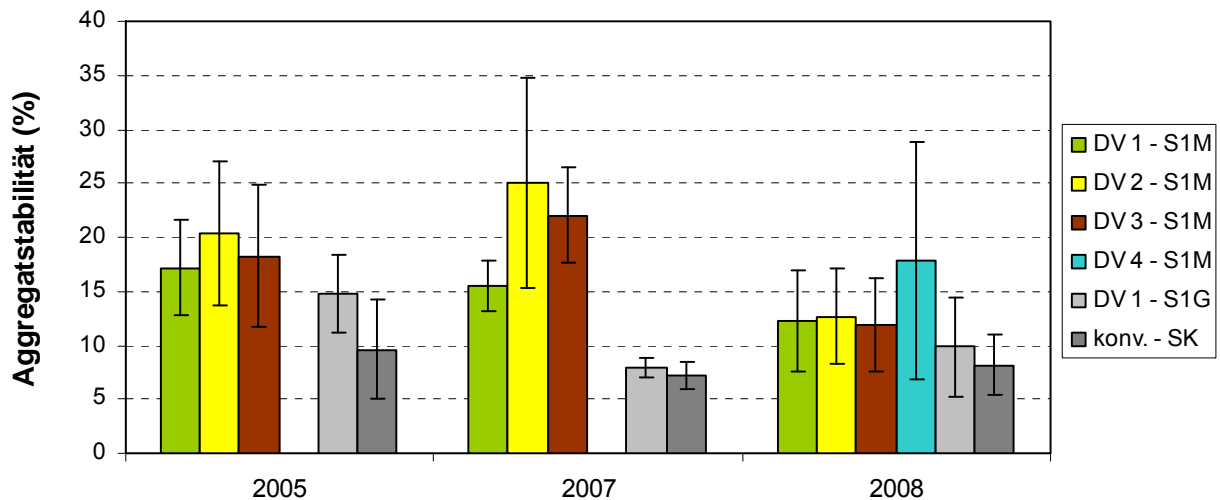
Die Bestimmung der Trockendichte ergab in allen Untersuchungsjahren für den Bereich von 10-15 cm Tiefe keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten (Abbildung 20). Für die Messtiefe 30-35 cm ergaben sich 2006 und 2008 z.T. signifikante Unterschiede, ein eindeutiger Trend lässt sich daraus aber nicht erkennen. Im Mittel der Untersuchungsperiode liegen die Werte für die drei Düngungsvarianten in 10-15 cm zwischen 1,39 und 1,40 g.cm<sup>-3</sup>, in 30-35 cm Tiefe zwischen 1,41 und 1,45 g.cm<sup>-3</sup>. Die 2008 neu hinzugekommene Variante DV 4 weist eine höhere Trockendichte auf. Auf geringer Bodenbonität (DV 1 – S1G) liegen die Lagerungsdichten in beiden Tiefen deutlich niedriger. Konventionelle Bewirtschaftung (SK) führt in der obersten Bodenschicht zu einer Verringerung der Trockendichte (Abbildung 25 im Anhang). Gegenüber der Untersuchungsperiode 2003-2006 ist keine signifikante Veränderung messbar (Abbildung 26 im Anhang). Alle gemessenen Werte liegen aber im üblichen Wertebereich und deuten auf keine Verdichtung hin. Deutlicher zu erkennen ist der Einfluss der angebauten Kultur auf die Trockendichte. Bei Luzerne (2006) und Winterweizen (2007) traten in beiden Untersuchungstiefen niedrigere Trockendichten auf als unter Mais (2008, Abbildung 20), d.h. der Anbau von Mais hatte eine Zunahme der Trockendichte zur Folge. Sie erreichte jedoch keinen für das Pflanzenwachstum beeinträchtigenden Wert.



**Abbildung 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten**

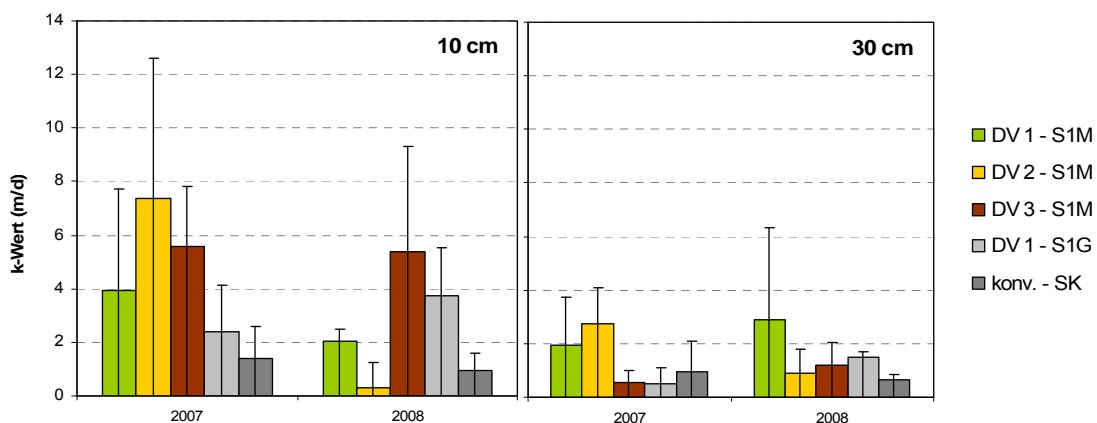
Die Aggregatstabilität ist ein sehr variabler Kennwert und wird maßgeblich von der organischen Bodensubstanz beeinflusst. Eine Auswirkung der unterschiedlichen Düngungsvarianten zeigt sich nicht, signifikante Unterschiede treten nicht auf (Abbildung 21).

Vergleicht man die einzelnen Jahre so werden unter Luzerne (2005) und Winterweizen (2007) geringfügig höhere Werte erreicht als unter Mais (2008), auch wenn diese Unterschiede nicht signifikant sind. Trotzdem bewirkt bei den Varianten DV1-DV3 der Anstieg der stabilen Aggregate einen größeren Widerstand dieser Flächen gegenüber Bodenerosion. Zu Versuchsbeginn im Jahr 2003 lagen die Aggregatstabilitäten im Mittel bei 18,5% für S1M:DV1-DV3, bei 18,0% für DV1-S1G und bei 21,3% für SK



**Abbildung 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Aggregatstabilität für die unterschiedlichen Düngungsvarianten**

Wie bei den anderen Bodenkenwerten zeigt sich auch bei der gesättigten Wasserleitfähigkeit (k-Wert) kein signifikanter Einfluss der Düngungsvariante, jedoch einer der angebauten Kultur (Abbildung 22). Geringere Trockendichte unter Winterweizen liefert gegenüber Mais höhere k-Werte, d.h. raschere Infiltration des Wassers und höhere gesättigte Wasserleitfähigkeit. Eine Abnahme des k-Wertes mit der Tiefe ist gegeben. Insgesamt können die k-Werte für alle Varianten und Tiefen als sehr hoch eingestuft werden (Eggelsmann, 1981).

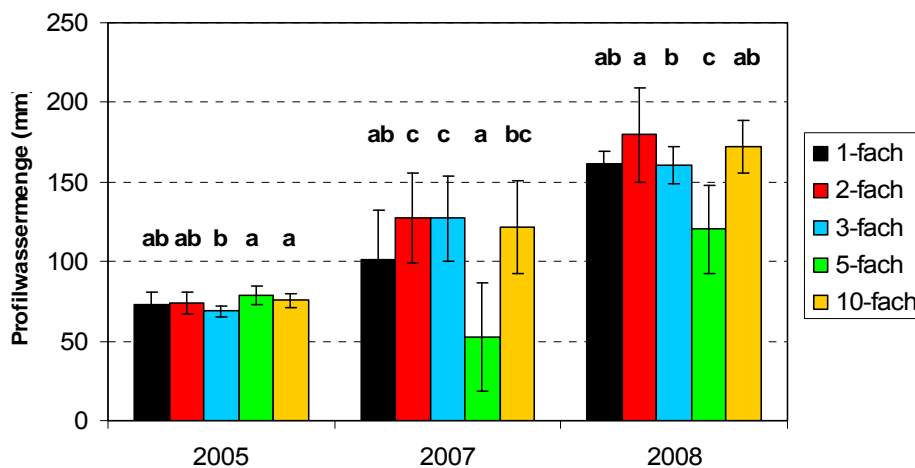


**Abbildung 22: Mittelwerte und Standardabweichungen der k-Werte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten**

### 3.6.3 Bodenwassergehaltsuntersuchungen entlang von Landschaftselementen (Transekt Süd)

Der zeitliche Verlauf des in 0-90 cm gespeicherten Bodenwassers über den Messzeitraum ist in Abbildung 27 im Anhang grafisch dargestellt. Die Messungen ergaben eine positive Wirkung der Bodenschutzanlage auf den Bodenwassergehalt bis zum zwei- und dreifachem Heckenhöhenabstand, da in diesem Bereich über den Untersuchungszeitraum stets höhere Profilwasserinhalte auftraten als bei den übrigen Messpunkten (Abbildung 23 und im Anhang Abbildung 28). Bei einer mittleren Höhe der Bodenschutzhecke von 8 m entspricht dies Entfernungen von 16 bis 24 m.

Eine Gegenüberstellung der Mittelwerte der einzelnen Jahre zeigt, dass der Einfluss der Bodenschutzanlage in trockenen Messperioden wie 2007 (mit 107,6 mm Niederschlag während der Messperiode) und 2008 (mit 202,2 mm Niederschlag) wesentlich ausgeprägter ist als in niederschlagsreicheren Zeiträumen wie 2005 (286 mm Niederschlag; Abbildung 23 und im Anhang Abbildung 29 und 30). Dabei können - wie 2007 – bis zu 24 m Entfernung zur Hecke bis zu 26% mehr Wasser gespeichert werden. Die signifikant niedrigeren Werte beim 5-fachen Abstand (40 m) sind vermutlich auf einen Bodenunterschied im Vergleich zur restlichen Versuchsfläche zurückzuführen.



Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ( $P < 0,05$ )

**Abbildung 23: Mittlere Profilwassermengen im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage**

### 3.7 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen sind vielversprechend. In trockenen Vegetationsperioden wie 2008 zeigt sich, dass biologisch bewirtschaftete Flächen höhere Profilwasserinhalte aufweisen als konventionell bewirtschaftete. Dies bedeutet, dass durch die verbesserte Bodenwasserspeicherung den Pflanzen mehr und länger Wasser für die Deckung des Pflanzenwasserbedarfes zur Verfügung steht. Im Hinblick auf eine zukünftige Veränderung bzw. Verschiebung des Niederschlagsgeschehens hin zu trockeneren Sommern ist dies sehr positiv zu bewerten. In Vegetationsperioden mit höheren Niederschlagsmengen ist dieser Unterschied – wenn überhaupt - nur gering, wobei die Art der angebauten Kultur und ihr Wasserbedarf eine wesentliche Rolle spielen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Düngungsvarianten lässt sich nicht erkennen. Zur Absicherung der bisherigen Messungen sollten die Bodenwassergehaltmessungen unbedingt weitergeführt werden. Zur besseren Erfassung der Verdunstungsprozesse an der Bodenoberfläche sollte der Wassergehalt der obersten 5 cm zusätzlich gemessen werden.

Bodenphysikalische Kennwerte wie Trockendichte, Wasserdurchlässigkeit und Aggregatstabilität werden mehr von der angebauten Kultur und der Jahreszeit beeinflusst als von der Art der Düngung. Eine dichte Bepflanzung wie etwa bei Luzerne und Winterweizen wirkt sich günstig auf diese Bodenkennwerte aus. Da Luzerne eine wichtige Kultur im biologischen Landbau darstellt, führt ihr Anbau langfristig sicherlich zu einer Verbesserung der Bodenqualität.

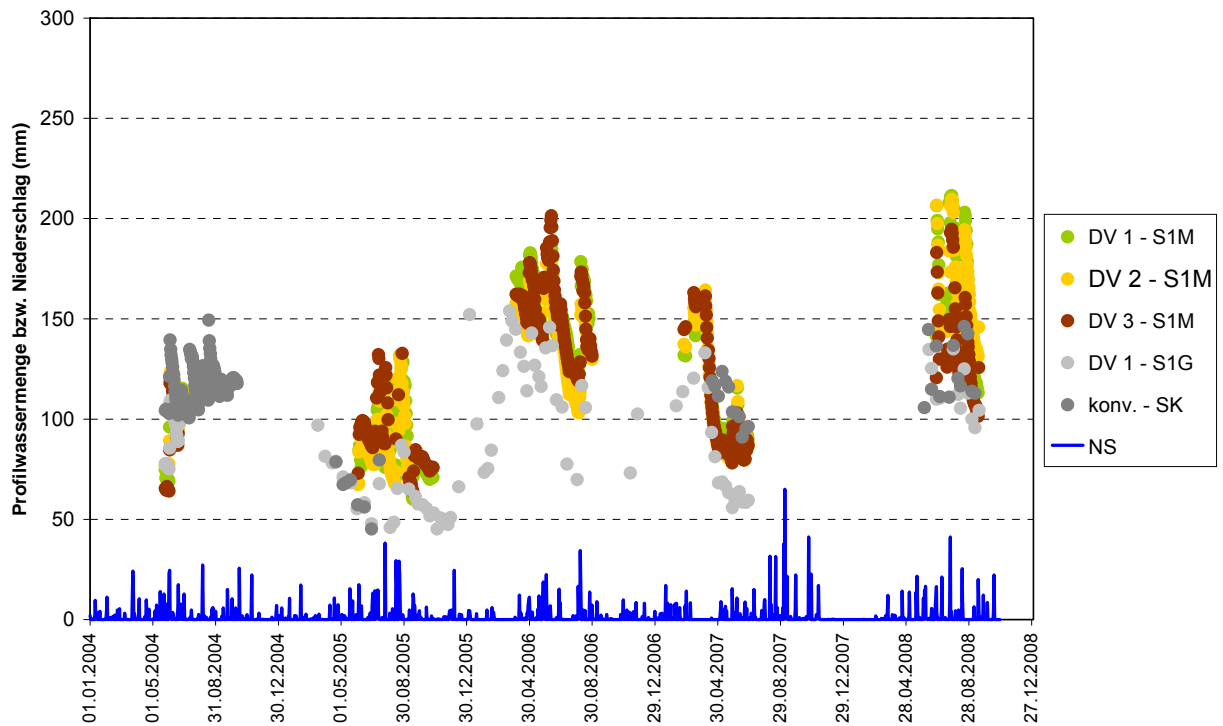
Die Untersuchungen über den Einfluss der Bodenschutzanlage auf den Bodenwasserhaushalt ergaben eine positive Wirkung mindestens bis zu einem Abstand des 3-Fachen der Heckenhöhe. Dies liegt deutlich unter vielen Literaturangaben, die bis zum 10-Fachen der Heckenhöhe reichen. Die Wirkung auf den Bodenwasserhaushalt ist in trockenen Jahren wesentlich höher als in niederschlagsreichen. Diese Ergebnisse sollten ebenfalls durch weiterlaufende Untersuchungen abgesichert werden. Um den Einfluss der Bodenschutzanlage insgesamt quantifizieren zu können, sollten auch Messungen im Luv-Bereich vorgesehen werden. Dadurch wird es möglich sein Heckenabstände zu ermitteln, die einen optimalen Bodenwasserhaushalt gewährleisten.

Der positive Effekt von biologischem Landbau und das Zusammenwirken mit Bodenschutzanlagen für den trockenen, pannonischen Klimaraum konnte durch die bisherigen Messungen sehr gut dokumentiert werden. Geht man von zukünftigen Veränderungen im Niederschlagsgeschehen aus, so kommt Bodennutzungsformen, die zu einer Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes führen, besondere Bedeutung zu.

### 3.8 Literaturverzeichnis

- Cepuder P., Kammerer, G. und Klik A., 2008. Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit: Guelph Permeameter. Skriptum zur LVA „Applied Soil Physics“, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien: S. 50-61.
- Eggelsmann, R., 1981. Dränanleitung für Landbau, Ingenieurbau und Landschaftsbau. Verlag Paul Parey, 2. Aufl.: Hamburg und Berlin.
- 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.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (KOM), 2006. Thematische Strategie für den Bodenschutz. KOM(2006)231 endgültig/2. Brüssel.
- ÖNORM L 1068, 1988. Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Dichte von Böden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- Reynolds W. D. und D.E. Elrick, 1985. In Situ Measurement of Field-Saturated Hydraulic Conductivity, Sorptivity, and the  $\alpha$ -Parameter Using the Guelph-Permeameter. Soil Science Vol 140, No 4: 292-302.

### 3.9 Anhang



**Abbildung 24: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten (2004 – 2008)**

**Tabelle 14: Mittlere monatliche Evapotranspiration (in mm.d<sup>-1</sup>) bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten**

Düngungsvariante	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	MW 04-08	MW 06-08
DV 1 - S1M	1,70	2,35	2,52	2,53	3,03	3,61	2,68	0,59	2,53	2,67
DV 1 - S1M	1,28	2,30	2,45	2,30	2,79	3,27	2,78	-	2,62	2,73
DV 3 - S1M	1,57	2,18	2,60	2,36	2,62	3,38	2,04	0,75	2,72	2,89
DV 1 - S1G	-	2,14	1,97	2,36	3,21	2,81	2,14	0,76	2,15	2,03

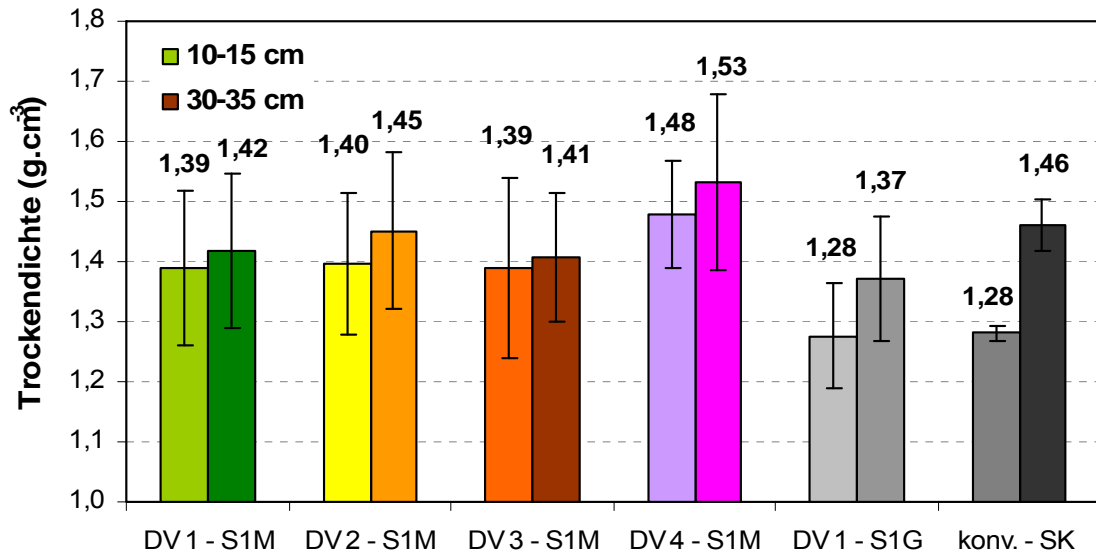
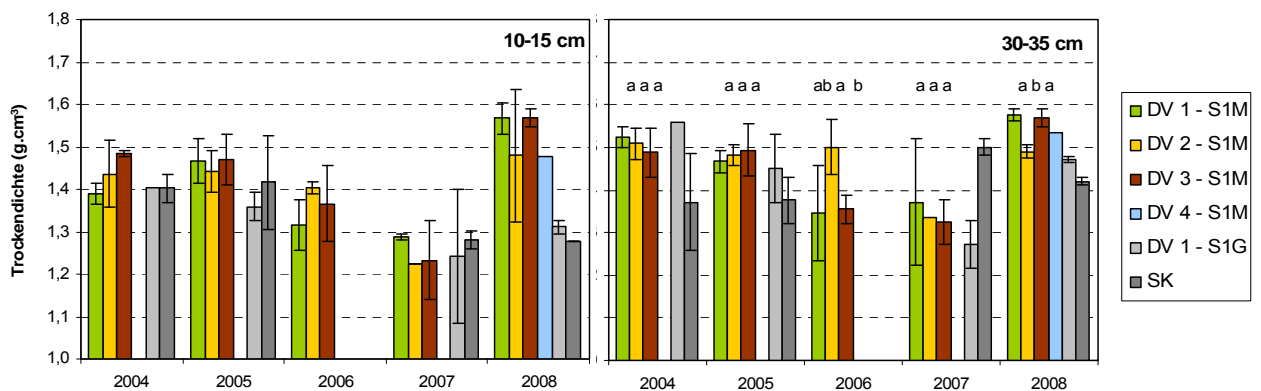


Abbildung 25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten (2006-2008)



Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ( $P < 0,05$ )

Abbildung 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Düngungsvarianten (2004-2008)

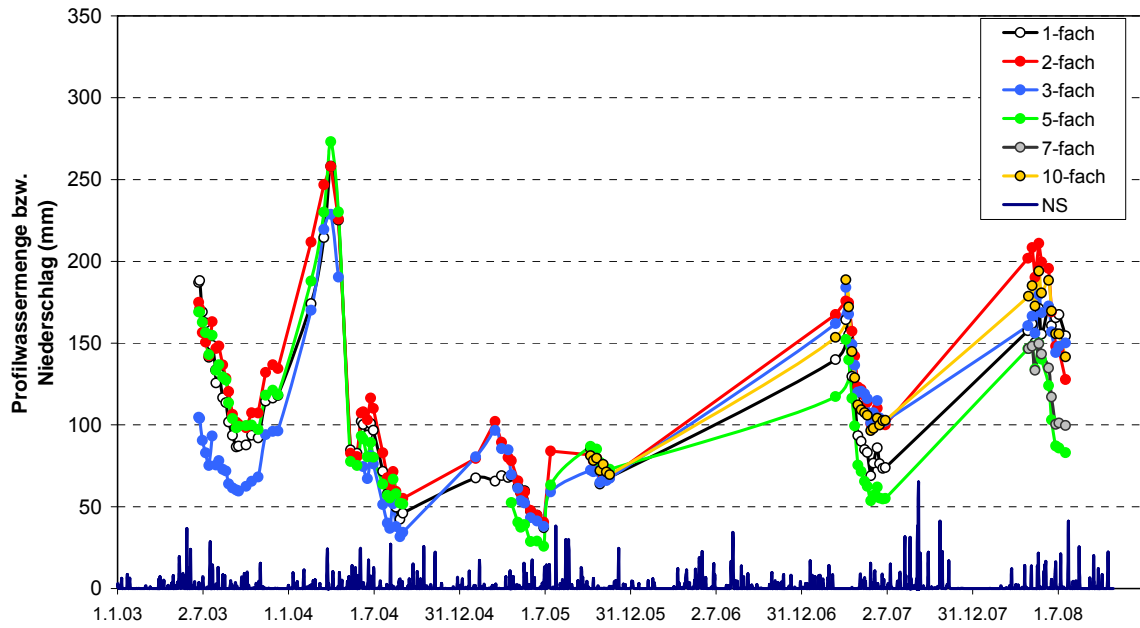


Abbildung 27: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge in Abhängigkeit des Heckenabstandes beim Transekt Süd (0-90 cm Bodentiefe)

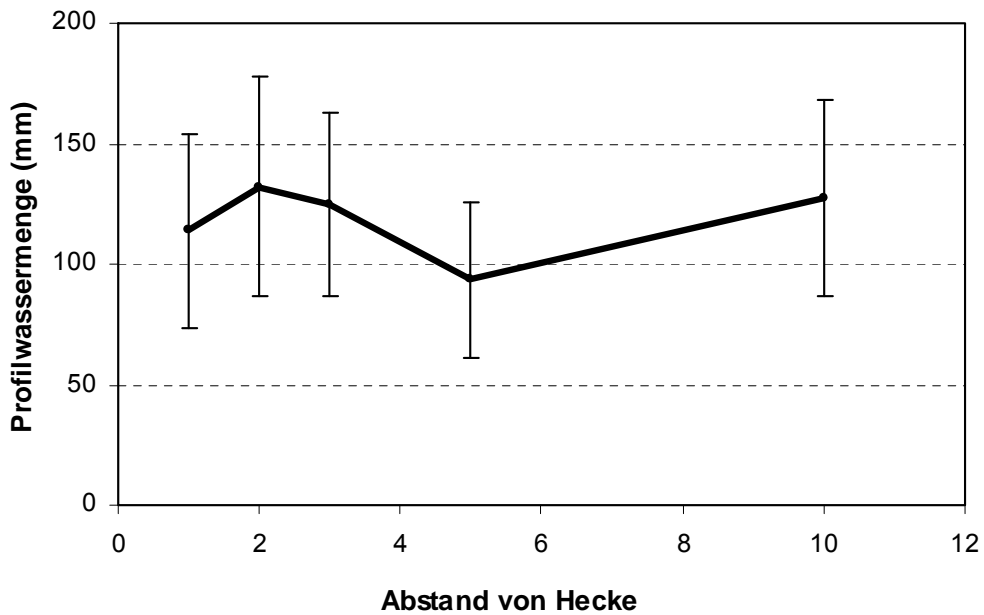


Abbildung 28: Mittlere Profilwassermengen im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage (Mittelwerte 2005 - 2008)

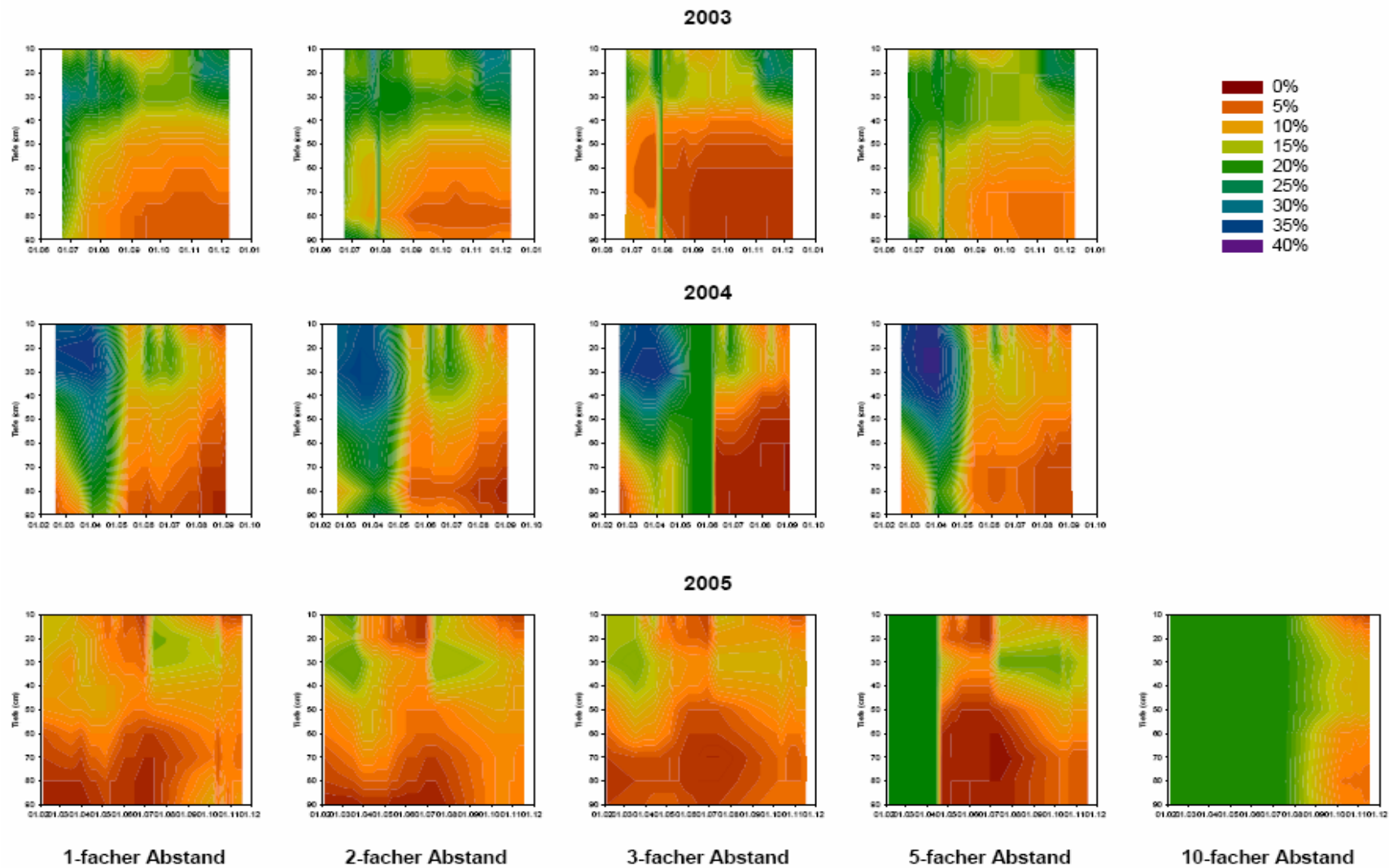
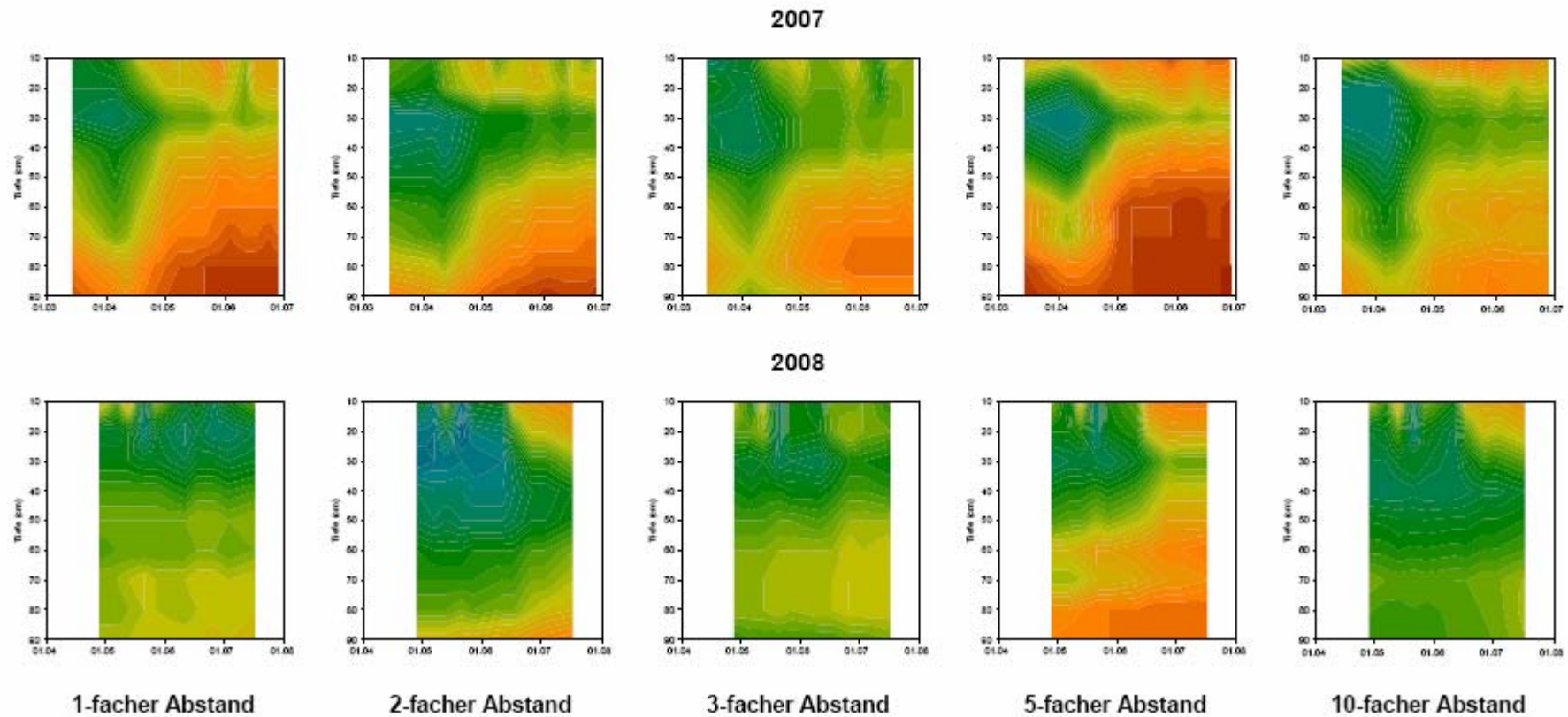


Abbildung 29: Zeitlicher und räumlicher Verlauf der Profilwasserinhalte im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage





**Abbildung 30: Zeitlicher und räumlicher Verlauf der Profilwasserinhalte im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage (Fortsetzung)**

## **4 TEILPROJEKT 4: METADATENBANK UND WEB-PORTAL**

### **Titel: Metadatenbank und WEB-Portal**

Bearbeiter: T. Schauppenlehner, A. Muhar

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, BOKU Wien.

#### **4.1 Zusammenfassung / Summary**

Ziel des Projekts „Metadatenbank und WEB-Portal“ war zum einen die Bereitstellung von Daten und die Organisation von Datenflüssen innerhalb des Gesamtprojekts sowie die Präsentation des Projektes nach Außen. Während die Arbeit an der Metadatenbank hauptsächlich aus Datenpflege, Datenkonvertierung, Support sowie Optimierung und Anpassung der Benutzeroberfläche bestand, wurde das externe WEB-Portal im Projekt MUBIL II entwickelt und aufgebaut, um eine zentrale Struktur für die Kommunikation des Gesamtprojekts nach Außen zu schaffen. Ergänzend dazu wurde in beiden Applikationen ein Web-GIS implementiert, welche MitarbeiterInnen einfache Geo-Operationen ermöglicht, und Besuchern einen raschen Überblick über das Versuchsgut und die Versuchsanordnungen gibt.

Goal of the project “meta-database and web-portal” was the provisioning of data and the organisation of data flows within the MUBIL-Project as well as the presentation of the project to a broader public. To reach the goals, the sub-project was divided in two main work packages: the MUBIL meta-database and the MUBIL web-portal. While the work in the first package consists of data collection, data preparation, data administration, support and improvement of the metadata user interface, the second part was a full development and implementation of the MUBIL project website as a key factor for public perception of the MUBIL project. Additionally a Web-GIS interface was integrated in both applications.

#### **4.2 Einleitung**

Eine starke inhaltliche Vernetzung der einzelnen Teilprojekte, die Abhängigkeit von Grundlagendaten über Teilprojektgrenzen hinweg sowie ein bestehender umfassender Datenpool aus dem Projekt MUBIL I legten eine Fortführung der projektweiten Metadatenbank nahe, um auch weiterhin allen Beteiligten aktuelle Informationen und Daten zur Verfügung stellen zu können. Diese Forderung ergab sich auch aus der Notwendigkeit der Sicherung und Verfügbarmachung von Daten aus dem Projekt MUBIL I.

Ergänzend dazu wurde zur Hebung der Projekt-Außenwirkung und Kommunikation eine Website entwickelt, um einen kompakten Überblick über alle bisherigen MUBIL Aktivitäten zu geben. Durch die Integration von Web 2.0 Elementen wie etwa Blog- und/oder Kommentar-Features kann die Website auch einen Beitrag aktiven Vernetzung (Kantel, 2007) innerhalb der Forschungs-Community leisten.

In beiden Applikationen wurde darüber hinaus eine Web-GIS Oberfläche implementiert, welche MitarbeiterInnen einfache Geo-Operationen ermöglicht, und Besuchern einen raschen Überblick über das Versuchsgut und die Versuchsanordnungen gibt.

#### **4.3 Thema und Ziele der Arbeit**

Die Ziele des Teilprojekts lassen sich in zwei grundsätzliche Bereiche trennen – die Metadatenbank und das WEB-Portal.

Das wesentliche Ziel der Metadatenbank ist die Fortführung, Pflege und Optimierung eines web-basierten zentralen Daten- und Informationsportals für das Projekt MUBIL II. Aufbauend darauf, und ergänzend dazu wurde eine externe Projektwebsite geschaffen, welche die Arbeitsprozesse aus MUBIL I und MUBIL II für ein breiteres Publikum abbildet, und somit ein wichtiges Instrument für die Kommunikation der Arbeit nach außen ist. Visuelle Unterstützung in beiden Applikationen wird durch die Integration einer WebGIS-Applikation gewährleistet.

## 4.4 Material und Methoden

### 4.4.1 Metadatenbank

Die Metadatenbank wurde in ihrer Grundstruktur aus dem Projekt MUBIL I übernommen. Zur Gewährleistung der Stabilität wurde das System in der ersten Projekthälfte auf einen neuen Server übersiedelt, wodurch einige technische Anpassungen und Adaptierungen notwendig waren, um einen weiteren fehlerfreien und sicheren Betrieb gewährleisten zu können. Diese Änderungen ergaben sich primär durch die Umstellung auf eine andere Datenbank sowie das Server-Upgrade auf eine neuere Version von PHP<sup>1</sup> (Hypertext-Preprocessor) – der Programmiersprache in der die Metadatenbank programmiert ist.

Bezugnehmend auf Anregungen und Wünsche von Projektmitgliedern wurden die Such-, Sortier- und Anzeigefunktionen der Metadaten komplett überarbeitet. Damit kann ein einfacher und intuitiver Datenzugriff in übersichtlicher Form gewährleistet werden.

Darstellungsprobleme die sich hauptsächlich durch Browserinkompatibilitäten ergaben, wurden behoben.

### 4.4.2 MUBIL WEB-Portal

Das externe WEB-Portal soll als wesentliches Präsentations- und Kommunikationsinstrument zu einer verstärkten Außenwahrnehmung des Gesamtprojekts beitragen und ist über die Adresse <http://mubil.boku.ac.at> erreichbar (siehe Abbildung 31).

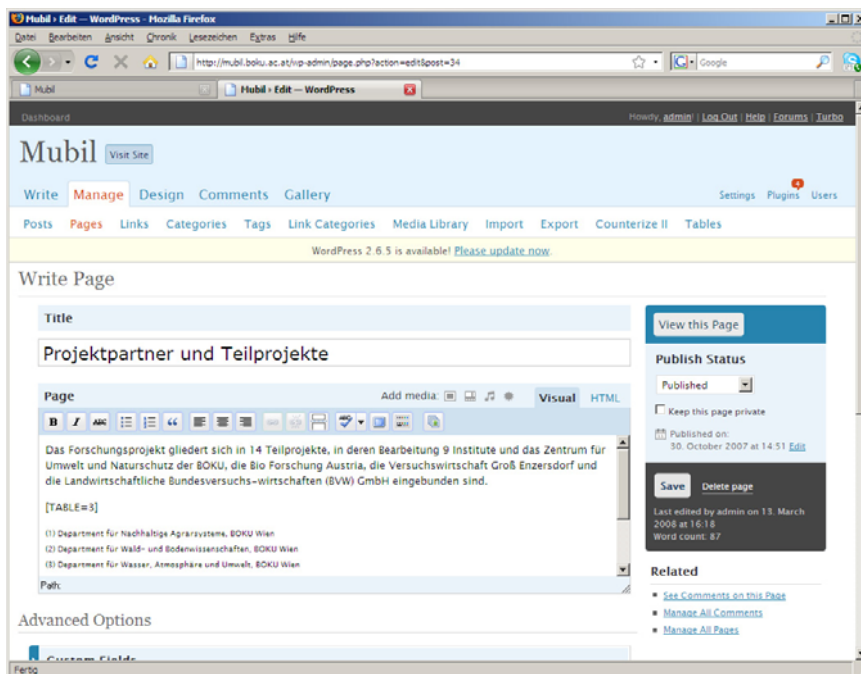
Neben allgemeinen Projektinformationen die über die Menüpunkte „Das Projekt“ und „Projekthintergrund“ erreichbar sind, steht die detaillierte Darstellung und Beschreibung der Teilprojekte aus MUBIL I und MUBIL II im Zentrum der Website. Der Zugriff auf die einzelnen Teilprojekte wird über ein Submenü in der rechten Spalte ermöglicht. Daneben finden sich Menüpunkte die das Gesamtprojekt betreffen (Archive, Publikationen, Links) sowie das MUBIL-WebGIS (siehe Kapitel 4.4.3). Auf der Startseite der Homepage ist die Einbindung aktueller Inhalte (News, Tagungen, Ankündigungen, Publikationen, Seminare, etc.) möglich. Über die Suchfunktionen ist eine Volltextsuche über alle Web-Texte möglich.



Abbildung 31: Startseite der MUBIL-Projektwebsite (<http://mubil.boku.ac.at>)

<sup>1</sup> [www.php.net](http://www.php.net)

Die Umsetzung der Website als Frontend wird durch ein datenbank-gestütztes (basierend auf MySQL<sup>2</sup>) Content Management System (CMS) im Backend ergänzt. Dabei handelt es sich um ein Redaktionswerkzeug mit dessen Hilfe registrierte Benutzer Webbeiträge erfassen, editieren oder löschen können (Kantel, 2007), wodurch garantiert wird, dass auf geänderte und neue Inhalte rasch reagiert werden kann, da sowohl die Text-, als auch die Bildeingabe komfortabel über eine Editor erfolgt (siehe Abbildung 32).



**Abbildung 32: CMS-Backend der MUBIL-Projektwebsite (erreichbar über Login)**

Die Anbindung der Website an das Internet erfolgt wie auch bei der Metadatenbank über die Server-Infrastruktur der Universität für Bodenkultur, womit größtmögliche Stabilität, Geschwindigkeit und Verfügbarkeit gewährleistet werden kann.

#### 4.4.3 WebGIS

Unter einem Web-GIS versteht man im Allgemeinen die Darstellung räumlicher Daten über ein Web-Interface (Web-Browser), mit dem Ziel, komplexe geographische Inhalte interaktiv aufzubereiten.

Das primäre Ziel der MUBIL Web-GIS Applikation ist es, die einzelnen Versuchflächen – streifen und -transekte räumlich darzustellen, und abfragbar zu machen. Weiters soll ein Überblick über die naturräumlichen Bedingungen und Landschaftsstrukturen (Hecken, Ökostreifen, etc.) am Biobetrieb Rutzendorf gegeben werden. Dabei stehen GIS-Basisfunktionalitäten zur Verfügung, die neben der visuellen Komponente, auch Abfragen und Messoperationen erlauben und so ein wichtiges Werkzeug für die Projektarbeit in einzelnen Arbeitsgruppen ist. Durch Auswahl individueller Kartenausschnitte die Möglichkeit einzelne Datenlayer ein- bzw. ausblenden zu können ist es möglich einfache Karten online herzustellen.

Die Applikation selbst ist in aktuellen Web-Browsern problemlos lauffähig, womit aufwändige Installationen - die häufig durch eingeschränkte Benutzerrechte gar nicht möglich sind - entfallen.

<sup>2</sup> dev.mysql.com

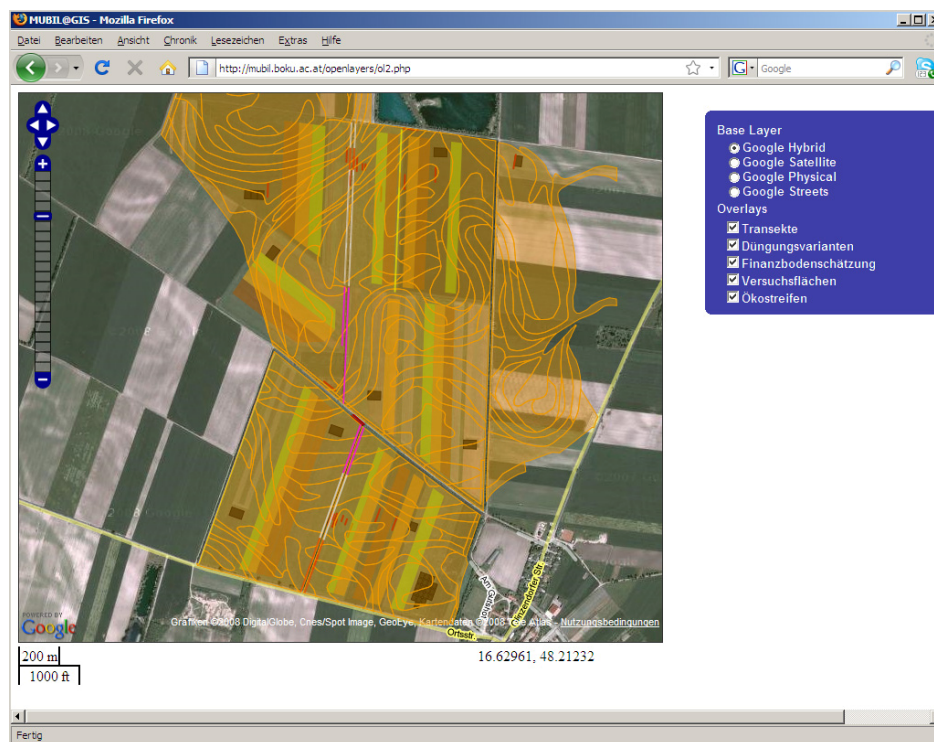
Für die technische Umsetzung wurde zu Beginn der Umsetzung zwei grundsätzliche Web Mapping Technologien getestet:

- Virtual Globes
- Web Map Server

Unter Virtual Globes versteht man Anwendungen, die vor allem durch Google Maps<sup>3</sup> oder NASA World Wind<sup>4</sup> zu großer Popularität geführt haben (Aurambout et al. 2008). Der Vorteil dieser Technologie ist, die sehr einfache Anwendung, sowie die Verfügbarkeit von hochwertigen Basis-Layern in Form von Luftbildern sowie topologischen oder thematischen Karten. Getestet wurde mit Openlayers<sup>5</sup>, einer Opensource-Javascript Bibliothek für die Darstellung von Geodaten im Internet (siehe Abbildung 33).

Für die Anwendung der Web Map Server kam das Produkt ArcIMS der Firma ESRI<sup>6</sup> zur Anwendung.

Im Testbetrieb der Openlayers-Bibliothek hat sich jedoch gezeigt, dass die Einbindung von Geodaten in Form von Shapefiles bzw. Rasterdaten aufwändig, bzw. nur mit Abstrichen möglich ist. Dies ist primär auf fehlende Datenschnittstellen zu gängigen GIS-Formaten zurückzuführen. Innerhalb der Virtual Globe-Anwendungen wird meist auf XML-Formate (z.B. kml, gpx, geoRSS, etc.) zurückgegriffen, deren Erstellung aus GIS-Programmen heraus nur rudimentär bzw. mit Abstrichen möglich ist. Durch die sehr schlechte Rasterdatenunterstützung wurde als Hintergrund-Ebene ein Luftbild von google maps integriert.



**Abbildung 33: MUBIL-WebGIS auf Basis der Openlayers-Technologie**

<sup>3</sup> [maps.google.de](http://maps.google.de)

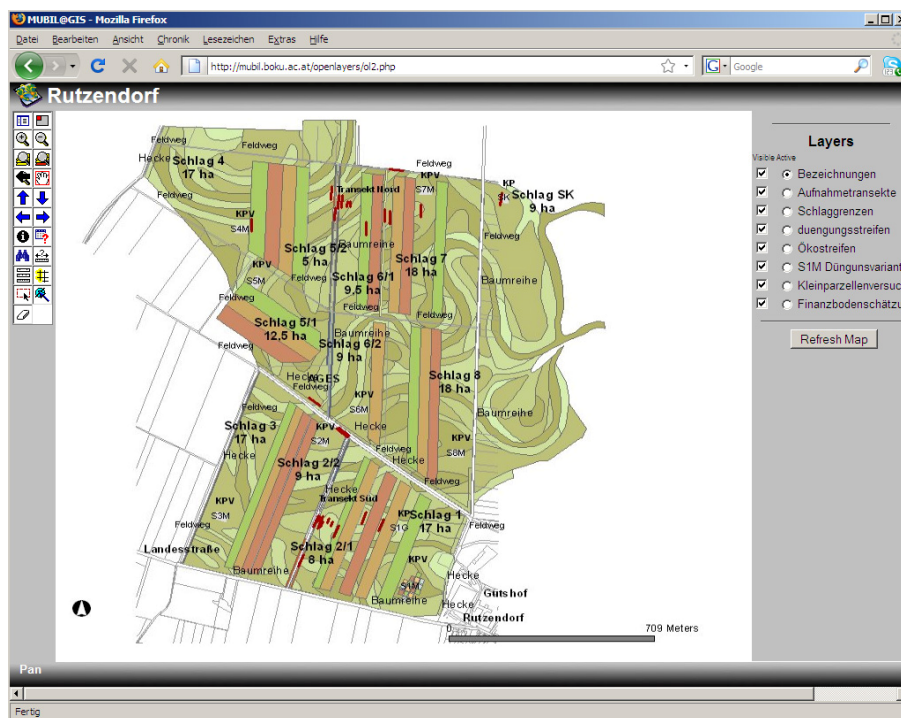
<sup>4</sup> <http://worldwind.arc.nasa.gov/>

<sup>5</sup> [www.openlayers.org](http://www.openlayers.org)

<sup>6</sup> [www.esri.com](http://www.esri.com)



Als zweite Alternative kam der Web Map Server ArcIMS von ESRI zum Einsatz. Durch die Tatsache, das ArcIMS aus der ArcMap-Produktfamilie stammt ergaben sich keine Probleme bei der Einbindung von Raster und Vektordaten. Die Erstellung des Kartenlayouts erfolgt direkt in ArcMap, und kann einfach in ArcIMS übernommen werden (ESRI, 2004).



**Abbildung 34: MUBIL-WebGIS auf Basis von ArcIMS**

Auch stehen eine Vielzahl von GIS-Basisfunktionalitäten zur Verfügung, die einen hohen Interaktionsgrad mit der Karte ermöglichen (siehe Abbildung 34). Beim Zugriff auf das WebGIS wird abhängig von der Abfrage ein Bild erzeugt, das an den Betrachter zurückgegeben wird. Ein direkter Zugriff (auch Download) der Originaldaten ist nicht möglich, womit Urheber- und allfällige Nutzungsrechte gewahrt bleiben.

Aufgrund der Erfahrungen aus dem Datenhandling in Openlayers, sowie der Abstriche hinsichtlich der Interaktion mit den Daten, fiel die Entscheidung zugunsten von ArcIMS. Damit kann auch eine einfache Dateneinbindung in Zukunft gewährleistet werden.

#### 4.5 Ergebnisse und Diskussion

Metadatenbank, Projekt-Website sowie die WebGIS-Applikation liegen in lauffähigen Versionen vor und sind über das Internet erreichbar. Die Metadatenbank ist für alle ForscherInnen des MUBIL II Projekts zum Zwecke der Datenrecherche, -erfassung und -korrektur verfügbar, das WEB-Portal ist allgemein über die Adresse <http://mubil.boku.ac.at> erreichbar.

Mit der externen Website wurde ein wichtiger Baustein zur Hebung der Außenwirkung des Projekts sowie zur Vernetzung mit anderen Projektgruppen und ForscherInnenteams implemetiert.

Ergänzend dazu bietet die WebGIS-Applikation einerseits ein rasches und effektives GIS-Werkzeug für einfache Abfragen und Operationen und ermöglicht es auch projektfremden Personen sich rasch einen Überblick über das Untersuchungsgebiet sowie die Versuchsflächen zu verschaffen.

## **4.6 Schlussfolgerungen**

Sowohl in MUBIL I als auch in MUBIL II hat sich die zentrale Bereitstellung von Daten über eine web-basierte Benutzeroberfläche bewährt. Der rasche Zugriff erleichtert den Arbeitsfluss und entlastet die Projekt-Administration hinsichtlich Datenanfragen.

Mit dem externen WEB-Portal wurden die Inhalte aus MUBIL I und II auch einem breiteren Publikum zugänglich gemacht. Damit kann auch eine nachhaltige Verankerung des Projektes in der Forschungs-Community erreicht werden. Wichtig dabei ist jedoch einerseits die Kommunikation der Website (z.B. Tagungen, Publikationen, etc.) aber auch die Sicherung der Aktualität, was durch die Implementierung des Content Management Systems hinsichtlich der Handhabung sehr einfach möglich ist.

## **4.7 Literaturverzeichnis**

- Aurambout, J.P., Pettit, C., Lewis, H. (2008): Virtual Globes: the Next GIS?. In: Pettit, C., Cartwright, W., Bishop, I., Pullar, D., Duncan, D (Eds.) (2008): Landscape Analysis and Visualisation. Springer. Berlin.
- Kantel, J. (2007): Web 2.0: Werkzeuge für die Wissenschaft. Max-Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte. Berlin.
- ESRI (2004): ArcIMS 9 Architecture and Functionality. ESRI White Paper. New York.

## 5 TEILPROJEKT 5: AGRARMETEOROLOGIE

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

Bearbeiter: T. Gerersdorfer, J. Eitzinger, W. Laube

Institut für Meteorologie, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, BOKU Wien.

#### **5.1 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 agrarmeteorologische Messstation am Versuchsstandort in Rutzendorf ist die Referenzstation für alle anderen Teilprojekte. Mit speziellen Messkampagnen (u.a. Verdunstungs- und Windmessungen in einem Transekt parallel sowie senkrecht zur Hecke) wurden der Gesamt-Wirkungsbereich der Hecke bzw. auch das Mikroklima innerhalb der Hecke analysiert. Zudem wurde testweise das Wasseräquivalent von Schneewehen und sein Einfluss auf die Bodenwasserbilanz untersucht. Es hat sich gezeigt, dass der Gesamt-Wirkungsbereich der Hecke in Abhängigkeit der Ausrichtung, Durchlässigkeit und Höhe etwa bis zum 15 bis 20-fachen seiner Höhe reicht und dass dem verfügbaren Wasser, sei es aus flüssigem oder festem Niederschlag, verminderte Verdunstung durch Windschutzanlagen oder in Form von Schneeverlagerungen große Bedeutung für die (Boden-)Wasserbilanz und in weiterer Folge für die Landwirtschaft an diesem eher trockenem Standort in Rutzendorf zukommt.

The sub-project Agrometeorology consists of continuous agrometeorological measurements for weather monitoring and documentation during the project lifetime on the one hand (permanent agrometeorological station) and of specific microclimatic investigations of the impact of hedgerows on neighbouring fields on the other hand. The agrometeorological station is the reference station for all other sub-projects.

The specific measurement campaigns measurements (e.g. wind speeds and potential evapotranspiration in transects parallel and lateral to the hedgerow) were carried out to analyse the sphere of influence of the hedgerow and the microclimate within the hedge, respectively. Additionally the water equivalent of snowbanks and its effects on soil water balance was investigated.

Our field studies show a total sphere of influence of the hedgerow in relation to its orientation, permeability and height of about the 15 to 20 fold of its height. Furthermore, available water whether due to precipitation, reduced evapotranspiration due to wind breaks or dislocation of snow has a high impact to (soil) water balance and hence to agriculture at this relatively dry location in Rutzendorf.

#### **5.2 Einleitung**

Hecken wirken sich positiv auf das Mikroklima aus, indem sie den Wind bremsen - umso mehr, wenn sie orthogonal zur Hauptwindrichtung stehen. Sie verringern damit die Winderosion, die Verdunstung und fördern die Taubildung. Das Teilprojekt 5 – Agrarmeteorologie – befasst sich einerseits mit der Erhebung von Klima- und Witterungsdaten unter Bedingungen des Freilandes, und andererseits mit speziellen, temporär während der Vegetationsperiode durchgeführten Transektmessungen im Nahbereich und innerhalb einer Hecke im pannonischen Klimaraum am Standort Rutzendorf.



### 5.3 Thema und Ziele der Arbeit

Die agrarmeteorologische Messstation im freien Feld (Transekt Süd) misst seit Beginn von MUBIL (März 2003) wichtige Witterungsparameter wie Luft- und Bodentemperaturen, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Strahlungsbilanz, Tau, Wind, Niederschlag und Bodenwassergehalt kontinuierlich und in verlässlicher Genauigkeit. Einige Extremereignisse (z.B. Kyrill) und Verbissschäden haben zu kurzzeitigen Geräteausfällen geführt. Während der Wintermonate (Ende November bis Anfang März) wird die Niederschlagsmessung generell ausgesetzt, da der Regenschirm aufgrund fehlender Beheizmöglichkeit und der dadurch großen Gefahr des Einfrierens versiegelt werden muss. Niederschlagsdaten in dieser Zeit werden von der in der Nähe befindlichen Station Großenzersdorf bzw. Raasdorf übernommen, was keine Verfälschung der Ergebnisse darstellt, da sich die Niederschläge insbesondere während des Winters sehr homogen zeigen. Die Dauerstation, in einer Entfernung von 120 m von der nächsten Windschutzanlage (Hecke) platziert, gilt als Referenzstation für alle Teilprojekte und spiegelt durch die große Entfernung von der Hecke die Witterungsverhältnisse des Freilandes wider.

Spezielle, temporär durchgeführte Transektmessungen im Transekt Süd, Schlag 2/1 und kurzzeitig auch im Schlag 2/2 haben den Abschirmungseffekt von Hecken in Bezug auf mikroklimatische Parameter gezeigt. Damit konnte der Einfluss der Hecke in quantitativer Hinsicht bestimmt werden. Insbesondere wurden die Parameter Temperatur, Niederschlag, Verdunstung, Strahlung, Windgeschwindigkeit und Tau (nur qualitativ), gemessen. Zusammenfassend zeigte sich in MUBIL I eine verschieden ausgeprägte Abhängigkeit des Verlaufs und der Größe der verschiedenen Parameter zum Abstand und zur Orientierung der Hecke.

Ziel der Arbeit in MUBIL II war neben der Weiterführung der Dauerstation die Feststellung des Einflussbereichs der Hecke im Lee (Schlag 2/1). Die Charakterisierung des Mikroklimas innerhalb der Hecke war ein zusätzlicher Punkt, der während der Messperiode 2007 vorgenommen wurde. Ein wesentlicher Punkt – die Taumengenbestimmung – konnte aus Kostengründen nicht soweit durchgeführt werden, wie es beabsichtigt war. Ein am Markt übliches Messgerät zur Taumengenbestimmung war im Rahmen von MUBIL II nicht finanzierbar, weshalb eine sog. „Tauharfe“ zur Messung der Taumenge gebaut wurde (Eigenbau) und bei ersten Tests auch schon eingesetzt wurde.

Im speziellen Fall befindet sich die Hecke an der Grenze zw. Schlag 2/2 und Schlag 2/1 im Transekt Süd. Sie ist etwa 8 m hoch, hat eine Breite von 6 m und verläuft beinahe in Nord-Süd Richtung (genauer gesagt NNO-SSW). Aus diesem Grund stellt sie bei vorherrschenden Hauptwindrichtungen aus Nord bzw. Nordwest einen idealen Fall einer Hecke dar.

### 5.4 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).

## 5.5 Material und Methoden

Die Referenzstation (Rutz\_7, Abbildung 35 rechts) befindet sich im Abstand von 130 m von der Hecke im Transekt Süd. Die Stationen zur Untersuchung des Mikroklimas innerhalb der Hecke sind mit R1\_7 und R2\_7 bezeichnet. Die Transektmessungen wurden im Transekt Süd im Abstand von 20 m parallel zur Hecke durchgeführt und bestehen aus den Stationen G4\_7, G1\_7 und M3\_7 (Abb.1). Um die Vergleichbarkeit der im Feld eingesetzten Sensoren und Geräte für Wind, Temperatur, potentielle Verdunstung und Strahlung etc. zu gewährleisten, müssen all diese Geräte vor dem Feldeinsatz und im Bedarfsfall auch zwischendurch einer zeitaufwändigen Kalibrierung und Fehlerkorrektur unterzogen werden.



Abbildung 35: Referenzstation Rutz\_7 (re.) und Anordnung der Transektmessungen 2007 und 2008

## 5.6 Ergebnisse und Diskussion

### 5.6.1 Kurzcharakteristik der Witterung in Rutzendorf 2006-2008

Die agrarmeteorologische Dauermessstation in Rutzendorf wurde Anfang April 2003 in Betrieb genommen und liefert seither (mit wenigen Unterbrechungen) Witterungsdaten. Aus diesen Daten wurden Tages- bzw. Monatsdaten errechnet, aus denen der Witterungsverlauf ersichtlich wird. Für Details der einzelnen Jahre sei auf die Jahresberichte verwiesen. Die dazugehörigen Abbildungen sind aus Platzgründen im Anhang zu finden.

Das Jahr 2006 begann mit einem sehr kalten Winter. Bis einschließlich März blieben die Temperaturen unter dem langjährigen Mittel. Der kälteste Tag des Jahres war der 23.1. mit einem Tagesmittel von  $-15,08^{\circ}\text{C}$  und einem Nachtfrost von  $-17,5^{\circ}\text{C}$ . Mitte/Ende Februar kam es zu Tauwetter und einer raschen Schneeschmelze. Das führte im teilweise noch gefrorenen Boden zu stauender Nässe. Der Frühling war ab April überdurchschnittlich warm, die Niederschläge waren bis Ende Juni reichlich. Der Sommer, insbesondere der Juli 2006, war sehr heiß und trocken. An 19 Tagen lag die Höchsttemperatur über  $30^{\circ}\text{C}$ . Im ganzen Monat fielen nur 6 mm Niederschlag. Im August wurde die Trockenheit durch eine Reihe von Niederschlägen unterbrochen. Herbst und Winter waren wieder überdurchschnittlich warm und trocken.

So wie das Jahr 2006 überdurchschnittlich warm geendet hat, begann das Jahr 2007 extrem warm. Der kalte Jänner 2006 wies beispielsweise eine durchschnittliche Temperatur von  $-4.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf, während der Jänner 2007 mit  $+5.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ebenso extrem war (die Durchschnittstemperatur 1953-1987 lag bei  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Am 19. Jänner um 0:30 zog der Orkan Kyrill bei Temperaturen von  $+18,9^{\circ}\text{C}$  (!) mit Windgeschwindigkeiten weit über  $100\text{ km/h}$  über das Land. Besonders auffallend waren die überdurchschnittlich hohen Temperaturen (mit einem sehr heißen Juli) bis zum August. Mit September 2007 war die Serie von 12 überdurchschnittlich warmen Monaten hintereinander zu Ende, die Temperaturen lagen von nun an im Normalbereich. Was den Niederschlag betrifft, war das Jahr 2007 sehr unterschiedlich. Der April war sehr trocken (nur ein Regenereignis mit  $0.8\text{ mm}$  Niederschlag am 18. April), die darauf folgenden Monate konnten das Niederschlagsdefizit trotz regelmäßiger Regenspenden nicht aufwiegen, sodass sich der Bodenwassergehalt erst ab Ende Juli erholen konnte. Der Spitzenwert wurde im September mit einer Monatssumme von  $193\text{ mm}$  erreicht, was etwa  $37\%$  des mittleren Jahresniederschlags der letzten 5 Jahre entspricht.

Das erste Halbjahr 2008 war ebenso überdurchschnittlich warm, allerdings lagen die Temperaturen etwas unter denen von 2007. Auch während des Sommers bewegten sich die Mitteltemperaturen auf ähnlichem Niveau wie im Jahr zuvor. Ab dem 12. September kam es zu einem deutlichen Temperatursturz, dem trotzdem ein warmer Herbst und auch ein milder Winterbeginn folgten, bis unmittelbar nach Weihnachten die Temperaturen erstmals deutlich unter  $0\text{ Grad}$  fielen. Die Niederschläge waren insgesamt durchschnittlich, von Jänner bis April fielen aber lediglich  $20\%$  des Gesamtjahresniederschlags, während Juli und August zusammen  $30\%$  der Niederschlagssumme verzeichneten.

### **5.6.2 Einflussbereich der Hecke**

In Abhängigkeit des Aufbaus der Hecke, also ihrer Höhe, Durchlässigkeit und Breite, beeinflusst die Hecke das Mikroklima in ihrem Nahbereich. Auswertungen von Wind- und Verdunstungsdaten im Rahmen der Transektmessungen im Transekt Süd 2005 haben einen Einflussbereich im Lee von etwa dem 12-fachen der mittleren Heckenhöhe ergeben. Da dieser und andere Parameter (wie Bodenfeuchte, Niederschlag, Temperatur) auch im Luv-Bereich der Hecke beeinflusst werden, ist der optimale Abstand für Windschutzanlagen je nach der Situation vor Ort im Bereich der 15 bis 20-fachen Heckenhöhe anzusetzen. Konkrete Messungen im Luv der Hecke (Schlag 2/2) sind im Rahmen von MUBIL nicht durchgeführt worden, sodass hier auf Werte aus der Literatur zurückgegriffen werden muss. Die Ergebnisse sind dort diesbezüglich zwar nicht einheitlich, sie befinden sich aber zum großen Teil in bzw. um einen Bereich von insgesamt etwa dem 20-fachen der Heckenhöhe. In Gotsmy (1997) findet sich eine Literaturübersicht der letzten Jahrzehnte hinsichtlich des Einflussbereiches von Hecken auf klimatologische Parameter. Ganz exakt lassen sich dabei die Daten aus der Literatur nicht auf den „Einzelfall“ der Hecke im Transekt Süd umlegen, sie dienen eher als Richtwert bzw. Bestätigung der eigenen Untersuchungen, denn letztlich sind es die besonderen Standortbedingungen vor Ort, die den Einfluss prägen.

### 5.6.3 Windverhältnisse

Die Transektmessungen parallel zur Hecke (s. Abbildung 35) wurden durchgeführt, um den Einfluss einer Heckenauslichtung auf die Windgeschwindigkeit zu untersuchen, da von der Annahme ausgegangen wird, dass sich geringere Windgeschwindigkeiten im Feld durch verringerte Verdunstung positiv auf die Wasserbilanz bzw. die Wasserverfügbarkeit in diesem relativ trockenem Gebiet auswirken.

Folgende Versuchsanordnung wurde gewählt: in einem Abstand von 20 m von der Hecke wurde sowohl im Bereich der natürlich belassenen Hecke (Station G4\_7, mittleres Drittel der Hecke) als auch im leicht ausgedünnten Abschnitt derselben Hecke (Stationen G1\_7 und M3\_7, nördliches Drittel) Windmessungen durchgeführt.

Mit der Referenzstation (Station Rutz\_7) im freien Feld ist zudem eine direkte Vergleichsmöglichkeit gegeben. Die Auswertung erfolgte nach Windrichtung und – geschwindigkeit, wobei letztere in unterschiedliche Klassen – nach Windstärken – eingeteilt wurde. Untersuchungszeitraum war die Periode vom 13. bis zum 30. September 2007, also eine Zeit, in der die Hecke noch belaubt war.

Für die Windauswertung wurden die Windstärken in Windstärkenklassen zusammengefasst (Windstärke 0 bis Windstärke 5) und zudem die Windrichtung berücksichtigt. Als Ergebnis wird die Differenz der Windgeschwindigkeiten (in %) je nach Windrichtung angegeben. In den Abbildungen im Anhang sind dies die Differenzen der Windgeschwindigkeiten der Stationen G4\_7 bzw. M3\_7 jeweils als Prozentsatz der Windgeschwindigkeit von der Referenzstation Rutz\_7.

Abbildung 36 zeigt den Effekt der Heckenauslichtung nach selbigem Schema, wobei hier die Differenz der Windgeschwindigkeiten (in % und je nach Windrichtung) zwischen der nicht ausgelichteten und der ausgelichteten Hecke dargestellt ist (d.h. an den Stationen G4\_7 und M3\_7, siehe Abbildung 35).

# Rutzendorf Windauswertung

Datum

Station: **G4-M3**

13.09.2007 12:00 bis 30.09.2007 23:45

Rutzendorf Wind mit Blätter <nicht ausgelichtet> minus <ausgelichtet>

Wind Rtg	0,0	22,5	45,0	67,5	90,0	112,5	135,0	157,5	180,0	202,5	225,0	247,5	270,0	292,5	315,0	337,5
W_Stille	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
W_St1	0,0	7,5	20,7	7,3	2,2	1,4	-0,4	-1,0	5,7	4,9	-1,1	0,3	2,1	4,9	0,5	-4,0
W_St2	0,0	0,0	10,6	16,0	4,6	-1,8	-1,0	1,7	-1,2	10,2	4,6	-1,5	-0,4	-6,0	-6,6	-12,4
W_St3	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	2,5	3,3	4,4	0,5	-1,0	1,0	-2,0	-0,5	4,5	-4,8	-11,3
W_St4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	6,0	2,6	2,4	0,0	0,0	-0,2	1,7	-3,4	-8,7	0,0
W_St5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

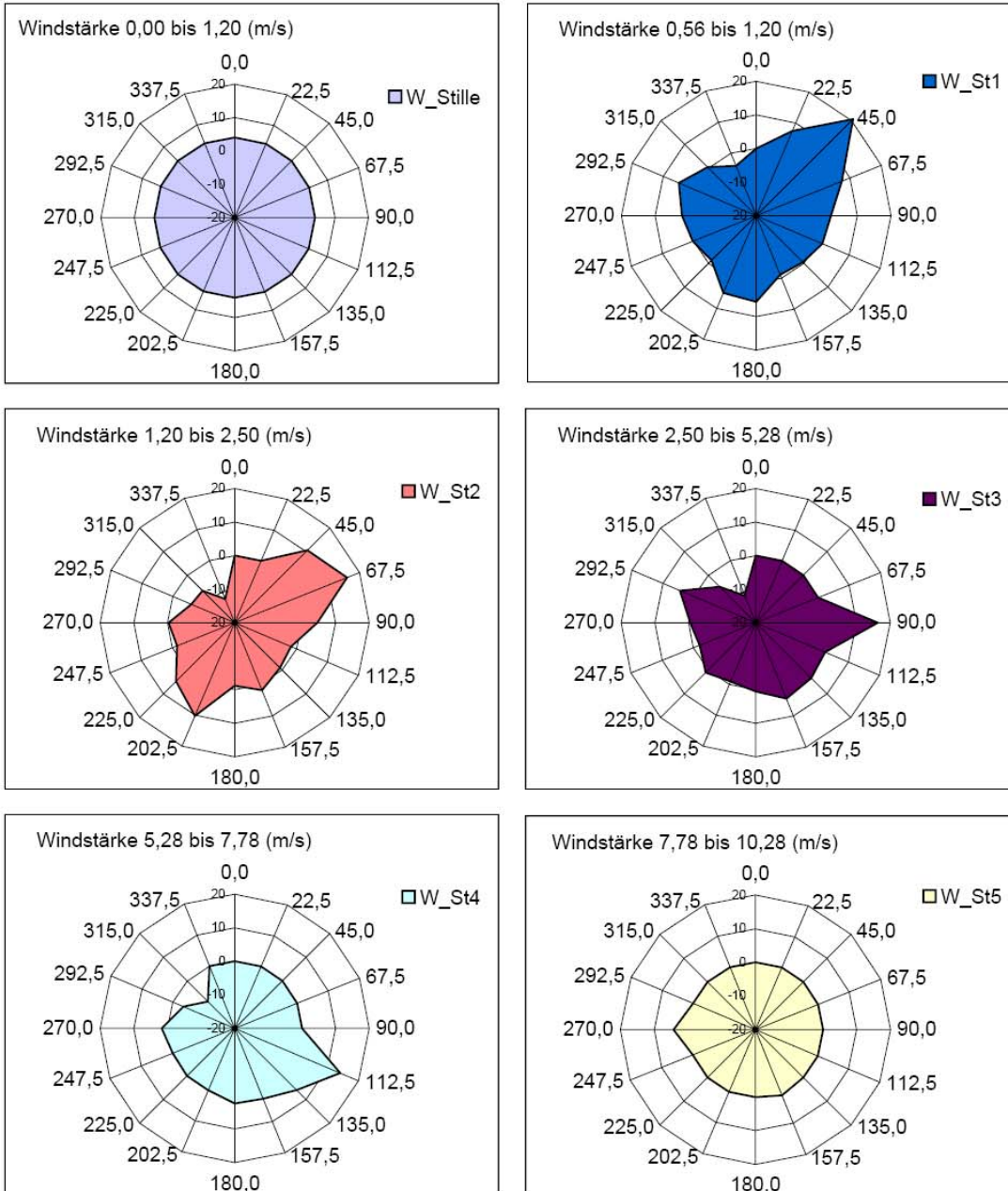
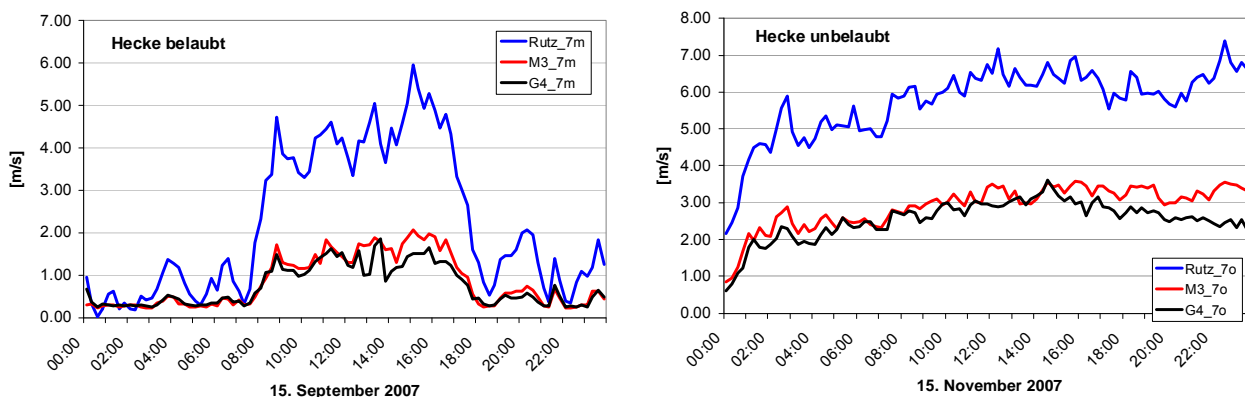


Abbildung 36: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007.



### 5.6.4 Windverhältnisse: Vergleich belaubte - unbelaubte Hecke

Um den Effekt des Blattlaubes auf die Windgeschwindigkeit einschätzen zu können, wurden 2 Tage mit vorwiegend (nord)westlicher Windrichtung herangezogen. Einmal war dies der 15. September (Hecke noch belaubt), das andere Mal der 15. November (Hecke bereits unbelaubt). Diese beiden Tage können nur bedingt miteinander verglichen werden, da nicht konstant gleiche Windverhältnisse sowohl in der Windstärke und -richtung vorherrschen. Es ist allerdings möglich, für beide Tage getrennt, die Windstärken an der nicht ausgelichteten (G4\_7) und der ausgelichteten (M3\_7) Hecke zu vergleichen. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Abbildung 37 dargestellt. Die geringere Windgeschwindigkeit im Nahbereich der Hecke ist deutlich zu erkennen und beträgt im Mittel 34% der Referenzstation in belaubten bzw. 49 % in unbelaubten Zustand.

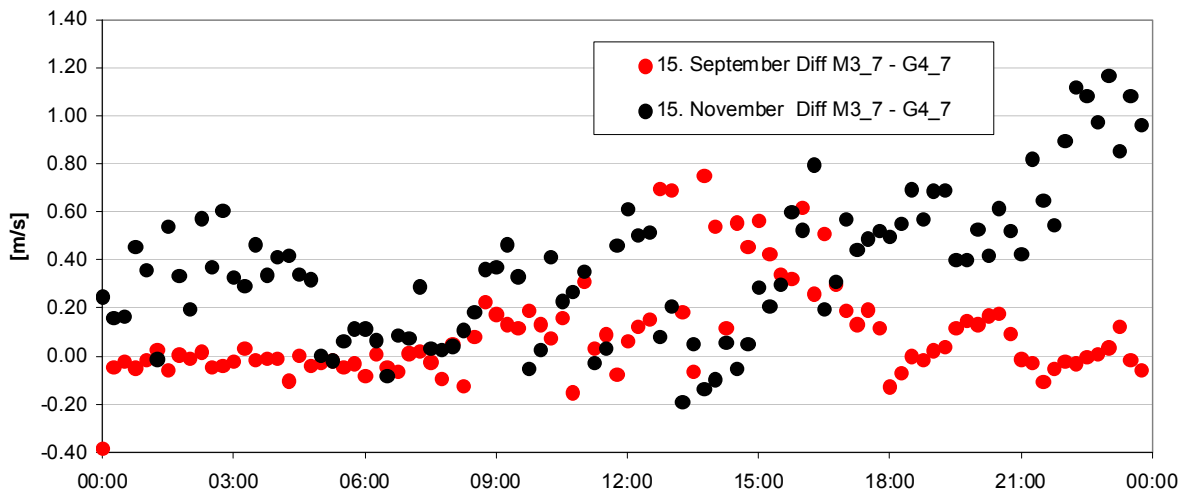


**Abbildung 37: Windgeschwindigkeiten im Lee der Hecke. Am 15. September war die Hecke noch belaubt, am 15. November nicht mehr.**

Der eigentliche „Effekt“ der Auslichtung, also die reale Zunahme der Windgeschwindigkeit im Lee der Hecke lässt sich durch die Differenzenbildung der Windgeschwindigkeiten an den Stationen M3\_7 und G4\_7 quantifizieren. Abbildung 38 zeigt diese Verhältnisse für die beiden o.g. Tage. Bei sehr kleinen Windgeschwindigkeiten ist der Effekt äußerst gering (vgl. rote Punkte nahe der Nulllinie), er nimmt mit steigenden Windgeschwindigkeiten aber zu. Eine Erklärung könnte sein, dass sich das Blattwerk ab einer bestimmten Windgeschwindigkeit dem Wind „beugt“, also nachgibt, was zu einer vergrößerten Durchströmung durch die Hecke führt und gleichzeitig zu einem Verlust der Stauwirkung durch die Blätter. Am Beispiel des 15. November, an dem das Laub längst abgefallen ist, zeigt sich der absolute Effekt der Auslichtung, der bei höheren Windgeschwindigkeiten durchaus im Bereich von 1 m/s liegt (schwarze Punkte am rechten Ende).

In den Klassen mit den höchsten Differenzen (NW-Wind, Windstärke 3) bedeutet die Auslichtung eine Erhöhung der Windgeschwindigkeit von etwa 11 %, oder umgerechnet 2 km/h. In den am häufigsten vorherrschenden Fällen liegt die Differenz nur bei etwa 4 %, das sind nicht einmal 1 km/h bzw. 0,21 m/s. Das Blattwerk ist also bei geringen Windgeschwindigkeiten wichtig, bei höheren Windgeschwindigkeiten aber vernachlässigbar. Dann wird die frei durchströmbare Fläche relevant, was den Schluss zulässt, dass dem Grad der Heckenauslichtung eine entscheidende Rolle zukommt.

### Differenzen der Windgeschwindigkeit



**Abbildung 38: Differenz der Windgeschwindigkeiten zwischen der ausgelichteten und der natürlich belassenen Hecke, einmal in belaubtem Zustand am 15. September, einmal in unbelaubtem Zustand am 15. November 2007.**

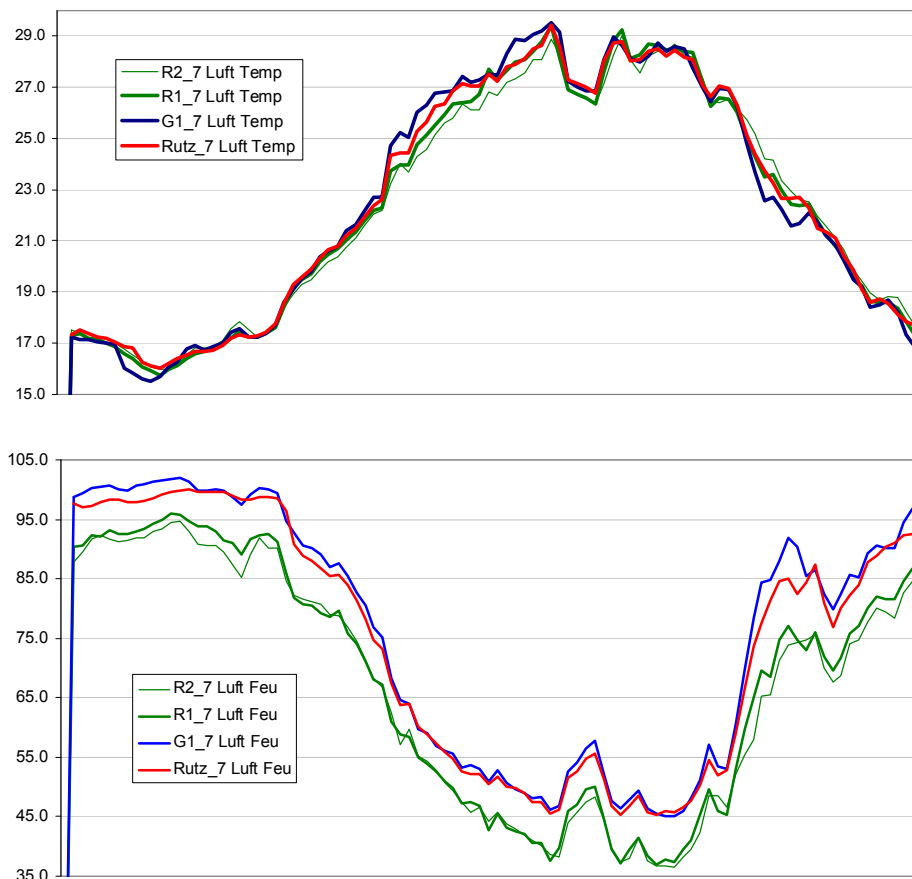
#### 5.6.5 Mikroklima innerhalb der Hecke

Zur Untersuchung des Mikroklimas innerhalb der Hecke wurden zwei Stationen in der Vegetationsperiode 2007 in der Hecke platziert (R1\_7, R2\_7). Als Beispieltag wurde der 13. Juni (Tag 164), ein Tag mit ziemlich konstantem Wind aus West mit Windgeschwindigkeiten von max. 2,2 m/s heran gezogen. Die Temperatur erreichte knapp 30 ° C.

In der Kernzone der Hecke steigen die Temperaturen nicht ganz so hoch wie unmittelbar außerhalb bzw. im Freiland. Vor allen in den späteren Vormittagsstunden bis zum Erreichen der Maximaltemperatur ist ein deutlicher Unterschied von gut 1°C messbar.

In Bezug auf Tau zeigen die Daten im Nahbereich der Hecke die größten Werte, gefolgt von der Station im Freiland, während innerhalb der Hecke an diesem Tag kein Taufall auftrat. In Bezug auf die Luftfeuchte unterscheiden sich die Messwerte von den Literaturangaben (z.B. Rosenberg (1983), wonach innerhalb der Hecke mehr Luftfeuchte zu erwarten ist. In unserem Fall ist es umgekehrt, wie Abbildung 39 zeigt. Die Parallelläufigkeit ändert sich den gesamten Tag über nicht, aber die Luftfeuchte innerhalb der Hecke ist gut 5% geringer als außerhalb. Dieses doch überraschende Ergebnis kann dadurch erklärt werden, da die Pflanzenbestände im Juni viel verdunsten und über dem Pflanzenbestand gemessen wurde, während bei der Hecke unter der verdunstenden Blattschicht gemessen wurde.

Zudem ist gerade auch hier zu berücksichtigen, dass die Hecke im Abschnitt der Station R2\_7 etwas ausgelichtet wurde, wodurch sich das Mikroklima in diesem Bereich vom Bereich R1\_7 zumindest geringfügig unterscheiden sollte, vor allem bei den Temperatur- und Feuchteverhältnissen. Bei R2\_7 (ausgelichtet) ist die Temperatur tagsüber und die Feuchte während der Nachtstunden geringer.



**Abbildung 39: Temperatur (oben)- und Feuchteverlauf (unten) am 13. Juni 2007 innerhalb und außerhalb der Hecke.**

### 5.6.6 Schneedecke und Bodenwasserhaushalt

Im Fall von Schneeverfrachtungen (Schneewehen im Lee) waren Auswertungen von Schneeprofilen geplant, um deren Beitrag für den Bodenwasserhaushalt und Ertrag interpretieren zu können. Da dies im Projektzeitraum nicht eingetroffen ist, wurde versucht, den Einfluss von Schneeverfrachtungen am Beispiel des Jahres 2005 zu simulieren.

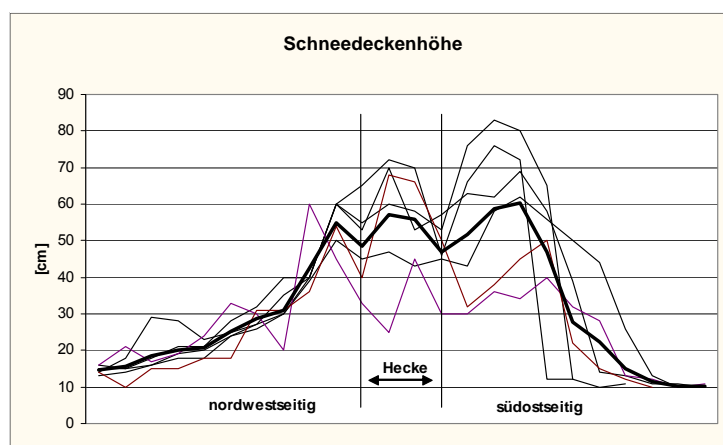
Der Februar und März 2005 brachten einen Wintereinbruch mit viel Schnee und niedrigen Temperaturen. Als Folge waren starke Schneewehen entlang der Hecken zu beobachten (Abbildung 40). Die Ergebnisse einiger Schneeprofilmessungen bis jeweils 20 m Entfernung auf beiden Seiten der Hecke sind in Abbildung 41 zu sehen.



**Abbildung 40: Schneewehen im Lee (links und Mitte) und Luv (rechts) der Hecke am 10. März 2005**



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 (w-seitig) der Hecke ein eher gleichmäßiger Anstieg der Schneedeckenhöhe zur Hecke hin, während im Lee die Schneewehen eine Höhe bis 80 cm und eine Länge – abhängig von der Heckenstruktur (Dichtheit, Durchlässigkeit) – bis etwa 10 m erreichten. Das Wasseräquivalent der Schneewehen ist in Bezug auf die jährliche Niederschlagsmenge beträchtlich und kann bis 10 m Distanz grob mit 30 % (w-seitig) bzw. 50 % (in der Hecke und s-seitig) abgeschätzt werden. Inwieweit dieses Wasseräquivalent letztlich pflanzenverfügbar wird, hängt u.a. von der Schneeschmelze, den Untergrundbedingungen (Bodenfrost) und auch vom Bodenzustand ab. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass diese Schneewehen durch Schneeverfrachtungen entstehen, d.h. deren Wasseräquivalent ist zusätzlich zum gefallenem Niederschlag hinzu zu zählen.



**Abbildung 41: Schneeprofile von 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 Süd-Seite ist durch die Heckenbepflanzung (Bäume) bedingt**

Ergebnisse einer Ertragssimulation aufgrund der Verhältnisse im Frühjahr 2005 ist in Tabelle 15 abgebildet. Demnach sind die Modell-Erträge den gemessenen mittleren Erträgen (s.a. Anhang, Abbildung 45) sehr ähnlich. Für die Simulationen wurde im Nahbereich der Hecke (8m) eine Reduktion der Windgeschwindigkeit von 50 % und das Wasseräquivalent der Schneewehe als zusätzliche Niederschlagsspende angesetzt, während für das Freiland (80m) die von der Hecke unbeeinflusste Klimatologie (Referenzstation) maßgebend ist. Das Modell zeigt eine leichte Unterschätzung von 5 % des Ertrages im Nahbereich bzw. von 3 % im Freiland (Tabelle 15). Weiters ergibt sich aus der Simulation ein positiver Effekt auf den Bodenwasserhaushalt über einen Zeitraum von etwa 2 Monaten im Vergleich zu einer Simulation ohne zusätzliches Schmelzwasser, Wasserstress tritt später und vermindert auf (nicht abgebildet).

**Tabelle 15: Mittlere Erträge (Quelle: IFÖL, BOKU) im Jahr 2005, Transekt Süd und Simulation zweier Szenarien**

Distanz [m]	mittlere gemessene Erträge [kg/ha]	Simulation der Erträge [kg/ha]	Szenarien
8	3220	3054	S5: unter Berücksichtigung der Schneeschmelze aus Schneewehen und Windreduktion von 50 % unmittelbar nach der Hecke
80	2270	2193	S1: Freilandbedingungen

## 5.7 Schlussfolgerungen

Die Witterungsverhältnisse stellen sich am Untersuchungsstandort Rutzendorf seit Projektbeginn sehr unterschiedlich dar. Aus diesem Grund sollte neben den Erwartungswerten (Mittelbildung) auch die Variabilität von Jahr zu Jahr beachtet werden (Extreme). Man vergleiche nur den Winter 05/06 (kalt) mit dem Winter 06/07 (warm). Die Jahresniederschläge seit Beginn des Projektes schwanken von 384 mm (2003) bis 646mm (2007). Gerade die Niederschläge während des Sommerhalbjahres können räumlich sehr inhomogen sein, sodass bei einem Regenereignis in Rutzendorf viel, zur selben Zeit in Grossenzersdorf wenig bis gar kein Niederschlag fallen kann (und umgekehrt). Aus diesem Grund ist u.a. die kontinuierlich Daten liefernde Referenzstation (Rutz\_7) von größter Bedeutung.

In Bezug auf die Wasserbilanz wurde festgestellt dass nicht nur die windbremsende Wirkung sondern auch die Schneeablage entlang der Hecken einen deutlich positiven Einfluss auf die Wasserversorgung der Pflanzen haben kann.

Die Ausdünnung der Hecke hatte messbare Effekte auf die Windgeschwindigkeit im Lee. Die erste - geringe - Ausdünnung beeinflusste die Windgeschwindigkeit in der Größenordnung von etwa 1 km/h, war also kaum nachweisbar. Zudem darf die Dynamik der Hecke – das schnellere Zuwachsen nach einer Auslichtung nicht unberücksichtigt bleiben (Heckenpflege). Bei den Transektmessungen hat sich gezeigt, dass bei der Interpretation der Ergebnisse die Ausbildung der Hecke (Winddurchlässigkeit, Ausdünnung, der durchströmbare Querschnitt, Höhe, Breite,...) genauer berücksichtigt werden muss. Bislang war es aus zeitlichen Gründen möglich anhand von Beispielstagen (Idealfälle) Aussagen zum Wirkungsbereich der Hecke zu machen. Es wäre deshalb künftig sinnvoll und notwendig, Häufigkeitsverteilungen der Winde bzw. auch anderer Parameter über längere Perioden und Jahre zu bekommen. Als zusätzliche Hilfestellung bei der Interpretation der Winddurchlässigkeit der Hecke könnte die Auswertung der digitalen Bilder der Hecke zu den verschiedenen Jahreszeiten und Zeitpunkten sein.

Eine detailliertere Auswertung aller bisher gewonnenen Daten sowie deren Verknüpfung - möglicherweise in einem Modell - wäre wünschenswert, um ganzheitliche Aussagen für die offenen Fragen am Standort Rutzendorf machen zu können.

Aufgrund des Klimawandels ist in Mitteleuropa mit zunehmenden Sommertrockenheiten und deutlich erhöhten Wasserverlusten von Pflanzenbeständen zu rechnen. Daher werden Anpassungen zunehmend wichtig, welche die Wassernutzungseffizienz der angebauten Kulturen erhöhen. Eine dieser Maßnahmen ist der Einsatz von Hecken in der Landschaft zur Windbremsung und Reduktion der potentiellen Verdunstung. Aus dem MUBIL Projekt wurde eine für das Klimagebiet des Marchfeldes gültige Beschreibung dieser Wirkungen abgeleitet, die bisher nicht in dieser detaillierten Form vorlagen. Die Erkenntnisse daraus können direkt genutzt werden um den Heckeneinfluss auf den Landschaftswasserhaushalt und das damit verbundenen Produktionspotential der angebauten Kulturen abzuschätzen. Im weiteren kann das Potential und die Wirkung für Landschaftsstrukturänderungen in dieser Hinsicht quantitativ bestimmt werden um entsprechende Anpassungsmaßnahmen wirkungsvoll zu steuern.

## 5.8 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.
- Gotsmy, H. 2007. Einfluss von Ackeraufforstungen auf Bodenentwicklung, Kohlenstoffhaushalt und Mineralstoffhaushalt am Beispiel niederösterreichischer Windschutzanlagen. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien.
- 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.
- Rosenberg, N.J., Blad, B.L., Verma, S.B, 1983: Microclimate. The biological Environment. 2nd Edition. John Wiley and Sons, New York. ISBN: 0-471-06066-6

## 5.9 Anhang

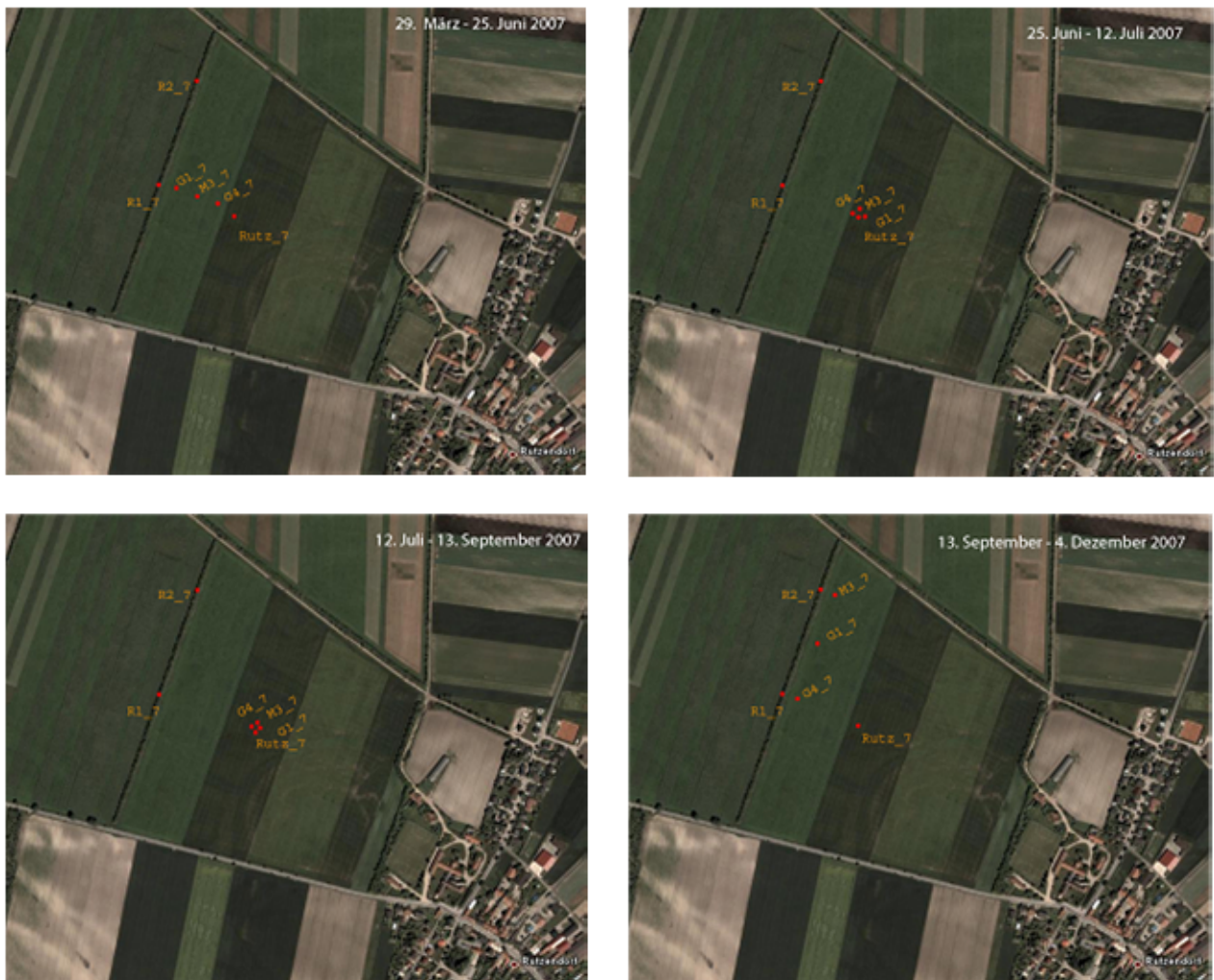


Abbildung 42: Messanordnung 2007

# Rutzendorf Windauswertung

Datum

Station: **G4**

13.09 12:00 bis 30.09.2007 23:45

## Rutzendorf Wind mit Blätter nicht ausgelichtet

Wind Rtg	0,0	22,5	45,0	67,5	90,0	112,5	135,0	157,5	180,0	202,5	225,0	247,5	270,0	292,5	315,0	337,5
W_Stille	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0
W_St1	0,0	69,5	68,3	72,5	59,8	64,2	77,8	73,2	72,0	59,6	49,6	42,5	42,4	47,3	34,8	32,2
W_St2	0,0	0,0	73,6	80,9	76,8	77,7	88,4	85,8	85,7	55,0	48,9	42,1	42,0	31,6	25,7	18,9
W_St3	0,0	0,0	0,0	0,0	93,3	89,8	92,8	92,8	92,8	65,9	41,8	31,6	38,1	39,3	28,0	23,7
W_St4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,6	99,9	95,6	98,1	0,0	0,0	32,8	39,0	37,9	26,6	0,0
W_St5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,8	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

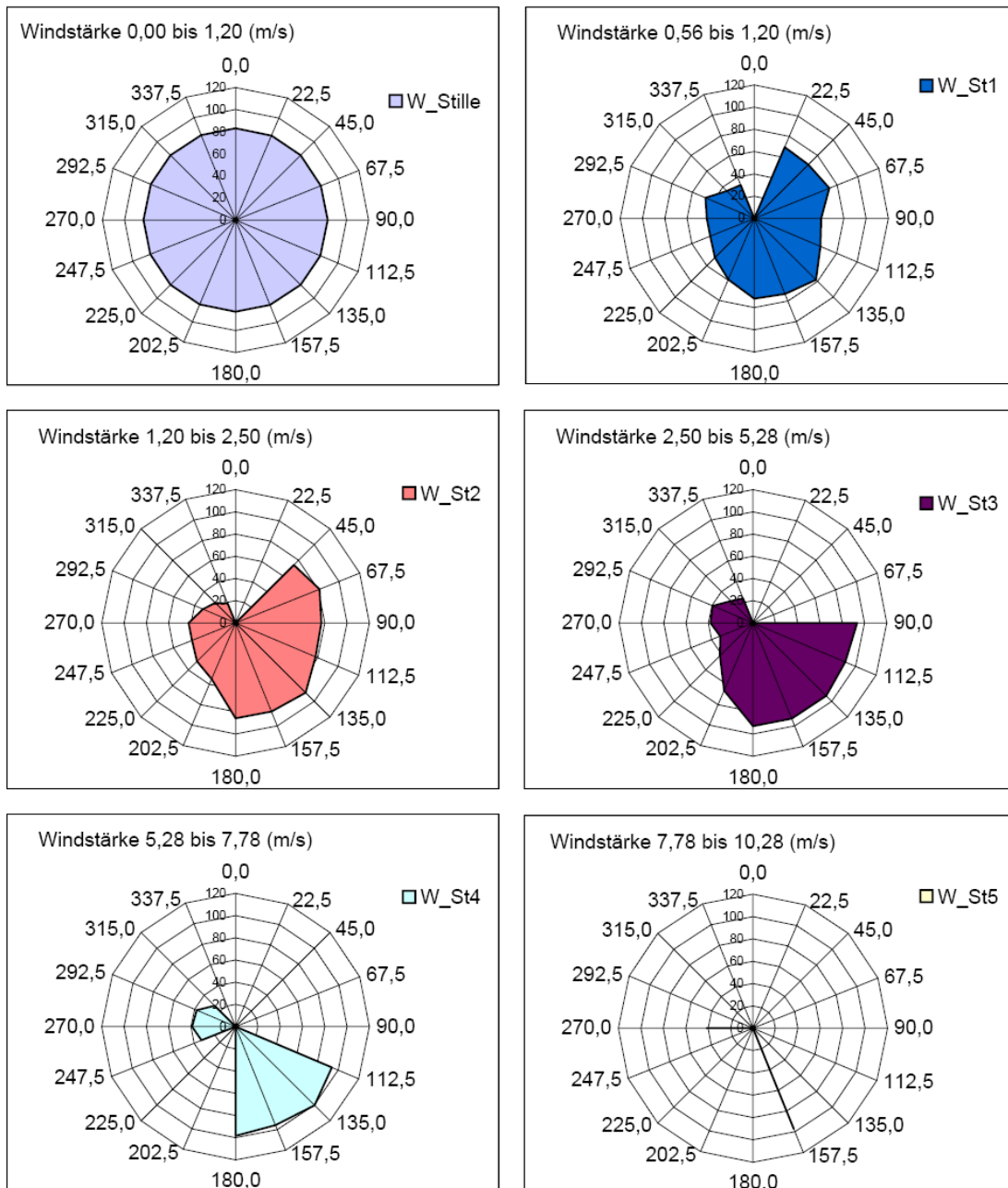


Abbildung 43: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007



# Rutzendorf Windauswertung

Datum

Station: **M3**

13.09 12:00 bis 30.09.2007 23:45

Rutzendorf Wind mit Blätter ausgelichtet

Wind Rtg	0,0	22,5	45,0	67,5	90,0	112,5	135,0	157,5	180,0	202,5	225,0	247,5	270,0	292,5	315,0	337,5
W_Stille	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9	78,9
W_St1	0,0	62,1	47,7	65,2	57,6	62,9	78,2	74,2	66,3	54,7	50,7	42,2	40,3	42,4	34,3	36,2
W_St2	0,0	0,0	63,0	64,9	72,2	79,6	89,4	84,2	86,9	44,8	44,3	43,6	42,4	37,6	32,2	31,3
W_St3	0,0	0,0	0,0	0,0	77,0	87,3	89,5	88,4	92,2	66,9	40,8	33,7	38,6	34,7	32,8	35,0
W_St4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,5	93,9	93,0	95,7	0,0	0,0	33,0	37,4	41,3	35,3	0,0
W_St5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

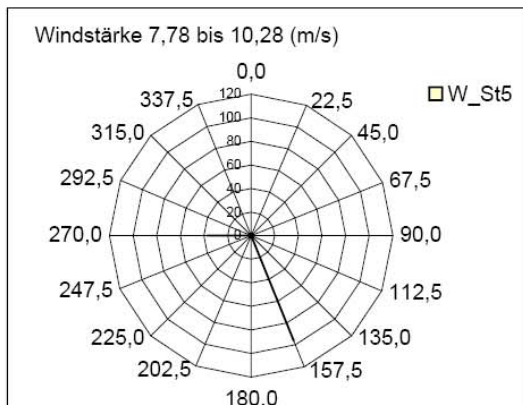
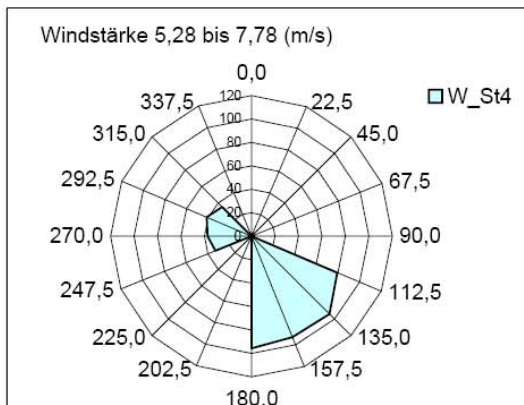
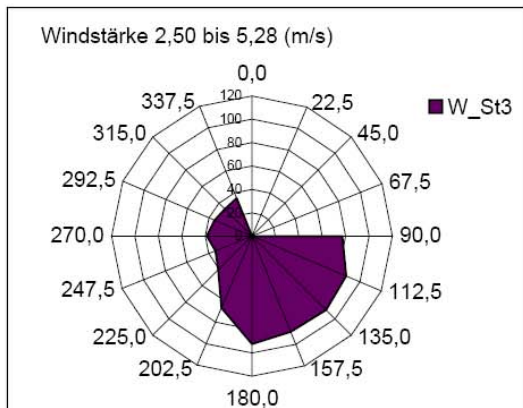
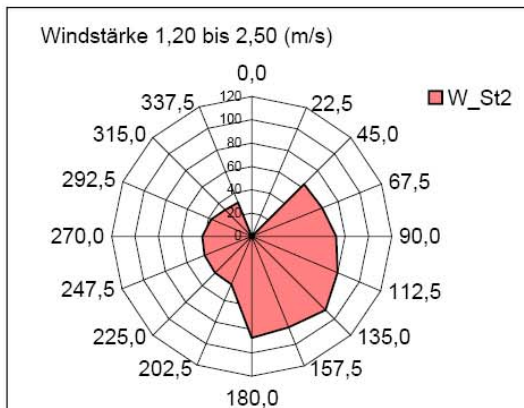
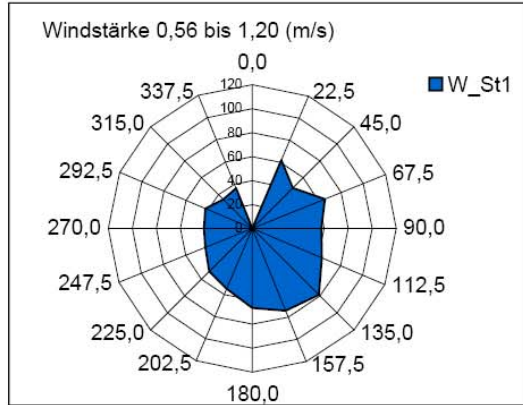
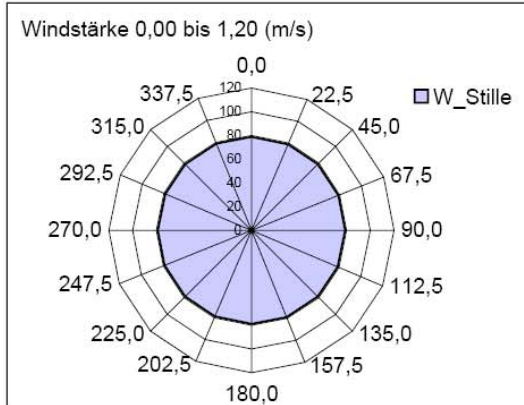
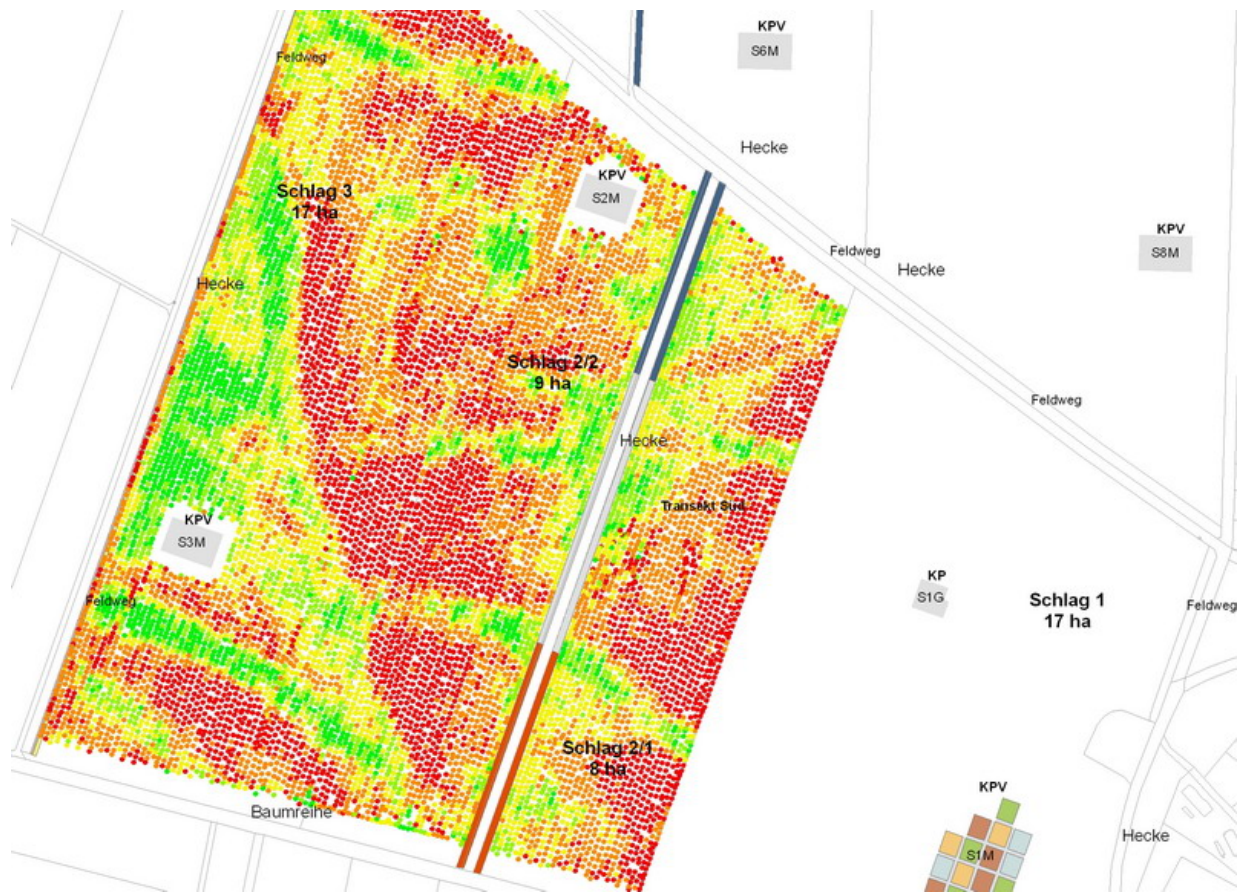


Abbildung 44: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007



**Abbildung 45: Ertragsdaten 2005. Grün bedeutet mehr Ertrag, rot weniger** (Ertragsaufnahme mit dem GPS Mährescher von der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf und Kartographie Thomas Schauppenlehner)

## 6 TEILPROJEKT 6: BODENTIERE

### **Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten auf ausgewählte Bodentiere**

Bearbeiter: A. Bruckner, P. Querner

Institut für Zoologie, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU Wien.

#### **6.1 Zusammenfassung / Summary**

Dieses Teilprojekt hatte die zeitliche Entwicklung ausgewählter Gruppen der Bodenfauna nach Umstellung auf ökologischen Landbau zu charakterisieren. Es sollte beurteilt werden, ob sich Zusammensetzung und Struktur der Fauna verändern; wie lange es dauert, bis solche Veränderungen nachweisbar sind; und ob Hecken als Reservoir für die Fauna von Ackerflächen bedeutsam sind. 2003 wiesen die Hornmilben (Oribatiden), Raubmilben (Gamasinen) und Springschwänze (Collembolen) sehr geringe Dichten und Artenzahlen auf, die Fauna war auf allen Nutzungstypen stark verarmt. Die Ursachen dafür lagen vermutlich in der intensiven Bodenbearbeitung des Betriebs vor der Umstellung, der Sommertrockenheit und Winterkälte des Gebiets und in der verinselten Lage des Betriebs inmitten der "Agrarwüste" des Marchfelds.

Die Abundanzen und Artenzahlen der Oribatiden haben sich im Untersuchungszeitraum wenig verändert; die Hecken lagen bei beiden Parametern weit über den anderen Nutzungstypen. Eine Ausnahme stellten die Ökostreifen dar, die etwa ab 2005 deutlich arten- und individuenreicher wurden; sie wurden von Arten der angrenzenden Hecken wiederbesiedelt. Die Hecken und die konventionelle Fläche hatten eine jeweils sehr eigenständige Fauna, die nur wenig Ähnlichkeit mit den anderen Nutzungstypen zeigte. Die drei Düngungsvarianten hatten keinen Einfluss auf die Oribatiden.

Nach einer anfänglichen Verzögerungsphase haben sich die Abundanzen und Artenzahlen der Collembolen und Gamasinen auf allen Nutzungen außer der konventionellen nach oben entwickelt; die Abundanzen wiesen 2007 einen steilen Peak auf, der 2008 wieder etwas abflachte. Faunistisch waren die Hecken und die konventionelle Fläche ebenfalls eigenständig, allerdings weniger deutlich von den anderen Nutzungen differenziert als bei den Oribatiden. Die Hecken haben vermutlich kaum Bedeutung als Reservoir für die Collembolen- und Gamasinenarten der Ackerflächen. Insgesamt hat sich die Umstellung auf ökologischen Landbau positiv auf Collembolen und Gamasinen ausgewirkt. Die drei Düngungsvarianten Gründüngung, Stallmist und Biotonnekompost haben sich nicht klar unterschieden.

Der Abundanz- und Diversitätspeak der Collembolen und Gamasinen ist wahrscheinlich auf den milden Winter 2006 zurückzuführen; es ist noch nicht klar, ob diese Hochstände auf den Umstellungsflächen erhalten bleiben werden. Möglicherweise sind solche gepulsten Ereignisse wichtig für die Wiederherstellung der Bodenfauna ausgeräumter Agrarlandschaften. Für die landwirtschaftliche Praxis zeigt sich, dass die Wiederbesiedlung ehemals intensiv genutzter Flächen durch Bodentiere keine Frage von Jahren, sondern eher von Jahrzehnten ist. Diese Prozesse können durch aktive "Beimpfung" beschleunigt werden, parallel sollte die Intensität der Bodenbearbeitung reduziert werden.

This project aimed at characterizing the temporal development of selected groups of the soil fauna after conversion to organic farming. We wanted to assess if the structure and composition of the fauna is modified; how long it takes to be able to detect the changes; and if hedgerows have a reservoir function in this process.

The densities and diversities of oribatid and gamasid mites and springtails were very low at the onset of the study in 2003. In general, the soil fauna of the farm was impoverished. 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.

The abundance and species richness of oribatid mites did not change significantly in the course of the investigation. The hedgerows were richest both in species and individuals. The oribatids of the field stripes enhanced diversity and numbers significantly; these areas were colonized by species from the hedgerows. The faunas of the hedgerows and of a conventional control site were very dissimilar to each other and to the other land use types. Three manure treatments did not have any influence on oribatid mite communities.

Except for the conventional site, the abundance and species richness of Collembola and Gamasida considerably increased in all land use types after an initial lag phase. Abundances were at a high peak in 2007, and decreased somewhat the year after. The hedgerows and the conventional site were faunistically dissimilar to each other and the other land use types, but to a lesser degree than in the oribatid mites. The hedgerows presumably had no reservoir function for the field species. Generally, the conversion to organic farming had a positive effect on Collembola and Gamasida; however, there was no discernible difference between three manure treatments. We assume that the peak of 2007 was due to the exceptionally mild winter of 2006. It is not yet clear if the resulting large numbers will sustain in the following years. Presumably, pulsed events like this are important for the recovery of the soil fauna of impoverished agricultural landscapes. For the practitioner, we suggest that the recolonization of formerly intensively used fields is not a matter of years, but more of decades. Inoculating soil animals may enhance this process, but the intensity of soil cultivation is to be reduced concurrently.

## 6.2 Einleitung

In der ersten Phase der Untersuchungen des Umstellungsbetriebs in Rutzendorf (MUBIL I, 2003-05) konnten wir bei fast allen erhobenen Bodentiergruppen sehr geringe Dichten und Artenzahlen feststellen. Die Bodenfauna wurde als sehr verarmt eingestuft, was auf die langjährige intensive Bewirtschaftung der Flächen, das sommertrockene und winterkalte Klima und die verinselte Lage in der "Agrarwüste" des Marchfelds zurückgeführt wurde. Die Hecken schienen keine nennenswerte Reservoirfunktion für die Fauna der Ackerflächen zu haben. Auch die Düngungsvarianten Gründüngung, Biotonnekompost und Stallmist hatten keine messbaren Effekte. Im Endbericht haben wir dringend darauf hingewiesen, dass sich die Umstellungsmaßnahmen wahrscheinlich erst nach Jahren feststellen lassen würden, da die Bodenfauna ein konservatives, träges Element von Landschaften ist und noch nach Jahrzehnten die Spuren ehemaliger Landnutzung erkennen lässt ("Langzeitgedächtnis", Dunger 1975).

Nach drei weiteren Untersuchungsjahren können wir nun zeigen, dass diese erste Zeit tatsächlich als *lag phase* verstanden werden kann, als eine Art "verzögerter Start", denn zwei der drei weiter bearbeiteten Tiergruppen haben eine große Dynamik entwickelt. Zumindest für die Oribatiden haben sich die Hecken als wichtiges Reservoir herausgestellt und die Bodenfauna der neu etablierten Ökostreifen befindet sich in rasanter Entwicklung. Ein "Einwanderungsschub" im Jahr 2007 bietet Gelegenheit, in Zukunft die Bedeutung impulsartiger günstiger Ereignisse wie beispielsweise milde und feuchte Winter für ausgeräumte Agrarlandschaften abschätzen zu können.

## 6.3 Thema und Ziele der Arbeit

In dieser zweiten Projektphase wurde das 2003 begonnene Langzeit-Monitoring fortgeführt. Insbesondere wurde gefragt,

- ob die Zusammensetzung und die Struktur von Bodentiergemeinschaften durch Maßnahmen des biologischen Landbaus im pannonischen Klimaraum verändert werden;
- wie lange es dauert, bis solche Veränderungen nachweisbar sind;
- und ob die Hecken als Reservoir für die Fauna der Ackerflächen bedeutsam sind.



## 6.4 Material und Methoden

Wie bisher in jedem Jahr des Monitorings, wurden zu Beginn jeder der Vegetationsperioden Ende März 2006 bis 08 die drei Düngungsvarianten (Grüdüngung, Biotonnekompost, Stallmist) der biologisch bewirtschafteten Kleinparzellenversuche 1 und 4 (S1M und S4M), die Hecken, Ökostreifen sowie eine konventionell bewirtschaftete Referenzfläche (SK) beprobt (im folgenden als "Nutzungstypen" zusammengefasst).

Jeweils 100 Bodenproben wurden pro Nutzungstyp und Jahr mit Bodencorern (56 x 56 x 100 mm) genommen und mittels Berlese-Tullgren Extraktor extrahiert. Das extrahierte Material wurde zu Mischproben vereinigt und jeweils 10 Subproben (Aliquots) entnommen (Bruckner et al. 2000). Die Oribatiden, Gamasinen und Collembolen wurden aussortiert, auf Artniveau bestimmt und die Abundanz jeder Art gezählt.

## 6.5 Ergebnisse und Diskussion

Die Abundanzen (Dichten) und Artenzahlen der **Oribatiden (Hornmilben)** haben sich seit Beginn der Untersuchungen wenig verändert; die geringen Unterschiede zwischen den Jahren sind mit grosser Sicherheit zufällig. Die Nutzungstypen reihen sich in der Abfolge Hecke >> Ökostreifen > Kleinparzellenvarianten > konventionelle Fläche (Abbildung 46 im Anhang). Die einzige Ausnahme stellen die Ökostreifen dar, in denen Abundanzen und Artenzahlen in den ersten zwei Jahren abnehmen, dann von etwa 2005 an steil zunehmen. Das lässt sich mit einer Veränderung des Artenspektrums erklären, die durch den Wechsel der Nutzung bedingt sein dürfte: Die Vergrasung/Verkrautung der Ökostreifen und der dort fehlende Bodenbruch hat ursprünglich dort etablierte Arten der Ackerfläche verdrängt, und es dauerte einige Jahre, bis diese zunehmend von Arten der Hecken ersetzt werden konnten.

Die Zusammensetzung der Oribatidengemeinschaften (Artenzusammensetzung und Dominanzstruktur) zeigt ebenfalls ein klares Muster (Abbildung 47 im Anhang). Die Hornmilbenfaunen der konventionellen Fläche und der Hecke sind denen der anderen Nutzungstypen unähnlich, sie liegen daher in der multivariaten Ordination abseits der Punktwolke der Kleinparzellenvarianten. Die bezüglich Arteninventar und Dominanzstruktur stabilste Gemeinschaft ist die der Hecken, sie verändert sich in den untersuchten 6 Jahren fast gar nicht. Die der konventionellen Fläche ist dagegen einem dauernden und ungerichteten Wechsel unterzogen, was aufgrund der intensiven Bewirtschaftung und den resultierenden Störungen für Bodentiere auch plausibel ist. Die Faunen der drei Kleinparzellenvarianten sind einander sehr ähnlich und lassen sich in Abbildung 47 (Anhang) nicht sinnvoll differenzieren; die unterschiedliche Bewirtschaftung hat keinen nachweisbaren Einfluss auf sie. Die Fauna der Ökostreifen wird dagegen der der Hecken immer ähnlicher; seit dem Tief der Abundanzen und Artenzahlen 2005/06 "wandern" sie auf dem multivariaten Plot deutlich in Richtung Hecke, die offenbar die wesentliche Quelle für die neu etablierten Arten der Ökostreifen darstellt.

Die drei Düngungsvarianten haben keinen Einfluss auf die Oribatiden.

Erheblich weniger klar sind die Ergebnisse für die **Collembolen (Springschwänze)**. Generell nimmt hier die Gesamtabundanz auf allen Nutzungstypen von 2005 bis 2007 dramatisch (bis auf das sechsfache) zu, um 2008 wieder stark abzunehmen; die Artenzahlen entwickeln sich seit Beginn der Untersuchungen beständig nach oben (Abbildung 48 im Anhang). Nur die konventionelle Variante folgt diesen Trends nicht und bleibt über die gesamte Aufnahmeperiode auf annähernd gleichem Niveau. Die Abundanzen und die Artenzahlen der Hecken und der Ökostreifen sind am Ende der Untersuchung etwa gleich gross und liegen über denen der Kleinparzellen, die konventionelle Variante liegt deutlich darunter; allerdings sind diese Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt wie bei den Oribatiden. Mit einem *lag effect* von zwei Jahren (2003-05) hat die Bewirtschaftung der Kleinparzellen einen positiven Effekt auf die Collembolen; die drei Varianten unterscheiden sich nicht voneinander (Abbildung 48 im Anhang).

Die Collembolengemeinschaften der sechs Nutzungstypen sind einander faunistisch ähnlicher als die der Oribatiden. Trotzdem lassen sich auch hier die Hecken und die konventionelle Fläche recht gut gegen die anderen Nutzungen abgrenzen (Abbildung 49 im Anhang). So wie bei den Oribatiden sind allerdings auch bei den Collembolen die Kleinparzellenvarianten nicht unterscheidbar; auch hier haben die Düngungsvarianten keinen identifizierbaren Einfluss auf Artzusammensetzung und Dominanzstruktur der Fauna.

Bemerkenswert ist, dass die Ähnlichkeit der Collembolenfaunen der Nutzungstypen untereinander zwischen 2005 und 2007 stark abnimmt; diese Jahre liegen im Plot der multivariaten Ordination (Abbildung 49 im Anhang) weiter voneinander entfernt als die vorhergehenden bzw. nachfolgenden. Das deutet auf tiefgreifende Veränderungen der Dominanzstruktur in diesem Zeitraum hin (siehe unten).

Die Hecken dürften keine nennenswerte Bedeutung für die Immigration von Arten in die Ackerfläche und die Ökostreifen haben. Für die Struktur von Collembolengemeinschaften dürften grössere räumliche Massstäbe bedeutsam sein als in diesem Projekt bearbeitet, nämlich in der Grössenordnung von  $10^2$  bis  $10^3$  Meter (Querner et al. submitted). Das würde die geringe Reservoirfunktion der Hecken für diese Tiergruppe plausibel erklären.

Wir vermuten, dass die bisherigen Massnahmen der Bewirtschaftungsumstellung (die Düngungsvarianten) die Bodenfauna vor allem auf lokalen Massstabsebenen beeinflusst haben. Erst heuer und in den kommenden Jahren gibt es nun Planungen, die auch auf grösseren, landschaftsökologischen Massstäben bedeutsam sein können, wie z.B. die Etablierung von Ökostreifen inmitten der Ackerflächen und die Sanierung der Hecken. Aus dem oben Angeführtem prognostizieren wir, dass die Collembolen besonders stark auf diese Massnahmen reagieren werden, stärker jedenfalls als die Oribatiden.

Die Dynamik der Artenzahlen und Abundanzen der **Gamasinen (Raubmilben)** ist in den letzten beiden Jahren der Untersuchung noch ausgeprägter als die der Collembolen. Auch die Dichten der Gamasinen haben 2006-07 sprunghaft zugenommen und sind 2008 wieder zurückgegangen (Abbildung 50 im Anhang). Die Artenzahlen aller Nutzungstypen sind stetig gestiegen, die in den Ökostreifen seit 2006 sogar um mehr als das dreifache. Die Ökostreifen sind seit 2007 die Nutzungseinheit mit der höchsten Artendiversität. Es ist derzeit noch nicht zu unterscheiden, ob die Bewirtschaftung der Düngungsvarianten positiv für die Gamasinen ist oder ob die beschriebenen Zunahmen nur einem "allgemeinen Trend" folgen, der auch in den Hecken und (unklarer) auf der konventionellen Fläche beobachtbar ist.

Die multivariate Analyse der Gamasinengemeinschaften kommt zu ähnlichen Schlüssen wie für die Collembolen (Abbildung 51 im Anhang): die Faunen der konventionellen Fläche und der Hecken sind eigenständig, aber nicht sehr ausgeprägt differenziert. Auch die Gamasinengemeinschaften haben sich 2006-07 stärker verändert als in den Jahren zuvor und danach.

Was sind die Ursachen für den skizzierten Peak bei Collembolen und Gamasinen? Drei Antworten erscheinen plausibel, die einander allerdings nicht unbedingt ausschliessen. Einerseits ist es möglich, dass die Umstellung auf den ökologischen Landbau langsam zu greifen beginnt, sich die Verbesserung der Lebensbedingungen also in den Tiergemeinschaften manifestiert. Andererseits könnte der ungewöhnlich milde Winter 07 die Entwicklung einiger sehr potenter Arten begünstigt haben, die unter "normalen" Umständen keine grosse Rolle spielen. Gegen dieses Argument spricht wiederum, dass neben den Abundanzen auch die Artenzahlen gestiegen sind; die Abundanzzunahme betrifft also nicht nur einige wenige Arten. Zum dritten könnte auch die Fruchtfolge eine Rolle gespielt haben, da auf den beiden untersuchten Kleinparzellen 2005-06 (S1M) und 2007-08 (S4M) Luzerne gebaut wurde. Das hat für die edaphischen Tiere ein langes Ausbleiben von Störungen bedeutet, da in dieser Zeit keine Bodenbearbeitung durchgeführt wurde. Da von allen landwirtschaftlichen Massnahmen vor allem das Pflügen den grössten Einfluß auf Bodentiere hat (Larink & Joschko 2000), kann auch der Luzerneanbau zum Peak der Collembolen und Gamasinen beigetragen haben.

Am plausibelsten erscheint die Hypothese, dass die milde Witterung nicht nur die Reproduktivität erhöht bzw. die Mortalität der bereits etablierten Arten erniedrigt haben, sondern auch die erfolgreiche Immigration bisher nicht vorhandener Arten ermöglicht hat. Vermutlich sind Immigrationsmechanismen wie die Windverdriftung in warm-feuchten Wintern effektiver als bei den üblicherweise kalt-trockenen Bedingungen der Bodenoberflächen in dieser Jahreszeit. Und möglicherweise sind solche Puls-artigen Ereignisse typisch und wesentlich für die Ökologie der Bodenfauna ausgeräumter Ackerlandschaften und erklären die relativ abrupten Zunahmen, die schon andere AutorInnen einige Jahre nach Bewirtschaftungsumstellungen beobachtet haben (z.B. Bessel und Schrader 1998). Die drei möglichen Ursachen für die Dynamik der Collembolen und Gamasinen (allgemeiner Umstellungseffekt, milder Winter, kein Bodenbruch) lassen sich einstweilen leider noch nicht unterscheiden. Erst mit der Fortdauer des Monitorings werden nicht nur die Muster der Veränderungen, sondern auch deren Ursachen klarer werden.

## 6.6 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Daten zeigt sich, dass die Entscheidung zu Projektbeginn richtig war, mehrere Tiergruppen unterschiedlicher Biologie und Ökologie parallel zu bearbeiten. Denn ganz offenbar gibt es keine gemeinsame Dynamik aller Bodentiere. Schlussfolgerungen, die allein auf einer Analyse der "konservativen" Oribatiden oder der "hysterischen" Collembolen getroffen worden wären, hätten völlig verzerrt sein müssen und – da jede Tiergruppe als *pars pro toto* aufgefasst worden wäre – möglicherweise zu einseitigen Managementempfehlung geführt. Das ist eine wichtige Erkenntnis für die Bodenbiologie insgesamt, da selbst in neuesten agrarökologischen Arbeiten generell nur eine einzige Tiergruppe auf Artniveau bearbeitet wird (z.B. Osler et al. 2008), obwohl bekannt ist, dass die Diversität verschiedener Organismengruppen desselben Gebiets kaum korreliert ist (Wolters et al. 2006). Selbst die Oribatiden sind in diesem Kontext trotz fehlender Reaktion auf die Düngungsvarianten aussagekräftig, weil sie lehrbuchartig die große ökologische Bedeutung von Hecken und Ökostreifen in der Agrarlandschaft zeigen (vgl. Alvarez et al. 2000, Duelli und Obrist 2003). Schade in dieser Hinsicht, dass nach der ersten Projektphase (MUBIL I) auf die Weiterführung des Monitorings der Regenwürmer und Nematoden verzichtet wurde.

Weiters wird erst jetzt deutlich, wie groß die natürliche Dynamik der Gemeinschaften der Microarthropoden ist – und das unabhängig von den Maßnahmen der Umstellung und obwohl das zeitige Frühjahr als Probezeitpunkt mit vergleichsweise stabilen Umweltbedingungen ausgewählt wurde. Die Fluktuationen in den Hecken und der konventionellen Vergleichsfläche müssen als "Hintergrundrauschen" der Daten verstanden und beachtet werden, da diese Flächen nicht durch die Bewirtschaftungsumstellung beeinflusst sind. Um die Dynamik der Düngungsvarianten und der Ökostreifen seriös bewerten zu können, ist daher ein längerer Vergleichszeitraum unbedingt nötig.

Das stimmt auch für die Einschätzung der Effekte der Düngung: Nach einer *lag*-Phase haben Collembolen und Gamasinen zumindest tendenziell positiv auf die Bewirtschaftungsumstellung reagiert. Ob sich die drei Varianten unterscheiden lassen, ist dagegen noch nicht klar. 2007 war ein deutlicher Unterschied der Abundanzen zwischen Biotonnekompost und den beiden anderen Varianten vorhanden, der im Folgejahr wieder verschwunden ist. Weitere Arbeiten müssen zeigen, ob das ein langsames "Auseinanderpendeln" der Faunen der Düngungsvarianten aufgrund Puls-artiger Dynamik ist oder ein Artefakt der hohen zeitlichen Variabilität der Daten.

Für die landwirtschaftliche Praxis im pannonischen Klimagebiet kann jedenfalls schon heute geschlossen werden, dass die Wiederbesiedlung ehemals intensiv genutzter Flächen durch Bodentiere keine Frage von Jahren, sondern eher von Jahrzehnten ist. Diese Prozesse können sicherlich durch aktive "Beimpfung" der Flächen stark beschleunigt werden; hier ist vor allem an anözische (tiefgrabende) Regenwürmer zu denken, weil sie einen unmittelbaren und gut beobachtbaren Effekt auf Bodenstruktur und Nährstoffdynamik haben. Allerdings schädigt jede tiefergehende Bodenbearbeitung die Bodenfauna (Larink und Joschko 2000); Beimpfungen haben daher nur dann Sinn, wenn gleichzeitig die Intensität der Bearbeitung deutlich reduziert werden kann.

## 6.7 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.
- Bessel, H., Schrader, S. (1998): Regenwurm-Zönosen auf Ackerbrachen in Abhängigkeit von der Brachedauer. *Zeitschr Ökol Natursch* 7, 169-180.
- 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.
- Dunger, W. (1975): On the delimitation of soil microarthropod coenoses in time and space. In: VANEK, J. (ed.) *Progress in Soil Zoology. Proc 5th Int. Coll Soil Zool*, pp. 43-49.
- Larink, O., Joschko, M. (2000): Einfluß der Standort- und Bodeneigenschaften auf die Bodenfauna. In: Blume, H.-P., Felix-Hennigsen, P., Fischer, W.R., Rede, H.-G. (eds): *Handbuch der Bodenkunde* 7. Ergänzungslieferung, 41pp. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg.
- Osler, G.H.R., Harrison, L., Kanashiro, D.K., Clapperton, M.J. (2008): Soil microarthropod assemblages under different arable crop rotations in Alberta, Canada. *Appl Soil Ecol* 38, 71-78.
- Querner, P., Bruckner, A., Drapela, T., Moser, D. (submitted): Effects of site and landscape parameters on Collembola diversity in 29 winter oilseed rape fields.
- Wolters, V., Bengtsson, J., Zaitsev, A.S. (2006): Relationship among the species richness of different taxa. *Ecology* 87, 1886-1895.

## 6.8 Anhang

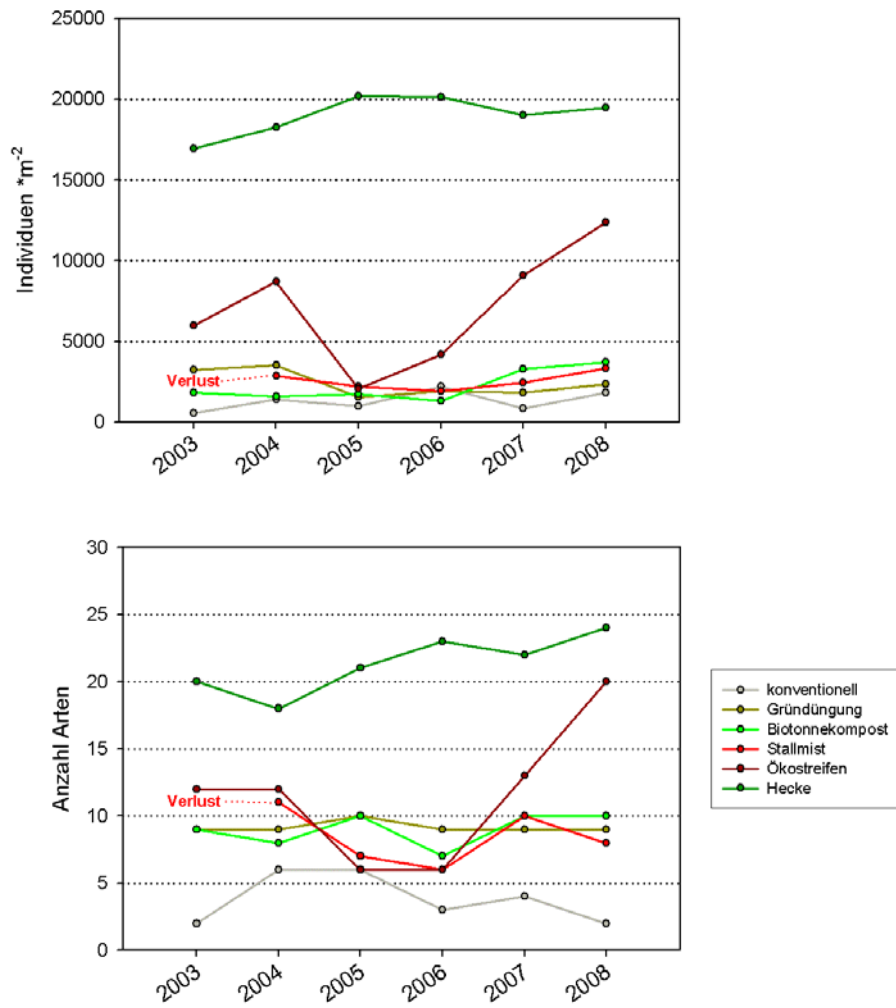
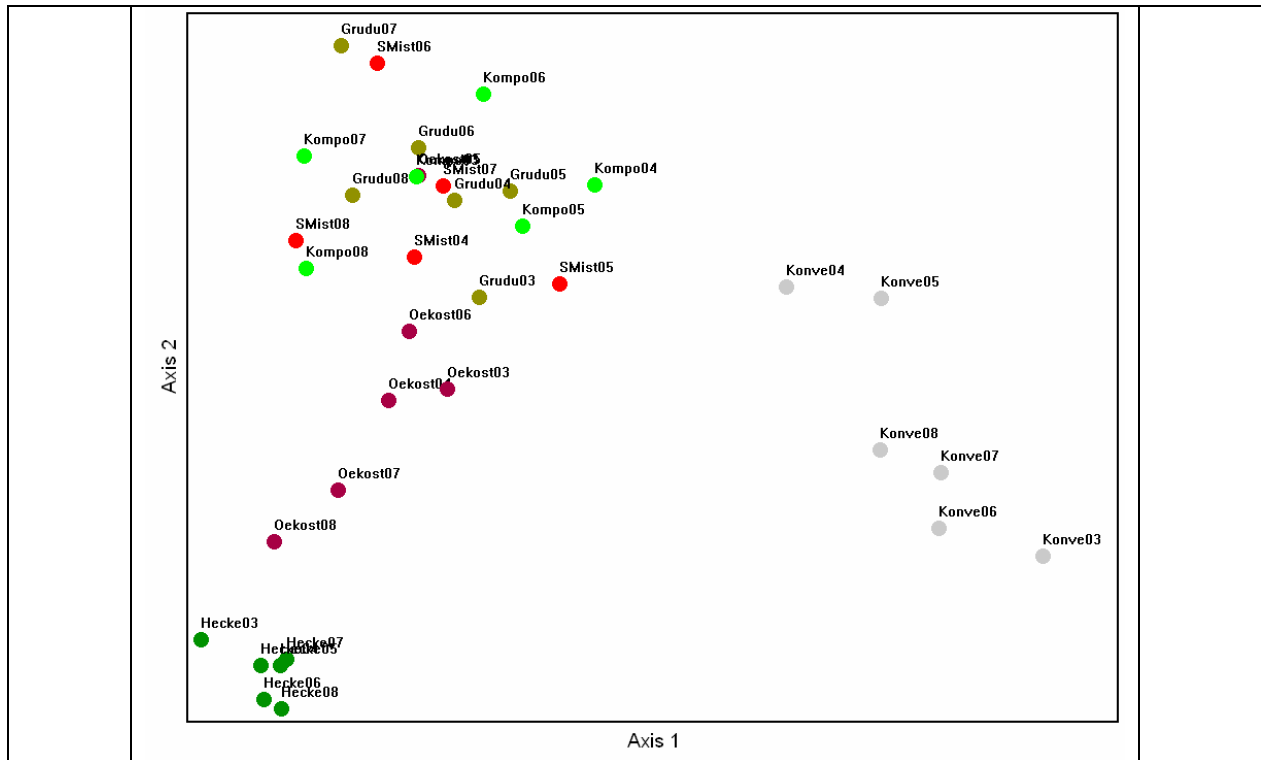
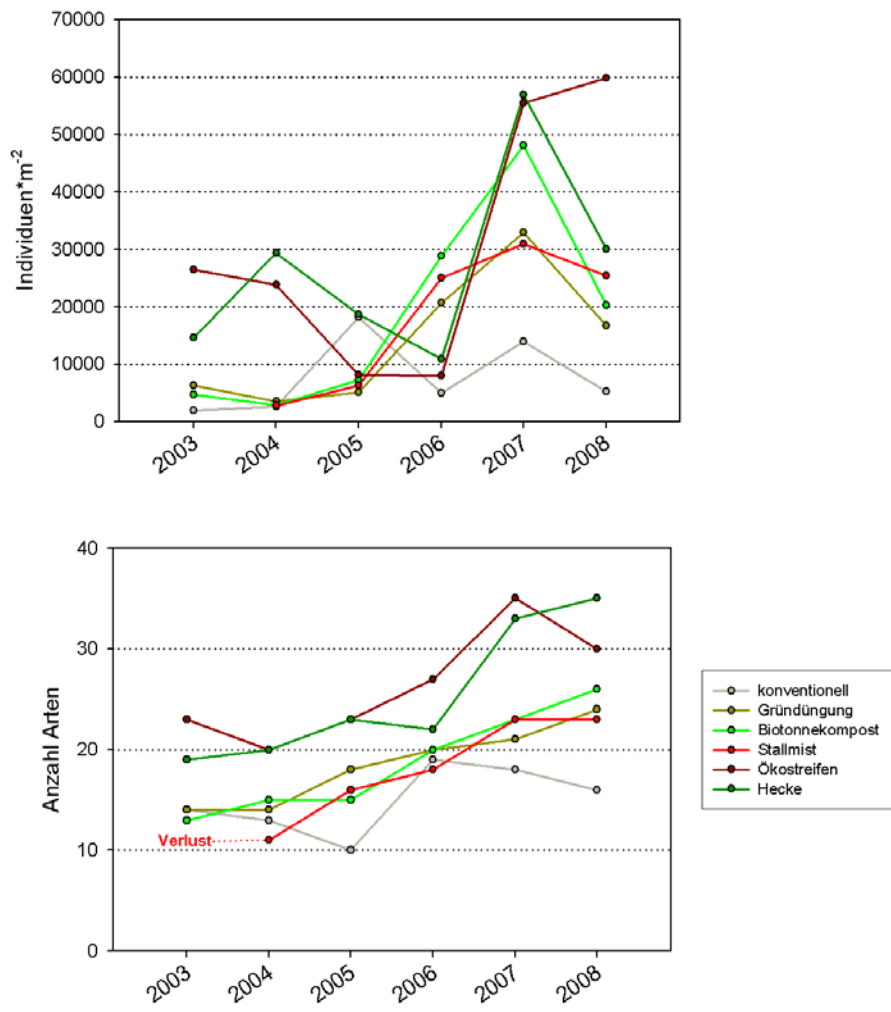


Abbildung 46: Abundanzen (oben) und Artenzahlen (unten) der Oribatiden (Hornmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben.



**Abbildung 47: Multivariate Ordination (*nonmetric multidimensional scaling*) der Oribatidengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf.** Grudu: Gründung, Hecke: Hecke, Kompo: Biotonnekompost, Konve: konventionelle Vergleichsfläche, Oekost: Ökostreifen, SMist: Stallmist. Die an die Namenskürzel anschließenden Zahlen bezeichnen das Jahr der Besammlung.



**Abbildung 48: Abundanzen (oben) und Artenzahlen (unten) der Collembolen (Springschwänze) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf.** Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben

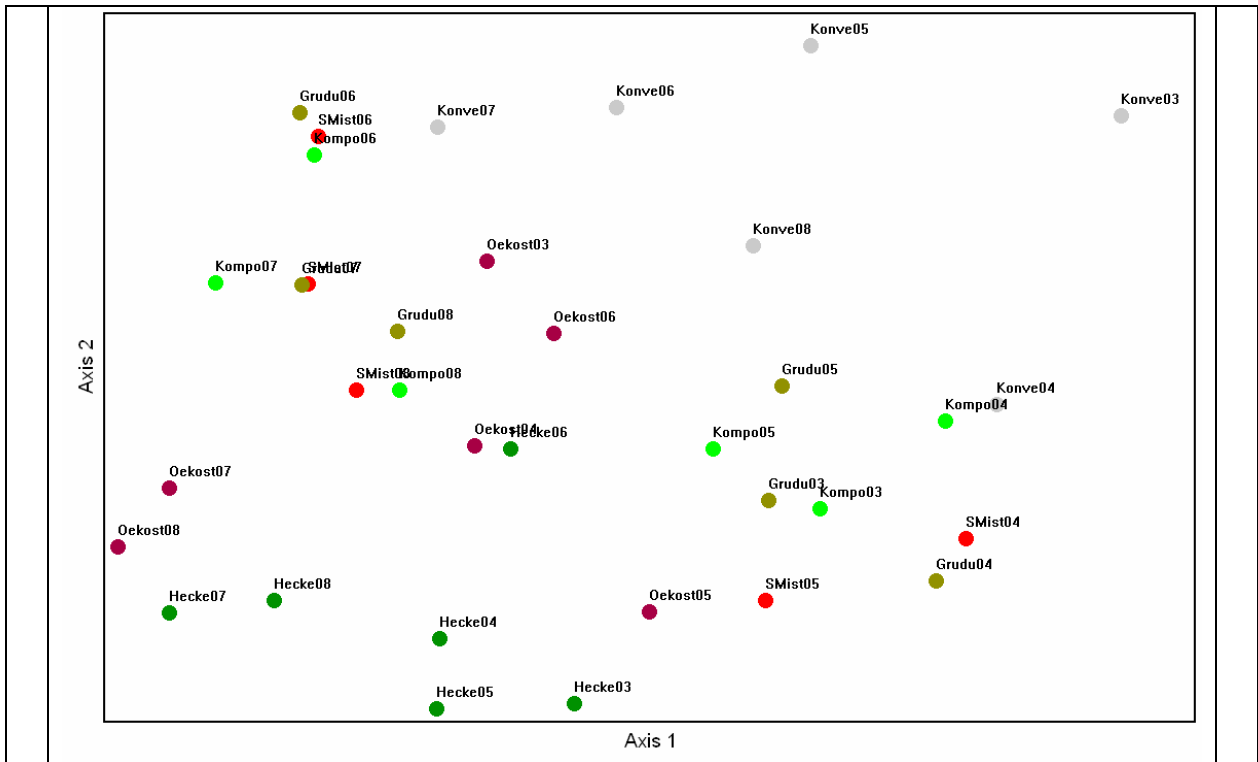
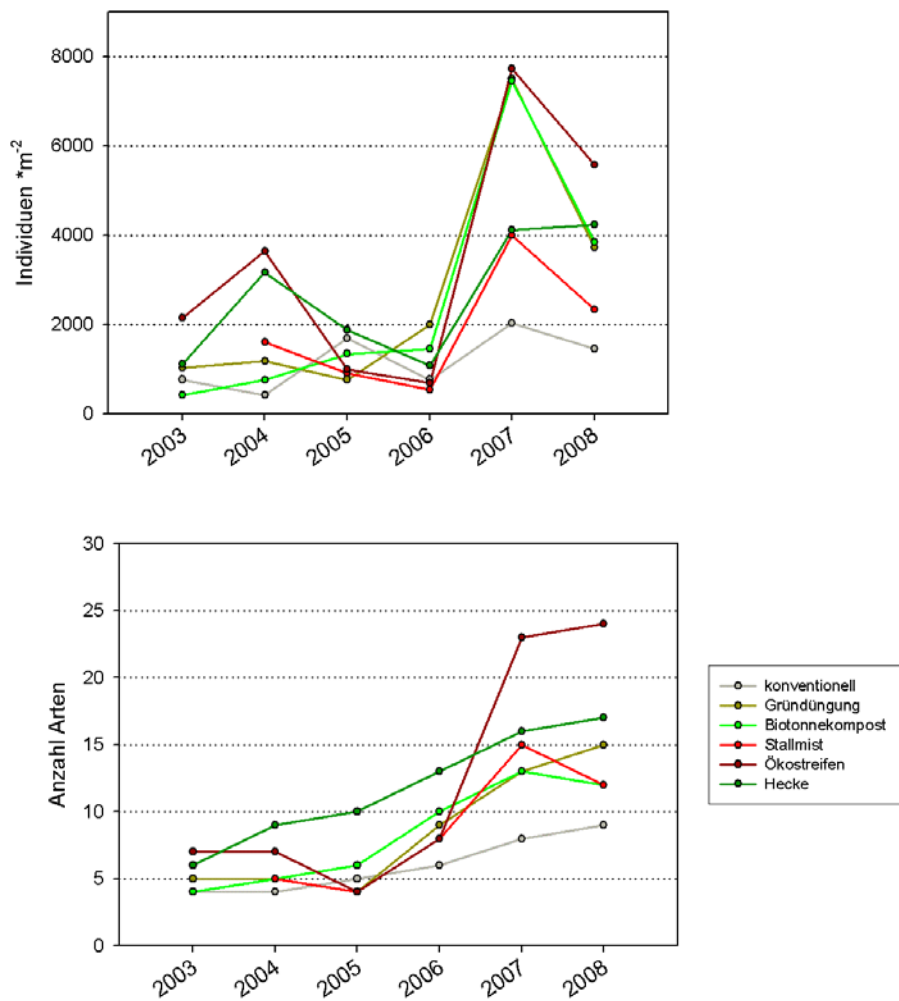
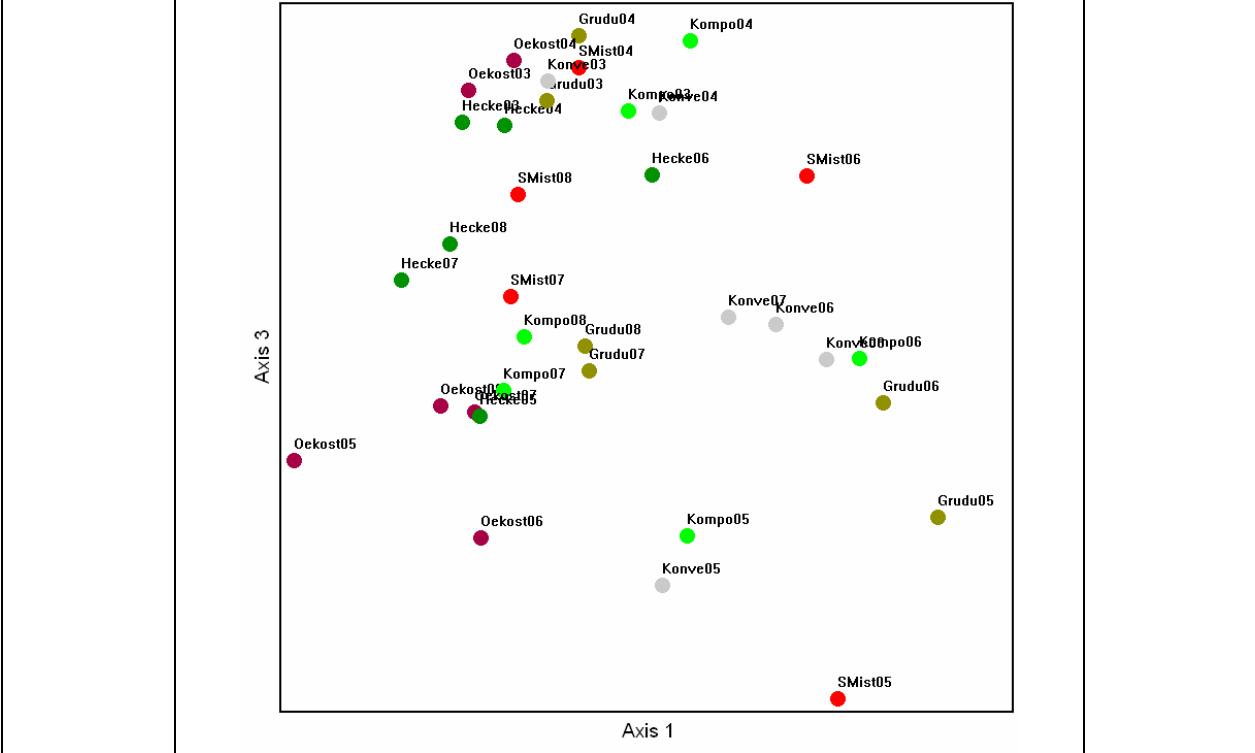
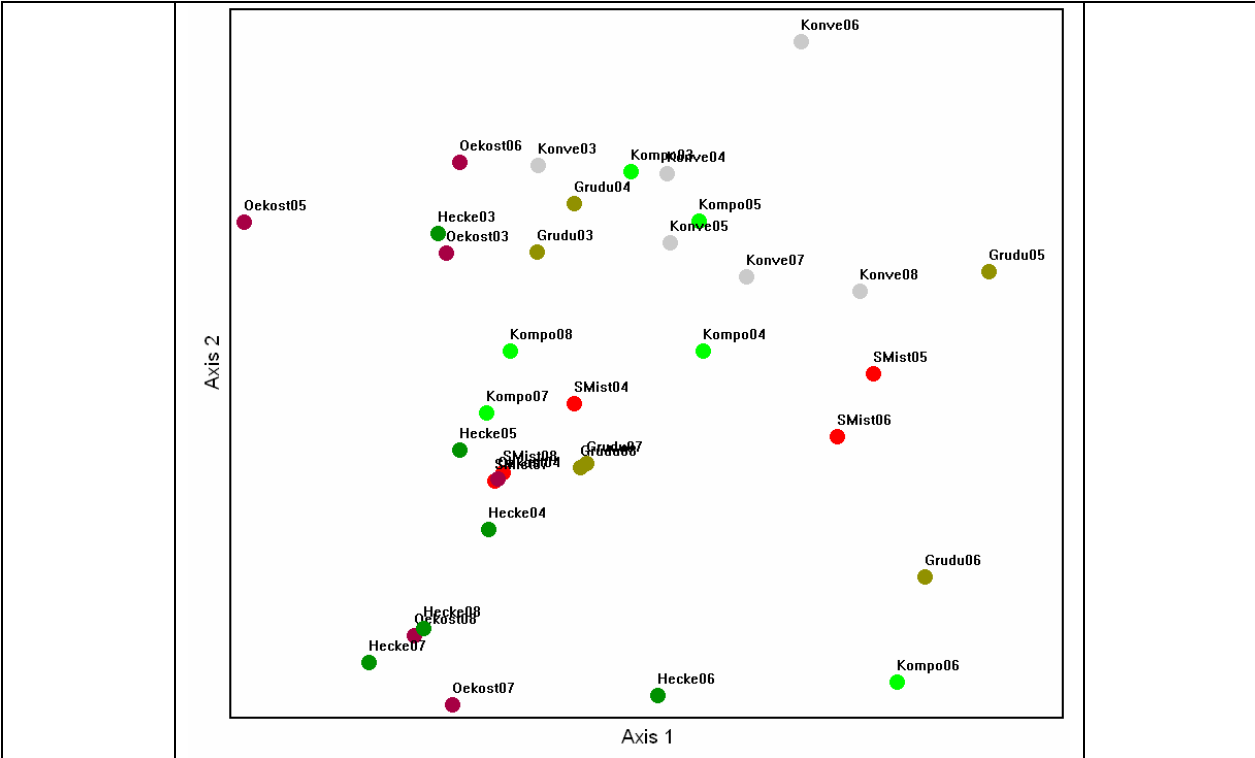


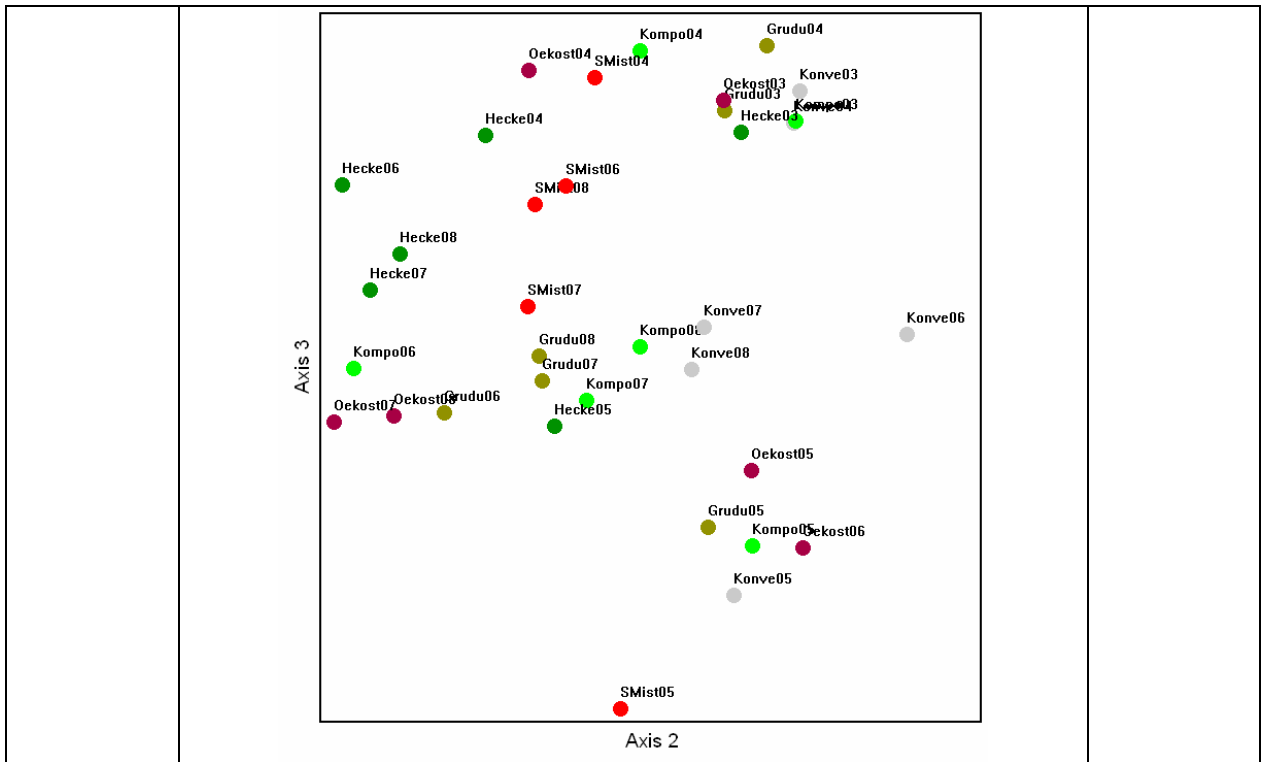
Abbildung 49: Multivariate Ordination (*nonmetric multidimensional scaling*) der Collembolen-gemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Für die Kürzel siehe Abbildung 2





**Abbildung 50: Abundanzen (oben) und Artenzahlen (unten) der Gamasinen (Raubmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf.** Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben.





**Abbildung 51: Gamasinen NMS, Achsen 1 und 2 (oben), 1 und 3 (mittig) und 2 und 3 (unten). Multivariate Ordination (*nonmetric multidimensional scaling*) der Gamasinengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf.** Um die recht unklaren Punktwolken besser differenzieren zu können, sind drei verschiedene Ebenen des multivariaten Raums dargestellt: Achsen 1 und 2 (oben), 1 und 3 (mittig) und 2 und 3 (unten). Für die Kürzel siehe Abbildung 2.

## 7 TEILPROJEKT 7: NÜTZLINGE

### **Titel: Entomofaunistisches Monitoring des Biobetriebes Rutzendorf unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher und agrarökologischer Aspekte**

BearbeiterInnen: E. M. Frauenschuh, B. Kromp, P. Hann, C. Trska  
Bio Forschung Austria, Wien

#### **7.1 Zusammenfassung / Summary**

In den Jahren 2007 und 2008 wurde die Laufkäferfauna auf insgesamt 21 verschiedenen Aufnahmestrecken des Biobetriebes Rutzendorf mittels Bodenfallen erfasst. Die 1. Achse einer Korrespondenzanalyse der Laufkäferfänge trennt die nichtbewirtschafteten Landschaftselemente von den Kulturfeldern, die entlang der 2. Achse nach Feldfrüchten gruppiert werden. Einige spezielle Arten der Landschaftselemente ergänzen die hohe Laufkäfer-Biodiversität (bisher 95 spp.) an xerothermophilen, d.h. trocken- und wärmeliebenden Feldarten. Bei Sichtbeobachtungen wurden in beiden Jahren vorwiegend Schwebfliegen mit blattlausfressenden Larven angetroffen. Diese waren aufgrund des reichen Blütenangebots in und entlang der Ökostreifen angereichert. Bei 2007 und 2008 durchgeführten Einzelpflanzen-Bonituren von Erbsenblattläusen und deren Antagonisten in 3 verschiedenen Entfernungen von Ökostreifen wurden weniger Blattläuse in Ökostreifennähe festgestellt. Diese konnten allerdings nicht auf eine dort höhere Nützlingsleistung zurückgeführt werden. 2007 wurden die Arthropoden der Vegetationsoberfläche entlang der Aufnahmestrecken mit dem Streifnetz erfasst und nach potenziellen Nützlings- bzw. Schädlingsgruppen ausgewertet. Die räumliche Verteilung der Gruppenzahlen unterstreicht die Bedeutung der Hecken und Ökostreifen für die Arthropoden-Biodiversität.

In 2007 and 2008, carabids were collected with pitfall traps in altogether 21 sampling lines in the organic farm Rutzendorf. The 1<sup>st</sup> axis of a correspondence analysis of carabid catches separates the uncultivated landscape elements from the cultivated fields, which are grouped alongside the 2<sup>nd</sup> axis according to the different crops. Several specialised species of the landscape elements contribute towards the high carabid biodiversity (up to now 95 spp.) of xero-thermophilous field species. By visual observations, hover flies with aphidophagous larvae were found predominating in both years. These were accumulated in and alongside the ecostrips due to their rich blossom supply. By single-plant countings of pea aphids and their antagonists in 3 different distances of a flowering strip, lower aphid densities were recorded close to the ecostrip. These could not be attributed to higher beneficial efficacy there. The arthropods of the vegetation surface were sampled by sweep-netting alongside the sampling lines and classified for potential beneficials as well as pests. The spatial distribution of arthropod group numbers emphasizes the significance of hedges and ecostrips for arthropod biodiversity.

#### **7.2 Thema und Ziele der Arbeit**

Gegenstand der Untersuchung waren die Arten- und Individuenzahlen von ausgewählten nützlichen und schädlichen 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.

### 7.3 Material und Methoden

Die faunistischen Untersuchungen wurden größtenteils in bzw. entlang der bereits 2003 und 2004 beprobten Aufnahmestrecken durchgeführt. Die 2007 und 2008 beprobten Transekte, Aufnahmestrecken und Feldfrüchte sind in Tabelle 16 zusammengestellt. Ihre räumliche Verortung ist aus dem Übersichtsplan MUBIL-Rutzendorf (Synthesebericht Seite 8) ersichtlich.

**Tabelle 16: Übersicht über die 2007 und 2008 untersuchten Transekte, Aufnahmestrecken und Feldfrüchte**

	TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6	TN7	TN8	TN9	S	Ages	K	TM1	TM2	TS1	TS2	TS3	TS4	TS6	TS7	L
2007	Ba	Ös	Er	Er	Ös	Lu	Lu	SG	Lu	Bö	Br	WW	He	Ra	He	Ös	WR	WR	WW	WW	
2008	Ba	Ös	WW	WW	Ös	WW	WW	Lu	Lu	Bö	Br	WW	He	Ra	He	Ös	Er	Er	Ma	Ma	Au

TN1-9 = Transekt Nord; TM1-2 = Transekt Mitte; TS1-7 = Transekt Süd.

Landschaftselemente: He = Windschutzhecke (TM1, TS1), Ba = Baumreihe (TN1), Ös = Ökostreifen (TN2, TN5, TS2), Ra = Feldrain (TM2), Bö = Trockenböschung (S); Br = ältere Brache (Ages), Au = Auwaldrest (L).

Kulturfelder (TN3, 4, 6, 7, 8, 9; K = konventionell bewirtschaftet; TS 3, 4, 6, 7): WW = Winterweizen, WR = Winterroggen, SG = Sommergerste, Lu = Luzerne, Er = Erbse, Ma = Mais.

In den beiden Untersuchungsjahren 2007 und 2008 wurden **Laufkäfer** (Carabiden) an 4 einwöchigen Fallen-Fangterminen erfasst (2007: 25.4.–2.5., 6.–13.6., 31.8.–10.9., 1.10.–8.10.; 2008: 30.4.–8.5., 10.–17.6., 2.–9.9., 6.–13.10.). Die Fallenfänge wurden in insgesamt 20 (2007) bzw. 21 (2008) 50m langen Aufnahmestrecken mit je 4 Bodenfallen (durchsichtige Plastikbecher in 10m Abstand, Öffnungsdurchmesser 8,5cm, Plexiglasdächer, 7% Essigsäure) durchgeführt. Die gefangenen Tiere wurden im Labor in 70% Alkohol überführt und die aussortierten Carabiden nach Müller-Motzfeld (2004) determiniert. Die Gesamtindividuenzahlen pro Carabidenart aus 2007 wurden einer Korrespondenzanalyse unterzogen (Lepš & Šmilauer 2003, Leyer & Wesche 2007), wobei nur Arten mit mehr als zwei gefangenen Individuen mit dem Statistikpaket „R version 2.8.1“ verrechnet wurden. Das Ergebnis wurde als symmetrisch skaliertes Biplot dargestellt und ermöglicht einen Überblick über die Laufkäfergemeinschaften der Aufnahmestrecken. Die berechneten Korrespondenzachsen bieten Interpretationsansätze für Umwelt- und Bewirtschaftungsgradienten, die die Laufkäfergemeinschaften beeinflussen.

**Schwebfliegen** (Syrphidae) wurden in den Jahren 2007 im Transekt Nord und 2008 in den Transekten Nord und Süd an mehreren Terminen (Mai bis August) während 30-Minuten Bonitureinheiten sichtbar beobachtet (siehe Tabelle 13 im Anhang). Die Schwebfliegen wurden, soweit möglich, vor Ort bestimmt bzw. mit einem Insektennetz gefangen und im Labor nach Bothe (1996) bestimmt. Um im Freiland die Zählung zu erleichtern, wurde die Schwebfliegenanzahl kategorisiert: 1 Ind. = Kategorie 1, 2-4 Individuen = Kat. 3, 5-10 Ind. = Kat. 7,5, > 10 Ind. = Kat. 20.

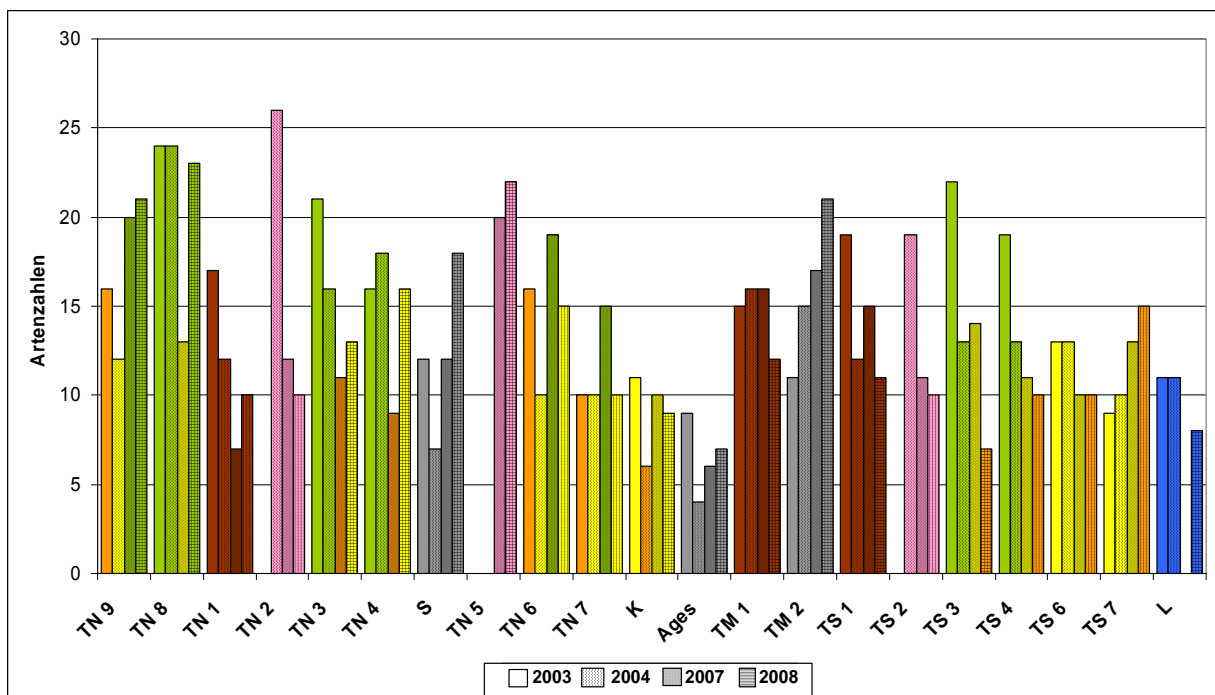
Im Jahr 2007 wurden an mehreren Terminen die **Arthropoden der Vegetationsoberfläche** mit dem Streifnetz gekeschert, in Alkohol überführt und im Labor nach potenziellen Nützlings-, Schädlings- sowie Indifferenten-Gruppen ausgezählt.

An je zwei Tagen im Mai 2007 bzw. Juni 2008 wurden in einem Futtererbsen-Feld in 3 verschiedenen Entfernungen vom Blühstreifen an je 5 Probestellen 5 **Einzelpflanzen-Bonituren** auf den Besatz mit Erbsenblattläusen (*Acyrtosiphon pisum*) und deren Antagonisten durchgeführt. Bei der sehr hohen Befallsstärke 2008 wurden statt einzelnen Blattläusen Blattlauskolonien gezählt. Mit Hilfe der einfaktoriellem Varianzanalyse (ANOVA) (bei normalverteilten Daten) und des Kruskal-Wallis Tests (bei nicht normalverteilten Daten) wurde die entfernungsabhängige Verteilung der Arthropoden im Erbsenfeld getestet.

## 7.4 Ergebnisse und Diskussion

### 7.4.1 Laufkäferfänge

Insgesamt wurden 2007 in 20 Aufnahmestrecken (à 4 Einzelfallen in 4 einwöchigen Fangperioden) 4.718 Individuen aus 76 verschiedenen Arten gefangen und bestimmt (siehe Tabelle 17 im Anhang). Vom gesamten Fangmaterial 2008 konnte bis zum Projektende aufgrund des enormen Arbeitsaufwandes nur jeweils ein Falleninhalte pro Aufnahmestrecke und Termin ausgewertet werden, weshalb hier nur 1.433 Individuen aus 58 Arten vorliegen (siehe Tabelle 18 im Anhang). Die damit ermittelten Artenzahlen werden aber als ausreichend aussagekräftig eingeschätzt, worauf die hochsignifikante Korrelation (Pearson: 0,789;  $p < 0,01$ ) der Artenzahlen 2007 aus 4 Fallen pro Transekt mit denen aus 1 Falle hinweist. Die Artenzahlen der untersuchten Lebensräume im Vergleich der Untersuchungsjahre 2003, 2004, 2007 und 2008 sind in Abbildung 52 dargestellt. Die meisten Arten (> 20 spp.) wurden in Luzernefeldern, den jungen Ökostreifen (TN2 und TS2 in 2004, TN5 in 2007 und 2008) sowie im kurzrasigen Feldrain TM2 (in 2008) gefunden, die wenigsten (< 10 spp.) in allen 4 Jahren in der älteren Brache. Während die Jahresschwankungen der Laufkäfer-Artenzahlen aus den Landschaftselementen gewisse Übereinstimmungen zeigten, möglicherweise in Abhängigkeit von den Witterungsverläufen der jeweiligen Untersuchungsjahre, schienen die der Ackerflächen von der jeweiligen Feldfrucht geprägt zu sein. Ein einheitlicher Trend einer zunehmenden Biodiversität infolge der Umstellung auf biologische Bewirtschaftung konnte nicht festgestellt werden. Insgesamt die wenigsten Arten pro Aufnahmestrecke wurden in der konventionellen Zuckerrübe 2004 festgestellt.



**Abbildung 52: Biodiversität der Laufkäfer im Betrieb Rutzendorf (1 Falle pro Fangtransekt, 4 einwöchige Fangperioden) im Vergleich der Jahre 2003, 2004, 2007 und 2008;** grün = Luzerne; gelb = Getreide; orange = Erbse, Zuckerrübe, Mais; rotbraun = Hecke; rosa = Ökostreifen; grau = Brache, Böschung, Feldrain; blau = Auwaldrest

In beiden Jahren wurde der Großteil (über 95 Prozent) der gefangenen Laufkäfer-Individuen von trocken- und wärmeliebenden, aus anthropogen beeinflussten Acker- und Ruderalstandorten Ost-Mitteleuropas bekannten Arten (Kromp 1999) gestellt, zB. *Poecilus cupreus*, *Harpalus rufipes*, *Calathus fuscipes*, *Platynus dorsalis* und *Bembidion properans* (nach abnehmender Häufigkeit gereiht).

Abbildung 53 zeigt das Ergebnis einer Korrespondenzanalyse der Laufkäferfänge aus allen Aufnahmestrecken 2007. Die erste Korrespondenzachse (CA1) erklärt 21,6% der Gesamtvarianz. Sie trennt die unbewirtschafteten Landschaftselemente (im negativen Achsenbereich) von den Kulturfeldern (im positiven Achsenbereich) ab und kann daher als Bewirtschaftungsgradient gedeutet werden. Die Windschutzhecken TS1, TM1 und TN1 zeigen die größte Distanz zu den Feldern, die vorgelagerten Ökostreifen TS2 und TN2 liegen nahe bei den jeweils benachbarten Hecken. Im stark negativen Bereich von CA1 sind Arten gruppiert, die ausschließlich in den Landschaftselementen gefunden wurden (zB. *Platyderus rufus*, *Cymindis angularis*, *Licinus depressus*, *Microlestes maurus*, *Ophonus* sp.). Damit tragen die nichtbewirtschafteten Biotope wesentlich zur Artenvielfalt der Laufkäfer (bisher 95 Arten nachgewiesen) im Betrieb Rutzendorf bei. In größtmöglicher Distanz auf CA1 rechts finden sich Bewohner der Ackerflächen, darunter die häufigste, ausschließlich in den Feldern und den Ökostreifen TN2 und TN5 aufgetretene Art *Poecilus cupreus*, weiters *Bembidion properans*, der Getreidelaufräuber *Zabrus tenebrioides* sowie *Pterostichus melanarius*. Eine vermittelnde Position nimmt der auch als Blattlaus-Räuber bekannte *Platynus dorsalis* ein, der bereits Anfang Mai offenbar aus der Überwinterung kommend in der Hecke TN1 und im Ökostreifen TN2 aktiv war, während er in den Kulturfeldern erst ab Mitte Mai auftauchte. In der südexponierten Böschung S trat *P. dorsalis* häufig im Oktober auf, offensichtlich war er dorthin zum Überwintern abgewandert.

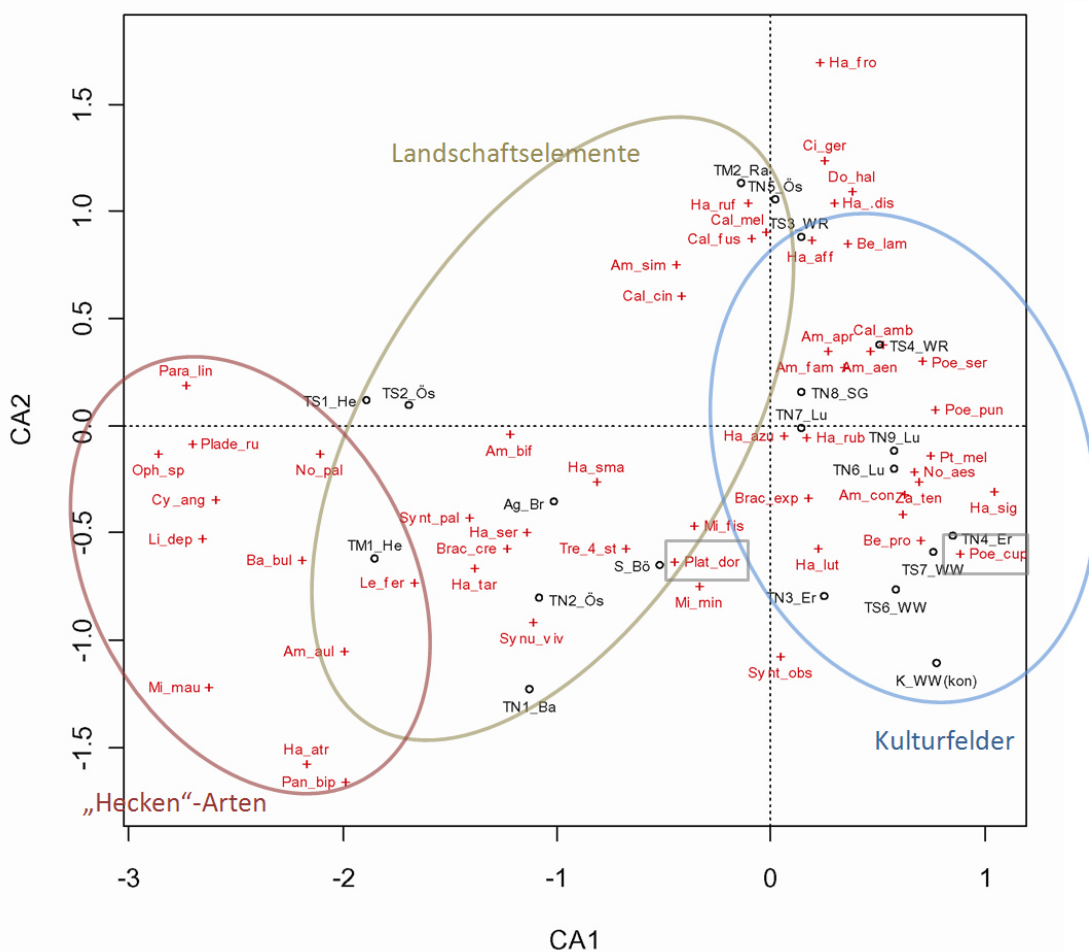


Abbildung 53: Symmetrisch skaliertes Biplot einer Korrespondenzanalyse mit den Gesamtsummen der Carabidenfänge 2007, wobei nur die Laufkäferarten mit mehr als zwei Individuen berücksichtigt wurden; CA1 = 21,6%, CA2 = 14,1% der Gesamtvarianz.

Bei den Kulturfeldern ist in Abbildung 53 eine Gruppierung nach den Feldfrüchten entlang der zweiten Korrespondenzachse (CA2: 14,1%) erkennbar. So sind z.B. die Winterweizenfelder rechts unten, die Luzernefelder in der Mitte, Sommergerste und Winterroggen rechts oben positioniert. Im oberen Bereich knüpft der 2007 noch junge Ökostreifen TN5 an, sowie der grasige Feldrain TM2. Die dort gruppierten Arten sind als Bewohner trockener Felder und Ruderalflächen (z.B. *Calathus fuscipes*, *C. melanocephalus*, *Harpalus rufipes*) bekannt. Nachdem im rechten oberen Bereich der Kulturfelder in Abbildung 53 xerothermophile und unkrutsamenfressende *Amara* und *Harpalus*-Arten konzentriert sind, trennt CA2 die Aufnahme-Transekte anhand ihrer Carabiden-Gemeinschaften möglicherweise entlang eines kombinierten Feuchte- und Verunkrautungsgradienten auf.

#### 7.4.2 Schwebfliegen (Syrphidae)

Bei Sichtbeobachtungen in den Jahren 2007 und 2008 konnten Individuen aus 12 Arten beobachtet werden (Tabelle 13 im Anhang). Die Arten *Sphaerophoria scripta*, *Syrirta pipiens*, *Episyrphus balteatus*, *Helophilus trivittatus* und *Eristalis tenax* wurden bereits während der Untersuchungsjahre 2003-2005 gesichtet, zusätzlich zu diesen Arten konnte 2007 *Parasyrphus annulatus* im Ökostreifen TN2 beobachtet werden. Im Jahr 2008 wurden zusätzlich *Eristalis arbustorum*, *Melanostoma mellinum*, *Metasyrphus corollae*, *Scaeva pyrastris*, *Scaeva selenitica* und *Syrphus ribesii* gefunden. Die Gattungen *Episyrphus*, *Sphaerophoria*, *Scaeva*, *Melanostoma*, *Syrphus*, *Metasyrphus* und *Parasyrphus* werden zur Unterfamilie Syrphinae gezählt und aufgrund ihrer blattlausfressenden Larven als wichtige Nützlinge eingestuft.

Adulte Schwebfliegen sind auf Blütennektar und -pollen als Nahrungsgrundlage für ihren Betriebsstoffwechsel und ihre Fortpflanzungsleistung angewiesen (Schneider 1948). Dementsprechend wurden auch die meisten Schwebfliegenarten auf den blütenreichen Ökostreifen TS2 und TN2 beobachtet. Zu den für die Schwebfliegen attraktivsten Pflanzen des Ökostreifens zählten die zur Zeit der Beobachtung blühenden *Tripleurospermum inodorum* (Geruchlose Kamille), *Anthemis tinctoria* (Färberkamille), *Malva sylvestris* (Wilde Malve) und *Verbascum thapsus* (Kleinblütige Königskerze). Neben den meist schon frühblühenden Brassicaceen und Asteraceen, die allgemein als beliebte Schwebfliegenpflanzen eingestuft werden (z.B. Molthan & Ruppert 1988, Cowgill *et al.* 1993) scheint auch die Phacelie aufgrund ihres reichhaltigen Pollenangebots eine geeignete Futterpflanze zur Anlockung von Schwebfliegen zu sein (Lövei *et al.* 1993). Das häufige Auftreten von *Sphaerophoria scripta* im neu angelegten Ökostreifen (TN5) im Jahr 2007 wird auf das reiche Blütenangebot der Phacelie zurückgeführt. *S. scripta* trat auch im verunkrauteten Randbereich zwischen Ökostreifen und Erbsenfeld häufig auf, angelockt durch die Blüten des dort spontan aufgekommenen Weißen Gänsefußes und der Phacelie. Im Juni 2008 wurden im Maisfeld des Transekts Süd mit 6 Arten die meisten Schwebfliegenarten eines Beobachtungstermins festgestellt (siehe Abbildung 55 im Anhang), wahrscheinlich aufgrund der starken Verunkrautung mit Weißem Gänsefuß (*Chenopodium album*). In der Trockenböschung S des Transekts Nord wurden ebenfalls mehrere Schwebfliegenarten beobachtet, deren Blütenbesuche vor allem auf die hohe Blütendeckung von einzelnen dominanten Pflanzenarten, wie z.B. *Sisymbrium loeselii* (Wiener Rauke) zurückzuführen waren.

#### 7.4.3 Erbsenbonitur

Schon im Vorläuferprojekt MUBIL I war festgestellt worden, dass die Anzahl der beobachteten Schwebfliegen mit der Entfernung vom Ökostreifen abnahm, wahrscheinlich (nach Fortmann 2000) vor allem aufgrund des mangelnden Blütenangebots in den Feldern. Nachdem unsere Sichtbeobachtungen der aphidophagen Schwebfliegen beim Blütenbesuch keine Aussagen darüber zulassen, wo die Weibchen ihre Eier in Blattlauskolonien ablegen, wurden 2007 und 2008 Blattlaus- und Nützlingsbonituren in verschiedenen Entfernungen von blütenreichen Ökostreifen durchgeführt.



In Abbildung 54 sind die gemittelten Individuenzahlen der Erbsenblattläuse (2007) bzw. Erbsenblattlauskolonien (2008), mumifizierte und verpilzte Blattläuse, Schwebfliegenlarven und -puppen sowie Marienkäfer, -puppen und -eigelege dargestellt. 2007 wurde eine Zunahme der Blattlausdichten mit der Entfernung zum Blühstreifen festgestellt, die zwischen 10 und 30 m signifikant war. Die Anzahl durch Schlupfwespen parasitierter Blattlaus-„Mumien“ schien trendmäßig den Blattlausdichten zu folgen. Die übrigen Nützlinge zeigten keine interpretierbaren Häufigkeitsunterschiede. Im Jahr 2008 konnte keine signifikante Zunahme der Anzahl der Blattlauskolonien vom Randstreifen weg gefunden werden, möglicherweise methodisch bedingt durch die auf Kolonien beschränkte Zählweise, während die Anzahl der verpilzten und mumifizierten Blattläuse bereits in 20m Abstand vom Randstreifen signifikant höher war als in 10m. Die übrigen Nützlinge inklusive Schwebfliegenlarven zeigten mit Ausnahme der Marienkäferpuppen keine interpretierbaren Unterschiede.

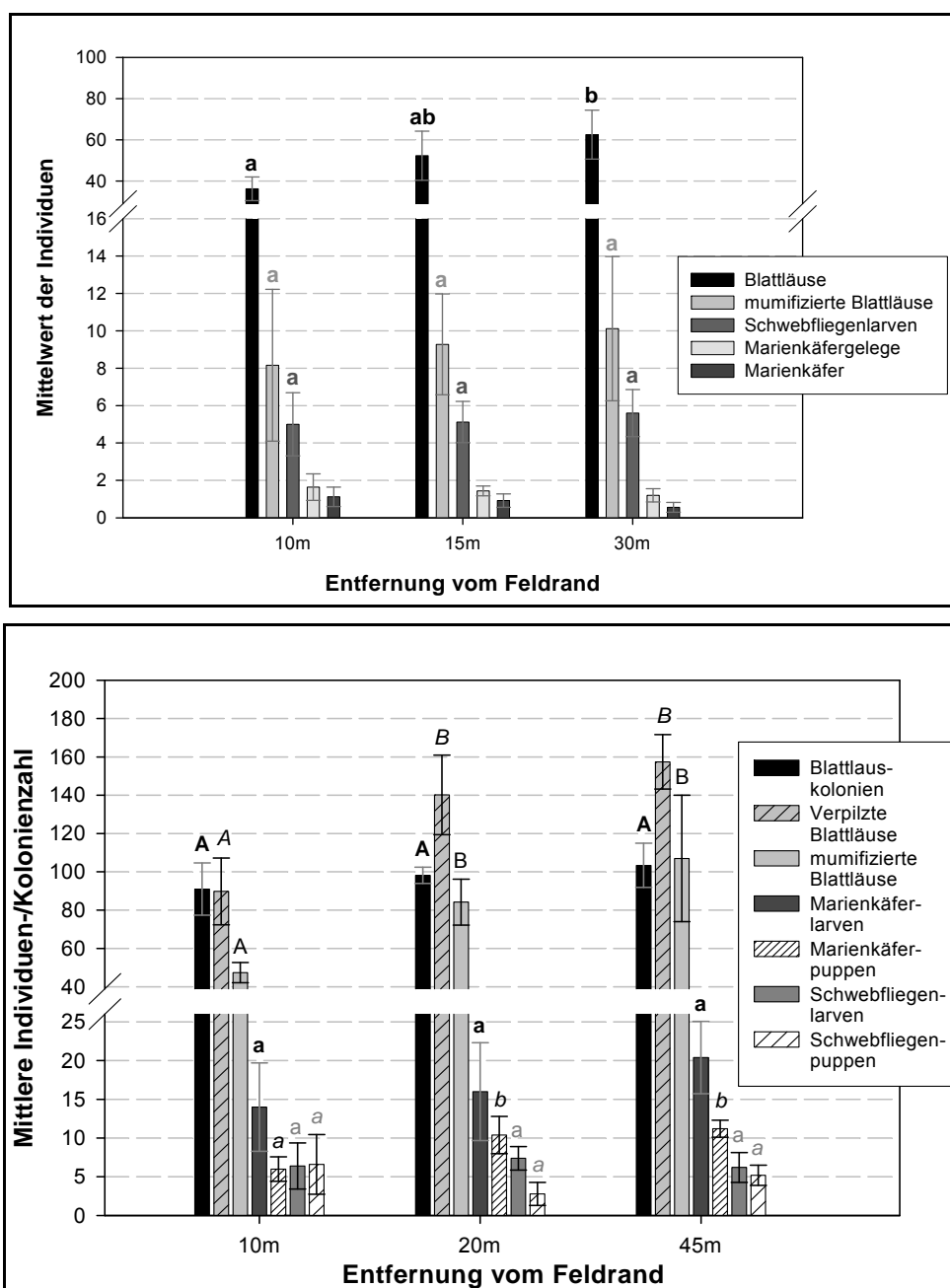


Abbildung 54: Mittelwerte und Standardabweichungen der Individuen a) im Jahr 2007 und b) im Jahr 2008, die an zwei Tagen an je 5 Probestellen auf je 5 einzelnen Erbsenpflanzen in verschiedenen Entfernungen vom Feldrand gezählt wurden (unterschiedliche Buchstaben über den Balken zeigen signifikante Unterschiede an).

#### 7.4.4 Streifnetzbeprobung

Bei der Beprobung der Vegetationsoberfläche mit dem Streifnetz an drei Terminen (30. April, 13. Juni, 6. Juli) wurden insgesamt 3.983 Individuen aus 39 Arthropodengruppen gefangen und ausgezählt (siehe Tabelle 20 im Anhang). Die Individuen aus den Ordnungen bzw. Familien Araneae, Cantharidae, Chrysopidae und –larven, Coccinellidae, Dermaptera, Malachiidae, Odonata, Staphylinidae und Syrphidae wurden zu den potenziellen Nützlingen gezählt. Die Individuen aus den Gruppen Aphidoidea, Auchenorrhyncha, Chrysomelidae, Cryptophagidae, Curculionidae, Elateridae, Lepidoptera, Nitidulidae und Scarabaeidae wurden den potenziellen Schädlingen zugeteilt. Vertreter der Ordnungen Diptera, Heteroptera und Thysanoptera können sowohl Nützlinge als auch Schädlinge sein und sind daher in Tab. 5 separat ausgewiesen. In der Ordnung Hymenoptera, in der sich sowohl pflanzenschädliche als auch äußerst nützliche Arten finden, wurden hauptsächlich die nützlichen Apocrita und kaum schädliche Symphyta gefunden. Alle übrigen gefundenen Gruppen wurden als indifferent eingestuft. Wie aus Tabelle 20 ersichtlich ist, wurde die höchste Vielfalt an Arthropodengruppen in den Ökostreifen und Windschutzhecken gefunden, vor allem an den Aufnahmestrecken TN 1 (Windschutzhecke), TS 2 und TN 2 (Ökostreifen). Ökostreifen und Hecken mit krautigem Unterwuchs locken durch ihren Reichtum an Pflanzenarten auch viele nützliche Arthropoden an, die an diesen Orten ihre Nahrungsgrundlage und an abgestorbenem Pflanzenmaterial oder im Boden Überwinterungsorte finden.

#### 7.5 Schlussfolgerungen

Die Ausgangshypothese des vorliegenden Teilprojekts besagte, dass die Umstellung auf biologische Bewirtschaftung des Ackerbaubetriebs Rutzendorf gemeinsam mit der Neuanlage von Landschaftselementen zu einem allgemeinen Anstieg der Biodiversität sowie zu einer Stärkung von Arthropodenarten mit Schlüsselfunktionen in der natürlichen Schädlingsregulation führen werde. Die bisherigen Ergebnisse bestätigen den positiven Effekt der neu angelegten Ökostreifen für die im Detail untersuchten Laufkäfer und Schwebfliegen. Nachdem beide als Schlüsselgruppen der funktionalen Biodiversität gelten, ist eine Stärkung der natürlichen Schädlingsregulation anzunehmen. In ihrer räumlichen Verteilung zeigten die aphidophagen Schwebfliegen im Adultstadium eine klare Bindung an den Blütenreichtum der Ökostreifen. Entsprechend erhöhte Dichten an Schwebfliegenlarven in den angrenzenden Bereichen von Körnererbsenfeldern konnten bisher allerdings nicht nachgewiesen werden, wohl aber trendmäßig höhere Blattlausdichten mit zunehmender Entfernung von den Ökostreifen. Für die landwirtschaftliche Praxis kann daher bereits jetzt die Anlage von Ökostreifen empfohlen werden, auch wenn der Nachweis für ihre Wirksamkeit in der natürlichen Schädlingsregulation noch aussteht. Aus den Streifnetzuntersuchungen der Arthropoden der Vegetationsoberfläche auf Gruppenniveau wurden zumindest keine Hinweise auf erhöhte Dichten an potentiell schädlichen Insekten gefunden. Generell leisten die nichtbewirtschafteten Landschaftselemente in Rutzendorf mit ihren eigenständigen Faunenelementen einen wichtigen Beitrag für die allgemeine Artenvielfalt. In den Ackerflächen kann die in der Ausgangshypothese postulierte umstellungsbedingte Zunahme der Biodiversität aufgrund der fruchtwechselbedingten Schwankungen der Laufkäferdiversität von Jahr zu Jahr nur indirekt aus den generell niedrigen Referenzwerten im konventionellen Vergleichsfeld abgeleitet werden.

## 7.6 Literaturverzeichnis

- Bothe, G., 1984: Schwebfliegen. – Dorf-Druck, Kronshagen. 117pp.
- Cowgill, S.E., Wratten, S.D., Sotherton, N.W., 1993: The selective use of floral resources by the hoverfly *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) on farmland. - *Ann. Appl. Biol* 122: 223-231.
- Fortmann, M., 2000: Das grosse Kosmosbuch der Nützlinge. – 2. Aufl. - Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart. 320pp.
- Kromp, B., 1999: Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. - *Agric Ecosyst Environ*. 74: 187-228.
- Lepš, J. & Šmilauer, P., 2003: *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. - Cambridge University Press.
- Leyer, I. & Wesche, K., 2007: *Multivariate Statistik in der Ökologie*. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Lövei, G.L., Hodgson, D.J., MacLeod, A., Wratten, S.D., 1993: Attractiveness of some novel crops for flower-visiting hoverflies (Diptera: Syrphidae): comparisons from two continents. - In: Corey, S.A., Dall, D.J. & W.M. Milne (Eds.): *Pest Control & Sustainable Agriculture*. - CSIRO, Melbourne, 368-370.
- Molthan, J., Ruppert, V., (1988): Zur Bedeutung blühender Wildkräuter in Feldrainen und Äckern für blütenbesuchende Nutzinsekten. - *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem* 247: 85-99.
- Schneider F. (1948). Beitrag zur Kenntnis der Generationsverhältnisse und Diapause räuberischer Schwebfliegen (Syrphidae, Dipt.). - *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 21, 249-285.

## 7.7 Anhang

Tabelle 17: Carabidenfänge in verschiedenen Feldern und Landschaftselementen des Umstellungsbetriebs Rutzendorf von April bis Oktober 2007.

Art 2007	TN 9	TN 8	TN 1	TN 2	TN 3	TN 4	S	TN 5	TN 6	TN 7	K	Ages	TM 1	TM 2	TS 1	TS 2	TS 3	TS 4	TS 6	TS 7	sum	
	Lu	SG	Ba	Ös	Er	Er	Bö	Ös	Lu	Lu	WW	Br	He	Ra	He	Ös	WR	WR	WW	WW		
Agonum sp.				1						1											2	
Amara sp.	1																				1	
Amara aenea	6							1	3												10	
Amara apricaria	3	3						1	1					1							9	
Amara aulica				5												1	1				7	
Amara bifrons	8	1		10				13	8	1	2	1		3	2	13	20		2	1	1	92
Amara consularis	3		1					4							1							10
Amara familiaris	13			1				3	2	6				1	4							32
Amara ingenua														1								1
Amara maiuscula								1														1
Amara municipalis																						1
Amara sabulosa				1																		1
Amara similata	1	1		2					7							1	1					14
Anisodactylus signatus															2							2
Anisodactylus binotatus				1																		1
Asaphidion flavipes												2										2
Badister bullatus	1		3	3									2	1		7	3					20
Bembidion 4-maculatum						1								1								2
Bembidion lampros												1			1							4
Bembidion properans	87	13		4	22	16	7	17	20	12	26	1	1	5			6	4	25	29		295
Brachinus crepitans				1					1							1						3
Brachinus expulso	77	1	3	4		1	35	6		10				2	4	1					1	151
Bradycellus harpalinus				1																		1
Calathus ambiguus	34	34			5	4	6	21	10	10	7			7			56	45	20	14		273
Calathus (cinctus)	2	9			1		3	2	5	13		1	5	14	9	3	14	6				87
Calathus fuscipes	71	14	4	1	2	6	9	45	27	12	3	8	13	125	37	1	96	18	8	7		507
Calathus melanocephalus	2	1						4	4					4		2						17
Calosoma auro-punctatum	1	4			3	1		2	2	1											2	19
Carabus coriaceus																						1
Cicindela germanica	1									1					1		4					7
Cymindis angularis			5										8	2	20	1						36
Dolichus halensis								1							2		3	1		2		9
Harpalus albanicus															1							1
Harpalus affinis	3		1	3	4	6		37	8					1	4					1	2	71
Harpalus atratus			1	2										2								5
Harpalus azureus	11	1	2	2	2	2	3	4	13	32		2		5	4	3	3	1		4		94
Harpalus distinguendus	8	2			1	2		2	8	3	1				46	1	1	20	25	5	4	129
Harpalus fröhlichii								3											1			4
Harpalus luteicornis	1					1			1							1					1	5
Harpalus pumilus																1						1
Harpalus rubripes	2	2		3				1	30	7		1	2	4	2	1	3					58
Harpalus rufipes	22	6	3	7	2	9	13	254	18	9		3	18	61	30	15	57	41	19	29		616
Harpalus serripes			1	1	1			9	3					4	2	1						22
Harpalus signaticornis	1					5		1											1			8
Harpalus smaragdinus				1				1	1													3
Harpalus tardus				12	3			2	2		1		2	2	6	1	2					33
Harpalus zabroides																						2
Leistus ferrugineus			18	15				4	15	3	1		5	23	1	8	1					94
Licinus depressus													1	4		1	3					9
Limodromus assimilis																1						1
Microlestes fissuralis					1			2							1							4
Microlestes maurus				1				2						18								21
Microlestes minutulus	2	3		2	4	1	47	2	5	3		1	5	5			1	4	4	7		96
Nebria brevicollis					1																	1
Notiophilus aestuans	1								1	1												3
Notiophilus palustris		2							1	2				8		9	3	1				26
Oodes helipoides																						1
Ophonus sp.				2										12		41	3					58
Panagaeus bipustulatus			2										1	1								4
Paradromius linearis																1	2					3
Parophonus maculicornis													1		1							2
Platyderus rufus				1											1		5	4				11
Platynus dorsalis	5	14	27	35	19	10	47	12	4	10	15	10	9	12	25	3	27	11	23	24		342
Poecilus cupreus	100	2		9	13	82	1	57	117	15	85	1					24	61	99	153		819
Poecilus punctulatus	27	4				4		3	5								10	8	3	7		71
Poecilus sericeus						7		10	2	3							2	7		8		39
Poecilus versicolor									1													1
Pterostichus sp.												1					1					2
Pterostichus anthracinus												1										1
Pterostichus melanarius	9	1			1			1											1	1		14
Stomis pumicatus				1																		1
Syntomus obscuroguttatus	8	2	32	2	10	1	3	1	4	4	33		13	14	4	1	7	7	47	16		209
Syntomus pallipes							3							1	1	1						6
Synuchus vivalis	1		2	4								1	2			1	3		1		2	17
Trechus 4-striatus	9	12	23	1	8	7	2	7	9	8	4			24	9	12	7	2	5	10	5	164
Zabrus tenebrionides		4				1	1	1	1	8					1			1	9	1		28
Gesamt Individuen	521	136	140	130	102	173	215	538	303	166	189	42	183	351	239	85	356	262	270	317		4718
Gesamt Arten	32	23	17	32	20	23	23	34	26	24	15	16	27	34	28	24	28	23	17	19		76

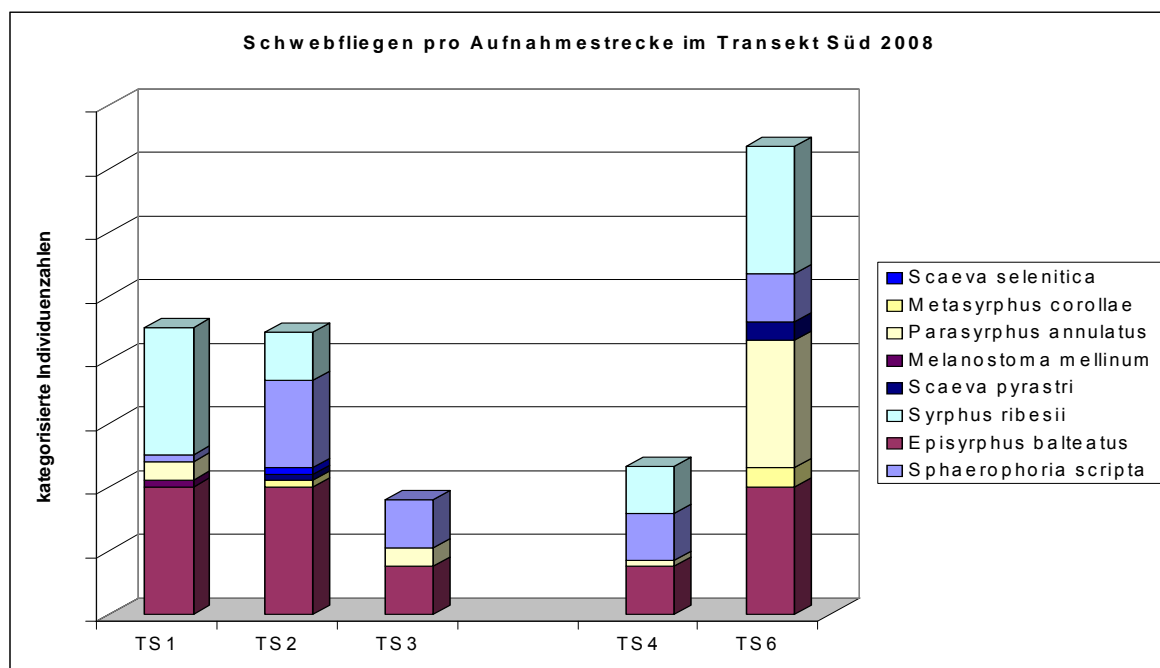
**Tabelle 18: Carabidenfänge in verschiedenen Feldern und Landschaftselementen des Umstellungsbetriebs Rutzendorf von April bis Oktober 2008.**

Art 2008	TN 9	TN 8	TN 1	TN 2	TN 3	TN 4	S	TN 5	TN 6	TN 7	K	Ages	TM 1	TM 2	TS 1	TS 2	TS 3	TS 4	TS 6	TS 7	L	sum	
	Lu	Lu	Ba	Ös	WW	WW	Bö	Ös	WW	WW	WW	Br	He	Ra	He	Ös	Er	Er	Ma	Ma	Au		
Abax parallelepipedus																					1	1	
Acupalpus interstitialis								1															1
Amara aenea	26	10						3						4									43
Amara apricaria						1																	1
Amara bifrons							1	2															3
Amara consularis		1																					1
Amara familiaris	9	6				1		5					1	2								24	
Amara ingenua																1				3		4	
Amara lunicollis												1										1	
Amara similata		5					1	4							1					1		12	
Asaphidion flavipes																				1		1	
Badister bullatus													1		1	1						3	
Bembidion 4-maculatum		1																				1	
Bembidion properans	16	10	1		1	11	4	1	3		2			8				1				58	
Brachinus crepitans								1														1	
Brachinus expoldens	32	10		3	1	6	4	31	2	1			1	4								95	
Bradycellus harpalinus																1						1	
Calathus ambiguus	7	2			2				1		1	1		2				1	8	17		42	
Calathus (cinctus)	1							1	2					1					1	1		7	
Calathus fuscipes	26	6	5	2	4	5		1	9	11	1			13		2			13	16		114	
Calathus melanocephalus	4	1					1							1								7	
Calosoma auropunctatum						2			2									7				11	
Cicindela germanica											2											2	
Cymindis angularis			5									1			2							8	
Dolichus halensis																				3		3	
Harpalus albanicus	1						1							2								4	
Harpalus affinis		8		2	4	4		5	6					1								30	
Harpalus azureus		3	1	3	2	3				2				1		1			1	1	1	19	
Harpalus distinguendus	9	12			2	4		9					9	1				1				47	
Harpalus fröhlichii																					1	1	
Harpalus luteicornis							1	1														2	
Harpalus pumilus												1										1	
Harpalus rubripes									1							1						2	
Harpalus rufipes	2	3		5	1		4	4	3		7	1	4	16	1	3	3	2	81	152	1	293	
Harpalus serripes							5	1						1								7	
Harpalus smaragdinus							1															1	
Harpalus tardus	1	2				1	3	2					1	10								20	
Leistus ferrugineus			1					1														2	
Licinus depressus													1									1	
Microlestes maurus			1		1		2				1											5	
Microlestes minutulus	1		1									1		1				6		4		14	
Notiophilus aestuans	1														3							4	
Notiophilus palustris													1									1	
Notiophilus rufipes													1									1	
Ophonus sp.		2		1							1		2		9						1	16	
Parophonus maculicornis														1								1	
Platyderus rufus							1						1		5	1						8	
Platynus dorsalis	12	17	9	8	9	12	9	10	14	4	2	1	2	9	16	7					1	142	
Poecilus cupreus	38	24		3	4	49	1	4	16					3		4	3	1	5	2		157	
Poecilus punctulatus	2	13				5		5	2	2							1	5	2			37	
Poecilus sericeus		2			1	1			4	3							10	3	3	3		30	
Poecilus versicolor																					1	1	
Pterostichus melanarius	3																		2	6		11	
Syntomus obscuroguttatus	1	1	14	1		2	1	2	1	2				1	4						1	31	
Syntomus pallipes	1	2					2			1				4	1							11	
Synuchus vivalis																	1					1	
Trechus 4-striatus	3	5	6	1	8	1	1	2	12	10	2		4		4		2	5	8	7	5	86	
Zabrus tenebrionides										1												1	
Gesamt Individuen	196	146	44	29	40	108	43	96	78	37	19	7	20	94	47	21	22	32	124	218	12	1433	
Gesamt Arten	21	23	10	10	13	16	18	22	15	10	9	7	12	21	11	10	7	10	10	15	8	58	

**Tabelle 19: Beobachtete Schwebfliegenarten pro Datum und Transekt, die Lebensweise ihrer Larven und die Häufigkeit ihres Vorkommens.**

a = aphidophag = blattlausfressende Arten; s = saprophag = von verrotteten Pflanzenresten lebend; k = koprophag = von tierischen Exkrementen lebend

Datum	Art	Lebensweise	TN 9	TN8	TN 1	TN 2	TN3	TN4	S	TN 5	Erbse	Ages	TM1	TS1	TS2	TS3	TS4	TS6	TS7
14.06.2007	<i>Episyrphus balteatus</i>	a				3			1										
	<i>Eristalis tenax</i>	s							1										
	<i>Helophilus trivittatus</i>	s				1													
	<i>Sphaerophoria scripta</i>	a				7,5			3	7,5	7,5								
	<i>Syrirta pipiens</i>	k				3													
20.06.2007	<i>Parasyrphus annulatus</i>	a				1													
	<i>Sphaerophoria scripta</i>	a	3		3	20				3									
	<i>Syrirta pipiens</i>	k				3													
14.05.2008	<i>Sphaerophoria scripta</i>	a		3	3	7,5	1		1	1									
	<i>Syrirta pipiens</i>	k			1				3										
	<i>Syrphus ribesii</i>	a				1													
30.05.2008	<i>Episyrphus balteatus</i>	a			3	3		3	3	7,5									
	<i>Eristalis arbustorum</i>	s							1	1									
	<i>Helophilus trivittatus</i>	s						1	1										
	<i>Scaeva pyrastrii</i>	a								3									
	<i>Sphaerophoria scripta</i>	a				1		1	1	1									
20.06.2008	<i>Episyrphus balteatus</i>	a												20	20	7,5	7,5	20	
	<i>Melanostoma mellinum</i>	a												1					
	<i>Metasyrphus corollae</i>	a													1			3	
	<i>Parasyrphus annulatus</i>	a												3		3	1	20	
	<i>Scaeva pyrastrii</i>	a													1			3	
	<i>Scaeva selenitica</i>	a													1				
	<i>Sphaerophoria scripta</i>	a												1	20	7,5	7,5	7,5	
	<i>Syrirta pipiens</i>	k													3				
	<i>Syrphus ribesii</i>	a													20	7,5		7,5	20
31.07.2008	<i>Episyrphus balteatus</i>	a											1						
	<i>Eristalis tenax</i>	s			3				1	1									
	<i>Sphaerophoria scripta</i>	a			3	20			7,5	20		1			7,5				
	<i>Syrirta pipiens</i>	k			3	7,5			3	1					3				
19.08.2008	<i>Episyrphus balteatus</i>	a	1																
	<i>Eristalis tenax</i>	s				1													
	<i>Sphaerophoria scripta</i>	a		3	1				3	3									
	<i>Syrirta pipiens</i>	k				1				7,5									



**Abbildung 55: Kategorisierte Individuenzahlen (Ordinate) der Schwebfliegenarten farbige Blockteile) pro Aufnahmestrecke (TS1-4, TS6) im Transekt Süd 2008 (Abszisse). Die Transekt Süd – Strecken sind auf der Abszisse in räumlicher Entfernung zueinander dargestellt.**

**Tabelle 20: Übersicht der gesamten mit dem Streifnetz beprobten Transekte und der ausgewerteten Arthropodengruppen.**

Lebensraum: 1 = Brache (Ages), Trockenböschung (S), Grasfläche (TM2); 2 = Winterdурum (K), Winterroggen (TS3, TS4), Winterweizen (TS6, TS7), Futtererbse (TN3, TN4), Sommergerste (TN8); 3 = Windschutzhecke (TN1, TM1, TS1); 4 = Blühstreifen (TN2, TN4, TS2); 5 = Luzerne (TN6, TN7, TN9)

Arthropodengruppen: Anth = Anthicidae, Aph = Aphidoidea, apLa = apode Larven, Aran = Araneae, Auch = Auchenorrhyncha, Bru = Bruchidae, Cael = Caelifera Can = Cantharidae, Cer = Cerambycidae, Chme = Chrysomelidae, Chpi = Chrysopidae, ChLa = Chrysopidae-Larve, Cryp = Cryptophagidae, Cocc = Coccinellidae CoLa = Coleoptera Larven, Curc = Curculionidae, Derm = Dermoptera, Dipt = Diptera, Elat = Elateridae, Ensi = Ensifera, Form = Formicidae, Het = Heteroptera Hym = Hymenoptera, Ixo = Ixodida, Lath = Lathridiidae, Lepi = Lepidoptera, Mala = Malachiidae, Mord = Mordellidae, Niti = Nitidulidae, Odo = Odonata, Oede = Oedemeridae, oLa = oligopode Larven, OrLa = Orthopteroide Larven, Phal = Phalacride, poLa = polyopode Larven, Scar = Scarabaeidae, Sta = Staphylinidae, Syr = Syrphidae, Thys = Thysanoptera, Schn = Schnecken

Datum	Transekt	Lebensraum	Anth	apLa	Bru	Cael	Cer	CoLa	Ensi	Form	Ixo	Lath	Mord	Oede	oLa	OrLa	Phal	poLa	Aph	Auch	Chme	Cryp	Curc	Elat	Lepi	Niti	Scar	Dipt	Het	Thys	Hym	Aran	Can	Chp	ChLa	Cocc	Derm	Mala	Odo	Sta	Syr	Arthropodengruppen				
30.4.07	Ages	1																1	19	1		1					8	6		3		1												8		
30.4.07	S	1			1								12					2	1	6	1			4	1			22	2		18	4							5			2	14			
30.4.07	TM 2	1			2			1	4	1	4							8	4	24	2			3	4			103	13		11	7												14		
30.4.07	K	2																	5		8							32	1		11	1												6		
30.4.07	TS 3	2																1	9									1		18														4		
30.4.07	TS 4	2																	19									3		37	3													4		
30.4.07	TS 6	2																	7		6							6			4													4		
30.4.07	TS 7	2												2					12		7							14	2		5	1													7	
30.4.07	TM 1	3								1	1							3		11	3							15	1		28	7													9	
30.4.07	TN 1	3	37					1	2	1	1	12						7	1	24	7		1	1	2			48	8		31	14				4	2	1		1			21			
30.4.07	TS 1	3						11	6		1	5	1					2	9		3					4		23	8		8	26		1										14		
30.4.07	TN 2	4			2			2										2	5	5			6		2			18	2		9	7												10		
30.4.07	TS 2	4						26	6			8	1					6	39	15	2		5	3	62			43	1		17	11	1		1						2			18		
30.4.07	TN 6	5		7	1														9	14	6		21			1		17	13		12	2				6		1						13		
30.4.07	TN 7	5		1														11	43	5	1		28					23	7		19	1	1				2								12	
30.4.07	TN 9	5						1											94	4	2		68		6	5		25	2		18	1				1					1	1			14	
13.6.07	Ages	1				12	2		2											9	1			1	3			12	21		4	1					1		4						13	
13.6.07	S	1				5			3	1			5	1					1	1			15		1	16		4	20		7	6						4	1		1			16		
13.6.07	K	2										1	1						1	1								3		4	2					1									9	
13.6.07	TN 3	2																	15				1					22	5		5	6											2		7	
13.6.07	TN 4	2																	32	4	1		1					17	1	36	1	8													9	
13.6.07	TN 8	2		1				1									1	2	16	2	9							35	18	24	3	3		1					1						14	
13.6.07	TS 3	2																	1	3			1	1					5								4							7		
13.6.07	TS 4	2		1				1				5							10		1							1	2																7	
13.6.07	TS 6	2										9							7	3	3		1					5	6		3	1					2								10	
13.6.07	TS 7	2										4							9		1		1					4	16		3						1								8	
13.6.07	TM 1	3				1				1								1	1	2	15		1					10	15		3	2						4							12	
13.6.07	TN 1	3						2	3	15							2	2	3		6	10		8	3	3	6		16	12		30	3					9	2				1		19	
13.6.07	TS 1	3						1	4					2						1								7			1	1						3	5				1		13	
13.6.07	TN 2	4		2		3	1		1		1						1	4		1	6		7	2	11			15	32		7	4					1					4			18	
13.6.07	TN 5	4						1						1				3	34		81	1	1	1	578			8	53		14	13					4		1				5		16	
13.6.07	TS 2	4				4			33	4		3	3							4	1		1	3	2	14	2		20	19		32	6				4	2	1			3			20	
13.6.07	TN 6	5		3														4	1	31	2		28					3	15	1	7	8					1								12	
13.6.07	TN 7	5											2							55								8	19	2	23														7	
13.6.07	TN 9	5										1								1			13	1		1			9	3	13	4										3			10	
6.7.07	Ages	1						1	1									1		16	2		1					4	4		2	3				1	1								12	
6.7.07	TM 1	3				2														1	3							6	2																	5
6.7.07	TS 1	3				1																							1																	4
6.7.07	TS 2	4							14	6				2						6	5		1		6			2	11		10	11						3		1					13	
	Summe		37	15	1	33	3	3	102	51	4	26	48	11	2	2	4	61	379	272	206	1	238	20	29	700	2	603	352	125	369	167	3	2	2	41	22	18	2	4	23		3983			

## **8 TEILPROJEKT 8: ACKERWILDKRÄUTER UND 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 und Biodiversitätsforschung, BOKU  
Wien

#### **8.1 Zusammenfassung / Summary**

Im Rahmen dieses Teilprojekts wurde untersucht, ob die Umstellung auf biologische Bewirtschaftung einen Anstieg der Ackerwildkrautarten bedingt und ob unterschiedliche Düngungsvarianten einen Einfluss auf das Aufkommen von Ackerwildkräutern und deren Diasporenbank haben. In den Jahren 2007 und 2008 wurden Untersuchungen an der oberirdischen Vegetation und dem Diasporenvorrat auf den Kleinparzellen, sowie eine Umgebungskartierung der Vegetation durchgeführt. Die Anzahl der Ackerwildkrautarten ist zwar gegenüber der konventionellen Referenzfläche deutlich erhöht, steigt aber bisher nicht kontinuierlich mit der Fortdauer der biologischen Bewirtschaftung an. Die Diasporen korrelieren in ihrer Menge mit der Oberflächenvegetation und beide hängen wiederum stark von der angebauten Kulturart ab. Unter Luzerne und Erbse wurden die meisten Arten gefunden. In den Jahren nach diesen Kulturen gehen die oberflächlichen Arten- und Diasporenzahlen jedoch wieder stark zurück, wodurch kein negativer Einfluss für die Praxis angenommen werden kann. Die Düngungsvarianten zeigen noch keinen Einfluss. Die Vegetation der Umgebung zeigt keinen Einfluss auf die Ackerwildkrautflora der Versuchsfelder.

This sub-project dealt with the evaluation whether the conversion to organic farming leads to an increase of weed diversity and changes in the seed bank. Furthermore the influence of different fertilizers on species diversity was compared. In 2007 and 2008 the aboveground vegetation and seed bank analysis on the small permanent plots and the mapping of the surrounding vegetation were conducted. Compared to the conventional managed field the number of weed species on the permanent plots is clearly higher but no continuous increase over the investigated years could be detected. The number of seeds per m<sup>2</sup> is highly correlated with the number of aboveground weeds species. The crop has shown the highest influence on both, the emergence of weeds and the number of seeds. Under lucerne and under field pea the highest numbers could be found. Due to the decrease of the numbers in the following years no problems for the practice are assumed. The different fertilizers have shown no influence, neither on the emergence of weeds nor on the number of seeds. The vegetation of the surrounding shows no high influence on the weed community of the sample areas on the biofarm "Rutzendorf".

#### **8.2 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 dieses Teilprojekts.



### **8.3 Thema und Ziele der Arbeit**

Bei der Umstellung auf biologische Bewirtschaftung wird, aufgrund der weniger intensiven Bewirtschaftung, davon ausgegangen, dass sich die Ackerwildkrautflora ausbreitet (König et al., 1989; Hole et al., 2005). Ökologischer Landbau trägt also dazu bei die Biodiversität eines Gebiets zu steigern. Gleichzeitig müssen aber, um die landwirtschaftliche Produktion rentabel zu halten, diese Ackerwildkräuter kontrolliert werden. Generalziel dieses Teilprojektes ist es, einerseits die Auswirkungen der Umstellung von konventioneller auf biologischer Bewirtschaftung und andererseits von verschiedenen Düngungsvarianten (Gründüngung, Biotonnekompost, Stallmist) auf die Zusammensetzung und Menge vorhandener Ackerwildkräuter zu untersuchen. Des Weiteren wird behandelt, ob die Umstellung auf ökologischen Landbau im Untersuchungsgebiet, mitten in einer sehr intensiv bewirtschafteten Region, wie dem Marchfeld, sich überhaupt in einer Veränderung der Ackerwildkrautflora widerspiegelt. Dafür wird zum einen die oberflächliche (aktuelle) Ackerwildkrautflora untersucht, zum anderen die Diasporenbank als wichtiger Bestandteil der Phytozönose (Kropác, 1966). Die Gesamtheit der lebensfähigen Samen bzw. Früchte im Boden („Diasporenbank“) spielt eine wichtige Rolle in der Erhaltung der Floristischen Diversität und beeinflusst entscheidend die Sekundärsukzession (Bestandesentwicklung auf bereits besiedelten Substraten) (Grime 1979, Roberts 1981).

Neben der Sukzession aus der Diasporenbank, spielt natürlich auch der Einflug von Samen bei der (Wieder)Besiedelung von Flächen eine Rolle (Kiefer und Poschod, 1996). Um den Einfluss dieses Vektors abschätzen zu können, wurde eine einmalige floristische Kartierung der Umgebung (5 km Radius) durchgeführt.

### **8.4 Herleitung der Arbeitshypothesen**

Bisherige Untersuchungen in vergleichbaren Gebieten 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 und Bernhardt, 1993; Albrecht, 2005; Rasmussen et al., 2006; Lundkvist et al., 2008). Zu erwarten waren deshalb aufgrund der Umstellung auf biologischen Landbau eine Veränderung der Artenzusammensetzung, eine Erhöhung der Artendiversität (Bernhardt, 1991; Bernhardt, 1996), sowohl der aktuellen Vegetation als auch in der Diasporenbank, sowie eine eventuelle Aktivierung verschollener Arten der Region, die noch lebensfähig im Boden überdauern konnten.

### **8.5 Material und Methoden**

Der Untersuchungszeitraum des vorliegenden Teilprojekts in der aktuellen Untersuchungsperiode von Mubil II (2006-2008) umfasst nur die letzten beiden Jahre (2007 und 2008), da im Jahr 2006 aufgrund organisatorischer Schwierigkeiten (finanzieller Kürzung des Teilprojektes) keine Aufnahmen durchgeführt werden konnten. Für die Auswertung werden sinnvoller Weise auch Daten der ersten Projektperiode (Mubil I) herangezogen. Aus diesem Grund sei hier erwähnt, dass aufgrund des Projektstarts im Sommer 2003 aus diesem Jahr keine Frühjahrsaufnahmen vorhanden sind. Die Frühjahrserhebungen der Vegetationserfassung 2007 (April / Mai) auf Schlag 8 konnten wegen technischer Schwierigkeiten nicht durchgeführt werden. Die Geländeerhebungen fanden immer in der Vegetationsperiode in den Kleinparzellenversuchen S1M bis S8M und der Referenzparzelle SK statt. Für die Beurteilung des Einflusses der Düngungsvarianten wurden die Aufnahmen der Schläge im Jahr unmittelbar nach der Düngung herangezogen, da hier der größte Einfluss zu erwarten ist.

### **8.5.1 Erfassung der aktuellen Vegetation**

Auf den eingerichteten Kleinversuchspartellen wurden jährlich an zwei Terminen (April / Mai und Juni / Juli) Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Für die Schätzung der Vegetationsbedeckung reicht bei Dauerquadratuntersuchungen die Skala nach Braun-Blanquet (1964) nicht aus. Die hier verwendete Methode nach Schmidt (1974) stellt eine Verfeinerung der Methode nach Braun-Blanquet (1964) dar (vgl. Londo 1975).

### **8.5.2 Erfassung des Diasporenvorrates im Boden**

#### 8.5.2.1 Probennahme

Nach dem Zufallprinzip wurden pro Kleinparzelle zwei Probequadrate (je 1 m<sup>2</sup>) ausgewählt und mit dem Pürckauer-Bohrer jeweils fünf Bodenproben bis zu einer Tiefe von 20 cm entnommen und zu einer Mischprobe vereint (Champness, 1949; Jensen 1969; Bernhardt und Hurka, 1989). Die Entnahmetiefe von 20 cm wird gewählt, da die Ackerfläche im Mittel bis zu dieser Tiefe bearbeitet wird. Die Bodenproben wurden im Herbst (September/Okttober) entnommen, da zu diesem Zeitpunkt der Großteil der Arten die Diasporenbildung abgeschlossen hat.

#### 8.5.2.2 Ausstreichverfahren (Keimversuch)

Von jeder Mischprobe wurden jeweils ca. 1.000 cm<sup>3</sup> Boden in Ansaatschalen (30 x 40 x 6 cm) dünn ausgestrichen (ca. 1 cm dick). Eine dünne Probeschicht ist erforderlich, da die häufigsten Arten ein Keimungsoptimum bei einer Bodentiefe von 1-3 cm haben. Die Saatschalen werden zuvor mit sterilem Quarzsand unterschichtet, um den heranwachsenden Keimlingen optimale Wachstumsbedingungen zu ermöglichen. Die Ansaatschalen werden in einer beheizten Vegetationshalle des Botanischen Gartens, der Universität für Bodenkultur, Wien aufgestellt und regelmäßig auf stattgefundene Keimung kontrolliert. Die aufkommenden Keimlinge wurden bestimmt, gezählt und vernichtet. Keimlinge die nicht sofort bestimmt werden können, wurden weiter herangezogen und spätestens in Blüte bestimmt.

### **8.5.3 Umgebungskartierung**

Der anfangs definierte Radius von 10 km um den Biobetrieb Rutzendorf (vom Mittelpunkt des Betriebs ausgehend) wurde zugunsten eines dichteren „Aufnahmenetzes“ auf 4 km reduziert. Entlang eines Nord-Süd verlaufenden Transekts (insgesamt 8 km) wurden an allen Schnittpunkten mit potentiellen Standorten von Ackerwildkräutern (z.B. Ackerrandstreifen, Straßenbegleitgrün, Grünflächen auf Wegen, etc.) insgesamt 188 Vegetationsaufnahmen durchgeführt und alle vorkommenden Pflanzenarten mit besonderem Augenmerk auf Ackerwildkräuter festgehalten. Zusätzlich wurden noch 135 Aufnahmen an offensichtlich artenreichen Stellen durchgeführt. Die Fundpunkte aller Arten wurden in Distanzklassen (bis 0,5, bis 2 und bis 4 km) eingeteilt, um so einen eventuell entfernungsbedingten Einfluss des Vorkommens der Arten erfassen zu können. Die Aufnahmen wurden während der Vegetationsperioden 2007 und 2008 durchgeführt. Das Arteninventar der Umgebung wurde anschließend mit jenem aus den Versuchsfeldern in Rutzendorf verglichen, wobei in Rutzendorf Arten aller Untersuchungsjahre (2003, 2004, 2005, 2007 und 2008) für den Vergleich herangezogen wurden. Die Zusammenhänge wurden mittels eines binären Ähnlichkeitsmaßes, dem Jaccard-Index (Jaccard. 1908) ausgewertet, wobei alle paarweisen Kombinationen aus Artenvorkommen der aktuellen Vegetation auf den Kleinparzellen, Arten der Diasporenbank auf den Kleinparzellen und Arten der jeweiligen Distanzklassen untersucht wurden. Ein Jaccard-Index von eins bedeutet, eine 100 %ige Übereinstimmung der Artenausstattung der beiden untersuchten Einheiten.

## 8.6 Ergebnisse und Diskussion

### 8.6.1 Aktuelle Vegetation

Die Gesamtartenzahl aller Untersuchungsflächen gemeinsam schwankt zwischen 37 Arten im Jahr 2005 und 53 Arten im Jahr 2004 (im Untersuchungszeitraum 2003 bis 2008). Im Vergleich zum konventionell bewirtschafteten Schlag SK ist zwar ein deutlich höheres Artenaufkommen zu verzeichnen, auf den biologischen Versuchsflächen selbst lässt sich jedoch keine kontinuierliche Diversitätssteigerung über die Jahre erkennen. Auch wenn in den meisten Untersuchungen eine Steigerung der Artenvielfalt durch biologische Bewirtschaftung festgestellt wurde (Hole et al., 2005), gibt es auch Studien die diese Auswirkung nicht bestätigen konnten (Weibull et al., 2003; Lundkvist et al., 2008). Zur sicheren Beurteilung der Situation in Rutzendorf scheinen jedenfalls weitere Jahre des Monitoring notwendig. Die Schwankungen der Gesamtartenzahl zwischen den einzelnen Jahren sind am wahrscheinlichsten durch klimatische Bedingungen (vgl. Lundkvist et al., 2008) und dem Mischungsverhältnis der angebauten Kulturarten im Untersuchungsgebiet zu erklären. Unter Luzerne und Erbse können die meisten Arten gefunden werden (Abbildung 56), weshalb auch in Jahren in denen auf vielen Flächen diese Früchte angebaut worden sind die Artenzahlen hoch sind.

Die häufigsten Ackerunkräuter der Kleinparzellen sind der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*), Windenknöterich (*Fallopia convolvulus*), Grünähren Fuchsschwanz (*Amaranthus powellii*), Vogelknöterich (*Polygonum aviculare*) und Vogelmiere (*Stellaria media*).

Generell sind die Artenzahlen und die für die Praxis interessanteren Deckungswerte der Ackerwildkräuter sehr gering. Die höchsten Deckungen zeigen sich unter Erbse (S2, 3 – 2008; S7 – 2003), Luzerne - hier vor allem im 2.Anbaujahr (S2 – 2003, S3, 6 – 2004, S4 – 2008) - und Mais (S1 – 2008) (Abbildung 56). Unter Luzerne dürfte vor allem die geringe Bodenbearbeitung, unter Erbse und Mais die geringe Frühjahrsdeckung der Kulturarten das Aufkommen der Ackerwildkräuter begünstigen (Sean et al., 1999; Lundkvist et al., 2008). Nach einem Jahr mit hohen Artenzahlen und hohen Deckungswerten fallen die Werte im Folgejahr wieder rapide ab, woraus ein geringer Einfluss auf die Kulturarten abgeleitet werden kann.

		S1M	S2M	S3M	S4M	S5M	S6M	S7M	S8M	SK	
2008		Mais	Erbse	Erbse	Luzerne	Luzerne	Wi-Weizen	Wi-Weizen	So-Gerste	Kartoffel	
	Frühjahr	Frucht	+	30	25	65	35	50	50	40	0
		Beikraut	+	+	+	85	+	+	+	+	0
	Sommer	Frucht	70	65	75	100	100	95	95	75	95
Beikraut		10	10	10	5	1	+	+	3	0	
2007		Wi-Weizen	Wi-Roggen	So-Gerste	Luzerne	So-Gerste	Erbse	Luzerne	Mais	Wi-Durum	
	Frühjahr	Frucht	60	60	10	65	50	5	95	k.A.	100
		Beikraut	1	+	+	20	r	+	4	k.A.	0
	Sommer	Frucht	65	55	55	90	70	85	70	46	100
Beikraut		+	+	1	3	+	5	1	5	0	
2006		Luzerne	So-Blume	Mais	So-Gerste	Wi-Weizen	Triticale	Luzerne	Wi-Weizen	Zwiebel	
	Keine Aufnahmen										
2005		Luzerne	Wi-Weizen	Wi-Weizen	Wi-Roggen	Wi-Weizen	Wi-Weizen	Triticale	Luzerne	Wi-Weizen	
	Frühjahr	Frucht	60	75	80	80	75	50	70	70	80
		Beikraut	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Sommer	Frucht	85	70	80	75	75	65	70	75	100
Beikraut		3	+	+	1	1	1	3	3	r	
2004		W-Gerste	Luzerne	Luzerne	Wi-Weizen	Luzerne	Luzerne	Wi-Roggen	Luzerne	Rübe	
	Frühjahr	Frucht	85	85	85	75	90	85	80	95	5
		Beikraut	+	2	20	1	3	10	1	1	0
	Sommer	Frucht	70	100	90	75	100	100	80	99	60
Beikraut		1	10	15	3	5	10	1	1	0	
2003		So-Gerste	Luzerne	Luzerne	Erbse	Luzerne	Luzerne	Erbse	Triticale	Hartweizen	
	Sommer	Frucht	65	80	50	95	100	100	65	75	100
		Beikraut	1	25	5	3	1	1	20	1	0

**Abbildung 56: Deckungswerte der Kulturarten und Ackerwildkräuter in den Untersuchungsjahren in Prozent nach Schmidt (1974).** +: mehrere Individuen aber Deckung <0,5 %.

Die Düngungsvarianten zeigen bislang keinen direkten Einfluss auf das Aufkommen der Ackerwildkräuter, wobei bedacht werden muss, dass auf allen Flächen (mit Ausnahme der Kleinparzellenversuche S1M und S6M) erst jeweils einmal gedüngt worden ist. Auch der Einfluss der blütenreichen Ackerrandstreifen ist, zumindest im Schlaginneren wo die Kleinparzellenversuche angelegt sind, äußerst gering: Es konnten nur sehr sporadisch Arten die mit ziemlicher Sicherheit von den Ackerrandstreifen eingeflogen sind, erfasst werden.

## 8.6.2 Diasporenbank

Es zeigt sich ein starker Gleichlauf mit der Oberflächenvegetation (vgl. Abbildung 56, 57 und 58). Die Diasporenmengen im Boden sind ebenfalls sehr gering und entsprechen eher Werten konventionell bewirtschafteter Flächen (vgl. Lacko-Bartošová et al., 2000; Albrecht, 2005) und zeigen einen deutlichen Zusammenhang mit der Kulturart. Unter Kulturarten, hier vor allem Erbse und Luzerne, unter welchen sich die Ackerwildkrautarten ausbreiten konnten, verzeichnen auch, die Diasporenmengen einen Anstieg. So sind vor allem auf den Schlägen S2, S3 und S6 im Jahr 2004 sowie S4 im Jahr 2008, in welchen das zweite Jahr nacheinander Luzerne stand, die Diasporenmengen deutlich angestiegen (Abbildung 57 und 58). Am Schlag S5 ist diese Entwicklung im gleichen Jahr nur sehr gering ausgeprägt, was durch die sehr niedrige Ausgangsmenge an Diasporen aus dem Jahr 2003 zu erklären ist. Deutlich ist weiters der Anstieg der Artenzahlen auf den Schlägen S6 im Jahr 2007 und S3 im Jahr 2008 (Abbildung 57 und 58), wo sich die geringe Frühjahrsdeckung unter der Kulturart Erbse positiv auf Diasporenmenge auswirken dürfte. Sehr deutlich ist, dass selbst nach einem Anstieg der Diasporenmengen, diese im Folgejahr bei entsprechender Kulturart (Getreide) wieder rasch abnehmen. Ein kontinuierlicher Anstieg der Diasporenmengen durch die biologische Bewirtschaftung kann aus den momentanen Ergebnissen nicht abgelesen werden. Es kann jedoch deutlich gesehen werden, dass die Entwicklung der Diasporenbank, vorwiegend in Abhängigkeit der Kulturart, großen Schwankungen unterlegen ist und daher tatsächliche Entwicklungstrends erst nach weiteren Jahren kontinuierlicher Beobachtungen erkannt werden können.

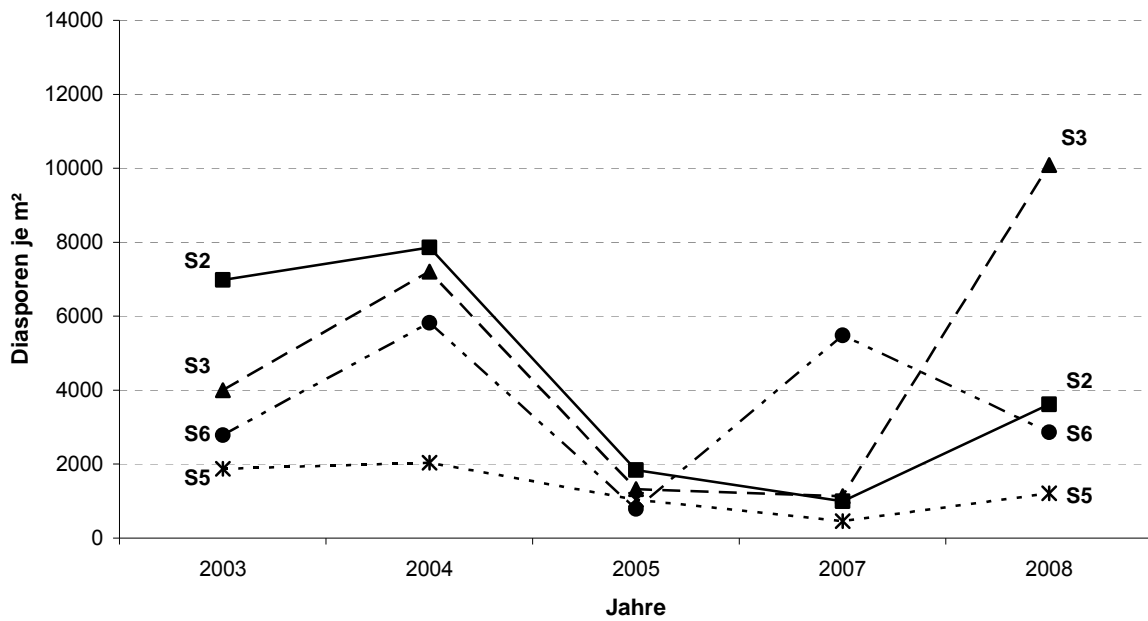


Abbildung 57: Entwicklung der Diasporenmengen im Laufe der Untersuchungsjahre A). 2006 wurden keine Erhebungen durchgeführt.

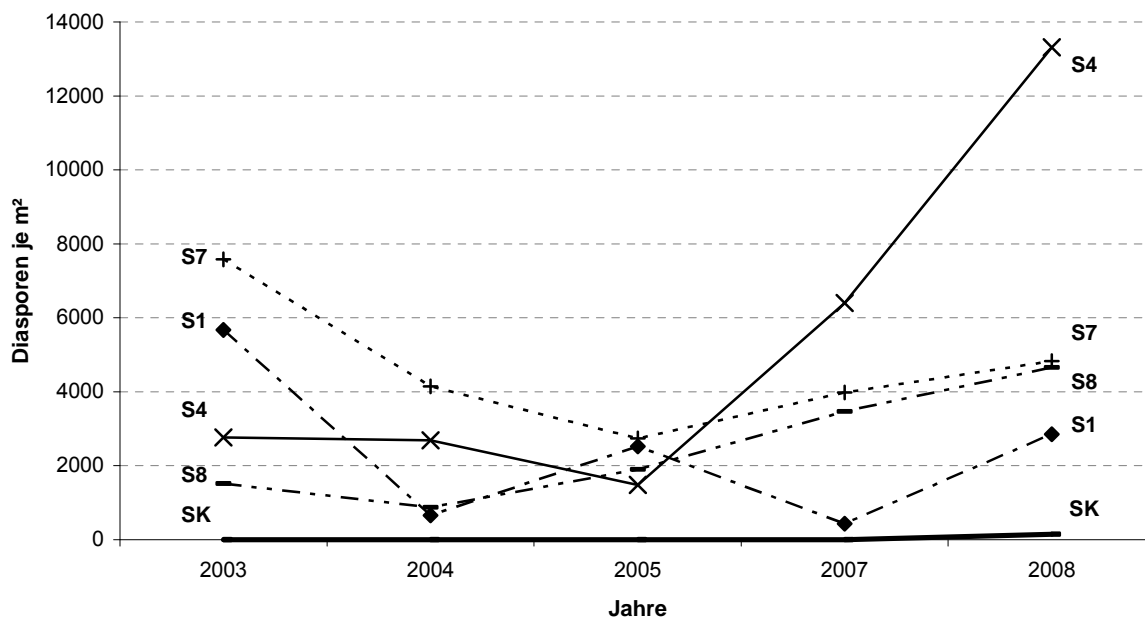


Abbildung 58: Entwicklung der Diasporenmengen im Laufe der Untersuchungsjahre (B). 2006 wurden keine Erhebungen durchgeführt.

### 8.6.3 Umgebungskartierung

Zu den 97 aus den Parzellenversuchen erfassten Pflanzenarten konnten in 323 Aufnahmen noch 226 weitere Arten in der Umgebung erfasst werden.

Die geringe Übereinstimmung des Artenpools (geringer Jaccard-Index) der Aktuellen Vegetation der Parzellen (AV) und der übrigen Fläche des Biobetriebs Rutzendorf zeigt, dass die Ackerwildkräuter auf den Schlägen (Kleinparzellen) eine sehr spezifische Zusammensetzung aufweisen (Tabelle 21). Weiters kommt hinzu, dass auf den Schläge selbst fast ausschließlich Segetalarten vorkommen, während im Artenpool der anderen Aufnahmen, die ja nur selten direkt in Ackerflächen durchgeführt wurden, auch Arten anderer Gruppen vorkommen. Dies bestätigt auch die Tatsache, dass das Artenspektrum „Rutz“ zu jenem der Umgebung ähnlicher ist als zu jenem der Kleinparzellen (höhere Jaccard-Indizes). Die Zunahme der vorkommenden und auch der gemeinsamen Arten mit zunehmender Distanz von den Versuchsflächen ist methodisch begründet, da die Untersuchungsräume bei ähnlichen Radien nach außen hin größer werden. Die Jaccard-Indizes bleiben jedoch gleich niedrig!

Die Ähnlichkeit zwischen der Diasporenbank (DS) und der Aktuellen Vegetation ist generell gering weil einerseits die Diasporenbank sehr artenarm ist (vgl. 8.6.2) und andererseits nicht alle Arten einen Diasporenvorrat anlegen. Sie ist jedoch innerhalb der Versuchsflächen (DS – AV) deutlich größer als zwischen der Diasporenbank und der Aktuellen Vegetation der Umgebung, was auf den Einfluss der unmittelbar darüber wachsenden Vegetation schließen lässt. Mit dem Gewöhnlichen Greiskraut (*Senecio vulgaris*) und der Blutfingerhirse (*Digitaria sanguinalis*) konnten auch nur zwei Arten gefunden werden die in der Diasporenbank vorhanden waren und nicht direkt auf den Parzellenflächen am Biobetrieb Rutzendorf vorkamen. Ein die Diasporenbank auf den Versuchsflächen verändernder Einfluss durch die Umgebungsvegetation, d.h. eine Zuwanderung von Arten aus der Umgebung, scheint somit äußerst unwahrscheinlich.

Die Ackerwildkrautvegetation des Biobetriebs Rutzendorf reiht sich nahtlos ins Gesamtbild des umgebenden Marchfeldes ein, was durch die verhältnismäßig hohen Ähnlichkeitsmaße sichtbar wird. Die blütenreichen Ökostreifen innerhalb der Flächen des Biobetriebs steigern mit Sicherheit die Diversität innerhalb des Betriebes, zeigen aber noch keinen Einfluss nach „Außen“, welcher durch eine Abnahme der Ähnlichkeit mit Zunahme der Distanz von Rutzendorf ersichtlich werden müsste. Auch hier wäre ein weiteres Monitoring über einen längeren Zeitraum erstrebenswert.

**Tabelle 21: Ähnlichkeit des Arteninventars auf den Parzellenversuchen und der Umgebung**

(AV- Aktuelle/Oberflächliche Vegetation aller Parzellenversuche gemeinsam, DS – Diasporenbank, Rutz – Aufnahmen innerhalb des Biobetriebs Rutzendorf aber außerhalb der Parzellenversuche, 500 Distanzklasse bis 500 m, 2000 – Distanzklasse 500 bis 2000 m, 4000 – Distanzklasse 2000 bis 4000 m, Jaccard-Index – 1: 100 % Übereinstimmung des Artenvorkommens)

	AV - Rutz	AV - 500	AV - 2000	AV - 4000
vorkommende Arten	146	119	182	199
gemeinsame Arten	39	29	46	52
Jaccard-Index	0,27	0,24	0,25	0,26

	DS - AV	DS - Rutz	DS - 500	DS - 2000	DS - 4000
vorkommende Arten	97	127	93	165	187
gemeinsame Arten	24	17	14	22	23
Jaccard-Index	0,30	0,13	0,15	0,13	0,12

	Rutz - 500	Rutz - 2000	Rutz - 4000	500 - 2000	500 - 4000	2000 - 4000
vorkommende Arten	123	174	195	15	174	208
gemeinsame Arten	48	77	79	59	63	109
Jaccard-Index	0,39	0,44	0,41	0,38	0,36	0,52

## 8.7 Schlussfolgerungen

- Trotz biologischer Bewirtschaftung ist der Beikrautdruck gering (meist  $\leq 10$  % Deckung).
- Unter zweijähriger Luzerne (geringe Bodenbearbeitung) und unter Erbse (geringe Frühjahrsdeckung) kommen die meisten Ackerwildkräuter auf – diese vorübergehende Erhöhung stellt in nachfolgenden Kulturen, entsprechend der Fruchtfolge, kein Problem dar.
- Die Düngungsvarianten zeigen im ersten Jahr nach der Düngung keine unterschiedlichen Auswirkungen auf die Oberflächenvegetation oder Diasporenbank – eine Fortdauer der Untersuchungen ist aber jedenfalls erforderlich um diese Kernfrage des Teilprojekts besser beurteilen zu können.
- Die Diasporenmengen im Boden sind generell gering (max. 13500 m<sup>-2</sup>) und zeigen eine mit der Kulturart bzw. Oberflächenvegetation korrelierende Schwankung.
- Die Umgebungsvegetation ist relativ ähnlich zur Vegetation am Biobetrieb Rutzendorf, wodurch auch kein verändernder Einfluss der Umgebung auf die Ackerwildkrautflora innerhalb der Versuchsfelder angenommen werden kann.

## 8.8 Literaturverzeichnis

- Albrecht, H. (2005): Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Research* 45, 339-350.
- Bernhardt, K.-G. (1991): Die Samenbank und ihre Anwendung im Naturschutz. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 20, 883-892.
- Bernhardt, K.-G. (1996): Möglichkeiten des Naturschutzes für den Erhalt von Genressourcen. *Zeitschrift für Genressourcen* 2, 114-129.
- Bernhardt, K.-G.; Hurka, H. (1989): Dynamik des Samenspeichers in einigen mediterranen Kulturböden. *Weed Research* 29, 247-254.
- Braun-Blanquet, J. (1964): *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Aufl. Wien: Springer.
- Champness, S. S. (1949): Note on the technique of sampling soil to determine the content of buried viable seeds. *Grass and Forage Science* 4, 115-115.
- Fischer, A.; Bernhardt, K.-G. (1993): Untersuchungen zur Vegetation und zum Diasporenvorrat von Ackerrandstreifen und konventionell genutzten Ackerinneren. In: Bernhardt, K.-G., Hurka, H., Poschlod, P. (Hrsg.): *Biologie semiaquatischer Lebensräume*. Solingen, 75-85.
- Friebe, B. (1990): Bedeutung des organischen Landbaus für den Erhalt von Ackerwildkräutern. *Natur und Landschaft* 65, 379-382.
- Hole, D. G.; Perkins, A. J.; Wilson, J. D. et al. (2005): Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122, 113-130.
- Jaccard, P. (1908): Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la Société Voudoise de Sciences Naturelles* 44, 223-370.
- Jensen, H. A. (1969): Content of buried seeds in arable soil in Denmark and its relation to the weed population. *Dansk Botanisk Archiv* 27, 1-57.
- Kiefer, S.; Poschlod, P. (1996): Restoration of fallow or afforested calcareous grasslands by clear-cutting. In: Settele, J., Margules, C., Poschlod, P., Henle, K. (Hrsg.): *Species survival in fragmented landscapes*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 209-218.
- König, W.; Sunkel, R.; Necker, U. et al. (1989): Alternativer und Konventioneller Landbau - Vergleichsuntersuchungen von Ackerflächen auf Lößstandorten im Rheinland. *Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen* 11, 1-186.
- Kropác, Z. (1966): Estimation of weed seeds in arable soil. *Pedobiologia* 6, 105-128.
- Lacko-Bartošová, M.; Minár, M.; Vranovská, Z.; Štrasser, D. (2000): Weed seed bank in ecological and integrated farming system. *Rostlinná Výroba* 46, 319-324.
- Londo, G. (1975): Information über Struktur, Dynamik und ihr Zusammenhang durch Dauerquadrat-Untersuchungen. In: Schmidt, W. (Hrsg.): *Sukzessionsforschung*. Vaduz: Cramer, 89-105.
- Lundkvist, A.; Salomonsson, L.; Karlsson, L.; Dock Gustavsson, A. (2008): Effects of organic farming on weed flora composition in a long term perspective. *European Journal of Agronomy* 28, 570-578.
- Rasmussen, I. A.; Askegaard, M.; Olesen, J. E.; Kristensen, K. (2006): Effects on weeds of management in newly converted organic crop rotations in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113, 184-195.
- Schmidt, W. (1974): Die vegetationskundliche Untersuchung von Dauerprobeflächen. *Mitteilungen der floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft* 17, 103-106.
- Sean, C.; Klonsky, K.; Livingstone, P.; Temple, S. T. (1999): Crop yield and economic comparisons of organic, low-input, and conventional farming systems in California's Sacramento Valley. *American Journal of Alternative Agriculture* 14, 109-121.
- Weibull, A.-C.; Östmann, Ö.; Granqvist, A. (2003): Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and fram management. *Biodiversity and Conservation* 12, 1335-1355.



## **9 TEILPROJEKT 9: AVIFAUNA**

### **Titel: Avifaunistische Analyse und Bewertung der agrarökologischen Situation des Biobetriebes Rutzendorf: Dokumentation der Auswirkungen des Biologischen Landbaues sowie agrarökologischer Begleitmaßnahmen auf die Brutvogelfauna**

Bearbeiter: U. Straka (Teilprojektleiter) & A. S. Reiter  
Institut für Zoologie, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU Wien.

#### **9.1 Zusammenfassung / Summary**

Bei einer in den Brutperioden 2006-2008 im Projektgebiet Rutzendorf durchgeführten flächendeckenden Revierkartierung wurde eine verarmte Brutvogelfauna mit Feldlerche und Fasan als dominante Arten festgestellt. Artenzahl und Individuenzahl der Brutvögel haben seit Projektbeginn im Jahre 2003 deutlich zugenommen. Die Bedeutung der verschiedenen Ackerkulturen sowie der nicht ackerbaulich genutzten Landschaftselemente für die Brutvogelfauna wird dargestellt und diskutiert.

In 2006-2008 the territories of breeding birds in the research area Rutzendorf were censused using the mapping method. The impoverished breeding bird community was dominated by skylark and pheasant. Diversity and abundance of breeding birds reached higher numbers than at the beginning of the project in 2003. The significance of different crops and agro-ecologically important landscape elements is presented and discussed.

#### **9.2 Einleitung**

Die Mehrzahl der eng an landwirtschaftlich genutzte Lebensräume gebundenen Vogelarten zeigt in den letzten Jahrzehnten auffallende Bestandsrückgänge, die mit 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 (vgl. Hötker 2004, Albrecht et al. 2008).

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, Bengtson et al. 2005) 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.

#### **9.3 Thema und Ziele der Arbeit**

Thema der vorliegenden Arbeit ist die Erfassung der Brutvogelfauna des Projektgebietes in Rutzendorf. 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.

## **9.4 Herleitung der Arbeitshypothesen**

Die Brutvogelfauna von Agrarflächen ist artenarm, aber sehr charakteristisch. Wichtige bestimmende Faktoren sind, die Artenzusammensetzung, Dominanzstruktur und Siedlungsdichte, 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 und anderen 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.

## **9.5 Material und Methoden**

### **9.5.1 Untersuchungsgebiet**

Das Untersuchungsgebiet umfasst flächenmäßig das Projektgebiet des Biobetriebes Rutzendorf (ackerbaulich genutzte Fläche 143,2 ha) inklusive der darin eingeschlossenen konventionellen Ackerfläche der AGES (= Österr. Agentur f. Gesundheit und Ernährungssicherheit) Fläche (2 ha) sowie der nicht ackerbaulich genutzten Sonderflächen (Hecken, Feldwege). Ergänzend wurde bei den Kartierungen auch die nördlich angrenzende Schottergrube (25 ha) berücksichtigt. Da für diese Fläche keine Betretungsbewilligung vorlag, konnten jedoch hier nur die Randbereiche begangen werden.

### **9.5.2 Ornithologische Kartierung und Auswertung**

Im Untersuchungszeitraum 2006 - 2008 wurde entsprechend den Untersuchungen früherer Jahre (Straka & Reiter 2006) durch Anton Stefan Reiter eine flächendeckende Erhebung der Brutvogelfauna durchgeführt. Die angewandte Methode entsprach den allgemeinen Richtlinien für ornithologische Revierkartierungen (Bibby et al. 1995). Zwischen Anfang April und Ende Juli erfolgten jährlich 10 Kartierungen. 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 ortsnahe Baumhecke wurde wegen der deutlich abweichenden, durch die Siedlungsnähe geprägten Avifauna nicht in die Kartierung miteinbezogen.

## 9.6 Ergebnisse und Diskussion

Von den während der Kartierungen in den Brutperioden 2006 - 2008 im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet des Biobetriebes Rutzendorf einschließlich der nördlich angrenzenden Schottergrube) insgesamt beobachteten 92 Vogelarten (außerdem Großtrappe und Regenbrachvogel zusätzlich in der nahen Umgebung) traten 21 Arten im Projektgebiet auch als Brutvögel auf. Zum Vergleich wurden in der angrenzenden Schottergrube (ca. 25 ha) 25 Arten als Brutvögel eingestuft (Tabelle 24, im Anhang). Sowohl die Anzahl der im Projektgebiet brütenden Vogelarten als auch die Anzahl der Brutreviere hat seit Projektbeginn im Jahre 2003 deutlich zugenommen (Tabelle 2, Abbildung 59).

**Tabelle 22: Häufigkeit (Anzahl der Reviere) und ökologische Charakterisierung der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005 - 2008.** Ökologische Gruppe: Charakterarten der offenen Feldflur (O), Charakterarten der halboffenen mit Gehölzen durchsetzten Kulturlandschaft (WO). Charakterarten von Wäldern (W).

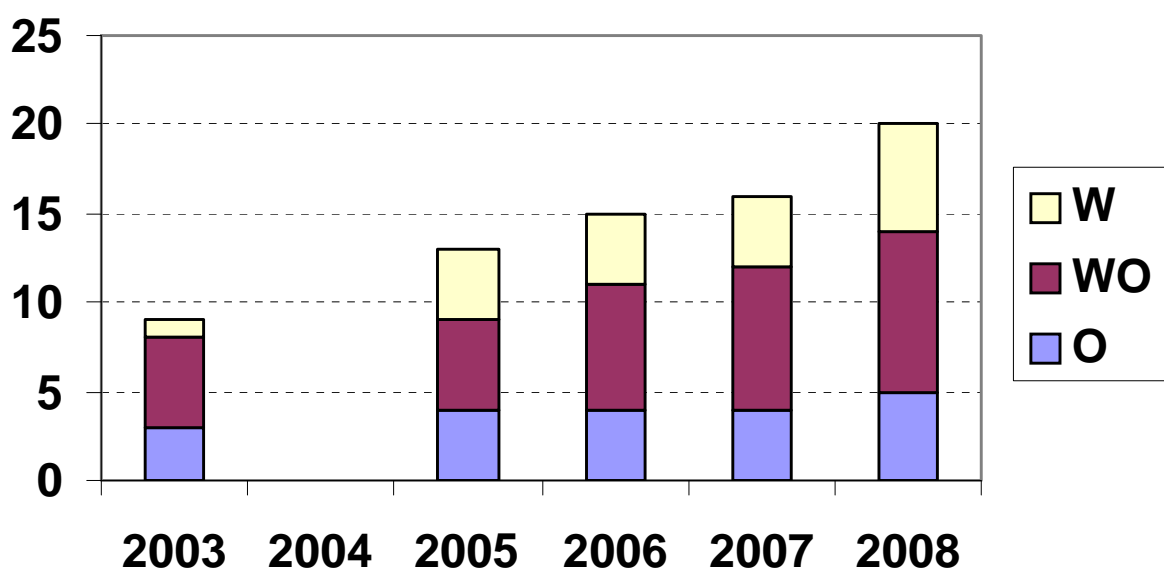
Vogelart	Ökologische Gruppe	Anzahl der Reviere 2003	Anzahl der Reviere 2005	Anzahl der Reviere 2006	Anzahl der Reviere 2007	Anzahl der Reviere 2008
Turmfalke	WO	1-2	1-3	1-3	1-3	1-3
Kiebitz	O	0	1	0	0-1	2-3
Rebhuhn	O	2-4	3	3	5-6	10
Wachtel	O	4-7	6-7	6-7	5-6	5
Fasan	WO	26-27	28-29	38	28	42-43
Ringeltaube	WO	3-5	3	2-3	3	2
Turteltaube	WO	0	1	1	1	1
Waldohreule	WO	1-2	0	0	0	1
Feldlerche	O	40	46-48	53-58	52-55	52-54
Amsel	W	0	0	0	0	1
Singdrossel	W	0	0	0	0	1
Nachtigall	W	0	1	0	0	0
Mönchsgrasmücke	W	4	6	7	6	6
Dorngrasmücke	W	0	4	5	4	3-4
Sumpfrohrsänger	O	0	0	1	0	0
Kohlmeise	W	0	2	3	2-3	3
Buchfink	W	0	0	1	1	1
Grünling	WO	0	0	1	2	1
Feldsperling	WO	0	0	1	1	1
Grauammer	O	0	0	0	0	1
Elster	WO	3-5	2-5	3-6	3-6	4-7
Aaskrähe	WO	0	0	0	1	1
<b>Summe</b>	-	<b>84-96</b>	<b>104-113</b>	<b>126-138</b>	<b>115-127</b>	<b>139-149</b>

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 Feldlerche, Wachtel, Rebhuhn und Kiebitz sowie im Jahr 2008 auch die Grauammer 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 et al. (2006) umfaßte der Gesamtbestand für 2006 im Marchfeld nur noch 1m 4 w), die nach eigenen Beobachtungen noch bis Anfang der 90erJahre im Projektgebiet regelmäßig auftrat (Anlage der Windschutzhecken 1989; letzter Bruthinweis: Junge führende Henne im Juni 1991 auf den Neurissen), konnte im Beobachtungszeitraum nur in der offenen Feldflur nördlich des Untersuchungsgebietes angetroffen werden (A. S. Reiter, 1 Weibchen 31.7.07).

## Artenzahl Brutvögel



**Abbildung 59: Artenzahl der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005 - 2008.** Ökologische Gruppe: Charakterarten der offenen Feldflur (O), Charakterarten der halboffenen mit Gehölzen durchsetzten Kulturlandschaft (WO). Charakterarten von Wäldern (W).

Die Feldlerche ist als Charakterart von Ackerlebensräumen jene Vogelart von der aufgrund ihrer Häufigkeit 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 des 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.

Die Feldlerche als häufigster Brutvogel des Projektgebietes war im Zeitraum 2006 - 2008 mit 54 - 58 Revieren (3,7 - 4,0 Rev./10 ha bezogen auf die Ackerfläche von 145,2 ha) deutlich häufiger als in den Jahren 2003 und 2005 (40 bzw. 48 Reviere, 2,8 bzw. 3.3 Rev./10 ha). Bei einem Vergleich mit Siedlungsdichtewerten aus anderen Untersuchungen, wie z. B. langjährigen Vergleichswerten (Straka 1992) aus einem Ackerbaugebiet mit konventioneller Bewirtschaftung im südlichen Weinviertel (1985 - 1991 zwischen 3,3 und 4,7 Rev./10 ha, Mittel 3,9 Rev. 10/ha), 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).

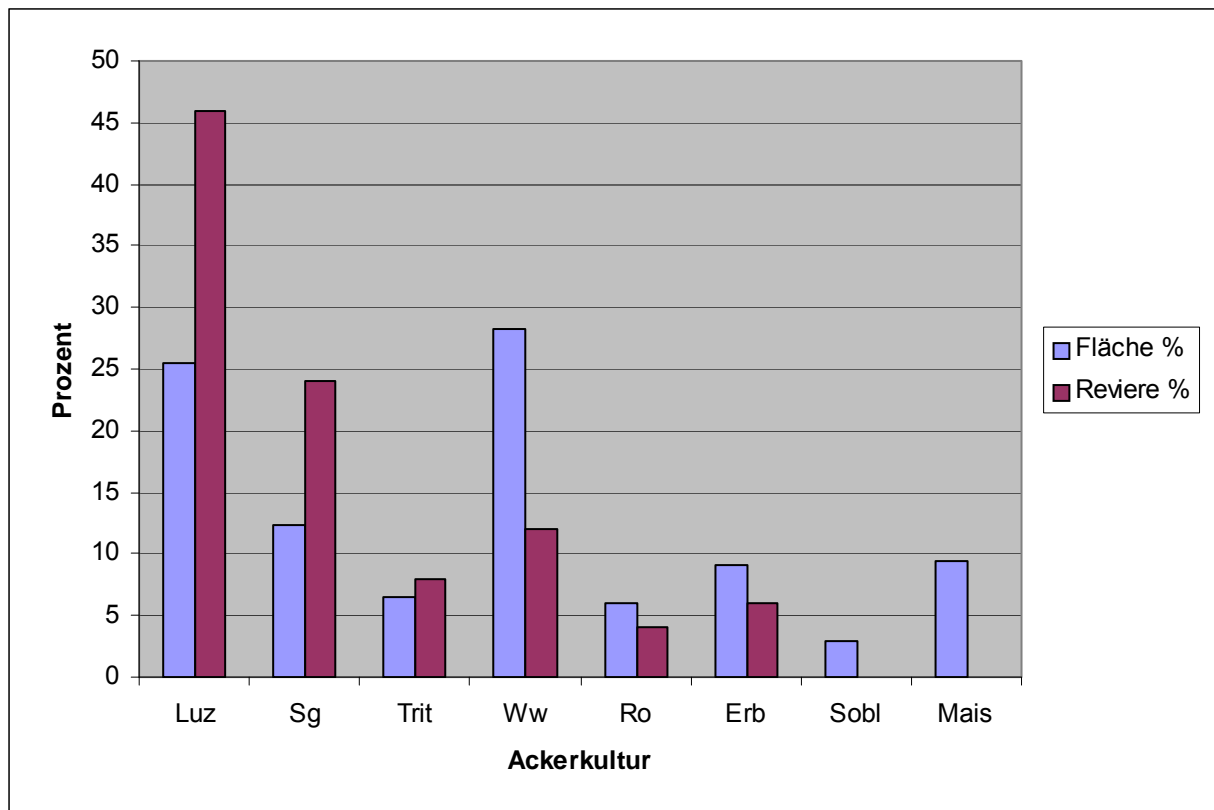
Die Häufigkeit zeigte auf einzelnen Teilflächen des Projektgebietes starke Unterschiede, die sich neben der Art der Ackerkultur vor allem auf strukturelle Unterschiede (Schlaggröße, Randeinflüsse durch Gehölze) zurückführen ließen (Tabelle 25 im Anhang). Die am dichtesten besiedelten Teilflächen waren die Alten Neurisse II mit maximal 7,8 Rev./10 ha (Luzerne) und das Kapellenfeld mit maximal 6,4 Rev. /10 h (Luzerne). Hingegen wurde auf der Johannisbreite II ein Höchstwert von 3,9 Rev. /10 ha (Erbsen) ermittelt. Diese rundum von Gehölzen umgebene Fläche dürfte für die Feldlerche als Offenlandbewohner nur suboptimale Habitatbedingungen aufweisen.

Mehrjährige Untersuchungen einzelner Ackerflächen bieten gute Möglichkeiten die unterschiedliche Eignung einzelner Ackerkulturen als Lebensraum für die Feldlerche zu beurteilen. In Tabelle 23 wurden jene vier Ackerschläge ausgewählt, die im Zeitraum 2005 - 2008 zumindest einmal mit Luzerne bestockt waren und die auf Grund ihrer Größe einem vergleichsweise geringen Einfluss durch angrenzende Kulturen oder Sonderstrukturen unterliegen. Die höchsten Abundanzwerte der Feldlerche wurden bei Bewirtschaftung mit Luzerne ermittelt, wobei Luzerneflächen im zweiten Jahr durchschnittlich dichter besiedelt waren als Luzerneflächen im ersten Jahr. Hohe Siedlungsdichten wurden auch bei Bewirtschaftung mit Sommergerste ermittelt, allerdings ist diese Kultur im Gegensatz zur Luzerne durch die jahreszeitlich späte Vegetationsentwicklung und eine flächendeckende Bestandespflege im April und Mai erst für Zweitbruten geeignet. Deutlich geringer sind die im Wintergetreide festgestellten Feldlerchendichten. Außerdem sind in diesen Kulturen durch die flächendeckende Bestandespflege im April und Mai wie bei der Sommergerste erfolgreiche Erstbruten der Feldlerche kaum möglich. Im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung (z. B. Straka 1992) ermöglicht die geringere Wuchsdichte von „biologischem“ Getreide zwar eine Besiedlung dieser Flächen auch zur Zweitbrut, jedoch wird hier ebenfalls ein Teil der Reviere bei fortschreitender Vegetationsentwicklung aufgegeben (vgl. Anhang Tabelle 25 z. B. Johannisbreite II im Jahr 2005, Junge Neurisse im Jahr 2006, Kapellenfeld im Jahr 2006).

**Tabelle 23: Abundanz der Feldlerche (Reviere/10 ha) auf ausgewählten Ackerschlägen (Nr. 1 und 4 je 17 ha, Nr. 7 und 8 je 18 ha) im Projektgebiet Rutzendorf bei unterschiedlicher Bewirtschaftung in den Jahren 2005 - 2008.** Sommergerste (Sg), Winterweizen (Ww), Triticale (Tri), Winterroggen (Wr), Luzerne im ersten bzw. zweiten Jahr (Luz 1, Luz 2)

Schlag Nr.	Mais	Sg	Ww	Tri	Wr	Luz 1	Luz 2
1	3,1	-	4,1	-	-	4,4	7,3
4	-	5,4	-	-	3,6	8,1	8,6
7	-	-	4,8	4,4	-	5,6	6,7
8	4,8	6,9	5,6	-	-	-	6,3
<b>Mittelwert</b>	<b>4,0</b>	<b>6,2</b>	<b>4,9</b>	<b>4,4</b>	<b>3,6</b>	<b>6,0</b>	<b>7,2</b>

Eine überdurchschnittliche Bedeutung der Luzerneflächen für die Ackerbrüter des Projektgebietes zeichnet sich auch bei der Wachtel ab, die im Projektgebiet alljährlich mit 5 - 7 Revieren (3,4 - 4,8 Rev./100 ha) auftrat. In den Jahren 2005 - 2007 waren durchschnittlich 25 % der Ackerfläche im Projektgebiet mit Luzerne bestockt. Von den in diesem Zeitraum insgesamt 25 festgestellten Wachtelrevieren befanden sich 46 % in Luzerneflächen. Auch Sommergerste wurde überdurchschnittlich genutzt (Abbildung 60). In Agrargebieten Norddeutschlands zeigten Wachteln eine Bevorzugung von Brachflächen sowie eine Bevorzugung biologisch bewirtschafteter gegenüber konventionell bewirtschafteten Ackerflächen, bevorzugte Ackerkulturen waren in dieser Untersuchung Luzerne und Sommergerste (Hermann and Dassow 2006).



**Abbildung 60: Flächenanteil verschiedener Ackerkulturen und Verteilung der Wachtelreviere (rufende Männchen, n = 25) auf die einzelnen Ackerkulturen im Projektgebiet Rutzendorf im Untersuchungszeitraum 2005 - 2008.** Luzerne (Luz), Sommergerste (Sg), Triticale (Tri), Winterweizen (Ww), Roggen (Ro), Erbsen (Erb), Sonnenblumen (Sobl), Mais (Mais).

Vom Kiebitz liegen aus dem Projektgebiet nur Bruthinweise von Luzerneflächen vor. Im Jahr 2008 wurden auf den Flächen Alte Neurisse II (24,2 ha Luzerne) neben 2 - 3 Kiebitzrevieren auch ein Revier der Grauammer festgestellt.

Der Brutbestand des Rebhuhns nahm von drei Brutpaaren (Bp.) im Jahr 2005 auf 10 Brutpaare im Jahr 2008 zu. Im Vergleich mit den anderen Ackerbrütern erfolgten Registrierungen vor allem im Randbereich der Ackerflächen bzw. bei den im Laufe des Projektes angelegten Ökostreifen. Die im Projektgebiet festgestellten Abundanzwerte (2 - 7 Bp./100ha) liegen deutlich über der durchschnittlich in Agrargebieten Ostösterreichs festgestellten Häufigkeit von < 1 Bp./100 ha (Dvorak et al. 1993).

Eine höhere Überlebensrate von Rebhuhnküken auf biologisch bewirtschafteten im Vergleich mit konventionell bewirtschafteten Ackerflächen, die sich auf ein höheres Angebot und bessere Nutzbarkeit von Insekten zurückführen ließ, konnte in einer Untersuchung in Norddeutschland nachgewiesen werden (Hermann and Fuchs 2006).

**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 mit Ausnahme der in wenigen Brutpaaren festgestellten Kleinvogelarten Grünling und Feldsperling 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 vor allem in den mehrreihigen Baumhecken des Projektgebietes (vgl. Tabelle 26, im Anhang). 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 trotz der beobachteten Bestandszunahme keine naturschutzfachlich indikatorische Bedeutung zu. Die Abundanz (19 – 30 Rev./100 ha) ist im Projektgebiet sehr hoch, (die Biomasse liegt weit über der aller übrigen hier brütenden Vogelarten).

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. Während von der Goldammer im Beobachtungszeitraum 2006 - 2008 keine einzige Beobachtung gelang, trat der Neuntöter zumindest als seltener Durchzügler auf. 2008 gelang auch ein Brutnachweis in der nördlich angrenzenden Schottergrube.

**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 zu Projektbeginn im Jahr 2003 einziger Vertreter dieser Gruppe siedelte die Mönchsgrasmücke, einer der weitest verbreiteten und häufigsten Waldvögel, in den mehrreihigen Baumhecken im Südteil des Projektgebietes. In den Jahren 2006 - 2008 traten zusätzlich Kohlmeise, Amsel, Singdrossel, Dorngrasmücke und Buchfink als Brutvögel auf (Tabelle 22, Tab 26 im Anhang).

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 des Projektgebietes sowie in mehreren Paaren in der nördlich angrenzenden Schottergrube nachgewiesen werden. Seit 2005 trat sie auch im Projektgebiet alljährlich mit 4 - 5 Brutrevieren auf. Von den insgesamt 17 festgestellten Revieren seit 2005 befanden sich 12 in den durch die Anlage begleitender Wildkrautstreifen aufgewerteten Hecken (Tabelle 26, im Anhang).

Trotz einer im Untersuchungszeitraum beobachteten positiven Bestandsentwicklung der in den Gehölzstreifen brütenden Vogelarten sind diese Landschaftselemente gegenwärtig überwiegend als arten- und individuenarm einzustufen (Tabelle 26 im Anhang). Eine Ausnahme bildet der Ost-West-verlaufende Gehölzstreifen (14 gegenüber 4 - 5 Brutvogel-Arten), der sich durch eine Reihe von Merkmalen, wie z.B. Einbindung alter Landschaftselemente (einzelne Altbäume, breiter vergraster Wegrain), vorgelagerte Einzelsträucher, Kreuzungspunkte mit anderen Gehölzstreifen oder Exposition, von den übrigen Gehölzstreifen unterscheidet.

## 9.7 Schlussfolgerungen

Die positiven Auswirkungen biologischer Landwirtschaft auf die Biodiversität und die Häufigkeit charakteristischer Tierarten der Ackerlandschaft wurden bereits in zahlreichen Untersuchungen belegt (vgl. Bengtsson et al 2005). Diese Ergebnisse basieren in der Regel auf dem Vergleich von biologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen in ein- bis zweijährigen Studien (z. B. Chamberlain et al 1998, 1999, Teufelbauer und Zuna-Kratky 2005, Wilson et al 1997). Über mehrere Jahre laufende Untersuchungen, welche die Entwicklung der Fauna auf biologisch bewirtschafteten Flächen dokumentieren, wurden hingegen bis jetzt nur selten durchgeführt.

Im Projektgebiet Rutzendorf zeigte die Brutvogelfauna gegenüber dem Projektbeginn im Jahre 2003 eine deutliche Zunahme der Artenzahl und Siedlungsdichte. Die Zahl der Brutvogelarten ist seit Projektbeginn von 9 auf 20 (+122 %) angestiegen. Die Abundanz der Feldlerche als häufigster Brutvogel der Ackerflächen war 2008 um mindestens ein Drittel höher als 2003.

Das Vorhandensein von Luzerne in der Fruchtfolge erwies sich für die charakteristischen Bodenbrüter der Agrarlandschaft als besonders wichtig. Daher sollten bei der Bewirtschaftung dieser Kultur neben pflanzenbaulichen auch naturschutzfachliche Aspekte verstärkt berücksichtigt werden. Das im Projektgebiet durchgeführte streifenweise Mulchen gewährleistet auch auf großen Ackerschlägen eine heterogene Vegetationsstruktur. jedoch sind nur bei ausreichend großem Abstand (5 - 7 Wochen) zwischen den Häckselterminen erfolgreiche Bruten möglich (vgl. Teufelbauer und Zuna-Kratky 2005, Fuchs and Saake 2006, Pietsch und Hrbek 2007)

Die Mehrzahl der in der Ackerlandschaft lebenden Vogelarten ist in hohem Maße von der Ausstattung mit nicht ackerbaulich genutzten Landschaftselementen abhängig. Im Projektgebiet wurden mit der Anlage gehölzbegleitender Wildkrautstreifen bereits erste Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt, die auch positive Auswirkungen auf die Brutvogelfauna zeigten. Vorschläge für weitere Verbesserungen liegen vor, wurden bis jetzt aber erst ansatzweise umgesetzt.



## 9.8 Literaturverzeichnis

- Albrecht, C., Th. Esser und B. Hille (2008): Wirksamkeit und Fördermöglichkeiten von Zusatzstrukturen in der Landwirtschaft als Beitrag zum Erhalt der Artenvielfalt. FNL 16, 1-78.
- Bauer, H. G. und P. Berthold (1996): Die Brutvögel Mitteleuropas, Bestand und Gefährdung. Aula Verlag, Wiesbaden.
- Bengtsson J., J. Ahnström and A. Weibull (2005): The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance. A meta- analysis. Journal of Applied Ecology 42, 261-269.
- 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., M. Dvorak, O. Samwald und W. Pfeifhofer (2006): Beobachtungen zu Frühjahrszug, Brutzeit und Herbstzug 2006 sowie Winter 2006/07 in Ostösterreich (Wien, Niederösterreich, Burgenland und in der Steiermark.. Vogelkd. Nachr. Ostösterr. 17, 12-69.
- 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.
- Fuchs, S. & B. Saacke (2006): Skylark *Alauda arvensis*. In: Flade, M., Plachter, H., Schmidt, R. and A. Werner: Nature conservation in agricultural ecosystems: Results of the Schorfheide-Chorin Research Project, Wiebelsheim (Quelle & Meyer). 203-215.
- Hermann, M. & A. Dassow (2006): Quail *Coturnix coturnix*. In: Flade, M., Plachter, H., Schmidt, R., Werner, A.: Nature conservation in agricultural ecosystems: Results of the Schorfheide-Chorin Research Project, Wiebelsheim (Quelle & Meyer). 194-203.
- Hermann, M. & S. Fuchs (2006): Grey Partridge *Perdix perdix*. In: Flade, M., Plachter, H., Schmidt, R., Werner, A.: Nature conservation in agricultural ecosystems: Results of the Schorfheide-Chorin Research Project, Wiebelsheim (Quelle & Meyer). 183-194.
- Hötker, H. (2004): Vögel der Agrarlandschaft. Bestand, Gefährdung, Schutz. NABU Naturschutzbund Deutschland, 45 pp.
- O'Connor, R.J. and M. Shrub (1986): Farming and Birds,. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pietsch, G. und R. Hrbek (2007): Anpassung der Luzerne-Nutzungstermine, Schutz der Wildtiere. In: Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien und Bio Austria - Niederösterreich/Wien: Beiträge zur Weiterentwicklung des viehlosen biologischen Ackerbaus – Teil 2: 5-8, Eigenverlag.
- 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 Ackerbaugesamt 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 Ackerbaugesamt im südlichen Weinviertel im Jahr 1994. Vogelkd. Nachr. Ostösterr.6, 1-4.
- Straka, U. (1996): Verbreitung und Häufigkeit ausgewählter Kulturlandvögel in einem Ackerbaugesamt im südlichen Weinviertel (NÖ) im Jahre 1994. Vogelkd. Nachr. Ostösterr.7, 65-69.
- Straka, U. & A. S. Reiter (2006): Teilprojekt 10: Avifauna. Avifaunistische Analyse und Bewertung der agrarökologischen Ausgangssituation des Biobetriebes Rutzendorf und Dokumentation der Auswirkungen der Betriebsumstellung auf biologischen Landbau sowie agrarökologischer Begleitmaßnahmen. p 98-105. In: Freyer et al. (Hrsg.): Monitoring der Umstellung auf den biologischen Landbau (MUBIL), Abschlussbericht, Auftraggeber BMFUW. 156 pp.
- Teufelbauer, N. und Th. Zuna-Kratky (2005): Striegeln und Häckseln in der biologischen Landwirtschaft und die Auswirkungen auf die Feldlerche *Alauda arvensis* im zentralen Marchfeld. Distelverein – Forschungsprojekt im Auftrag des BMLFUW, 79 pp.
- 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.

## 9.9 Anhang

**Tabelle 24: Im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet Rutzendorf und nördlich angrenzende Schottergrube) in den Jahren 2006-2008 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> )	D	Rauchschwalbe ( <i>Hirundo rustica</i> )	NG, BU
Kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	D	Mehlschwalbe ( <i>Delichon urbica</i> )	NG, BU
Graureiher ( <i>Ardea cinerea</i> )	NG	Baumpieper ( <i>Anthus trivialis</i> )	D
Weißstorch ( <i>Ciconia ciconia</i> )	D	Wiesenpieper ( <i>Anthus pratensis</i> )	D
Stockente ( <i>Anas platyrhynchos</i> )	BS, NG	Schafstelze ( <i>Motacilla flava</i> )	D
Knäkente ( <i>Anas querquedula</i> )	D	Bachstelze ( <i>Motacilla alba</i> )	NG, BU
Löffelente ( <i>Anas clypeata</i> )	D	Rotkehlchen ( <i>Erithacus rubecula</i> )	D
Tafelente ( <i>Aythya ferina</i> )	D	Nachtigall ( <i>Luscinia megarhynchos</i> )	NG, BU,
Schwarzmilan ( <i>Milvus migrans</i> )	NG	Hausrotschwanz ( <i>Phoenicurus ochruros</i> )	NG, BU
Rotmilan ( <i>Milvus milvus</i> )	D	Schwarzkehlchen ( <i>Saxicola torquata</i> )	D
Rohrweihe ( <i>Circus aeruginosus</i> )	D, NG	Braunkehlchen ( <i>Saxicola rubetra</i> )	D
Kornweihe ( <i>Circus cyaneus</i> )	D	Steinschmätzer ( <i>Oenanthe oenanthe</i> )	D
Wiesenweihe ( <i>Circus pygargus</i> )	D	Amsel ( <i>Turdus merula</i> )	BP
Habicht ( <i>Accipiter gentilis</i> )	D	Wacholderdrossel ( <i>Turdus pilaris</i> )	D
Sperber ( <i>Accipiter nisus</i> )	D	Singdrossel ( <i>Turdus philomelos</i> )	BP, BS
Mäusebussard ( <i>Buteo buteo</i> )	BS, NG	Sumpfrohrsänger ( <i>Acrocephalus palustris</i> )	BP, BS
Turmfalke ( <i>Falco tinnunculus</i> )	BP, BS	Drosselrohrsänger ( <i>Acrocephalus arundinaceus</i> )	BS
Baumfalke ( <i>Falco subbuteo</i> )	D, NG	Gelbspötter ( <i>Hippolais icterina</i> )	D, BU
Würgfalke ( <i>Falco cherrug</i> )	NG, BU	Klappergrasmücke ( <i>Sylvia curruca</i> )	D, BU
Rebhuhn ( <i>Perdix perdix</i> )	BP, BS	Dorngrasmücke ( <i>Sylvia communis</i> )	BP, BS
Wachtel ( <i>Coturnix coturnix</i> )	BP	Mönchsgrasmücke ( <i>Sylvia atricapilla</i> )	BP, BS
Fasan ( <i>Phasianus colchicus</i> )	BP, BS	Gartengrasmücke ( <i>Sylvia borin</i> )	D
Teichhuhn ( <i>Gallinula chloropus</i> )	BS	Zilpzalp ( <i>Phylloscopus collybita</i> )	D
Blässhuhn ( <i>Fulica atra</i> )	BS	Fitis ( <i>Phylloscopus trochilus</i> )	D
Goldregenpfeifer ( <i>Pluvialis apricaria</i> )	D	Sommergoldhähnchen ( <i>Regulus ignicapillus</i> )	D
Kiebitz ( <i>Vanellus vanellus</i> )	BP	Grauschnäpper ( <i>Muscicapa striata</i> )	D
Großer Brachvogel ( <i>Numenius arquata</i> )	D	Blaumeise ( <i>Parus caeruleus</i> )	D, BU
Flußuferläufer ( <i>Actitis hypoleucos</i> )	D	Kohlmeise ( <i>Parus major</i> )	BP, BS
Lachmöwe ( <i>Larus ridibundus</i> )	D, NG	Beutelmeise ( <i>Remiz pendulinus</i> )	BS
Sturmmöwe ( <i>Larus canus</i> )	D	Pirol ( <i>Oriolus oriolus</i> )	BS
Weißkopfmöwe ( <i>Larus cachinnans</i> )	D, NG	Neuntöter ( <i>Lanius collurio</i> )	BS, D
Straßentaube ( <i>Columba livia f. domestica</i> )	NG	Raubwürger ( <i>Lanius excubitor</i> )	D
Hohltaube ( <i>Columba oenas</i> )	D, NG	Elster ( <i>Pica pica</i> )	BP, BS
Ringeltaube ( <i>Columba palumbus</i> )	BP, BS	Dohle ( <i>Corvus monedula</i> )	D
Türkentaube ( <i>Streptopelia decaocto</i> )	NG, BU	Aaskrähne ( <i>Corvus corone</i> )	BP, BS
Turteltaube ( <i>Streptopelia turtur</i> )	BP, BS	Kolkrabe ( <i>Corvus corax</i> )	D
Kuckuck ( <i>Cuculus canorus</i> )	BS, NG	Star ( <i>Sturnus vulgaris</i> )	NG, BU
Waldohreule ( <i>Asio otus</i> )	BP, BS	Feldsperling ( <i>Passer montanus</i> )	BP, BS
Waldkauz ( <i>Strix aluco</i> )	NG	Buchfink ( <i>Fringilla coelebs</i> )	BP, BS,
Mauersegler ( <i>Apus apus</i> )	D, NG	Girlitz ( <i>Serinus serinus</i> )	NG, BU
Wiedehopf ( <i>Upupa epops</i> )	D	Grünling ( <i>Carduelis chloris</i> )	BP
Bienenfresser ( <i>Merops apiaster</i> )	D, NG	Stieglitz ( <i>Carduelis carduelis</i> )	NG, BU
Grünspecht ( <i>Picus viridis</i> )	NG, BU	Bluthänfling ( <i>Carduelis cannabina</i> )	NG, BU
Buntspecht ( <i>Dendrocopos major</i> )	NG, BU	Kernbeißer ( <i>Coccothraustes coccothraustes</i> )	D
Feldlerche ( <i>Alauda arvensis</i> )	BP	Rohrhammer ( <i>Emberiza schoeniclus</i> )	BS
Uferschwalbe ( <i>Riparia riparia</i> )	D, NG	Grauammer ( <i>Miliaria calandra</i> )	BP

**Tabelle 25: 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 2005 bis 2008.**

<b>Feldtafel (Schlag)</b>	<b>Erstbrut Reviere/10 ha</b>	<b>Zweitbrut Reviere/10 ha</b>
<b>Johannisbreite I (Schlag 1 + 2/1+ Grünbrache), 26 ha</b>		
2005: Luzerne (17 ha) + Winterweizen (7,6 ha) + Saumstreifen (0,4 ha) + Luzerne-GBR (1 ha)	2,7	3,1
2006: Luzerne (17 ha) + Sonnenblume (7,6 ha) + Saumstreifen (0,4 ha) + Luzerne-GBR (1 ha)	5,4	3,8
2007: Winterweizen (17 ha) + Roggen (7,6 ha) + Saumstreifen (0,4 ha) + Luzerne-GBR (1 ha)	3,1	3,5
2008: Mais (17 ha) + Erbsen (7,6 ha) + Saumstreifen (0,4 ha) + Luzerne-GBR (1 ha)	1,5	2,7
<b>Johannisbreite II (Schlag 2/2 + 3), 26 ha</b>		
2005: Winterweizen (25,6 ha) + Saumstreifen (0,4 ha)	2,2	1,1
2006: Sonnenblume (8,6 ha) + Mais (17 ha) + Saumstreifen (0,4 ha)	1,2	1,5
2007: Roggen (8,6 ha) + Sommergerste (16,5 ha) + Saumstreifen (0,8 ha)	2,1	1,9
2008: Erbsen (8,6 ha) + Erbsen (16,5 ha) + Saumstreifen (0,8 ha)	2,2	3,9
<b>Junge Neurisse (Schlag 6/2 + 8), 27 ha</b>		
2005: Winterweizen (8,8 ha) + Luzerne (18 ha) + Saumstreifen (0,2 ha)	4,3	5,4
2006: Triticale (8,8 ha) + Winterweizen (18 ha) + Saumstreifen (0,2 ha)	5,2	4,2
2007: Erbsen (8,8 ha) + Mais (18 ha) + Saumstreifen (0,2 ha)	3,1	3,2
2008: Winterweizen (8,8 ha) + Sommergerste (18 ha) + Saumstreifen (0,2 ha)	4,9	5,1
<b>Kapellenfeld (Schlag 5/1 + BFL), 14,2 ha</b>		
2005: Winterweizen (12,4 ha) + Mais/Luzerne/Brache (1,7 ha) + Saumstreifen (0,1)	2,5	3,6
2006: Winterweizen (12,4 ha) + Saumstreifen (0,1) + Winterweizen/Luzerne/Brache (1,7 ha)	3,5	2,3
2007: Sommergerste (12,4 ha) + Saumstreifen (0,1) + Winterweizen/Luzerne/Brache (1,7 ha)	2,7	3,2
2008: Luzerne (12,4 ha) + Saumstreifen (0,1) + Winterweizen/Luzerne/Brache (1,7 ha)	6,4	3,8
<b>Alte Neurisse I (Schlag 6/1 + 7), 27,5 ha</b>		
2005: Winterweizen (9,2 ha) + Triticale (18 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	2,4	3,4
2006: Triticale (9,2 ha) + Luzerne (18 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	4,8	5,0
2007: Erbsen (8,8 ha) + Luzerne (18 ha) + Brachstreifen (0,3 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	5,4	5,9
2008: Winterweizen (8,8 ha) + Winterweizen (18 ha) + Brachstreifen (0,3 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	4,7	1,8
<b>Alte Neurisse II (Schlag 4 + 5/2 + Grünbrache), 24,5 ha</b>		
2005: Roggen (17 ha) + Winterweizen (4,7 ha) + Luzerne/Brache (2,5 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	4,3	4,0
2006: Sommergerste (17 ha) + Winterweizen (4,7 ha) + Luzerne/Brache (2,5 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	4,9	5,6
2007: Luzerne (17 ha) + Sommergerste (4,7 ha) + Luzerne/Brache (2,5 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	7,4	5,9
2008: Luzerne (17 ha) + Luzerne (4,7 ha) + Luzerne/Brache (2,5 ha) + Saumstreifen (0,3 ha)	7,8	5,1

**Tabelle 26: Brutvögel (ohne Fasan und Rebhuhn) der Gehölzstreifen des Projektgebietes Rutzendorf in den Jahren 2005 bis 2008.** Angegeben ist die Artenzahl und die Anzahl der Brutreviere in verschiedenen Strukturtypen.

Vogelart	Jahr	Gehölzstreifen				
		einreihig (1.275 m)	einreihig + Saumstreifen (969 m)	mehreihig, ab 2007 + Saumstreifen (789 m)	mehreihig + 2 Saumstreifen (619 m)	mehreihig mit Altbäumen + Grasstreifen (901 m)
Turmfalke	2005	1	1	-	-	1
	2006	1	1	-	-	1
	2007	1	2	-	-	-
	2008	1	1	-	-	1
Ringeltaube	2005	-	-	1	-	2
	2006	-	-	1	1	1
	2007	1	-	-	-	2
	2008	-	-	-	-	2
Turteltaube	2005	-	-	-	-	1
	2006	-	-	-	-	1
	2007	-	-	-	-	1
	2008	-	-	-	-	1
Waldohreule	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	1
Nachtigall	2005	-	-	1	-	-
	2006	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	-
Amsel	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	1
Singdrossel	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	1
Mönchsgrasmücke	2005	-	-	1	2	3
	2006	-	-	2	2	3
	2007	-	-	2	1	3
	2008	-	-	2	1	3
Dorngrasmücke	2005	1	1	-	1	1
	2006	2	1	-	2	-
	2007	1	1	-	2	-
	2008	-	2	-	2	-
Sumpfrohrsänger	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	1	-	-	-
	2007	-	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-	-
Kohlmeise	2005	-	-	-	-	2
	2006	-	-	1	-	2
	2007	-	-	1	-	2
	2008	-	-	1	-	2
Buchfink	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-	1
	2007	-	-	-	-	1
	2008	-	-	-	-	1
Grünling	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-	1
	2007	-	-	-	-	2
	2008	-	-	-	-	1
Feldsperling	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-	1
	2007	-	-	-	-	1
	2008	-	-	-	-	1
Elster	2005	1	1	-	1	2
	2006	1	1	1	1	2
	2007	1	2	1	-	1
	2008	1	1	1	1	3
Aaskrähe	2005	-	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-	1
	2008	-	-	-	-	1
Summe Reviere		13	16	16	17	58
Artenzahl		4	4	5	4	14

## **10 TEILPROJEKT 10: MANAGEMENTKONZEPT BIOTOPSTRUKTUREN**

### **Titel: Entwicklung eines Managementkonzept der Biotopstrukturen**

BearbeiterInnen: B. Ferner, Chr. Brandenburg,  
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, Department für  
Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien.

#### **10.1 Zusammenfassung / Summary**

Im vorliegenden Teilprojekt wurde in der Projektphase II 2006-2008 das Managementkonzept der Biotopstrukturen des Biobetriebes Rutzendorf weiterentwickelt und die in MUBIL I formulierten Pflegemaßnahmen durchgeführt. Die mittels Strukturkartierung festgestellte Armut der Hecken bezogen auf die horizontale und vertikale Strukturierung sowie bezogen auf die Artenzusammensetzung war Ausgangsbasis für die Entwicklung des Pflegekonzeptes. Um das vorhandene Potential der Hecken zu nutzen, wurden Maßnahmen zur Förderung und Verbesserung der Multifunktionalität<sup>7</sup> der Landschaft, landschaftstypischer Elemente sowie der Biodiversität formuliert. Darauf aufbauend wurde während der MUBIL II -Projektphase ein Vorschlag für das zukünftige Management der Biotopstrukturen unter der Berücksichtigung klimatischer (Windschutz, Klimawandel) Faktoren gemeinsam mit dem Institut für Meteorologie entwickelt. Nach Abschluss der Windschutz optimierenden Pflegearbeiten wurden seitens des Institutes für Meteorologie umfangreiche Messungen eingeleitet. Alle Projektschritte, insbesondere die Pflegemaßnahmen wurden in enger Zusammenarbeit bzw. Absprache mit anderen Teilprojekten und Nutzergruppen (Bewirtschafter, Jägerschaft) ausgearbeitet und umgesetzt. On the proving grounds in Rutzendorf, there are biotope structures with various benefits. The variety of the landscape-typical elements has been mapped. The mapping shows that hedges and tree rows are species-poor and the structure is more and more degenerating. Therefore cultivation measures in pilot sections have been realised. This subproject has identified measures to improve the multi-functionality of landscape- elements as well as the biodiversity. These measures are mapped in a preservation concept for the biotope structures. This plan has been compiled in inter- and transdisciplinarity process, considering ecological (biodiversity, habitat...) and climatic (wind protection, climatic change) factors.

#### **10.2 Einleitung**

Vor allem in einer offenen, wenig strukturierten Agrarlandschaft, die durch Äcker flächenmäßig dominiert wird, wie dem Marchfeld, in dem das Untersuchungsgebiet liegt, haben lineare Strukturen, wie Hecken und Windschutzanlagen wichtige ökologische und klimatische Funktionen. Biotopstrukturen /-elemente zeichnen sich insbesondere im Untersuchungsraum durch ihre Multifunktionalität aus, indem sie einerseits als wertvoller Ersatzlebensraum für Tier- und Pflanzenarten (z.B. bejagbares Wild und Nützlinge), der Vernetzung ökologisch wertvoller Flächen dienen, und sie bereichern das Landschaftsbild durch die Strukturvielfalt (vgl. UBA 2000, S. 127f). Andererseits bieten Strukturen, wie Windschutzanlagen Schutz vor Bodenerosion und Evapotranspiration und leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Bodenschutz und zur Ertragssicherung und -verbesserung. Schlussendlich können auch Holz und Früchte der Gehölze genutzt werden, ohne andere Funktionen dadurch zu gefährden.

---

<sup>7</sup> Unter Multifunktionalität der Landschaft wird in diesem Kontext verstanden, dass Landschaft oder ein Landschaftsausschnitt nie nur eine einzelne Funktion inne trägt, sondern sich immer mehrere Funktionen in unterschiedlicher Ausprägung überlagern. Als Funktionen sind Produktions- und Versorgungsfunktion, Wirtschaftskraftfunktion, Wohn- und Siedlungsfunktion, Freizeit- und Erholungsfunktion, Kulturträgerfunktion und ökologische Ausgleichs- und Speicherfunktion zu nennen.

Das Grundprinzip „Ökologie“ im biologischen Landbau zielt auf das ökologische Gleichgewicht bei der Gestaltung und Einrichtung von Lebensräumen und der Erhaltung der genetischen und agrarwirtschaftlichen Vielfalt. Umwelt (Landschaften, Klimazonen, Lebensräume) und Biodiversität sowie das Wasser und die Luft sollen genutzt und bewahrt werden (vgl. PRINCIPLES of ORGANIC AGRICULTURE). Folglich ist die Erhaltung und Verbesserung der Vielfalt in unterschiedlichen Ausprägungen (Haupt- und Zwischenfrüchte, Biotopstrukturen u.a.) ein integrativer Bestandteil des ökologischen Landbaus (vgl. Lindenthal 1996, S. 13). Das bedeutet, dass insbesondere die Anlage und Pflege von Landschaftselementen ureigene Interessen ökologischer Landnutzungssysteme sind.

Im Projekt „Monitoring der Umstellung auf biologischen Landbau“ wird dieser Ansatz konsequent verfolgt, indem durch interdisziplinäre Zusammenschau die vorhandenen Biotopstrukturen hinsichtlich ihrer Multifunktionalität weiterentwickelt und neue geschaffen werden. Als Hilfestellung zur Umsetzung wurde in der zweiten Phase des Projektes ein Vorschlag für ein Managementkonzept erarbeitet, anhand dessen die Gehölzstrukturen in den nächsten 15 Jahren behutsam und planvoll um- und neugestaltet werden. Im Planungsprozess wurden dabei ökologische Faktoren zur Förderung der Biodiversität und der Lebensraumvielfalt sowie klimatische Faktoren zur Verbesserung des Windschutzes und der Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt.

### **10.3 Thema und Ziele der Arbeit**

- Identifizieren von Maßnahmen zur Förderung der Multifunktionalität der Landschaft, landschaftstypischer Elemente sowie der Biodiversität
- Umsetzung und Evaluation erforderlicher Pflegemaßnahmen an vorhandenen Biotopstrukturen in Pilotabschnitten im Freiland
- Einarbeitung der formulierten Maßnahmen in ein Pflegekonzept der Biotopstrukturen unter Berücksichtigung ökologischer (Biodiversität, Lebensraum) und klimatischer (Windschutz, Klimawandel) Faktoren.

### **10.4 Herleitung der Arbeitshypothesen**

- Die Förderung der Vielfalt landschaftstypischer Gehölzstrukturen wirkt ausgleichend auf die Ökologie einer Agrarlandschaft.
- Für eine nachhaltige Entwicklung müssen die Landschaft und Landschaftselemente eine Multifunktionalität aufweisen.
- Die Führung eines Biobetriebes impliziert die Förderung von Biodiversität. Der Biobetrieb Rutzendorf ist als Vorzeigeprojekt für die Region anzusehen.
- Nur durch eine transdisziplinäre Zusammenarbeit (mit Nutzern) kann eine optimale Entwicklung einer nachhaltigen Erhaltung und Förderung von Biotopstrukturen erreicht werden.
- Mosaikartige, kleinräumlich gegliederte Landschaftselemente ermöglichen eine hohe Biodiversität durch die Schaffung vieler unterschiedlicher Lebensbedingungen.

### **10.5 Material und Methoden**

Untersuchungsgegenstand des Teilprojektes sind sämtliche feldbegrenzenden Gehölzstrukturen am Biobetrieb Rutzendorf. Darunter fallen insbesondere Hecken und Baumreihen (siehe Darstellung des IST-Zustandes im ANHANG S. 10).

Die Fragestellungen und Ziele wurden methodisch durch angewandte Heckenpflege, Literaturrecherchen und Expertinnen- und Expertengespräche und GPS-gestützte (Global Positioning System) Freilandkartierungen bearbeitet. Planliche Darstellungen erfolgen mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS).

### 10.5.1 Angewandte Heckenpflege

Die Pflegearbeiten in MUBIL II wurden an der Windschutzhecke 4 in Rutzendorf durchgeführt. Die Lage der Pflegeabschnitte und Bilder der Pflegearbeiten sind im ANHANG auf S. 11 in der Karte „Durchgeführte Pflegemaßnahmen im Zeitraum 2007-2008“ zu finden. Diese Biotopstruktur verläuft quer zur im Marchfeld überwiegenden Hauptwindrichtung NW (vgl. Bauer et al. 2007). Durch Messungen der Schneeverwehungen im Leebereich der Hecke 4 wurde vom Institut für Meteorologie (BOKU) festgestellt, dass diese zu dicht aufgebaut ist. Durch Verwirbelungen des Windes kommt es zur Ausbildung kurzer, zu wenig weit verteilter Schneewechten. Bei einer optimalen Heckendichte<sup>8</sup> entstehen Schneewechten mit einer Höhe von bis zu 70 cm und einer Ausdehnung von 10 bis 12 m. Eine solche Wechtenausprägung entspricht etwa 240 mm zusätzlichen Niederschlag der Jahressumme (vgl. Ferner et al., 2005). Auf Basis dieser Kenntnis wurde die Windschutzhecke ausgelichtet.

In Absprache mit dem Institut für Meteorologie wurde die Hecke in drei Abschnitte geteilt. Drei verschiedene Abschnitte, die unterschiedlich intensiv gepflegt werden sollten, wurden festgelegt. Die Auswirkungen der Pflegeintensitätsabstufungen wurden im Laufe des Jahres durch Windmessungsstationen beobachtet [Ergebnisse der Messungen und Auswirkungen der Heckenpflege: siehe Teilprojekt 5 – Agrarmeteorologie].

Im nördlichen, sowie südlichen Teil der Hecke wurden jeweils 150 Meter der Hecke eingemessen, die gepflegt wurden (siehe Tabelle 1 im ANHANG S. 1 und Karte „Durchgeführte Pflegemaßnahmen im Zeitraum 2007-2008“, S. 11). Die verbleibenden ca. 300 Meter wurden aus der Pflege ausgespart und dienten als Referenzabschnitt. Die Pflegearbeit in der ersten Pflegephase (03/04 2007) bestand darin die zwei Strauchreihen auszulichten.

Die Ziele der Schnitarbeiten waren eine Verjüngung des Gesamtbestandes, eine ökologische Verbesserung der Hecke und die Wiederherstellung bzw. Erhaltung der Windschutzfunktion. V.a. auf letztgenanntem Aspekt - die Hecke gleichmäßig winddurchlässig zu machen – lag die Priorität. Es sollten keine lückigen Stellen entstehen, da diese zu einer Zunahme der Windgeschwindigkeit infolge der Kanalisierung der Luftströmung führen würden. Vorrangig wurden dominante Arten herausgeschnitten und seltene Arten – durch „Freischneiden“ (z.B. Rosa sp.) gefördert. Abschnitte mit bestehenden Nist- und Brutplätzen wurden ausgespart. In der ersten Pflegephase wurde das Schnittmaterial in der Heckenmitte belassen, um den Totholzanteil zu erhöhen (vgl. Bauer et al. 2007). In der zweiten Schnittphase (12/2007, 01/2008), bei dem der nördliche Abschnitt abermals um ein ½ bis 1/3 zurückgeschnitten wurde, wurde das Schnittgut in Absprache mit beteiligten Instituten und den Bewirtschaftern am nördlichen Ende der Hecke auf einen Haufen gelegt. Um das optische Erscheinungsbild und die Windstabilität des Stoßes zu gewährleisten, wurden die Äste mit dem dicken Ende zur Mitte auf den Haufen gelegt und verkeilt. Damit wurde in dieser Landschaft ein einzigartiges Strukturelement (Abbildung 61) geschaffen, das bereits im ersten Jahr von der Vogelwelt angenommen wurde. [Ergebnisse: siehe Teilprojekt 9 – Avifauna].

Pflegearbeiten, die in MUBIL I vorgenommen wurden (z.B. in der Hecke 6 – Lage siehe Darstellung des IST-Zustandes im ANHANG S. 10), wurden mittels Erhebungen vor Ort und fotografische Aufzeichnungen im Jahr 2007 evaluiert.

---

<sup>8</sup> Bei einer „Durchblasbarkeit“ von 60% absorbiert eine Struktur die meiste (Wind-)Energie. Dementsprechend ist in diesem Bereich mit der besten Windschutzwirkung zu rechnen (DVL 2006).



**Abbildung 61: neu geschaffenes Strukturelement**

### **10.5.2 Literaturrecherchen und Expertinnen- und Expertengespräche**

V.a. für die Auswahl geeigneter Pflegemaßnahmen und Pflanzenarten wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Die Erkenntnisse aus der Recherche zu Pflegemaßnahmen wurden in das Pflegekonzept eingearbeitet. Vor allem Literatur zu Maßnahmen zur Erhöhung der Gehölzvielfalt, zur Erneuerung des Bestandes ohne den Verlust des Windschutzes und der Reduktion von häufig vorkommenden Arten wurde gesichtet.

Da im Pflegekonzept jedenfalls Neupflanzungen vorgesehen sind, wurden zur Auswahl der geeigneten Gehölzpflanzen biogeografische Parameter des Untersuchungsgebietes mit in der Literatur angegebenen Ansprüchen von Pflanzenarten verglichen. Die Einflussgrößen wurden im Besonderen mit den Arbeiten von Ellenberg 1996 und Willner und Grabherr 2007 verglichen. Die Ergebnisse dazu finden sich in Tabelle 7 (ANHANG S. 5).

Das vorgeschlagene Managementkonzept der Biotopstrukturen (Maßnahmenkarte, Liste der geeignet erscheinenden Gehölzarten) wurde in Einzelgesprächen, sowie bei einem Workshop mit Vertreterinnen und Vertretern anderer Teilprojekte diskutiert. Die Anregungen wurden weitgehend in die vorliegenden Dokumente eingearbeitet (siehe Tabelle 6 und kartografische Darstellungen im ANHANG S. 4 bzw. 12ff).

### **10.5.3 GPS-gestützte (Global Positioning System) Freilandkartierungen und GIS-Datenverarbeitung**

Das Managementkonzept der Gehölzstrukturen soll ein flexibles Instrument sein, um sich an zeitlich ändernde Ziele oder Pflegemaßnahmen anpassen zu können. Um den „lernenden Charakter“ des Konzeptes bestmöglich gewährleisten zu können, wurden vorhandene und neu erstellte Daten in ein GIS eingebettet. Dadurch stehen alle Daten geografisch referenziert in digitaler Form zur Verfügung.

In dem Managementkonzept fanden folgende Daten Verwendung:

- Ein den IST-Zustand beschreibender Grundlagendatensatz, bestehend aus den Gehölzstrukturengrundrissen, die per GPS vermessen wurden und denen abschnittsweise bestimmte Parameter (Dichte, Totholzanteil) und Informationen der Strukturkartierung (Beran 2003) zugeordnet wurden.



- Ein Maßnahmendatensatz, in dem allen Gehölzstrukturen für jeweils 25m lange Abschnitte eindeutige Maßnahmen zugewiesen wurden (vgl. Abbildung 62). Die Auswertung in Tabelle 3 (ANHANG S. 2) beinhaltet (ergänzend dazu für jedes Jahr von 2009-2023) die Anzahl der zu pflegenden Abschnitte und deren räumliche Ausdehnung.

Die 14 für das Jahr 2009 vorgesehenen Pflegeabschnitte, wurden mit 1,2m langen farbigen Pflöcken jeweils an den Abschnittsgrenzen markiert. Für alle Gehölzstrukturen liegt das vorgeschlagene Managementkonzept im Maßstab 1:1.500 digital vor und enthält sowohl die geografisch verorteten Maßnahmen, als auch deren zeitliche Umsetzung. Die Karten befinden sich im ANHANG ab S. 12.

Eine ausführlichere Erläuterung dazu findet sich in Tabelle 2: Dokumentation der GPS-gestützten (Global Positioning System) Freilandkartierungen und Datenverarbeitung (ANHANG S. 2).

## 10.6 Ergebnisse und Diskussion

### 10.6.1 Angewandte Heckenpflege

Die kartografische Darstellung der gepflegten Heckenabschnitte sind in der Karte „Durchgeführte Pflegemaßnahmen im Zeitraum 2007-2008“ (ANHANG S. 11) dargestellt. Auf der Karte sind auch Abbildungen der Pflegearbeiten und des geschaffenen Strukturelements (Totholzhaufen) zu finden. Die Auswirkungen der Heckenpflege sind in den Fachberichten Agrarmeteorologie und Avifauna erläutert.

Erkenntnisse aus der Evaluation der Pflegearbeiten, die in MUBIL I vorgenommen wurden (z.B. in der Hecke 6 – Lage siehe Darstellung des IST-Zustandes im ANHANG S. 10) sind, dass sich das Auf-Stock-Setzen zum Auslichten dichter Hecken eignet. Es dürfen jedoch nur Gehölze zurückgeschnitten werden, die nur über eine geringe Austriebsfähigkeit verfügen. Das durchgeführte Ringeln von Robinien und Götterbäumen waren nur bedingt erfolgreich. Diese Maßnahme muss, wenn sie in Zukunft angewandt wird, jedenfalls auf deren Erfolg hin kontrolliert werden.

### 10.6.2 Erstellung eines Managementkonzepts

Die IST-Zustandserhebung in MUBIL I war Ausgangsbasis für die Entwicklung des vorliegenden Pflegekonzeptes. Diese stellte eine Armut der Hecken bezüglich deren horizontalen und vertikalen Strukturierung sowie bezogen auf die Artenzusammensetzung fest (Beran 2003, Kartendarstellung Darstellung des IST-Zustandes im ANHANG S. 10) Dies führt zur Schlussfolgerung, dass die „ökologischen“ und „landschaftsästhetischen“ Funktionen nicht dem Potenzial der Landschaftselemente entsprechen.

Aufbauend auf dieser Erkenntnis wurden basierend auf Literaturrecherchen Maßnahmen zur Förderung und Verbesserung der Multifunktionalität der Landschaftselemente identifiziert. Diese Maßnahmen sollen sowohl ökologischen (Biodiversität, Lebensraum) als auch klimatischen (Windschutz, Klimawandel) Faktoren genügen. Die bereits durchgeführten Maßnahmen (siehe 10.6.1 Angewandte Heckenpflege) sind als punktuelle Reaktion auf die Defizite zu werten. Das erarbeitete Managementkonzept betrachtet die Gehölzstrukturen des Betriebes als Ganzes und verfolgt dementsprechend folgendes **Ziel**:

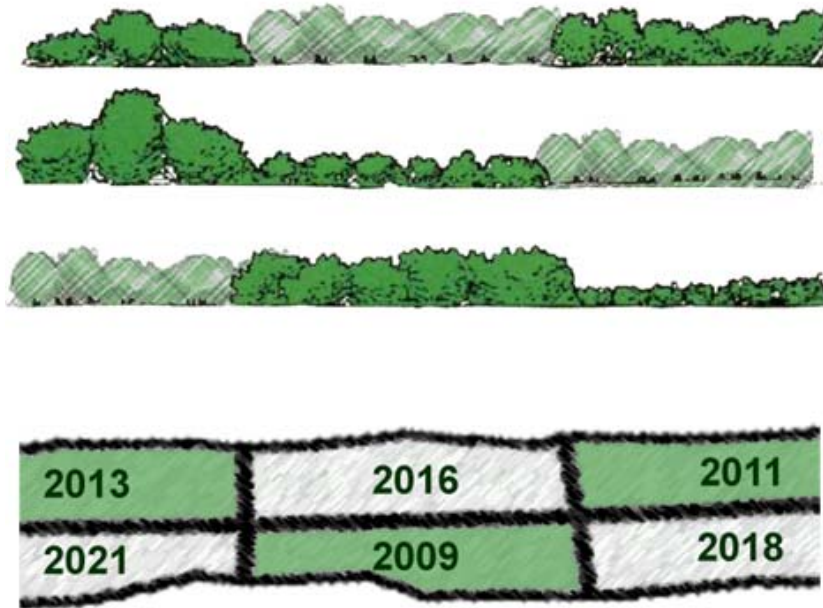
Gesamterneuerung des Gehölzbestandes in einem Planungszeitraum von 15 Jahren.

- In dem aus der Literatur abgeleiteten Zeitraum sollen die Hecken mit besonderer Windschutzwirkung (4 und 5) hinsichtlich dieser Funktion optimal<sup>8</sup> weiter entwickelt werden.
- Die Hecken, die nicht vornehmlich dem Windschutz dienen, sollen aufgelockert werden und unterschiedliche Dichten und Altersklassen aufweisen. Dies gilt auch für die vorhandenen Baumreihen.
- Erhöhung der biologischen Vielfalt durch Entfernen dominierender Arten sowie Erhöhung der Strukturvielfalt durch das Schaffen von mosaikartigen stufigen Altersklassenbeständen und unterschiedlichen Standortbedingungen (Totholz, Altholz, Reisig)
- Fördern und Etablieren von Gehölzen mit hoher ökologischer Funktion, z.B. Nahrungsangebot für Wildbienen, Nistplätze etc.

Für Hecken, bei denen über einen größeren Zeitraum keine regelmäßige Pflege stattgefunden hat, sind besondere Maßnahmen zu formulieren. Um die klima- und windschutzwirksame Funktion nicht vollkommen zu verlieren, ist eine Rodung der gesamten Hecke nicht zu empfehlen. Überalterte Hecken zeichnen sich durch eine Vielzahl von hohen, durchgewachsenen Bäumen aus. Solche zu „Baumreihen“ ausgewachsenen Hecken haben eine geringe ökologische Wertigkeit und haben durch ihre Höhe Nachteile, wie Beschattung der landwirtschaftlichen Flächen, Verlust an biologischer Vielfalt durch die Verdrängung der Strauchschicht etc. Um mit vergreisten Hecken wieder eine Windschutz- und eine ökologische Funktion zu erlangen, sind die im Folgenden genannten Maßnahmen zu treffen (Benjes, S. 99ff).

Für alle formulierten **Pflegemaßnahmen** gelten folgende **Überlegungen**, die dem Pflegekonzept zugrunde liegen:

- Um eine Auflockerung der Heckenstrukturen, eine Verlängerung der Heckenrandlinien, die Schaffung von Durchlässen unterschiedlicher Dichten und Altersklassen zu erreichen wurden die Gehölzstrukturen in 25m lange Abschnitte geteilt. Um bei den Hecken nicht den Windschutz einzubüßen, wurden die Abschnitte nochmals lateral geteilt, womit ein Pflegeabschnitt 25 m lang und eine ½ Heckenbreite breit ist. Den gegenüberliegenden Abschnitten wurden möglichst weit entfernte Pflegezeitpunkte (in der Regel 5-7 Jahre) zugewiesen, um eben keine Lücken entstehen zu lassen (siehe Abbildung 62).



**Abbildung 62: räumliche und zeitliche Staffelung der Heckenpflege eigene Darstellungen)**

- Pflegeabschnitte werden grundsätzlich möglichst ungleichmäßig über die Gesamtlänge der jeweiligen Gehölzstruktur verteilt und pro Gehölzstruktur werden jährlich so viele Abschnitte gepflegt, dass über einen Zeitraum von 15 Jahren die gesamte Struktur bearbeitet werden kann. In Summe werden 272 Abschnitte ausgewiesen, wobei geplant ist, dass jährlich zwischen 11-22 Abschnitte gepflegt werden (siehe dazu siehe dazu Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5; ANHANG S. 2f). Diese räumliche und zeitliche nicht flächendeckende, sondern abschnittsweise Staffelung der Heckenpflege hat zur Folge, dass eine optimale Altersstufenvielfalt erzielt werden kann (vgl. Kromp 1993, Meyerhoff 2006, Benjes 1998)

Folgende Maßnahmen sind bei der Umsetzung des Pflegekonzeptes anzuwenden bzw. jedenfalls zu berücksichtigen:

- Pflegezeitpunkt in der Winterhälfte (Nov – März).  
Der konkrete Termin muss immer in Absprache mit Jägerschaft und Bewirtschaftern akkordiert werden.
- Erhalten und Schaffen von Totholz (v.a. von vertikalem).  
Je Abschnitt in dem geplentert bzw. geringelt wird, sollen zumindest zwei Bäume (vorzugsweise südseitig) in ca. 3 m Höhe abgeschnitten werden um so vertikales Totholz zu bekommen. In Absprache mit dem Fachbereich „Wildbienen“ sollen spezifische Bäume gewählt werden, die einem eigenen Monitoring unterzogen werden. Umgestürzte Bäume sollen kurzzeitig in den Ökostreifen liegen bleiben dürfen und nur im Rahmen notwendiger Pflegemaßnahmen entfernt werden.
- Gehölze mit großem „Nutzenpotential“ sollen freigeschnitten und von den für den Abschnitt vorgesehenen Maßnahmen ausgespart werden. Besonders wichtig ist die Erhaltung von Solitär- und Futterpflanzen (z.B. Rosa canina oder alte Kirschbäume und außerhalb der Hecke stehende Robinien).
- Mit dem Schnittgut sollen weitere ökologisch wertvolle Strukturelemente in Form von Totholzhaufen, wie jene nördlich der Hecke 4, geschaffen werden. Für die Lagerung des Schnittgutes eignen sich neu geschaffene „Buchten“ an der Südseite der Hecken 6 und 7 sowie Lücken in den Baumreihen. Die Platzierung erfolgt in Abstimmung mit der Jägerschaft und den Bewirtschaftern.

- Neupflanzungen in Form modifizierter Benjeshecken (Schichthecken)  
Vor allem bei Abschnitten die Auf-Stock gesetzt werden, sollen zur Erhöhung der Gehölzvielfalt neue Gehölze in der Initialphase gepflanzt werden. Dabei soll ein Teil vom Schnittmaterial rund um die neu gepflanzten Gehölze in Relation zur Pflanzengröße gestapelt werden. Diese vielfach erfolgreich erprobte Methode gewährleistet einen guten Anwuchs der Pflanzen und ermöglicht zusätzlich die natürliche Versamung von Gehölzen (vgl. Benjes 1998, 99ff und DVL 2006, S. 42). (siehe Abbildung 63)  
Die Gehölze sollen nicht einzeln, sondern in Verbänden ähnlicher Wüchsigkeit, Konkurrenzfähigkeit und Lichtbedürftigkeit gepflanzt werden. Geeignete Arten wurden durch Literaturrecherche und Expertinnen und Expertenbefragungen erhoben und sind in Tabelle 6 (ANHANG S. 4) angeführt.
- Als Pflanzgut muss wurzelnacktes, standortgerechtes - autochthones (standortgerechtes/einheimisches) Pflanzgut<sup>9</sup> verwendet werden. Die Wurzeln der Gehölze müssen vor dem Verpflanzen mit Wasser gespült werden, um die Fremderde zu entfernen. Diese Maßnahme dient zur Sicherstellung, dass keine standortfremden Bodentiere eingebracht werden und somit die bodenzoologischen Untersuchungen nicht beeinträchtigt werden.
- Vor allem auf Flächen, auf denen die Gehölze Auf-Stock gesetzt wurden, ist es zielführend, krautige Pflanzen (nur durch Samen!) einzubringen. Entsprechende Methoden und geeignete Arten müssen mit dem Zentrum für Umwelt- und Naturschutz erarbeitet werden.
- Die Pflegearbeiten müssen hinsichtlich der hier formulierten Grundsätze und Maßnahmen der Bevölkerung ausreichend kommuniziert (z.B. in Form von Hinweisschildern) werden.
- Die Pflegemaßnahmen sollen jedenfalls nach 2-3 Jahren geprüft werden und, wenn nötig adaptiert werden.



**Abbildung 63: modifizierte Benjeshecke / Schichthecke**  
(<http://www.oekolandbau.nrw.de/index.html> 18.12.2008)

Neben den allgemeingültigen, grundsätzlichen Maßnahmen wurden **spezifische Maßnahmen** einzelnen Abschnitten zugewiesen. Bei der Kartierung zur Verortung dieser spezifischen Maßnahmen im November 2008 wurden - entsprechend der bereits im Vorfeld durch zwei Kartierungen (siehe 10.5.3) erhobenen Defizite - einzelnen Strukturabschnitten Pflegeeingriffe zugewiesen. Diese wurden nach Dringlichkeit der Durchführung chronologisch gereiht. Auf die Aufnahmebereiche (Transekte) anderer MUBIL-Teilprojekte wurde insofern Rücksicht genommen, als Pflegeabschnitte in der Nähe dieser Bereiche tendenziell später (im Zeitrahmen des 15 jährigen Pflegekonzeptes) vorgesehen wurden.

<sup>9</sup> Entsprechende Bezugsquellen wären die Regionalengehölzvermehrung ([www.rgv.at](http://www.rgv.at)) oder deren Partnerbaumschulen, die Baumschulen der niederösterreichischen Bodenschutzabteilung oder ä.

### **Auf-Stock-Setzen**

Dazu sollen die Gehölze möglichst handbreit bis etwa 20cm über dem Boden, bzw. nahe zu dem gefällten Holz, abgeschnitten werden. Die glatte Schnittführung soll schräg nach außen – zum Heckenrand hin – weisen. Diese übliche Heckenpflege eignet sich besonders gut bei ausschlagfähigem Gehölzarten. Schlecht ausschlagfähige Arten wie Weißdorn und Rosen sollen möglichst von dieser Maßnahme ausgespart und im Bedarfsfall zurückgeschnitten werden. (vgl. DVL 2006)

### **Plentern / Auslichten**

Einzelne Heckensträucher und –bäume oder kleinere Verbände werden entfernt. Diese Maßnahme wird für alte Hecken empfohlen, um diese beispielsweise durch Naturverjüngung, aber auch gezielt durch Neupflanzungen zu erneuern. Das bewusste Entnehmen von Alt- oder Jungbäumen führt einerseits dazu ältere Bäume als Überhälter zu erhalten und andererseits jüngeren Bäumen durch Lichteinfall und Platzangebot verbesserte Entwicklungsmöglichkeiten zu geben (vgl. DVL 2006).

### **Ringelung**

Durch den hohen Bestand an Robinien und deren fehlende positive Wirkung auf die Fauna (bspw. Totholz wird nicht von xylophagen (Holz fressende) Insekten angenommen) soll der Bestand im Untersuchungsgebiet reduziert werden. Ebenso wenig attraktiv für die heimische Fauna sind Götterbaum und Eschenahorn. Da all diese Arten über hohe Regenerationsfähigkeit (Ausbildung von Wurzelsprossen, Stockausschlag) verfügen, sollen diese sorgfältig geringelt (unvollständig = Belassen eines Stegs) werden. Damit einher geht eine laufende Beobachtung und Kontrolle und das Entfernen der geschwächten/abgestorbenen Baumstämme. Andere Maßnahmen zur Reduktion der angeführten Arten sind mit hohem Aufwand (z.B. Roden) verbunden oder widersprechen Prinzipien des ökologischen Landbaus (Bekämpfung mit Herbiziden). (siehe dazu auch Tabelle 9: Ergebnisse der Literaturrecherche zur Reduktion von Götterbaum und Robinie; ANHANG S. 8). Wesentlich für diese Maßnahme ist, dass diese regelmäßig und sorgfältig durchgeführt werden müssen, da man sonst das Wachstum dieser Arten fördert und das Gegenteil von dem gewünschten Ziel erreicht. Dafür ist eine langfristige Planung und Sicherstellung der Finanzierung der Pflege über mehrere Jahre hinweg notwendig.

Die drei angeführten Maßnahmen wurden jeweils für die Baum- und Strauchschichten unterschiedlich zugewiesen und im Pflegekonzept kombiniert dargestellt. Diese kartographisch verorteten Pflegemaßnahmen stellen das eigentliche Kernstück des Pflegekonzepts dar. Dieses ist im Anhang auf elf farbigen A4 Seiten im Maßstab 1:1.500 abgebildet. (Karten „Vorgeschlagene Pflegemaßnahmen für die Jahr 2009-2023“ Blatt 1 – 11; ANHANG S. 12-23)

## **10.7 Schlussfolgerungen**

Nach den bisherigen Erkenntnissen, ist es bei optimaler Pflege möglich, die Multifunktionalität zu gewährleisten und die Biodiversität der Biotopstrukturen zu erhöhen.

Mit dem vorgeschlagenen Managementkonzept der Biotopstrukturen, bei dem die Gesamtkonzeption, als auch die Maßnahmen mit dem am MUBIL-Projekt beteiligten Forschungseinrichtungen und den Nutzergruppen abgesprochen wurde, wird ein übersichtliches, flexibles Instrument geschaffen, mit dem die Biotopstrukturen in Rutzendorf vorausschauend weiterentwickelt werden können. Das vorgeschlagene Konzept ist als lernendes Instrument anzusehen, dass jederzeit entsprechend den inhaltlichen Schwerpunktsetzungen die Pflege und Entwicklung der Gehölzstrukturen angepasst werden kann und muss. Die Messergebnisse des Teilprojekts Agrarmeteorologie zeigen die klimatischen Auswirkungen unterschiedlich intensiver Heckenpflege auf. Anhand dieser Erkenntnisse sollten an den Klimawandel angepasste Maßnahmen erarbeitet werden können, die ebenfalls im Pflegekonzept verankert werden sollten.

Nicht nur für die, durch das „MUBIL-Projekt“ beobachtete und begleitete, Umstellung der landwirtschaftlichen Praxis am Betrieb Rutzendorf auf biologische Bewirtschaftung, sondern auch für die Bewirtschaftung (Pflege) der Biotopstrukturen, wird angestrebt die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen auf andere Betriebe in der Region zu übertragen. Darum muss es für die nächsten MUBIL-Phasen ein Ziel sein, die Maßnahmen und Intentionen mit den Bewirtschaftern zu akkordieren und ein Verständnis für die nachhaltige Bewirtschaftung der Biotopstrukturen zu schaffen. Dies erscheint v.a. unablässig, da die Umsetzung der Konzepte maßgeblich in den Händen der Bewirtschaftler liegt.

Um die Bewirtschaftung der Biotopstrukturen tatsächlich auf andere Betriebe übertragbar zu machen, müssen noch ökonomische Bewertungen und eine Optimierung der Maßnahmen im Rahmen von Folgeprojekten getätigt werden (z.B. Potenzial und Verwertbarkeit überschüssigen Schnittmaterials). Erste Rechercheergebnisse zu Biomasseheizwerken legen offen, dass es im Bezirk Gänserndorf drei und in den angrenzenden Bezirken 40 Betriebe gibt, die mit Hackgut beliefert werden könnten (siehe Tabelle 8; ANHANG S. 6). Durch den Verkauf von Schnittmaterial, insbesondere den Bäumen, die geplentert werden, kann die notwendige Pflege möglicherweise über einen längeren Zeitraum kostendeckend sichergestellt werden.

## 10.8 Literaturverzeichnis

- Bauer, M.; Beck, M., Brunner, E.; Hillebrand, K.; Leitner, C.; Maier, S.; Mesner, B.; Schöner, J. (2007): Hecken - Elemente der Landschaft. Windschutzhecken in Rutzendorf. Bericht zu den Übungen mit Feldarbeiten zu Landschaftspflege und Naturschutz
- Benjes, H. (1998): Die Vernetzung von Lebensräumen mit Benjeshecken. Bonn
- Beran A., Bernauer, E., Brandenburg C. Pinterits S., Schacht H., Sterl P., Wagner S. (2003): Strukturkartierung Rutzendorf
- DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege) (Hrsg) (2006): Landschaftselemente in der Agrarstruktur – Entstehung, Neuanlage und Erhalt – DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“, Heft 9. Ansbach
- Ellenberg, H. (1996): Die Vegetation Mitteleuropas. Stuttgart
- Ferner B. et al. (2005): Angewandte Heckenpflege. Bericht zu den Projektübungen mit Feldarbeiten zu Landschaftspflege und Naturschutz am Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung der Universität für Bodenkultur. Wien
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM): PRINCIPLES of ORGANIC AGRICULTURE  
[http://www.ifoam.org/organic\\_facts/principles/pdfs/IFOAM\\_FS\\_Principles\\_forWebsite.pdf](http://www.ifoam.org/organic_facts/principles/pdfs/IFOAM_FS_Principles_forWebsite.pdf)  
(02.Dezember .2008)
- Kromp, B. (1993): Wiener Windschutzhecken: ein Beitrag zum Naturschutz und zur Landschaftspflege. Wien
- Lindenthal, T., Vogl, C., Hess, J. (1996): Forschung im ökologischen Landbau. Integrale Schwerpunktthemen und Methodenkriterien. (Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst" ; 1996,2c ). Wien
- Meyerhoff, E. (2006): Hecken planen, pflanzen, pflegen. Eine praktische Anleitung für Landwirte. Mainz
- Willner, W., Grabherr, G. (Hrsg.) (2007): Die Wälder und Gebüsche Österreichs: ein Bestimmungswerk mit Tabellen. München
- Schwalbe, M., Roth, D., Berger, W. (2000): Leitlinie zur Anlage und Pflege von Hecken, Baumreihen, Feld- und Ufergehölzen im Agrarraum, Thür. Landesanstalt für Landwirtschaft . Jena
- Umweltbundesamt (HRSG) (2000): Biologische Landwirtschaft im Marchfeld. Potenziale zur Entlastung des Natur- und Landschaftshaushaltes. Monographien Band 127. Wien

## 10.9 Anhang

Anhang zum Teilprojekt 10: Managementkonzept Biotopstrukturen siehe eigene Datei mit dem Namen „Anhang Teilprojekt 10\_Abschlussbericht MUBIL II“.

## 11 TEILPROJEKT 11: NATURSCHUTZBIOLOGIE /WILDBIENEN

### **Titel: Auswirkungen der Umstellung auf den biologischen Landbau sowie der agrarökologischen Begleitmaßnahmen auf den naturschutzfachlichen Wert des Projektgebietes**

BearbeiterInnen: W. Holzner, B. Pachinger, K. Böhmer, B. Prochazka  
Zentrum für Umwelt- und Naturschutz, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU Wien.

#### **11.1 Zusammenfassung / Summary**

Im Zuge der Umstellung wurden 6 m breite Brachestreifen entlang der bestehenden Gehölzstrukturen (im Jahr 2003) sowie zwischen zwei Ackerflächen (im Jahr 2007) angelegt. Ein größerer Teil davon blieb der natürlichen Sukzession überlassen (Nullvarianten), in die anderen Teile wurden Samen von autochthonen (einheimischen) Wildpflanzenarten eingesät, von denen sich 113 Arten etablieren konnten, d.h. bei der letzten Bestandsaufnahme im August 2008 noch vorhanden waren. Die Nullvarianten blieben hingegen artenarm. Hier breitete sich dafür vor allem Quecke aus den Windschutzstreifen aus. Ein nennenswerter Unkrautdruck auf die angrenzenden Äcker konnte nicht festgestellt werden.

Im Projektgebiet konnten insgesamt 139 Wildbienenarten nachgewiesen werden. Hohe Diversität bei gleichzeitigem Auftreten anspruchsvoller und seltener Arten zeigte sich in den ostseitigen, 2003 mit Nützlings- oder Wildkrautmischung angebauten Ökostreifen. Die im Jahr 2007 angebauten Ökostreifen erzielten zwar ebenfalls hohe Artenzahlen, wurden jedoch fast ausschließlich von euryöken Arten besiedelt. Untersuchte Ackerflächen leisten in den beiden Untersuchungsjahren 2007 und 2008 durch für Wildbienen ungeeignete Kulturpflanzen oder für Wildbienen nachteilige Bewirtschaftung keinen Beitrag zur Artendiversität.

Along hedges and between fields 6 m broad “eco-stripes” were established. Autochthonal wild flowers were sown in one part, while the other part was left to natural succession. The results show that 113 of the sown plants were found again in 2008. In parts left to natural succession low diversity was recorded. Although *Agropyron repens* is spreading, a noteworthy pressure by weeds to the neighbouring fields has not been observed.

A total of 139 species of wild bees was recorded in the project area Rutzendorf. The results show high diversity and rare species in five year old “eco-stripes” in the east. The species richness of two year old “eco-stripes” was also high, but only euryeicous species were found. Due to crop plants that are not attractive for wild bees and harmful management, the investigated fields do not contribute to diversity.

## 11.2 Einleitung

Die Ausstattung der Landschaft mit Landschaftselementen stellt einen Schlüsselfaktor für ihren Artenreichtum dar (z.B. Duelli 1997, Thiess & Tschardt 1999). Hecken, Brachflächen und Ökostreifen können einen wesentlichen Beitrag zur Biodiversität einer agrarisch genutzten Landschaft (Sotherton 1998, Nentwig 2000, Bürger 2004) leisten. Das Ausmaß der Steigerung der Biodiversität durch Landschaftselemente ist wesentlich von der Vernetzung der Flächen mit dem Umland und deren Ausstattung beeinflusst (Greiler 1994, Steffan-Dewenter 1998 & 2002, Holzner 2002, Pachinger 2002). Am Biobetrieb Rutzendorf waren für eine Erhöhung der Pflanzenvielfalt in der Umgebung keine naturnahen Flächen vorhanden, von denen geeignete Arten einwandern können.

Alleine aufgrund der Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise ist noch kein Anstieg der Biodiversität der Pflanzen auf den zu dem Betrieb gehörigen Landschaftselementen wie Brachestreifen, Hecken und Baumreihen zu erwarten. Daher wurden im Rahmen dieses Projektes Versuche zur Erhöhung der Pflanzenvielfalt und des Blühangebotes in Ökostreifen durchgeführt. Als Erfolgskontrolle wird neben der Diversität der Wildkräuter und dem Auftreten seltener Arten die Bewertung der Ökostreifen als Lebensraum für Wildbienen herangezogen. Ein wichtiger Aspekt bei der Konzeption und der Durchführung der Versuche war die Praxistauglichkeit. Dazu gehört neben der Flächenauswahl vor allem die Einbeziehung der weiteren Projektteilgruppen und die intensive Zusammenarbeit mit den Bewirtschaftern. Maßnahmen zur Biodiversitätssteigerung können nur dann langfristig erfolgreich sein, wenn ihr Nutzen den Bewirtschaftern deutlich wird.

## 11.3 Thema und Ziele der Arbeit

Das Thema der Arbeit ist die Dokumentation der Veränderungen der Vegetation und der Wildbienenfauna infolge der Ansaaten von Wildpflanzen und unterschiedlicher Pflegemaßnahmen (Häckseln).

Die Ziele der Arbeit sind:

- 1.) Erhöhung der Pflanzenvielfalt in ausgewählten Landschaftselementen
- 2.) Erhöhung des Blütenangebotes für Nützlinge
- 3.) Hintanhaltung von bereits vorhandenen Problemunkräutern
- 4.) Das Besondere der biologischen Wirtschaftsweise auch in der Landschaft verdeutlichen
- 5.) Den optischen Eindruck der eintönigen Brachestreifen verbessern, um damit eine bessere Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhalten (herzeigbare Bracheflächen)
- 6.) Seltene Pflanzen und Lebensräume fördern und neu anlegen
- 7.) Bewertung der Anlage und Pflege der Ökostreifen in Hinblick auf die Schaffung eines geeigneten Lebensraumes für die Wildbienenfauna als wichtige Vertreter der Bestäuber.

## 11.4 Herleitung der Arbeitshypothesen

Zahlreiche Autoren zeigen das Ansteigen der Diversität sowohl der Flora als auch der Wildbienenfauna durch die Schaffung von Rückzugsräumen in der agrarisch genutzten Landschaft (z.B. Steffan-Dewenter 1998, Corbet 1994, Pachinger 2008) auf. Durch die Anlage und Verbesserung von Landschaftselementen und die Umstellung auf eine biologische Wirtschaftsweise wird daher eine Steigerung der Diversität der Flora und Fauna am Biobetrieb Rutzendorf angenommen. Für eine positive Entwicklung der Ökostreifen gilt folgende Arbeitshypothese: 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. Von Seiten der Wildbienen wird gerade durch die Anlage der Ökostreifen von einer Erhöhung der Diversität durch das zusätzlich entstehende Angebot diverser Pollenfutterpflanzen und Nisthabitate angenommen.



## 11.5 Material und Methoden

### 11.5.1 Vegetation

- 1.) Standortserkundung und Vegetationserhebung
- 2.) Erkunden der Umgebung, wo gibt es noch artenreiche Lebensräume
- 3.) Literaturrecherche – welche Pflanzen hat es hier früher gegeben
- 4.) Wo kann geeignetes Samen- und Pflanzenmaterial entnommen werden
- 5.) Welche Pflanzenarten sind für Nützlinge (speziell für Wildbienen) besonders wichtig
- 6.) Ernte von 201 geeigneten Pflanzenarten
- 7.) Auswahl der Versuchsfelder
- 8.) Zusammenstellen der Mischungen
- 9.) Anbau im Dezember 2003 und März 2007
- 10.) Bonitieren der angesäten Flächen einmal jährlich von 2004 bis 2008
- 11.) Aufnahmen der nicht angesäten Flächen 2004 bis 2008
- 12.) Aufnahmen von gehäckselten Flächen 2004, 2005 und 2006
- 13.) Aufnahmen von nicht gehäckselten Flächen 2004 bis 2008
- 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 Ökostreifen 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.

### Wildpflanzenmischungen

Die geernteten Samen wurden zu sechs verschiedenen Mischungen zusammengestellt und auf folgender Fläche ausgesät (siehe Übersichtsplan MUBIL-Rutzendorf im Synthesebericht Seite 8):

Mischung A = **Seltene und gefährdete Ackerwildkräuter** (nur einjährige Pflanzen), angebaut im Dezember 2003 auf 100 m<sup>2</sup>.

Mischung B = **Kurzlebige Blühenmischung** für fünfjährige Ackerrand- und Zwischenstreifen (mit Kulturpflanzen), angebaut im März 2007 auf einem Streifen zwischen zwei Ackerschlägen im Ausmaß von 3.402 m<sup>2</sup> und entlang einer bestehenden Hecke im Ausmaß von 2.366 m<sup>2</sup>, insgesamt also auf 5.769 m<sup>2</sup>.

Mischung S = **Saumpflanzenmischung**, ausdauernde Pflanzen für den Heckenrand, angebaut im Dezember 2003 auf 200 m<sup>2</sup> und im März 2007 auf 2.367 m<sup>2</sup>.

Mischung W = **Wildkrautmischung** für stillgelegte Ackerflächen, die mindestens 10 Jahre bestehen bleiben, angebaut im Dezember 2003 auf 4.000 m<sup>2</sup> Fläche.

Mischung T = **Trockenwiesenmischung**, ausdauernde Pflanzen für Weg- und Heckenränder, die auch gemäht werden können, angebaut im Dezember 2003 auf 1.000 m<sup>2</sup> und im März 2007 auf 2.214 m<sup>2</sup> Fläche (ehemaliger Nullvariante).

Mischung N = **Nützlingsmischung**, kurzlebige und ausdauernde Pflanzen, die Wildbienen und andere nützliche Insekten anlocken sollen, angebaut im Dezember 2003 auf 4.000 m<sup>2</sup>.

**Mischung „Feuchtstelle“** = 50 m<sup>2</sup> vernässte Stelle im Ökostreifen. Dort wurden extra feuchtigkeitsverträgliche Pflanzen gesät.

## 11.5.2 Wildbienen

Die Erfassung der Wildbienenfauna erfolgte mittels Transektmethode mit Hilfe eines Käschers zwischen Mitte April und Anfang September, wobei jede Untersuchungsstelle sowohl 2007 als auch 2008 sieben Mal aufgesucht wurde (Tabelle 27). Anfang Mai 2007 wurden die bestehenden Nisthilfen durch neue ersetzt und der in Mubil I gestartete Versuch wiederholt.

**Tabelle 27: Lage und Beschreibung der Untersuchungstransecte Wildbienen**

Bezeichnung	Beschreibung		Nisthilfe
4_WK_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 4 (je einmal östlich bzw. westlich)	Wildkrautmischung	+
4_WK_W		Ansaat 2003	
4_WB_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 4 (östl. bzw. westl.)	Nützlingsmischung	+
4_WB_W		Ansaat 2003	
4_SS_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 4 (östl. bzw. westl.)	Spontane Sukzession	+
4_SS_W		Anlage 2003	
10_WK_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 11 (östl. bzw. westl.)	Ansaat Wildkrautmischung	+
10_WK_W		Ansaat 2003	
10_WB_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 10 (östl. bzw. westl.)	Nützlingsmischung	+
10_WB_W		Ansaat 2003	
10_SS_O	Ökostreifen entlang Baumreihe 10/11 (östl. bzw. westl.)	Spontane Sukzession	+
10_SS_W		Anlage 2003	
5	Ökostreifen entlang Hecke 5	Kurzlebige Blühmischung	
21	Ökostreifen zwischen Ackerfläche 6/1 und 7	Kurzlebige Blühmischung	
6	Hecke und angrenzender Saum 6	Dichter Grasbestand	+
6/2	Ackerfläche 6/2		
2/2	Ackerfläche 2/2		
B	Brache	Brache, Glatthafer dominiert	
R	Randbereich der Schottergrube "Referenzfläche"	Spontane Sukzession	

## 11.6 Ergebnisse und Diskussion

### 11.6.1 Vegetation

Am 30.03.07 wurden auf zwei neuen Flächen drei verschiedene Samenmischungen (B, S, T) angebaut. Aufgrund der sehr trockenen Witterung war der Keimerfolg auf den neuen Flächen recht unterschiedlich. Während die kurzlebigen Arten des Blühstreifens inmitten der Ackerfläche (zwischen Schlag 6/1 und 7) zufriedenstellend keimten und zum Feldrundgang am 25.06.07 auch schön blühten, keimte und blühte auf den Streifen entlang der bestehenden Windschutzanlagen sehr viel weniger, wahrscheinlich infolge der Wasserkonkurrenz durch die Gehölze.

Die Untersuchungen der Flächen im Jahr 2008 bestätigte die Trends der vorhergehenden Jahre. Auf den Nullvarianten hat sich wenig verändert; die Flora ist artenarm geblieben. Daher ist der Unterschied zwischen nicht-ingesäten und eingesäten Varianten noch deutlich zu erkennen; an den Grenzen verschwimmen die Unterschiede aber allmählich, da einige der eingesäten Arten in die Nullvarianten einzuwandern beginnen.

Die vor fünf Jahren angesäten Trockenrasen wurden von Jahr zu Jahr dichter. Die dafür typischen Schaf-Schwingel (*Festuca ovina* agg.) sind dominant, dazwischen wachsen Steppenkräuter wie Steppen-Salbei, Gelbe Skabiose und Aufrechtes Fingerkraut. Bei den zur gleichen Zeit angelegten Säumen ist der mittlerweile auf viele hundert Exemplare angewachsene Bestand des in NÖ sehr selten gewordenen Grauen Andorns (*Marrubium peregrinum*) aus naturschutzfachlicher Sicht besonders erwähnenswert.

Eine gelungene Wiederansiedlung stellt auch der inzwischen weiter gewachsene und 2008 besonders gut entwickelte Bestand des Fluss-Greiskrautes (*Senecio sarracenicus*) dar. Im Sommer 2008 wurden die Acker-Disteln, welche sich hier eingenistet hatten, vor dem Aussamen sorgfältig mit der Sichel entfernt. Die Acker-Distel (*Cirsium arvense*) hat auf mehreren Flächen leicht zugenommen, was mit der für sie günstigen Witterung des Jahres zusammenhängen dürfte. Nach wie vor, konnte auf keiner Probefläche der Brachestreifen eine starke Verunkrautung festgestellt werden, die eine Gefahr für die angrenzenden Äcker darstellen könnte.

Die Flächen, auf denen 2003 eine Wildkräutermischung für stillgelegte Ackerflächen eingesät wurde, werden zunehmend von ausdauernden und langlebigen Pflanzenarten eingenommen. Rainfarn nimmt stark zu, die zweijährigen Karden- und Distel-Arten hingegen nehmen stark ab. Die Rote-Liste-Ackerwildkrautarten, welche ursprünglich aus Naturschutzgründen eingesät worden waren, sind fast alle im Zuge der Sukzession von ausdauernden Arten wieder verdrängt worden. Wenn man sie erhalten wollte, müsste man Teilflächen immer wieder im Herbst umbrechen. Diese Maßnahme ist aber wegen der Sorge der Bewirtschafter vor einer möglichen Verunkrautung nicht empfehlenswert. Die übermannshohen Kardenbestände, die zwar keine Bedrohung für die Äcker darstellen aber Akzeptanzprobleme verursachen, haben sich gelichtet und werden weiter zurückgehen.

Die Nützlingsmischung enthielt von Anfang an weniger ausdauernde Pflanzenarten. Daher ist hier die Entwicklung in Richtung langlebiger Vegetation nicht so deutlich. Hier beherrschen nach wie vor Riesenpflanzen der zweijährigen Pracht-Königskerze (*Verbascum speciosum*) das Bild der Vegetation und dies wird sich auch in den nächsten Jahren nicht ändern, da von den heuer zahlreichen vorhandenen Rosetten viele 2009 zur Blüte kommen werden.

### 11.6.2 Wildbienen

Im Rahmen der Projekte MUBIL I und MUBIL II konnten insgesamt 139 Wildbienenarten nachgewiesen werden. Die höchste Artendiversität am Biobetrieb konnte dabei in allen fünf Untersuchungsjahren auf Transekt 6, einer Hecke mit vorgelagertem Grasstreifen, erzielt werden.

Die 2003 angebauten Ökostreifen unterschieden sich nach ihrer Lage. In fast allen ostseitig (Leeseite) einer Hecke / Baumreihe mit Nützlings- oder Wildkrautmischung angebauten Ökostreifen konnten deutlich höhere Artenzahlen nachgewiesen werden als in den westseitigen. Als Ursache dafür ist die bessere Entwicklung der Ökostreifen und damit ein höheres Blütenangebot für die Wildbienen zu nennen. Dieses erhöhte Blütenangebot ist auch für das Vorkommen anspruchsvoller Wildbienenarten verantwortlich. Konnte in den ersten Untersuchungsjahren auf den 2003 angebauten Ökostreifen ein ähnlich euryökes (=Arten mit einem breiten Lebensraumspektrum) Artenrepertoire beobachtet werden wie in den damals bereits bestehenden Säumen, so konnten im Rahmen von MUBIL II hier vermehrt Spezialisten in Hinblick auf ihr Pollensammelverhalten oder auf ihr Nisthabitat nachgewiesen werden. Als Beispiele für seltene und anspruchsvolle Arten, die von den Ökostreifen profitieren, seien hier *Chelostoma ventrale* und *Eucera pollinosa* beleuchtet.

*Chelostoma ventrale*, eine äußerst seltene, pontische Art, die an ein gewisses Maß von Feuchtigkeit bzw. an mäßig kühle Biotope gebunden ist (Ebmer 2005). Sie wurde erst 1987 erstmals in Österreich nachgewiesen (Schwarz & Gusenleitner 1997) und ist heute mit insgesamt 14 Fundorten aus Niederösterreich und dem Burgenland bekannt (Zettel et al. 2004, Ebmer 2005). Als Pollenfutterpflanze gibt Scheuchl (2006) zwar vermutlich oligolektisch auf Glockenblumen an, Beobachtungen der Art beim Pollensammeln an Hundskamillen-Arten (*Anthemis* sp.) (mündl. Mitt. Mazzucco) an verschiedenen Standorten lassen dies jedoch nicht als zutreffend erscheinen.

In Rutzendorf konnte die Art zwar nicht an ihrer Futterpflanze beobachtet werden, da aber keine *Campanula* Arten in den Ökostreifen kartiert wurden, wird angenommen, dass die Scherenbiene von der Österreichischen Kamille (*Anthemis austriaca*) und der Färberkamille (*Anthemis tinctoria*) (aus den Saatgutmischungen), die in den Ökostreifen ein reiches Blütenangebot boten, profitierte. Als Nistplatz nutzte die Art wahrscheinlich Totholz in den angrenzenden Hecken.

Die Langhornbiene *Eucera pollinosa* konnte im Rahmen von MUBIL I ausschließlich in der an den Biobetrieb Rutzendorf angrenzenden Schottergrube nachgewiesen werden. In den Untersuchungsjahren 2007 und 2008 konnte sie hingegen auf Ökostreifen mit Wildkrautmischung und Nützlingsmischung erfasst werden. Die sehr seltene, Wärme liebende Langhornbiene ist nach Pittioni (unpubl.) in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Ostösterreich von lediglich drei Standorten bekannt (letzter Fund 1936). Erst 1999 wird sie wieder im burgenländischen Seewinkel (mündl. Mitt. Mazzucco) gefunden. Weitere Funde in Niederösterreich/Wien gibt es 2001 in Breitenlee-Schafflerhof und Lasse-Erdpreßhöhe (mündl. Mitt. Zettel) und 2004 auf einer Brache in Breitenlee (Pachinger 2005). *Eucera pollinosa* ist in Hinblick auf ihre Pollenfutterpflanze auf Wickenarten (*Vicia* spp.) spezialisiert, die sie in den Ökostreifen vorfindet und baut ihre Nester in selbst gegrabenen Hohlräumen in der Erde.

Auf den 2007 angelegten Ökostreifen ist die Artenvielfalt im zweiten Jahr nach Ansaat bereits mit den fünfjährigen Ökostreifen vergleichbar, allerdings bieten diese Streifen bisher lediglich eher anspruchslosen Arten einen Lebensraum.

Als eine sehr häufige Art, die auf fast allen Untersuchungsstellen am Biobetrieb Rutzendorf in hohen Abundanzen nachgewiesen werden konnte, ist die Furchenbiene *Lasioglossum malachurum* zu nennen. Die Art ist sozial und stellt keine hohen Ansprüche an ihren Lebensraum und kommt in den Agrarlandschaften des Pannonikums sehr häufig vor. Seit einigen Jahren wird vermutet, dass diese Art von *Lasioglossum marginatum*, eine ebenfalls sehr anspruchslose Art, die sich seit einiger Zeit im Pannonikum stark ausbreitet, verdrängt wird (mündl. Mitt. Mazzucco). *Lasioglossum marginatum* konnte in Rutzendorf erstmals 2005, im dritten Jahr der Laufzeit von MUBIL I, in einem Ökostreifen nachgewiesen werden, 2007 und 2008 wurde diese Wildbienenart bereits in höheren Abundanzen an jeweils drei Untersuchungsstellen am Biobetrieb erfasst. Die genaue Beobachtung der beiden Arten in den nächsten Jahren sollte neue Erkenntnisse über die Konkurrenz zwischen diesen beiden Arten bieten.

Auf den Ackerflächen konnten in den Untersuchungsjahren 2007 und 2008 nur sehr geringe Artenzahlen und ausschließlich euryöke Arten nachgewiesen werden. Dies ist einerseits auf für Wildbienen nicht nutzbare Kulturarten zurückzuführen. Hätten andererseits die angebauten Kulturarten, wie etwa Luzerne, von Wildbienen als Pollenfutterpflanze genutzt werden können, verblieben diese oft nicht einmal bis zum Blühzeitpunkt auf den Ackerflächen. Im Prinzip geeignete Pflanzen sind somit bedingt durch die Bewirtschaftungsweise nicht nutzbar. Verschiedene Studien (Morandin & Winston 2005, Morandin & Winston 2006) zeigen auf, dass biologische Wirtschaftsweise positiv mit Wildbienenabundanzen korreliert und im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung höchste Abundanzen hervorbringen kann. Am Biobetrieb Rutzendorf kann der Vorteil der biologischen Bewirtschaftungsweise durch das frühe Häckseln der Pollenfutterpflanzen jedoch nicht zum Vorteil der Wildbienenfauna auf den Ackerflächen genutzt werden. Die Äcker leisten am Biobetrieb Rutzendorf auf direktem Weg nur einen geringen Beitrag zur Erhöhung der Häufigkeiten und der Wildbienen Diversität. Welchen Anteil der Verzicht auf Insektizide auf die Fauna der Ökostreifen hat, lässt sich im Rahmen dieses Projektes nicht abschätzen.

## 11.7 Schlussfolgerungen

Folgende allgemeine Empfehlungen können aus den bisherigen Untersuchungen abgeleitet werden:

In ausgeräumten, strukturarmen Agrarlandschaften empfiehlt sich eine Einsaat in die Blühstreifen (Ökostreifen), da die Flora sonst artenarm bleibt. Es gibt keine geeigneten Samenspenderflächen (Raine, Trockenböschungen, Wiesen, etc.) in der Umgebung, von denen Arten einwandern könnten. Die Streifen bleiben nicht nur arten- und damit auch blütenarm, sondern bieten auch eher Überlebenschancen für aggressive Unkrautarten. Zur Unterdrückung eventueller Verunkrautung und zur Verbesserung der Akzeptanz beim Bewirtschafter kann die Entwicklung zu einmal jährlich gemähter Trockenrasen- oder Wiesenvegetation angestrebt werden. Dabei sollten nicht alle Flächen zur gleichen Zeit gemäht oder gehäckselt werden. Hochwüchsige, konkurrenzstarke Wildkrauteinsaaten zeigen eine ausgezeichnete Konkurrenzwirkung gegen bodenbürtige Unkrautarten und sind wegen ihres Blütenreichtums auch für die Fauna förderlich. Es ist daher günstig, einen Teil der Streifen für eine derartige Vegetation vorzusehen. Um die ökologische Funktion optimal zu erfüllen, sollte dieser über den Winter stehen bleiben.

Für Wildbienen ist die Ausstattung der Ökostreifen mit vielfältigen Pollenfutterpflanzen und Nisthabitaten von besonderer Bedeutung. Eine wesentlich höhere Artendiversität zeigen besonnte Flächen. Anspruchsvolle und seltene Arten finden vor allem in schon etwas älteren Streifen (vier bis fünf Jahre) einen Lebensraum.

Um die Vorteile der biologischen Bewirtschaftungsweise mit ihrem Verzicht auf Insektizide auch für die Wildbienen auf den Ackerflächen nutzbar zu machen, sollte bei Luzerne, eine Abstimmung der Bewirtschaftung (etwa Häckselzeitpunkt) auf die Ansprüche der Wildbienen überlegt werden.

## 11.8 Literaturverzeichnis

- Bürger, C. (2004): Die Bedeutung der Landschaftsstruktur für die Bienendiversität und Bestäubung auf unterschiedlichen räumlichen Skalen. Dissertation an der Georg-August Universität Göttingen.
- 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.
- Ebmer, A.W. 2005: Hymenopterologische Notizen aus Österreich – 18 (Insecta: Hymenoptera: Apoidea). – *Linzer biologische Beiträge* 37/1: 321-342.
- Greiler, H. (1994): Insektengesellschaften auf selbstbegrüntem und eingesäten Ackerbrachen. *Agrarökologie* Bd.11. Haupt Verlag, Bern.
- Holzner, W. (2002): Ackerbrachen – Natur oder Unkraut-Infektionsherd?. In: *Ackerbrachen – Flächennutzung mit Zukunft? Dokumentation der Fachtagung vom 27. April 2001, Wien.* Eigenverlag ZUN, Universität für Bodenkultur Wien, 4-22.
- Morandin L.A. & M.L. Winston (2005): Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Applications* 15(3), 871-881.
- Morandin L.A. & M.L. Winston (2006): Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116, 289-292.
- Nentwig, W. (2000): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft – Ackerkrautstreifen, Buntbrachen, Feldränder. *Vaö-Verlag Agrarökologie* Bern, Hannover, 1-293.
- 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.
- Pachinger, B. (2005): Monitoring der Wildbienen auf ausgewählten Vertragsnaturschutzflächen in Breitenlee und Unterlaa/Naturdenkmal „Lösshohlweg“. In: *Ludwig Boltzmann Institut für Biologischen Landbau und Angewandte Ökologie: Vertragsnaturschutzprogramm Lebensraum Acker – Arbeits- und Ergebnisbericht 2003 und 2004.* Forschungsprojekt im Auftrag der MA 22.
- Pachinger, B. (2008): Der Hohlweg am Johannesberg (Wien, Unterlaa) – Lebensraum und Trittstein für Wildbienen (Hymenoptera: Apidae). *Beiträge zur Entomofaunistik* 8, 69-83.
- Pittioni, B. (unpubl.): Die Bienen des Wiener-Beckens und des Neusiedlersee-Gebietes. Unpubl. Manuskript des Naturhistorischen Museums Wien.
- Sotherton N.W. (1998): Land use changes and the decline of farmlands wildlife: an appraisal of the set aside approach. *Biological Conservation* 83/3, 259-268.
- Steffan-Dewenter, I. (1998): Wildbienen in der Agrarlandschaft: Habitatwahl, Sukzession, Bestäubungsleistung und Konkurrenz durch Honigbienen. *Agrarökologie* Verlag 27, 1-134.
- Steffan-Dewenter, I. (2002): Importance of Habitat Area and Landscape Context for Species Richness of Bees and Wasps in Fragmented Orchard Meadows. *Conservation Biology* 17/4, 1036-1044.
- Scheuchl, E. 2006: *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs - Megachilidae & Melittidae.* Velden.
- Schwarz, M. & Gusenleitner, F. 1997: Neue und ausgewählte Bienenarten für Österreich. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs (Hymenoptera, Apidae). – *Entomofauna* 18: 301-372.
- Thies, C. and Tschamtko T. (1999): Landscape structures and biological control in agroecosystems. *Science* 285, 893-895.
- Zettel, H., Schödl, S. & Wiesbauer, H. 2004: Zur Kenntnis der Wildbienen (Hymenoptera: Apidae) in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland – 1. – *Beiträge zur Entomofaunistik* 5: 99-124.

## **12 TEILPROJEKT 12: FUTTERMITTEL**

### **Titel: Titel: Untersuchungen zum Futterwert von Weizen aus Biologischer Landwirtschaft**

BearbeiterInnen: R. Weißensteiner, D. Kottik, W. Zollitsch  
Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien.

#### **12.1 Zusammenfassung / Summary**

Von der Ernte 2008 wurden je 4 repräsentative Proben von Winterweizen der Sorte Capo aus den Bio-Düngungsvarianten Gründüngung, Biotonnekompost und Stallmist, sowie zu Vergleichszwecken von 3 konventionellen und 4 Bio-Praxisbetrieben gezogen und auf den Gehalt an Rohnährstoffen, Stärke, Zucker, Aminosäuren und Mengenelemente untersucht. Im Gehalt an Rohprotein, Aminosäuren und Stärke bestanden signifikante Unterschiede zwischen Proben von Bio-Praxisbetrieben einerseits und konventionellen Praxisbetrieben sowie den Bio-Düngungsvarianten andererseits. Im Exaktversuch schnitten alle Düngungsvarianten hinsichtlich der untersuchten wertgebenden Inhaltsstoffe gleich ab und erreichten ein mit den konventionellen Proben vergleichbares Niveau im Protein- und Aminosäuregehalt. Diese Ergebnisse unterstreichen für die Praxis die Notwendigkeit von regelmäßigen Analysen zumindest des Rohproteingehaltes, um eine bessere Einschätzung des Futterwertes für Rationsplanungen vornehmen zu können.

Four representative samples were taken from each of the fertilization treatments (green manuring, compost and manure) for winter wheat (variety Capo) of the 2008 harvest. In order to compare the results with on-farm data, another 3 and 4 samples of the same variety grown on similar sites were collected from conventional and organic farms, respectively. Samples were analysed for proximate composition, starch, sugar, amino acids and minerals. Wheat from organic farms contained significantly less protein and amino acids, but more starch as compared to conventional farms and to any of the fertilization treatments. Samples from all fertilization treatments and from conventional farms showed similar results in the protein and amino acid contents. Keeping in mind the relatively poorer values for wheat from organic farms, it is recommended to conduct regular feed analysis, implying crude protein analysis at least, if homegrown grains are fed to livestock on organic farms.

#### **12.2 Einleitung**

Der Nährstoffgehalt von Futtermitteln aus Biologischer Landwirtschaft kann aufgrund von Effekten der Sorte, der Vorfrucht und der Nährstoffversorgung der Pflanzen variieren: In eigenen Arbeiten wurden signifikante Abweichungen im Rohnährstoff- und Aminosäuregehalt 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 insofern unbefriedigend, als sie keine allgemeine Aussage über allfällige systembedingte Unterschiede (biologisch versus konventionell) im Nährstoffgehalt von Getreide zulassen. Weiters bestand in den o.g. Untersuchungen eine positive Vorfrucht-Wirkung von Leguminosen auf den Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren im Getreide.

### 12.3 Thema und Ziele der Arbeit

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

### 12.4 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 Gehalt an Rohprotein und essentiellen Aminosäuren zu erwarten.

### 12.5 Material und Methoden

Es wurden repräsentative Proben von Winterweizen der Sorte Capo aus dem Kleinparzellenversuch S6M (Biobetrieb Rutzendorf, Schlag 6/2, Parzelle 1 bis 12) der Ernte 2008 gezogen. Somit wurde jede der 3 Bio-Düngungsvarianten (Gründüngung, Biotonnekompost, Stallmist) in 4 Wiederholungen beprobt. Um zumindest Orientierungswerte für einen Vergleich mit Weizen von konventionellen und biologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben zu erhalten, wurden zusätzlich Proben von Winterweizen der gleichen Sorte wie im Versuch (Capo) von 4 biologisch wirtschaftenden und 3 konventionellen Betrieben (davon eine bei einer Übernahmestelle entnommene Mischprobe) von vergleichbaren Standorten des Marchfelds gezogen.\*

Diese insgesamt 19 Proben aus 5 Varianten 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 (Analysenergebnisse für Proben des Erntejahres 2008) bzw. zweifacher Varianzanalyse (gemeinsame Auswertung der Analysenergebnisse für Proben der Erntejahre 2004 und 2008 für die fixen Effekte Variante und Jahr) ausgewertet. Paarweise Gruppenvergleiche zwischen den einzelnen Varianten (Düngungsvarianten, konventionelle Praxis, Bio-Praxis) erfolgten mittels Tukey-Test (Eßl, 1987).

---

\* Für ihre Unterstützung durch Probenbereitstellung und technische Hilfestellung sei stellvertretend herzlich gedankt: Richard Hofer; Karl Mayer (Stadtgut Lobau); Johann Mühl; Karl Nägerle; Michael Naglitsch (Bundesversuchswirtschaften GmbH); DI Karl Refenner (BOKU-Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf).



## 12.6 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 dargestellt. In den Tabellen werden die LS-Mittelwerte für die Behandlungen, die Residualstandardabweichung  $s_e$  sowie die Irrtumswahrscheinlichkeit aus der Varianzanalyse P angegeben. LS-Mittel von Behandlungen, die sich im paarweisen Vergleich nach Tukey signifikant unterscheiden, werden mit unterschiedlichen, hochgestellten Buchstaben gekennzeichnet bzw. werden diese im Text erläutert. Bei P-Werten von unter 0,05 werden die Differenzen zwischen den Behandlungen generell als signifikant interpretiert.

In 12.6.1 werden die Ergebnisse der Futterwertbestimmungen an den Proben der Ernte 2008 präsentiert, in 12.6.2 werden die Ergebnisse einer zweifaktoriellen Auswertung (Variante, Jahr) der Proben aus den Erntejahren 2004 und 2008 dargestellt.

### 12.6.1 Weizen der Ernte 2008

**Tabelle 28: Futterwert (Rohnährstoff- und Energiegehalt) unterschiedlich gedüngter Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben (PB)**

Inhaltsstoff	Grün- düngung	Biotonne- kompost	Stallmist	konv. PB	Bio PB	$s_e$	P
Rohprotein, g/kg T	160 <sup>b</sup>	158 <sup>b</sup>	162 <sup>b</sup>	168 <sup>b</sup>	123 <sup>a</sup>	9,3	<0,001
Rohfett, g/kg T	16	17	17	17	17	0,5	0,184
Rohfaser, g/kg T	23	24	23	24	23	1,0	0,544
Rohasche, g/kg T	20	19	19	24	20	1,7	0,009
Stärke, g/kg T	657 <sup>a</sup>	660 <sup>a</sup>	658 <sup>a</sup>	653 <sup>a</sup>	689 <sup>b</sup>	6,5	<0,001
Zucker, g/kg T	28	28	28	27	27	1,4	0,764
ME <sub>Rind</sub> , MJ/kg T	13,40	13,40	13,42	13,37	13,32	0,035	0,014
ME <sub>Geflügel</sub> , MJ/kg T	14,35	14,40	14,42	14,45	14,33	0,074	0,261
Ca, g/kg T	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,06	0,125
P, g/kg T	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	0,15	0,668
Mg, g/kg T	1,7 <sup>b</sup>	1,7 <sup>b</sup>	1,7 <sup>b</sup>	1,6 <sup>ab</sup>	1,5 <sup>a</sup>	0,05	0,001
K, g/kg T	3,4 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	4,2 <sup>ab</sup>	4,6 <sup>b</sup>	0,37	0,001
Na, g/kg T	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,03	0,014

Hinsichtlich der in Tabelle 28 dargestellten, für den Futterwert relevanten Merkmale sind aus ernährungsphysiologischer Sicht vor allem die zwischen den verschiedenen Varianten auftretenden Differenzen im Gehalt an Rohprotein und Stärke relevant. Diesbezüglich lassen sich die Proben in zwei Gruppen differenzieren: Die Proben von den Bio-Praxisbetrieben weisen im Vergleich zu allen anderen Behandlungen einen signifikant geringeren Eiweiß- und (wie in Tabelle 29 dargestellt) Aminosäuregehalt auf. Die Differenzen zwischen den 3 Düngungsstufen im Exaktversuch am Biobetrieb Rutzendorf und den konventionellen Praxisbetrieben sind numerisch geringer als in einer früheren Untersuchung (Zollitsch et al. 2006) und unterstreichen die Möglichkeit der Produktion von Weizen hoher ernährungsphysiologischer Qualität unter den Bedingungen der Biologischen Landwirtschaft. Offenbar bestehen in der Praxis (Bio-Betriebe auf vergleichbaren Standorten, Anbau der gleichen Sorte) gegenüber dem Exaktversuch Defizite in der Pflanzenernährung, bedingt durch die Düngung und die Fruchtfolge, die in signifikant geringeren Protein- und Aminosäuregehalten resultieren.

Der Gehalt an Stärke folgt erwartungsgemäß dem entgegengesetzten Muster. Da sowohl Protein als auch Stärke wichtige Energiequellen darstellen, lassen sich für den Energiegehalt keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Behandlungen nachweisen. Die signifikanten Differenzen im Gehalt an Mg sind numerisch relativ gering; der höhere K-Gehalt der Proben von den Bio-Praxisbetrieben ist allenfalls für den Einsatz in Rationen von Bedeutung, die bereits relativ hohe K-Gehalte aufweisen.

**Tabelle 29: Gehalt an Aminosäuren von unterschiedlich gedüngten Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben (PB)**

Inhaltsstoff	Gründüngung	Biotonnekompost	Stallmist	konv. PB	Bio PB	s <sub>e</sub>	P
Asp, g/kg T	7,7	7,6	7,7	8,1	6,3	0,35	<0,001
Glu, g/kg T	51,9	51,3	52,7	54,6	36,7	3,82	<0,001
Ser, g/kg T	6,6	6,5	6,7	6,9	5,1	0,45	<0,001
His, g/kg T	3,3	3,3	3,4	3,5	2,6	0,18	<0,001
Gly, g/kg T	6,1	6,0	6,2	6,5	5,0	0,31	<0,001
Thr, g/kg T	4,3	4,2	4,3	4,4	3,4	0,19	<0,001
Arg, g/kg T	7,2	7,1	7,3	7,4	5,8	0,30	<0,001
Ala, g/kg T	5,3	5,2	5,3	5,5	4,4	0,21	<0,001
Tyr, g/kg T	4,2	4,1	4,3	4,4	3,2	0,27	<0,001
Val, g/kg T	6,6	6,4	6,5	6,8	5,1	0,26	<0,001
Ile, g/kg T	5,4	5,3	5,4	5,6	4,0	0,26	<0,001
Phe, g/kg T	7,2	7,1	7,3	7,6	5,2	0,47	<0,001
Leu, g/kg T	11,2	11,1	11,4	11,7	8,5	0,64	<0,001
Lys, g/kg T	4,1	3,8	4,1	3,9	3,2	0,29	0,004
Cys, g/kg T	3,2	3,2	3,2	3,3	2,6	0,13	<0,001
Met, g/kg T	2,3	2,3	2,3	2,4	1,9	0,10	<0,001
Trp, g/kg T	1,8	1,7	1,8	1,8	1,4	0,10	<0,001

Mit der Ausnahme von Lysin war der Gehalt aller Aminosäuren im Weizen von den Bio-Praxisbetrieben signifikant geringer als in allen anderen Proben, die sich untereinander nur zufällig unterschieden. Der Lysingehalt in den Proben von den Bio-Praxisbetrieben war signifikant geringer als in den Proben der mit Stallmist und Gründüngung gedüngten Parzellen des Exaktversuches sowie der auf den konventionellen Betrieben gezogenen. Auch die Differenz zur Düngungsstufe Kompost war mit einem P-Wert für den paarweisen Vergleich nach Tukey mit 0,065 nur knapp über der Signifikanzgrenze. Alle übrigen Behandlungen unterschieden sich untereinander wiederum nur zufällig.

### 12.6.2 Weizen der Ernten 2004 und 2008

Über alle Varianten konnte ein signifikanter Jahreseinfluss auf die Gehalte an Rohprotein und allen Aminosäuren ausgenommen Cys und His sowie an Rohasche, Stärke, Zucker, ME<sub>Rind</sub>, P, Mg, K und Na nachgewiesen werden. Für die meisten dieser Nährstoffe war der Gehalt im Jahr 2004 signifikant niedriger als im Jahr 2008; eine Ausnahme stellten die Gehalte an Stärke, K und Na dar, die 2004 höher als 2008 waren. Dieser signifikante Jahreseffekt erklärt, warum die durchschnittlichen Analyseergebnisse (Jahre 2004 und 2008) in Tabelle 30 für Protein niedriger und für Stärke höher als die in Tabelle 28 angegebenen Resultate (nur für 2008) sind. Die Ergebnisse für die Proben aus dem Erntejahr 2004 wurden in einem früheren Bericht (Zollitsch et al. 2006) dargestellt.

**Tabelle 30: Futterwert (Rohnährstoff- und Energiegehalt) unterschiedlich gedüngter Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben (PB) der Ernten 2004 und 2008 (LS-Mittelwerte aus beiden Untersuchungsjahren)**

Inhaltsstoff	Grün- düngung	Biotonne- kompost	Stallmist	Konv. PB	Bio PB	s <sub>e</sub>	P
Rohprotein, g/kg T	148 <sup>b</sup>	151 <sup>b</sup>	153 <sup>b</sup>	161 <sup>b</sup>	114 <sup>a</sup>	8,1	<0,001
Rohfett, g/kg T	17	17	17	17	17	06	0,553
Rohfaser, g/kg T	23	24	23	24	23	1,2	0,916
Rohasche, g/kg T	19	19	19	21	19	1,8	0,107
Stärke, g/kg T	672 <sup>a</sup>	667 <sup>a</sup>	663 <sup>a</sup>	657 <sup>a</sup>	696 <sup>b</sup>	10,0	<0,001
Zucker, g/kg T	26	26	27	24	26	4,1	0,730
ME <sub>Rind</sub> , MJ/kg T	13,30 <sup>b</sup>	13,30 <sup>b</sup>	13,32 <sup>b</sup>	13,30 <sup>b</sup>	13,23 <sup>a</sup>	0,034	0,006
ME <sub>Geflügel</sub> , MJ/kg T	14,42	14,37	14,37	14,37	14,31	0,153	0,860
Ca, g/kg T	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,07	0,081
P, g/kg T	3,8	3,8	3,8	4,1	3,8	0,20	0,079
Mg, g/kg T	1,5	1,6	1,6	1,6	1,4	0,10	0,144
K, g/kg T	3,6	3,9	3,8	4,5	4,9	0,55	0,005
Na, g/kg T	0,1 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,2 <sup>b</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,03	0,001

Bei gemeinsamer Auswertung der Proben aus 2004 und 2008 und unter Ausschaltung des Jahreseffektes ergibt sich ein ähnliches Bild wie in einem früheren Bericht (Zollitsch et al. 2006) bzw. in den Tabellen 28 und 29 für das Jahr 2008 isoliert dargestellt. Da im Jahr 2004 keine Proben der gleichen Sorte von Bio-Betrieben auf vergleichbaren Standorten verfügbar waren, musste in der Auswertung auf einen Test auf Interaktionen Düngungsstufe x Jahr verzichtet werden.

**Tabelle 31: Gehalt an Aminosäuren von unterschiedlich gedüngten Weizenproben im Vergleich zu Weizen von konventionellen und biologischen Praxisbetrieben der Ernten 2004 und 2008 (LS-Mittelwerte aus beiden Untersuchungsjahren)**

Inhaltsstoff	Grün- düngung	Biotonne- kompost	Stallmist	Konv. PB	Bio PB	s <sub>e</sub>	P
Asp, g/kg T	6,8	6,8	7,0	7,1	5,5	0,34	<0,001
Glu, g/kg T	44,2	44,6	45,5	48,3	29,7	3,12	<0,001
Ser, g/kg T	5,8	5,9	6,0	6,2	4,4	0,37	<0,001
His, g/kg T	3,3	3,3	3,4	3,5	2,6	0,20	<0,001
Gly, g/kg T	5,5	5,5	5,7	5,9	4,4	0,30	<0,001
Thr, g/kg T	4,0	3,9	4,1	4,2	3,2	0,20	<0,001
Arg, g/kg T	6,5	6,4	6,7	6,7	5,1	0,30	<0,001
Ala, g/kg T	4,8	4,8	5,0	5,0	3,9	0,22	<0,001
Tyr, g/kg T	3,7	3,8	3,9	4,0	2,8	0,22	<0,001
Val, g/kg T	6,0	6,0	6,1	6,3	4,7	0,24	<0,001
Ile, g/kg T	4,8	4,8	4,9	5,2	3,5	0,23	<0,001
Phe, g/kg T	6,5	6,5	6,7	7,0	4,6	0,40	<0,001
Leu, g/kg T	9,9	10,0	10,2	10,5	7,3	0,54	<0,001
Lys, g/kg T	3,7	3,5	3,8	3,6	2,9	0,26	<0,001
Cys, g/kg T	3,2	3,1	3,2	3,0	2,5	0,25	0,002
Met, g/kg T	2,2	2,2	2,2	2,2	1,8	0,12	<0,001
Trp, g/kg T	1,7	1,6	1,7	1,7	1,3	0,07	<0,001

Mit der Ausnahme von Cystein war der Gehalt aller Aminosäuren im Weizen von den Bio-Praxisbetrieben signifikant geringer als in allen anderen Proben, die sich untereinander nur zufällig unterschieden. Der Cysteingehalt in den Proben von den Bio-Praxisbetrieben war signifikant geringer als in den Proben der mit Stallmist, Gründüngung und Kompost gedüngten Parzellen. Auch die Differenz zu den konventionellen Proben war mit einem P-Wert für den paarweisen Vergleich nach Tukey mit 0,060 nur knapp über der Signifikanzgrenze. Alle übrigen Behandlungen unterschieden sich untereinander wiederum nur zufällig.

Die Ursachen für die oben erwähnten signifikanten Differenzen zwischen den Jahren 2004 und 2008, die auch beim Vergleich der Ergebnisse in den Tabellen 28 und 30 bzw. 29 und 31 erkennbar sind, sollten in weiterführenden Analysen, die sämtliche verfügbare Informationen zu Düngung und Fruchtfolge sowie zu Bodenwasser- und -nährstoffhaushalt der Probenstandorte beinhalten, untersucht werden.

## 12.7 Schlussfolgerungen

In den für den Ernährungswert von Weizen wichtigen Inhaltsstoff-Gehalten bestehen für Rohprotein und Aminosäuren sowie für den Stärkegehalt signifikante und ernährungsrelevante Unterschiede zwischen Proben von Bio-Praxisbetrieben einerseits und konventionellen Praxisbetrieben sowie den Bio-Düngungsvarianten aus dem Exaktversuch andererseits. Die Faktoren, die zu diesen Differenzen führen, sollten in zukünftigen Forschungsvorhaben untersucht werden.

Unter den Bedingungen des Exaktversuches schnitten alle Bio-Düngungsvarianten hinsichtlich der untersuchten wertgebenden Inhaltsstoffe gleich ab und erreichten ein mit den konventionellen Proben vergleichbares Niveau im Protein- und Aminosäuregehalt.

Der niedrige Protein- und Aminosäuregehalt der Proben aus den Bio-Praxisbetrieben unterstreicht für die Praxis die Notwendigkeit regelmäßiger Analysen zumindest des Rohproteingehaltes, um eine bessere Einschätzung des Futterwertes für Rationsplanungen vornehmen zu können.

## 12.8 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 Analysenmethoden 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.
- Zollitsch, W., Velik, M. und Knaus, W. (2006): Untersuchungen zum Futterwert von Getreide aus Biologischer Landwirtschaft. In: Freyer et al. (eds.), Monitoring der Umstellung auf den biologischen Landbau (MUBIL), 135-140.

## **13 TEILPROJEKT 13: ÖKONOMIE**

### **Titel: Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten im biologischen Landbau auf die Wirtschaftlichkeit**

Bearbeiter: M. Eder

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

#### **13.1 Zusammenfassung / Summary**

Auf Grundlage von Versuchsergebnisse wurden für drei Düngungsvarianten für die Jahre 2006 bis 2008 Gesamtdeckungsbeiträge bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge (jeweils ohne Direktzahlungen) errechnet. Die Düngungsvarianten simulieren unterschiedliche betriebliche Voraussetzungen der Nährstoffbereitstellung (nur Gründüngung, Zufuhr organischen Düngers durch Zukauf von Biotonnekompost, Stallmist von Rinderbetrieb mit 0,5 GVE je ha Ackerfläche) in der Fruchtfolge. Der durchschnittliche Fruchtfolgedeckungsbeitrag war mit 546 € je ha bei der Düngungsvariante 1 (nur Gründüngung) am höchsten. Der Wert für die Düngungsvariante 2 (Zukauf von Biotonnekompost) lag 10%, für die Düngungsvariante 3 (Stallmist) 18% darunter. Die in der Analyse veranschlagten Kosten für die Düngung (Biotonnekompost, Stallmist) konnten im Durchschnitt der drei Jahre nicht durch höhere Leistungen kompensiert werden. Maßgeblich wird die Höhe des Deckungsbeitrages, neben den klimatischen Bedingungen (Niederschläge), von den schwankenden Erzeugerpreisen während des Untersuchungszeitraumes beeinflusst. So war der Fruchtfolgedeckungsbeitrag 2008 bei allen drei Düngungsvarianten rund doppelt so hoch als 2006.

Based on the results of field trials in the year 2006 to 2008 farm gross margins (excluding direct payments) were calculated for three different systems of organic fertiliser supply. The three systems (DV1 to DV2) simulate different possibilities regarding the nutrient supply on a farm (DV1 = solely green manuring, DV2 = supply of organic fertiliser by compost from bio-waste, DV3 = cattle manure at a rate of 0.5 animal units per hectare cropland). DV1 achieved the highest average gross margin during the three years period, followed by DV2 with a 10% lower average gross margin and DV3 with 18% less than DV1. The assumed costs for the organic manure in DV2 and DV3 could not be covered by higher revenues. The main influence to the level of the gross margin was, among the climatic conditions, the fluctuating prices of the cash crops during the sample period.

#### **13.2 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 sollen die Auswirkungen von drei Düngungsvarianten, die unterschiedliche betriebliche Voraussetzungen der Nährstoffbereitstellung (nur Gründüngung, zusätzlich Zufuhr organischen Düngers durch Zukauf von Biotonnekompost, Stallmist von Rinderbetrieb mit 0,5 GVE je ha Ackerfläche) simulieren, nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten analysiert werden.

### **13.3 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, DV2 = Zufuhr organischen Düngers, DV 3 = Rinder haltender Betrieb) Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge auf Basis der drei Untersuchungsjahre 2006 bis 2008 zu kalkulieren und diese miteinander zu vergleichen.

### **13.4 Material und Methoden**

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit erfolgte anhand eines Vergleiches der Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge der drei Düngungsvarianten. In der Periode 2006 bis 2008 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). 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 daher auch nicht 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 bzw. Fruchtfolgedeckungsbeitrag (je ha) 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.

### 13.4.1 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 in den einzelnen Jahren erzielten Verkaufspreisen errechnete sich die Hauptleistung.

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

Da die Betriebe der BVW GmbH insgesamt rund 1.000 ha bewirtschaften und der Maschinenpark auch auf diese Größe ausgerichtet ist, wurde auf Standardwerte zur Berechnung der **variablen Maschinenkosten** zurückgegriffen (ÖKL 2008). Die zu erwartenden Maschineneinsatzstunden für die Stallmistausbringung, der Silagebereitung und der Strohbergung orientieren sich ebenfalls an Standardwerten (BMLFUW 2008).

Die **Erntekosten** wurden gemäß den Werten für die Lohnernte aus Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008 (BMLFUW 2008) einbezogen.

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

Eine detaillierte Darstellung der Berechnung der Deckungsbeiträge für die im Untersuchungszeitraum angebaute Kulturen und Düngungsvarianten findet sich im Anhang (Tabelle 33 bis Tabelle 40).

### 13.4.2 Berechnung der variablen Kosten der Zwischenfrüchte

Für den Erhebungszeitraum wurden die variablen Kosten der Zwischenfrüchte ZF\_2005\_7, ZF\_2005\_6, ZF\_2005\_4, ZF\_2006\_5, ZF\_2007\_5, ZF\_2007\_4 und ZF\_2007\_2 zur Berechnung herangezogen. (Die letzte Zahl der Codierung gibt Auskunft über die Anzahl der Mischungspartner, Art und Menge der Mischungspartner sowie die Kosten sind im Anhang zu finden.) ZF0\_2x und ZF0\_3x beschreibt keinen Zwischenfruchtanbau, sondern gibt nur an, dass 2x bzw. 3x gegrubbert wurde, ZF0\_Scheib steht für eine Bearbeitung mit der Scheibenegge. Die detaillierten Angaben dazu gibt es ebenfalls im Anhang (Tabelle 42).

### 13.4.3 Berechnung der Düngungskosten

In der Düngungsvariante 2 wurde Kosten von 4,85 € je t für den Biotonnekompost plus 2 € je t für den Transport des Kompostes berechnet. Inclusive der variablen Maschinenkosten bei der Kompostausbringung ergeben sich bei einer durchschnittlichen Ausbringungsmenge von etwas mehr als 21,5 t je ha Kosten von ca. 199 € je ha. Bei der Düngungsvariante 3 (Rinder haltender Betrieb) wurde der Stallmist nicht bewertet, es flossen nur die variablen Maschinenkosten der Ausbringung (rund 18 t/ha) von 41 €/ha in die Kalkulationen ein (Tabelle 41).

#### 13.4.4 Berechnung der Gesamtdeckungsbeiträge

Die Kosten der Zwischenfrüchte und die Dünger- bzw. Düngerausbringungskosten wurden den jeweiligen Folgefrüchten 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 drei Jahre angewandt.

#### 13.5 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 32 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungsjahre 2006 bis 2008.

**Tabelle 32: Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge im Untersuchungszeitraum**

Düngungsvariante	Gesamtdeckungsbeitrag in €			Fruchtfolgedeckungsbeitrag in € je ha		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
DV 1 (Gründüngung)	56.680	67.275	105.449	405	481	753
DV 2 (Biotonnekompost)	46.432	62.431	98.532	332	446	704
DV 3 (Stallmist)	46.374	46.197	97.013	331	330	693

In allen drei Jahren war der Fruchtfolgedeckungsbeitrag (ohne Direktzahlungen) positiv. In den Jahren 2006 und 2007 lag er in einem Bereich von 330 bis 481 €/ha. Im Jahr 2008 wurden bei allen drei Düngungsvarianten wesentlich höhere Fruchtfolgedeckungsbeiträge erzielt (693 bis 753 €/ha). Die Düngungsvariante 1 wies in allen drei Jahren höhere Werte auf als die Variante mit Biotonnekompost bzw. Stallmist. Gemittelt über die Jahre 2006 bis 2008 erreichte die Düngungsvariante mit Biotonnekompost (DV 2) 90% und die Düngungsvariante mit Stallmist (DV 3) 82% des Fruchtfolgedeckungsbeitrages der Düngungsvariante 1 von 546 €/ha.

Die Höhe der Deckungsbeiträge wird vor allem durch die klimatischen Bedingungen der einzelnen Jahre und den damit verbundenen Erträgen der Kulturen sowie die erzielten Produkterlöse bestimmt (Tabelle 43). So lag z.B. der Deckungsbeitrag bei Körnermais zwischen 239 €/ha im Jahr 2007 (sehr niedrige Erträge, hoher Preis) und 2.813 €/ha 2008 (sehr hohe Erträge, hoher Preis). Winterweizen erreichte in allen drei Jahren und allen Düngungsvarianten sehr hohe Deckungsbeiträge. Dies beruht einerseits auf der bevorzugten Stellung in der Fruchtfolge (nach Luzerne bzw. Erbse) und den damit verbundenen guten Erträgen und Proteingehalten und andererseits auf den stabil hohen Produkterlösen. Für Sommergerste errechneten sich relativ konstante Deckungsbeiträge zwischen 248 und 656 €/ha. Winterroggen bzw. Sonnenblume wurden im Untersuchungszeitraum nur in einem Jahr auf einem Feld angebaut, die Deckungsbeiträge lagen zwischen denen von Winterweizen und Sommergerste. Der Anbau von Körnererbse erwies sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht als nicht lukrativ. In zwei Jahren wurde auf insgesamt drei Feldern nur einmal ein positiver Deckungsbeitrag erzielt, zweimal kam es zu einem Ernteausfall. Dies muss allerdings in Zusammenhang mit der Fruchtfolge gesehen und beurteilt werden. Triticale verzeichnete bei einmaligem Anbau im Jahr 2006 aufgrund eines sehr niedrigen Ertrages und Produkterlöses ebenfalls einen negativen Deckungsbeitrag.



Unter Einbezug der kalkulierten Deckungsbeiträge der Jahre 2003 bis 2005 (Tabelle 44) erzielte die Düngungsvariante 1 in der Periode von 2003 bis 2008 einen durchschnittlichen Deckungsbeitrag von 285 €/ha. In diesen Zeitraum fallen allerdings auch zwei Jahre Umstellungszeit mit angepasster Fruchtfolge und Preisen für Umstellungsware. Die Düngungsvariante 2 erreichte im Mittel 254 €/ha, die Düngungsvariante 3 durchschnittlich 225 €/ha.

Die in der Analyse veranschlagten Kosten für die Düngung lagen umgelegt auf die gesamte Fläche zwischen 50 und 76 € je ha und Jahr bei der Düngung mit Biotonnekompost. Rund zwei Drittel davon fielen auf den Zukaufspreis für den Biotonnekompost. Steht dieser zu günstigeren Konditionen zur Verfügung, können die Düngungskosten beträchtlich sinken. Für die Düngungsvariante mit Stallmist lagen die Kosten (Strohbergung, Luzernesilierung, Stallmistausbringung) bei 66 bis 88 € je ha und Jahr. Im Durchschnitt der drei Jahre konnten diese zusätzlichen Kosten nicht durch höhere Leistungen kompensiert werden. In einem Ackerbaubetrieb mit Viehhaltung könnte allerdings je nach betrieblicher Voraussetzung die Kostenverrechnung zwischen Ackerbau und Viehhaltung zu geringeren Kosten gegenüber der Kalkulation in Düngungsvariante 3 führen. So sind in der vorliegenden Kalkulation keine Erlöse für das vom Feld verbrachte Stroh inkludiert und die Silagebereitung wird als Kostenpunkt dem Luzerneanbau zugerechnet. Je nach Haltungssystem wird jedoch in einem Betrieb mit Viehhaltung Stroh eine Kostenposition darstellen und ebenso wie die Erzeugung von Silage als Kostenposition dem Betriebszweig Viehhaltung zugerechnet werden.

Derzeit können bei den Düngungsvarianten 2 und 3 nur geringfügige bzw. keine Ertragssteigerungen beobachtet werden. Eine Reihe von Faktoren spielt in diesem Zusammenhang eine Rolle. Einerseits fand in allen Düngungsvarianten ein einheitlicher umfangreicher Anbau von Zwischenfrüchten statt und andererseits enthält die Fruchtfolge einen hohen Anteil an Leguminosen. Darüber hinaus erfolgte die Zufuhr organischer Masse über Biotonnekompost oder Stallmist bisher nur in geringem Umfang und die Wirkung von Kompost oder Stallmist (vor allem auf die Humusbilanz) ist langfristig zu beurteilen. Ein weiterer Aspekt kommt bei der DV 3 (Stallmist) zum Tragen. Im Vergleich zu den DV 2 und 3 wird der Luzerneschnitt abgefahren und damit auch Stickstoff, Nährstoffe und org. Substanz. Bei der Rückfuhr über den Stallmist kommt es zu Stickstoffverlusten bei der Lagerung und Ausbringung. Deutlich wird dies bei den Versuchsergebnissen in geringeren Weizenerträgen dieser Variante nach Luzerne.

### **13.6 Literaturverzeichnis**

- BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2008): Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008. Wien: Selbstverlag.
- ÖKL - Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (2008): ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2008. Wien: Selbstverlag.

## 13.7 Anhang

**Tabelle 33: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterweizen**

	ohne Strohbergung					ohne Strohbergung					mit Strohbergung					Einheit	
	2006	2006	2007	2008	2008	2006	2006	2007	2008	2008	2006	2006	2007	2008	2008		
	DV1	DV1	DV1	DV1	DV1	DV2	DV2	DV2	DV2	DV2	DV3	DV3	DV3	DV3	DV3		
Hauptleistung	Ertrag 1	5.559	4.998	4.079	6.156	6.210	5.557	5.014	3.967	6.472	5.997	5.734	4.207	3.803	6.619	6.089	kg/ha
	Protein	14,78%	14,58%	15,58%	14,13%	13,85%	14,50%	14,58%	16,24%	14,23%	13,75%	14,83%	14,40%	13,26%	14,30%	12,65%	
	Ertrag	5.559	4.998	4.079	6.156	6.210	5.557	5.014	3.967	6.472	5.997	5.734	4.207	3.803	6.619	6.089	kg/ha
	Preis	0,2654	0,2654	0,4312	0,3808	0,3808	0,2654	0,2654	0,4312	0,3808	0,3808	0,2654	0,2654	0,4312	0,3808	0,3808	€/kg
	<b>Leistung</b>	<b>1.476</b>	<b>1.327</b>	<b>1.759</b>	<b>2.344</b>	<b>2.365</b>	<b>1.475</b>	<b>1.331</b>	<b>1.711</b>	<b>2.465</b>	<b>2.284</b>	<b>1.522</b>	<b>1.117</b>	<b>1.640</b>	<b>2.521</b>	<b>2.319</b>	€
Saatgut		166	166	182	184	184	166	166	182	184	184	166	166	182	184	184	kg/ha
		0,45	0,45	0,79	0,45	0,45	0,45	0,45	0,79	0,45	0,45	0,45	0,45	0,79	0,45	0,45	€/kg
		74,70	74,70	143,78	82,80	82,80	74,70	74,70	143,78	82,80	82,80	74,70	74,70	143,78	82,80	82,80	€
var. Maschinenkosten	Grubbern				28,74												
	Pflügen	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	
	Eggen	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	
	Saen	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	
	Hackstriegel	7,71	7,71	7,71	15,43	15,43	7,71	7,71	7,71	15,43	15,43	7,71	7,71	7,71	15,43	15,43	
	Walzen	7,68	15,36	7,68			7,68	15,36	7,68			7,68	15,36	7,68			
	Ernteguttransport	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	
	Pressen											58,00	43,50	20,30	34,80	26,10	
	Laden											9,67	7,25	3,38	5,80	4,35	
	Transport											20,60	15,45	7,21	12,36	9,27	
	Summe	108	116	108	137	108	108	116	108	137	108	197	182	139	190	148	€
Lohndrusch		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	€
Versicherung		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	€
4% Zinsansatz		5,49	5,72	7,56	6,60	5,73	5,49	5,72	7,56	6,60	5,73	8,14	7,71	8,49	8,19	6,93	€
	<b>variable Kosten</b>	<b>305</b>	<b>313</b>	<b>377</b>	<b>343</b>	<b>314</b>	<b>305</b>	<b>313</b>	<b>377</b>	<b>343</b>	<b>314</b>	<b>396</b>	<b>382</b>	<b>408</b>	<b>398</b>	<b>355</b>	€
	<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>1.170</b>	<b>1.013</b>	<b>1.382</b>	<b>2.001</b>	<b>2.051</b>	<b>1.170</b>	<b>1.018</b>	<b>1.334</b>	<b>2.121</b>	<b>1.970</b>	<b>1.126</b>	<b>735</b>	<b>1.231</b>	<b>2.122</b>	<b>1.964</b>	€

Preis für 2008 nur vorläufig

**Tabelle 34: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Winterroggen**

	ohne Strohbergung	ohne Strohbergung	mit Strohbergung	Einheit	
	2007 DV1	2007 DV2	2007 DV3		
Hauptleistung	Ertrag 1	4.083	4.189	4.236	kg/ha
	Preis	0,3461	0,3461	0,3461	€/kg
	<b>Leistung</b>	<b>1.413</b>	<b>1.450</b>	<b>1.466</b>	€
Saatgut		182	182	182	€/kg
		0,71	0,71	0,71	€/kg
		129,13	129,13	129,13	€
var. Maschinenkosten	Scheibeggen	17,36	17,36	17,36	
	Saen	14,39	14,39	14,39	
	Hackstriegel	7,71	7,71	7,71	
	Walzen	7,68	7,68	7,68	
	Ernteguttransport	9,26	9,26	9,26	
	Pressen			40,60	
	Laden			6,77	
	Transport			14,42	
	Summe	56	56	118	€
Lohndrusch		100	100	100	€
Versicherung		17	17	17	€
4% Zinsansatz		5,57	5,57	7,42	€
	<b>variable Kosten</b>	<b>308</b>	<b>308</b>	<b>372</b>	€
	<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>1.105</b>	<b>1.142</b>	<b>1.094</b>	€

**Tabelle 35: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Triticale**

	ohne Strohbergung	ohne Strohbergung	mit Strohbergung	Einheit	
	2006 DV1	2006 DV2	2006 DV3		
Hauptleistung	Ertrag	1.713	1.774	1.812	kg/ha
	Preis	0,1355	0,1355	0,1355	€/kg
	<b>Leistung</b>	<b>232</b>	<b>240</b>	<b>246</b>	€
Saatgut		159,00	159,00	159,00	kg/ha
		0,68	0,68	0,68	€/kg
		108,44	108,44	108,44	€
var. Maschinenkosten	Pflügen	49,52	49,52	49,52	
	Eggen	19,74	19,74	19,74	
	Saen	14,39	14,39	14,39	
	Hackstriegel	15,43	15,43	15,43	
	Walzen	7,68	7,68	7,68	
	Ernteguttransport	4,63	4,63	4,63	
	Pressen			14,49	
	Laden			2,42	
	Transport			5,15	
		Summe	111	111	133
Lohndrusch		100	100	100	€
Versicherung		17	17	17	€
4% Zinsansatz		6,59	6,59	7,26	€
	<b>variable Kosten</b>	<b>343</b>	<b>343</b>	<b>366</b>	€
	<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>-111</b>	<b>-103</b>	<b>-121</b>	€

**Tabelle 36: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Sommergerste**

	ohne Strobergerung				ohne Strobergerung				mit Strobergerung				Einheit
	2006	2007	2007	2008	2006	2007	2007	2008	2006	2007	2007	2008	
	DV1	DV1	DV1	DV1	DV2	DV2	DV2	DV2	DV3	DV3	DV3	DV3	
Hauptleistung Ertrag 1	4.247	1.726	2.823	2.897	4.538	2.000	2.925	2.967	4.443	1.925	2.782	3.116	
Hauptleistung Preis	0,1848	0,3360	0,3360	0,2766	0,1848	0,3360	0,3360	0,2766	0,1848	0,3360	0,3360	0,2766	€/kg
<b>Leistung</b>	<b>785</b>	<b>580</b>	<b>949</b>	<b>801</b>	<b>839</b>	<b>672</b>	<b>983</b>	<b>821</b>	<b>821</b>	<b>647</b>	<b>935</b>	<b>862</b>	€
Saatgut	159	162	163	166	159	162	163	166	159	162	163	166	€/kg
	0,58	0,34	0,34	0,58	0,58	0,34	0,34	0,58	0,58	0,34	0,34	0,58	€/kg
	<b>92,11</b>	<b>55,08</b>	<b>55,42</b>	<b>96,17</b>	<b>92,11</b>	<b>55,08</b>	<b>55,42</b>	<b>96,17</b>	<b>92,11</b>	<b>55,08</b>	<b>55,42</b>	<b>96,17</b>	€/kg
var. Maschinenkosten	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	
Mulchen	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	
Pflügen	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	
Eggen	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	
Säen	15,43	15,43	7,71	15,43	15,43	15,43	7,71	15,43	15,43	15,43	7,71	15,43	
Hackstriegel	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	
Walzen	9,26	4,63	6,95	6,95	9,26	4,63	6,95	6,95	9,26	4,63	6,95	6,95	
Ernteguttransport									31,90	14,50	40,60	20,30	
Pressen									5,32	2,42	6,77	3,38	
Laden									11,33	5,15	14,42	7,21	
Transport									<b>207</b>	<b>176</b>	<b>210</b>	<b>179</b>	€
Summe	<b>159</b>	<b>154</b>	<b>149</b>	<b>149</b>	<b>159</b>	<b>154</b>	<b>149</b>	<b>149</b>					€
Lohnrusch	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	€
Versicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	€
4% Zinsansatz	7,52	6,27	6,12	7,34	7,52	6,27	6,12	7,34	8,98	6,93	7,97	8,27	€
<b>variable Kosten</b>	<b>375</b>	<b>332</b>	<b>327</b>	<b>369</b>	<b>375</b>	<b>332</b>	<b>327</b>	<b>369</b>	<b>425</b>	<b>355</b>	<b>391</b>	<b>401</b>	€
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>410</b>	<b>248</b>	<b>621</b>	<b>432</b>	<b>463</b>	<b>340</b>	<b>656</b>	<b>452</b>	<b>396</b>	<b>292</b>	<b>544</b>	<b>461</b>	€

Preis für 2008 nur vorläufig

**Tabelle 37: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Körnererbse**

	2007			2007			2007			Einheit
	DV1	DV1	DV1	DV2	DV2	DV2	DV3	DV3	DV3	
Hauptleistung Ertrag 1	1.931	0	0	1.994	0	0	1.825	0	0	
Hauptleistung Preis	0,3909			0,3909			0,3909			€/kg
<b>Leistung</b>	<b>755</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>779</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>713</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	€
Saatgut	232,00	229,00	229,00	232,00	229,00	229,00	232,00	229,00	229,00	Pkg/ha
	0,86	0,45	0,45	0,86	0,45	0,45	0,86	0,45	0,45	€/Pkg
	<b>199,06</b>	<b>103,05</b>	<b>103,05</b>	<b>199,06</b>	<b>103,05</b>	<b>103,05</b>	<b>199,06</b>	<b>103,05</b>	<b>103,05</b>	€
var. Maschinenkosten	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	
Pflügen	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	39,48	
Eggen	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	
Säen	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	
Hackstriegel	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	
Walzen		22,79	22,79		22,79	22,79		22,79	22,79	
Stroh schlegeln	4,63			4,63			4,63			
Ernteguttransport										
Summe	<b>124</b>	<b>135</b>	<b>135</b>	<b>124</b>	<b>135</b>	<b>135</b>	<b>124</b>	<b>135</b>	<b>135</b>	€
Lohnrusch	105	0,00	0,00	105	0,00	0,00	105	0,00	0,00	€
Versicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	€
4% Zinsansatz	9,70	7,14	7,14	9,70	7,14	7,14	9,70	7,14	7,14	€
<b>variable Kosten</b>	<b>455</b>	<b>262</b>	<b>262</b>	<b>455</b>	<b>262</b>	<b>262</b>	<b>455</b>	<b>262</b>	<b>262</b>	€
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>300</b>	<b>-262</b>	<b>-262</b>	<b>324</b>	<b>-262</b>	<b>-262</b>	<b>258</b>	<b>-262</b>	<b>-262</b>	€

**Tabelle 38: Deckungsbeiträge Produktionsverfahren Körnermais**

	2006			2006			2006			Einheit
	DV1	DV1	DV1	DV2	DV2	DV2	DV3	DV3	DV3	
Hauptleistung Ertrag 1	10.020	3.864	13.433	9.168	3.819	13.206	10.983	2.158	13.478	
Hauptleistung Preis	0,1646	0,3752	0,2688	0,1646	0,3752	0,2688	0,1646	0,3752	0,2688	€/kg
<b>Leistung</b>	<b>1.650</b>	<b>1.450</b>	<b>3.611</b>	<b>1.509</b>	<b>1.433</b>	<b>3.550</b>	<b>1.808</b>	<b>810</b>	<b>3.623</b>	€
Saatgut	1,53	1,67	1,50	1,53	1,67	1,50	1,53	1,67	1,50	Pkg/ha
	93,63	93,63	93,63	93,63	93,63	93,63	93,63	93,63	93,63	€/Pkg
	<b>143,26</b>	<b>156,37</b>	<b>140,45</b>	<b>143,26</b>	<b>156,37</b>	<b>140,45</b>	<b>143,26</b>	<b>156,37</b>	<b>140,45</b>	€
var. Maschinenkosten	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	
Mulchen										
Grubbern	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	49,52	
Pflügen	19,74	39,48	39,48	19,74	39,48	39,48	19,74	39,48	39,48	
Eggen	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	
Säen	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	
Hackstriegel	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	
Stroh schlegeln	32,58	32,58	48,87	32,58	32,58	48,87	32,58	32,58	48,87	
Hacken	18,53	4,63	18,53	18,53	4,63	18,53	18,53	4,63	18,53	
Ernteguttransport	225,45	86,94	302,24	206,28	85,93	297,14	247,12	48,56	303,26	
Trocknung € 1,5t u. %H <sub>2</sub> O										
Summe	<b>415</b>	<b>311</b>	<b>527</b>	<b>395</b>	<b>310</b>	<b>522</b>	<b>436</b>	<b>272</b>	<b>528</b>	€
Lohnrusch	120	120	120	120	120	120	120	120	120	€
Versicherung	17	17	17	17	17	17	17	17	17	€
4% Zinsansatz	4,30	4,69	4,21	4,30	4,69	4,21	4,30	4,69	4,21	€
<b>variable Kosten</b>	<b>699</b>	<b>609</b>	<b>809</b>	<b>680</b>	<b>608</b>	<b>804</b>	<b>721</b>	<b>570</b>	<b>810</b>	€
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>951</b>	<b>841</b>	<b>2.802</b>	<b>830</b>	<b>825</b>	<b>2.746</b>	<b>1.088</b>	<b>239</b>	<b>2.813</b>	€

Preis für 2008 nur vorläufig

Tabelle 39: Deckungsbeiträge Produktionsverfahren Sonnenblume

	2006	2006	2006	Einheit
	DV1	DV2	DV3	
Hauptleistung Ertrag	4.371	4.644	4.664	
Preis	0,2688	0,2688	0,2688	€/kg
<b>Leistung</b>	<b>1.175</b>	<b>1.248</b>	<b>1.254</b>	<b>€</b>
Saatgut	0,92 112,42 <b>103,43</b>	0,92 112,42 <b>103,43</b>	0,92 112,42 <b>103,43</b>	Pkg/ha €/Pkg €
Var. MaschKosten	22,79 49,52 19,74 14,39 7,71 32,58 9,26 22,79 <b>179</b>	22,79 49,52 19,74 14,39 7,71 32,58 9,26 22,79 <b>179</b>	22,79 49,52 19,74 14,39 7,71 32,58 9,26 22,79 <b>179</b>	€
Lohnrusch	100	100	100	€
Versicherung	17	17	17	€
4% Zinsansatz	5,64	5,64	5,64	€
<b>variable Kosten</b>	<b>405</b>	<b>405</b>	<b>405</b>	<b>€</b>
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>770</b>	<b>843</b>	<b>849</b>	<b>€</b>

Tabelle 40: Deckungsbeitrag Produktionsverfahren Luzerne

Nutzungsjahre	2006		2007		2008		2008		2008		Einheit
	DV1+DV2 Anbau	DV1+DV2 Untersaat	DV3a Anbau	DV3b Untersaat	DV1+DV2 Untersaat	DV3a Untersaat	DV3b Untersaat	DV1+DV2 Anbau	DV3a Untersaat	DV3b Anbau	
Hauptleistung Abfuhr Luzerne			12,052	7,680		5,563	5,783		11,565	11,041	kg TM/ha
<b>Leistung</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>€</b>
Saatgut	22,00 4,26 <b>46,86</b>	23,00 4,26 <b>48,99</b>	22,00 4,26 <b>46,86</b>	23,00 4,26 <b>48,99</b>	26,00 4,26 <b>55,38</b>	26,00 4,26 <b>55,38</b>	23,00 4,26 <b>48,99</b>	22,00 4,26 <b>46,86</b>	26,00 4,26 <b>55,38</b>	22,00 4,26 <b>46,86</b>	kg/ha €/kg €
var. Maschinenkosten	28,74 7,19 68,37	28,74 1,30 68,37	28,74 7,19 68,37	28,74 1,30 68,37	28,74 1,30 68,37	28,74 1,30 68,37	28,74 1,30 68,37	28,74 7,19 3,84	28,74 1,30 68,37	28,74 7,19 3,84	€
Lohnrusch	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	€
Versicherung	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	€
4% Zinsansatz	4,53	3,56	12,01	8,69	3,75	7,62	7,49	4,65	11,04	11,49	€
<b>variable Kosten</b>	<b>173</b>	<b>139</b>	<b>429</b>	<b>315</b>	<b>146</b>	<b>279</b>	<b>274</b>	<b>177</b>	<b>396</b>	<b>411</b>	<b>€</b>
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>-173</b>	<b>-139</b>	<b>-429</b>	<b>-315</b>	<b>-146</b>	<b>-279</b>	<b>-274</b>	<b>-177</b>	<b>-396</b>	<b>-411</b>	<b>€</b>

Tabelle 41: Variable Kosten Düngung

DV2	
Menge	21,417 kg/ha
Kosten	0,0069 €/kg
<b>Summe</b>	<b>147,78 €/ha</b>
Frontlader	16,00 €
Kompoststreuer	35,69 €
<b>var. MaschKosten</b>	<b>51,69 €/ha</b>
<b>variable Kosten</b>	<b>199,5 €/ha</b>

DV3	
Frontlader	14,54 €
Miststreuer	26,70 €
<b>var. MaschKosten</b>	<b>41,24 €/ha</b>
<b>variable Kosten</b>	<b>41,2 €/ha</b>

**Tabelle 42: Variable Kosten Zwischenfrüchte**

ZF 2005 7				
€/100kg kg/ha				
Buchweizen	134,75	1,5		2,02
Körnererbse	45,00	30,1		13,55
Ölrettich	268,95	2		5,38
Phacelia	452,83	2,7		12,23
Platterbse	115,50	22		25,41
Senf	275,00	1,5		4,13
Sommerwicke	72,97	32,4		23,64
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		57,48
variable Kosten				<b>-143,8</b>

ZF 2005 6				
€/100kg kg/ha				
Körnererbse	45,00	25,4		11,43
Ölrettich	268,95	2,1		5,65
Phacelia	452,83	2,5		11,32
Platterbse	115,50	20,7		23,91
Senf	275,00	1,5		4,13
Sommerwicke	72,97	30,7		22,40
Grubbern		2 x		57,48
variable Kosten				<b>-136,3</b>

ZF 2005 4				
€/100kg kg/ha				
Körnererbse	45,00	30,6		13,77
Phacelia	452,83	2,1		9,51
Platterbse	115,50	30,6		35,34
Sommerwicke	72,97	30,6		22,33
Grubbern		2 x		57,48
variable Kosten				<b>-138,4</b>

ZF 2006 5				
€/100kg kg/ha				
Buchweizen	134,75	7,2		9,70
Körnererbse	45,00	15		6,75
Phacelia	452,83	1,9		8,60
Platterbse	115,50	7,4		8,55
Sommerwicke	72,97	8,6		6,28
Grubbern		2 x		57,48
variable Kosten				<b>-97,4</b>

ZF 2007 5				
€/100kg kg/ha				
Körnererbse	45,00	79,4		35,73
Phacelia	452,83	2,4		10,87
Platterbse	115,50	58,8		67,91
Senf	275,00	1,5		4,13
Sommerwicke	72,97	12,9		9,41
Grubbern		2 x		57,48
variable Kosten				<b>-185,5</b>

ZF 2007 4				
€/100kg kg/ha				
Ölrettich	268,95	1		2,69
Phacelia	452,83	3,5		15,85
Senf	275,00	1,8		4,95
Sommerwicke	72,97	33,3		24,30
Grubbern		2 x		57,48
variable Kosten				<b>-105,3</b>

ZF 2007 2				
€/100kg kg/ha				
Phacelia	452,83	2		9,06
Sommerwicke	72,97	30,7		22,40
Grubbern		2 x		57,48
variable Kosten				<b>-88,9</b>

ZF_0_Scheib				
var. MaschKosten	Scheibenegge	1 x		17,36
variable Kosten				<b>-17,4</b>

ZF 0 2xGrubbern				
var. MaschKosten	Grubbern	2 x		57,48
variable Kosten				<b>-57,5</b>

ZF 0 3xGrubbern				
var. MaschKosten	Grubbern	3 x		86,22
variable Kosten				<b>-86,2</b>

Tabelle 43: Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten – 2006 bis 2008

Anerkannter Biobetrieb, Erträge aus Parzellenversuchen															Ø 2006 - 2008								
Name Feld	Nr.	ha	ZF	Düngung	2006	€/ha	€/Feld	ZF	Düngung	2007	€/ha	€/Feld	ZF	Düngung	2008	€/ha	€/Feld	S/ha	S/Feld				
Johannisbreite I	1	17,0			L			ZF0_2x		WW			ZF_2007_5		KM								
DV1					-170	-173	-2.936			-57	1.382	1.325	22.521		-186	2.802	2.616	44.477	1.256	64.061			
DV2					-173	-173	-2.936			-57	1.334	1.276	21.700		-186	-199	2.746	2.361	40.135	1.155	58.899		
DV3					-315	-315	-5.361			-57	1.231	1.174	19.957		-186	-41	2.813	2.586	43.964	1.148	58.560		
Joh. Br I + II	2	17,0	ZF_2005_7		SB			ZF0_Scheib		WR			ZF_2007_4		E								
DV1					-144		770	626	10.646		-17	1.105	1.088	18.489		-105	-262	-367	-6.245	449	22.890		
DV2					-144		843	700	11.894		-17	-199	1.142	925	15.722		-105	-262	-367	-6.245	419	21.370	
DV3					-144		849	705	11.985		-17	-41	1.094	1.036	17.606		-105	-262	-367	-6.245	458	23.346	
Johannisbreite II	3	17,0	ZF_2005_6		KM					SG			ZF_2007_4		E								
DV1					-136		951	814	13.843			248	248	4.210		-105	-262	-367	-6.245	232	11.809		
DV2					-136	-199	830	494	8.394			340	340	5.776		-105	-262	-367	-6.245	155	7.924		
DV3					-136	-41	1.088	910	15.469			292	292	4.961		-105	-262	-367	-6.245	278	14.185		
Alte Neurisse II	4	17,0	ZF_2005_4		SG			Untersaat L		L					L								
DV1					-138		410	271	4.611			-146	-146	-2.479		-146	-146	-2.479		-7	-346		
DV2					-138		463	325	5.525			-146	-146	-2.479		-146	-146	-2.479		11	568		
DV3					-138		396	257	4.377			-279	-279	-4.738		-396	-396	-6.734		-139	-7.094		
Kapellenfeld	5	17,5	ZF0_2x		WW			ZF_2006_5		SG					L								
DV1					-57		1.170	1.113	19.471			621	524	9.172		-177	-177	-3.091		487	25.551		
DV2					-57	-199	1.170	913	15.971			656	558	9.772		-177	-177	-3.091		431	22.651		
DV3					-57	-41	1.126	1.027	17.971			544	447	7.817		-411	-411	-7.201		354	18.587		
Alte N. I + Junge N.	6	18,5	ZF0_3x		Tr			ZF0_2x		E			ZF_2007_2		WW								
DV1					-86		-111	-197	-3.654			300	242	4.480		-89	2.001	1.912	35.368	652	36.194		
DV2					-86	-199	-103	-389	-7.191			324	267	4.935		-89	-199	2.121	1.833	33.904	570	31.649	
DV3					-86	-41	-121	-248	-4.589			258	201	3.713		-89	-41	2.122	1.992	36.858	648	35.982	
Alte Neurisse I	7	18,0	Untersaat L		L					L			ZF0_2x		WW								
DV1					-139		-139	-2.506					-57	2.051	1.993	35.882			572	30.870			
DV2					-139		-139	-2.506					-57	1.970	1.912	34.422			545	29.410			
DV3					-315		-315	-5.676					-57	1.964	1.906	34.316			439	23.705			
Junge Neurisse	8	18,0	ZF0_2x		WW			ZF_2006_5		KM					SG								
DV1					-57		1.013	956	17.204			-97	841	744	13.388			432	432	7.783	711	38.375	
DV2					-57		1.018	960	17.281			-97	-199	825	528	9.512			452	452	8.131	647	34.924
DV3					-57		735	678	12.198			-97	-41	239	101	1.815			461	461	8.300	413	22.313
Quersumme																							
DV1							405	56.680				481	67.275				753	105.449		546	229.404	285	239.605
DV2							332	46.432				446	62.431				704	98.532		494	207.395	254	213.685
DV3							331	46.374				330	46.197				693	97.013		451	189.584	225	188.972

L = Luzerne, SB = Sonnenblume, KM = Körnermais, SG = Sommergerste, WW = Winterweizen, Tr = Triticale, WR = Winterroggen, E = Körnererbse.

Tabelle 44: Gesamtdeckungsbeiträge der Düngungsvarianten – 2003 bis 2008

Name Feld	Nr.	ha	2003		2004		2005		2006		2007		2008		Ø 2006 - 2008		Ø 2003 - 2008	
			€/ha	€/Feld	€/ha	€/Feld	€/ha	€/Feld	€/ha	€/Feld	€/ha	€/Feld	€/ha	€/Feld	S/ha	S/Feld	€/ha	€/Feld
Johannisbreite I	1	17,0	SG		WG		WW		WW		WW		KM					
DV1			-280	-4.762	218	3.704	-232	-3.943	-173	-2.936	1.325	22.521	2.616	44.477	1.256	64.061	579	59.060
DV2			-248	-4.217	163	2.779	-232	-3.943	-173	-2.936	1.276	21.700	2.361	40.135	1.155	58.899	525	53.518
DV3			-253	-4.298	243	4.136	-320	-5.433	-315	-5.361	1.174	19.957	2.586	43.964	1.148	58.560	519	52.965
Joh. Br I + II	2	17,0	L		WW		SB		WR		E							
DV1			-290	-4.938	-232	-3.943	663	11.264	626	10.646	1.088	18.489	-367	-6.245	449	22.890	248	25.273
DV2			-290	-4.938	-232	-3.943	606	10.298	700	11.894	925	15.722	-367	-6.245	419	21.370	223	22.787
DV3			-290	-4.938	-320	-5.433	575	9.782	705	11.985	1.036	17.606	-367	-6.245	458	23.346	223	22.758
Johannisbreite II	3	17,0	L		WW		KM		SG		E							
DV1			-290	-4.938	-232	-3.943	1.093	18.576	814	13.843	248	4.210	-367	-6.245	232	11.809	211	21.504
DV2			-290	-4.938	-232	-3.943	1.180	20.058	494	8.394	340	5.776	-367	-6.245	155	7.924	187	19.101
DV3			-378	-6.428	-232	-3.943	1.021	17.354	910	15.469	292	4.961	-367	-6.245	278	14.185	208	21.168
Alte Neurisse II	4	17,0	E		WW		WR		SG		L		L					
DV1			-142	-2.413	739	12.558	-12	-203	271	4.611	-146	-2.479	-146	-2.479	-7	-346	94	9.595
DV2			-172	-2.930	682	11.598	29	493	325	5.525	-146	-2.479	-146	-2.479	11	568	95	9.729
DV3			-169	-2.878	690	11.729	96	1.636	257	4.377	-279	-4.738	-396	-6.734	-139	-7.094	33	3.393
Kapellenfeld	5	17,5	L		WW		WW		SG		L							
DV1			-290	-5.083	-232	-4.059	194	3.402	1.113	19.471	524	9.172	-177	-3.091	487	25.551	189	19.811
DV2			-290	-5.083	-232	-4.059	95	1.669	913	15.971	558	9.772	-177	-3.091	431	22.651	145	15.178
DV3			-290	-5.083	-320	-5.593	114	1.993	1.027	17.971	447	7.817	-411	-7.201	354	18.587	94	9.904
Alte N. I + Junge N.	6	18,5	L		WW		Tr		E		WW							
DV1			-188	-3.470	-188	-3.470	678	12.545	-197	-3.654	242	4.480	1.912	35.368	652	36.194	377	41.799
DV2			-188	-3.470	-188	-3.470	699	12.938	-389	-7.191	267	4.935	1.833	33.904	570	31.649	339	37.647
DV3			-275	-5.091	-188	-3.470	630	11.646	-248	-4.589	201	3.713	1.992	36.858	648	35.982	352	39.068
Alte Neurisse I	7	18,0	E		WR		Tr		L		WW							
DV1			-3	-60	167	3.008	-116	-2.089	-139	-2.506	-139	-2.506	1.993	35.882	572	30.870	294	31.729
DV2			-34	-608	186	3.354	-222	-4.003	-139	-2.506	-139	-2.506	1.912	34.422	545	29.410	261	28.153
DV3			-31	-552	194	3.495	-19	-350	-315	-5.676	-274	-4.935	1.906	34.316	439	23.705	243	26.297
Junge Neurisse	8	18,0	Tr		L		WW		KM		SG							
DV1			-44	-791	-188	-3.376	-188	-3.376	956	17.204	744	13.388	432	7.783	711	38.375	285	30.832
DV2			-33	-599	-188	-3.376	-188	-3.376	960	17.281	528	9.512	452	8.131	647	34.924		

## 14 ERGÄNZUNG TEILPROJEKT 1-1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT

### **Titel: Berechnung von Humus- und Nährstoffbilanzen (N, P, K)**

Bearbeiter: A. Surböck<sup>1</sup>, M. Heinzinger<sup>1</sup>, H. Schmid<sup>2</sup>, J.K. Friedel<sup>1</sup>, B. Freyer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien.

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Technische Universität München

#### **14.1 Zusammenfassung / Summary**

Nährstoff- und Humusbilanzen wurden mit Daten aus sechs Untersuchungsjahren von Kleinparzellenversuchen mit der Agrarsoftware REPRO berechnet. Mit den Bilanzen sollen die Nährstoffflüsse und die Humuswirkung verschiedener Düngungsvarianten vergleichend dargestellt und beurteilt werden.

Nutrient and humus balances were calculated with data from field trials over six years with the agro software REPRO. The aim was to compare and to assess the nutrient flows and the humus supply of different organic fertilisation systems.

#### **14.2 Einleitung**

In einer Bilanz werden Ein- und Austräge für ein zeitlich und räumlich definiertes System gegenübergestellt und daraus ein Saldo berechnet. Nährstoffbilanzen sind in der Landwirtschaft ein wichtiges Instrument für die Bewertung der Nährstoffeffizienz und damit der Umweltverträglichkeit von verschiedenen Bewirtschaftungssystemen. Im Betrieb selbst können sie zur Kontrolle der Düngungseffektivität und Nährstoffausnutzung auf Betriebs-, Fruchtfolge- und Schlagebene genutzt aber auch als Planungsinstrument eingesetzt werden (Stein-Bachinger et al., 2004).

#### **14.3 Thema und Ziele der Arbeit**

Im biologischen Landbau wird auf den Einsatz leicht löslicher Mineraldünger verzichtet, der Zukauf von langsam verfügbaren mineralischen und organischen Düngemitteln ist beschränkt. Es werden daher weitgehend geschlossene Stoffkreisläufe mit möglichst geringen Nährstoffverlusten im Betrieb angestrebt. Dazu ist es wichtig, den Nährstofffluss im Betrieb und auf den einzelnen Schlägen so gut es geht zu kennen. Die Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit ist ein Grundanliegen des biologischen Landbaus. Humus gilt dabei als Grundlage der Bodenfruchtbarkeit und Ertragsbildung, der nahezu alle Bodeneigenschaften verbessert (Hülsbergen et al., 2005). Die Abschätzung der Humusversorgung der Betriebe in Abhängigkeit des jeweiligen Bewirtschaftungssystems ist daher unerlässlich.

Die im Projekt MUBIL am Biobetrieb Rutzendorf geprüften Düngungsvarianten bzw. –systeme unterscheiden sich hinsichtlich der Art, Menge und Qualität der Zufuhr von organischer Substanz und der Einbringung von Nährstoffen in das Betriebssystem. Die Fruchtfolge und die Bodenbearbeitungsmaßnahmen werden in allen Düngungsvarianten gleich gestaltet (siehe Tabelle 45).

**DV 1: „Gründüngung“:** nur Gründüngung (GD) mit Luzernemulch

**DV 2: „GD + Biotonnekompost“:** Zusätzlich zur GD Zufuhr von Biotonnekompost

**DV 3: „Stallmist“:** Abfuhr von Luzerne und Stroh, statt dessen Zufuhr von Rindermist.

Mit der Berechnung von Nährstoff- und Humusbilanzen sollen die Nährstoffflüsse und die Humuswirkung der bisher umgesetzten Fruchtfolge und durchgeführten Düngungsmaßnahmen in Abhängigkeit der geprüften Düngungsvarianten nach sechs Jahren dargestellt und beurteilt werden. Mit dem Humusbilanzsaldo können darüber hinaus die zu erwartenden Veränderungen der Humusvorräte abgeschätzt werden.

#### 14.4 Material und Methoden

Die im Rahmen von MUBIL I und II erhobenen Daten wurden mit dem Modell REPRO (Hülsbergen, 2003) verrechnet. REPRO ist eine sowohl für wissenschaftliche als auch für praktische Anwendungen konzipierte Agrarsoftware. Die Berechnung der Humus- und Nährstoffbilanzen wurde an die Bedingungen des ökologischen Landbaus angepasst. Mit dem Modell REPRO können somit gleichermaßen ökologische und konventionelle Betriebssysteme analysiert, deren Stoff- und Energieflüsse dargestellt sowie Umweltwirkungen bewertet werden.

Bilanzen wurden für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und für Humus erstellt. Die Daten stammen von den Erhebungen auf den Kleinparzellenversuchen S1M bis S8M mit jeweils drei Düngungsvarianten und den Referenzparzellen S1G und SK (Tabelle 45). Ins Modell REPRO wurden Standortdaten (Bodenart, Ackerzahl, langjähriger mittlerer Niederschlag), und erhobene Daten aus den Bodenuntersuchungen (Gehalte an C, N, P, K,  $N_{\min}$  und pH-Werte) eingegeben. Grundlage für die Bilanzberechnungen bilden die Werte der eingesetzten organischen Dünger und der erhobenen Ernteprodukte (Menge und Nährstoffgehalte). Teilweise nicht erhobene Nährstoffgehaltswerte im Erntegut wurden mit Standardwerten aus dem Modell berechnet. Das Verhältnis der Haupt- zu den Nebenprodukten (Korn-Stroh-Verhältnis) wurde den realen Messwerten angepasst. Das Modell berechnet die  $N_2$ -Fixierung der Leguminosen über die erhobenen Ertrags- und Stickstoffwerte im Erntegut und den geschätzten Leguminosenanteil bei Gemengeanbau von Leguminosen und Nichtleguminosen. Eine Besonderheit des Modells REPRO ist, dass durch Kopplung mit der Humusbilanz Veränderungen der Boden- $N_{\text{org}}$ -Vorräte im Bilanzzeitraum durch die Netto-Mineralisation/Netto-Immobilisation in die N-Bilanz miteinbezogen werden.

Die Berechnung der Humusbilanz erfolgt durch die Gegenüberstellung des durch den Anbau humuszehrender Fruchtarten (Getreide, Hackfrüchte,...) verursachten Humusbedarfs mit den Zufuhren durch den Anbau humusmehrender Fruchtarten (Leguminosen,...) und durch organische Dünger (Stallmist, Kompost, ..) (Hülsbergen et al., 2005). Die Humusbilanz kann mit verschiedenen Methoden berechnet werden. Für die Auswertung im Projekt MUBIL wurde die dynamische Humuseinheiten (HE)-Methode gewählt, die an die Bedingungen des biologischen Landbaus angepasst ist und bei der Standortbedingungen, die Höhe der N-Düngung und der Ertrag als Einflussfaktoren berücksichtigt werden (Hülsbergen, 2003). Als Referenz dazu wurden auch die statische Humuseinheiten (HE)-Methode (Leithold et. al., 1997) und die VDLUFA-Methode (VDLUFA, 2004) berechnet. Bei der Humuseinheiten (HE)-Methode werden im Gegensatz zu der VDLUFA-Methode die speziellen Bedingungen des biologischen Landbaus berücksichtigt, eine Unterscheidung zwischen biologischer und konventioneller Bewirtschaftung ist daher möglich.



**Tabelle 45: Übersicht über die Erhebungsflächen und deren Fruchtfolge und Düngung in den Jahren 2003 bis 2008**

Erntejahr Versuch	Bewirtschaftung	Bodenbonität	DV	2003	2004	2005	2006	2007	2008
S1M	biol.	mittel	1-3	SGERSTE ZF	WGERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER-MAIS
S2M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	SONNEN-BLUMEN	WROGGEN ZF	FERBSE
S3M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER-MAIS	SGERSTE ZF	FERBSE
S4M	biol.	mittel	1-3	FERBSE ZF	WWEIZEN ZF	WROGGEN ZF	SGERSTE	LUZERNE	LUZERNE
S5M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN	WWEIZEN ZF	SGERSTE	LUZERNE
S6M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN	TRITICALE	FERBSE ZF	WWEIZEN
S7M	biol.	mittel	1-3	FERBSE ZF	WROGGEN ZF	TRITICALE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN
S8M	biol.	mittel	1-3	TRITICALE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER-MAIS	SGERSTE
S1G	biol.	gering	1	SGERSTE ZF	WGERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WWEIZEN ZF	KÖRNER-MAIS
SK	konv.	mittel	MD	SDURUM ZF	ZUCKER-RÜBE	WWEIZEN ZF	ZWIEBEL	WDURUM ZF	KAR-TOFFEL

biol. ...biologisch, konv. ...konventionell; Düngungsvarianten: DV 1: nur Gründüngung (GD), DV 2: GD + Biotonnekompost, DV 3: Stallmist, MD: Mineraldünger

Kultur...die Kultur wurde vor dem Anbau mit Biotonnekompost (DV 2) bzw. Stallmist (DV 3) gedüngt;

WWeizen...Winterweizen, WRoggen...Winterroggen, WGerste...Wintergerste, WDurum...Winterdurum, SDurum...Sommerdurum, SGerste...Sommergerste, FERbse...Futtererbsen (Peluschken), ZF...Zwischenfrucht

## 14.5 Ergebnisse und Diskussion

Um ein Bewirtschaftungssystem beurteilen zu können, sollte die Nährstoff- und Humusbilanz grundsätzlich für eine ganze Fruchtfolge berechnet werden. Da erst sechs Jahre der achtfeldrigen Fruchtfolge am Biobetrieb Rutzendorf umgesetzt wurden und zu Beginn der Umstellung der Luzerneanteil erhöht war, steht zur Zeit der Vergleich der Düngungsvarianten im Vordergrund.

### 14.5.1 Nährstoff- und Humusbilanz im Vergleich der Düngungsvarianten 1 - 3

In der Tabelle 46 sind die über sechs Jahre und acht Kleinparzellenversuche gemittelten Nährstoffflüsse der Düngungsvarianten (DV) 1 bis 3 dargestellt.

Der mittlere Gesamt-N-Entzug der Jahre 2003 bis 2006 der drei Düngungsvarianten liegt auf fast gleichem Niveau. Im Modell REPRO wird die als Stroh- und Gründüngung verwendete Biomasse zum einen als Entzug in der Bilanz ausgewiesen, zum anderen aber auch als Zufuhr berücksichtigt. Ein weiterer Grund für die sehr geringe Differenzierung ist der bisher noch geringe Ertragsunterschied zwischen den Varianten. Bei der tatsächlichen N-Abfuhr von der Fläche weist die DV 3 mit  $133 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Gegensatz dazu einen gegenüber den DV 1 und DV 2 deutlich höheren Wert auf, da in dieser Variante die Abfuhr über die Luzernebiomasse mit ihren hohen N-Gehalten erfolgt.

Die größte N-Zufuhr erfolgte bei der DV 2. Hier wurde zusätzlich zur Luftstickstoffbindung über Leguminosen, Stickstoff über den Biotonnekompost in den Boden eingebracht. Die geringere N-Zufuhr bei der DV 3 ist auf N-Verluste in der Tierhaltung und bei der Lagerung und Aufbereitung des Rindermists zurückzuführen. Darüber hinaus wurde mehr Luzerne abgefahren als über den Stallmist rückgeführt wurde, da gemäß Versuchsaufbau die Luzerne immer für die Mistdüngung im nächsten Jahr geerntet wird.

Der über die  $N_2$ -Fixierung gebundene Stickstoff wird geteilt in der Bilanz ausgewiesen. Unter dem Punkt „Symbiotische N-Fix.“ in Tabelle 46 ist der gesamte symbiotisch gebundenen Stickstoff enthalten; also die im Ertrag und die in den Ernte- und Wurzelrückständen enthaltene symbiotisch fixierte  $N_2$ -Menge. Über die Gründüngung fließt bei den Mulchvarianten (DV 1 und DV 2) bzw. über den Stallmist bei der DV 3 die anteilige  $N_2$ -Menge im oberirdischen Luzerneaufwuchs in den Boden zurück. Die unter „Symbiotische N-Fix.“ angegebenen Stickstoffmengen der drei Düngungsvarianten sind daher annähernd gleich, während mit der Gründüngung bei der DV 3 deutlich weniger Stickstoff im Vergleich zu den DV 1 und DV 2 rückgeführt wird. Der Unterschied in der Stickstoffmenge wird durch den mit dem Stallmist rückgeführten N in DV 3 teilweise ausgeglichen. Wegen der erwähnten N-Verluste während der Stallmist-Prozesskette ist der Ausgleich aber nicht vollständig.

Die Berechnung der  $N_2$ -Fixierung mit dem Modell REPRO erfolgt unter der Annahme, dass die Fixierungsleistung mit wachsendem Ertrag absolut ansteigt. Das Modell nimmt intern für Luzerne-Gras-Gemenge einen Anteil von aus der Luft gebundenem Stickstoff ( $N_{dfa}$  = Nitrogen derived from the atmosphere) an der gesamten Stickstoffmenge in der Pflanze von etwa 90 % an. Dieser Wert wurde an ausreichend mit Wasser versorgten Beständen ermittelt. Für pannonische Standortbedingungen sind die  $N_{dfa}$ -Werte aufgrund von Trockenheit aber geringer. Pietsch et al. (1997) haben im Marchfeld  $N_{dfa}$ -Werte von 27 % bis 56 % (Mittelwert: 42 %) ermittelt. Daher überschätzt das Programm REPRO für den Standort Rutzendorf die symbiotische Stickstoff-Fixierung. Die tatsächlichen Werte dürften etwa um 50 % geringer sein als die in Tabelle 46 angegebenen. Es ist vorgesehen diese Messungen bei zukünftigen Berechnungen in das Modell einfließen zu lassen und das Modell anzupassen (entsprechende Vorbereitungen zur Programmierung erfolgen zur Zeit).

Der N-Saldo ohne Veränderungen der Boden- $N_{org}$ -Vorräte („ohne  $\Delta$  Bodenvorrat“) ist bei den Düngungsvarianten 1 und 2 sehr hoch. Es ist aber zu berücksichtigen, dass in die Bilanz zwei Jahre mit einem erhöhten Luzerneanteil von 50 % und mehr und damit hohem N-Input, und nur vier Jahre mit einem Anbauverhältnis von Luzerne (2 Versuche bzw. Schläge) und Marktfrüchte (6 Versuche bzw. Schläge) wie in der geplanten Leitfruchtfolge, einfließen. Bei Berücksichtigung der Veränderungen der Boden- $N_{org}$ -Vorräte („mit  $\Delta$  Bodenvorrat“) verringern sich die N-Saldos. Besonders bei der DV 3 wird mit ca.  $65 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  bzw. 53 % des Gesamtstickstoffsaldos viel Stickstoff im Bodenvorrat gespeichert. Die N-Bilanz ist im Modell REPRO direkt mit der Humusbilanz gekoppelt. Bei einem hohen Humussaldo fließt entsprechend viel Stickstoff in den  $N_{org}$ -Vorrat ein, der nur langsam mineralisiert wird. Das N-Verlustpotential wird insgesamt verringert (siehe Tabelle 47).

DV 1 und DV 3 weisen annähernd gleiche, schwach negative P- und K-Salden aus. Bei der DV 2 ist der P-Saldo mit  $-1,5 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  nahezu ausgeglichen und der K-Saldo mit  $12,3 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  leicht positiv (Tabelle 46). Nur bei dieser Variante werden P und K mit dem Biotonnekompost von außen zugeführt, während bei den Düngungsvarianten 1 und 3 kein Ausgleich dieser über die Marktfrüchte aus dem Betrieb exportierten Nährstoffe erfolgt.

**Tabelle 46: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvarianten 1 – 3 (Jahre 2003 bis 2008)**

Kennzahl	ME	DV 1	DV 2	DV 3
		S1M-S8M	S1M-S8M	S1M-S8M
N-Entzug (Gesamt)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	160,5	160,2	166,1
Hauptprodukt	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	148,6	148,1	152,9
Nebenprodukt	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	11,8	12,1	13,3
N-Entzug (Abfuhr)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	47,7	48,5	133,1
N-Zufuhr	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	249,0	281,3	208,9
Immission	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	12,0	12,0	12,0
Saatgut	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	2,7	2,7	2,7
Symbiotische N-Fix.	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	121,5	120,8	128,4
Mineraldünger	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0
Organischer Dünger	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	112,8	145,9	65,8
Strohdüngung	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	11,8	12,1	7,4
Gründüngung	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	101,0	99,7	25,7
Stallmist	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	0,0	32,8
Gülle, Jauche	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0
Kompost	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	34,2	0,0
Δ N Bodenvorrat	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	19,5	64,6	21,5
N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>69,0</b>	<b>56,6</b>	<b>21,3</b>
N-Ausnutzung <sup>a)</sup>	%	64,5	56,9	79,5
N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>88,5</b>	<b>121,2</b>	<b>42,7</b>
P-Saldo <sup>b)</sup>	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-8,5</b>	<b>-1,5</b>	<b>-8,4</b>
K-Saldo <sup>b)</sup>	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-12,4</b>	<b>12,3</b>	<b>-12,7</b>

a) N-Ausnutzung = N-Entzug / N-Zufuhr (ohne Δ Bd.vorrat) \* 100

b) P- und K-Bilanzen sind in gleicher Weise wie die N-Bilanzen errechnet

Der Humusbedarf der drei Düngungsvarianten ist aufgrund der einheitlichen Fruchtfolge und dem bisher gleichen Ertragsniveau fast identisch. Die Humusersatzleistung der DV 2 unterscheidet sich hingegen deutlich von der Ersatzleistung der DV 1 und der DV 3 (Tabelle 47). Die Erklärung dafür liegt in der zusätzlichen Zufuhr von organischer Substanz über die Biotonnekompostdüngung in das Betriebssystem. Kompost weist darüber hinaus eine hohe Humuswirkung auf, d.h. er hat ein hohes Potential zur Bildung von Humus im Boden, und wird daher mit einem entsprechend hohen Humuskoeffizienten in der Bilanz bewertet (Leithold und Hülsbergen, 1998; Gutser und Ebertseder, 2006). Bei der DV 3 werden Luzerne und Stroh für die Tierhaltung von der Fläche abgefahren, über die Mistaufbereitung erhaltener Rottemist kommt wieder auf die Flächen zurück. Trotz dem dadurch bedingten Masseverlust und dem Abbau von organischer Substanz im Mist liegt der Humussaldo der DV 3 geringfügig über dem Saldo der DV 1, was auf die höhere Humuswirkung von Rottemist gegenüber der Gründüngung zurückzuführen ist.

Die Tabelle 57 im Anhang beinhaltet zusätzlich zur dynamische Humuseinheiten (HE)-Methode die Berechnung der Humusbilanzen nach der statische Humuseinheiten (HE)-Methode und der VDLUFA-Methode. Sowohl bei der statischen Betrachtung mit festen Koeffizienten als auch nach dem VDLUFA-Standpunkt zur Humusbilanzierung werden deutlich höhere Humussalden und Versorgungsgrade berechnet. Die VDLUFA-Methode wurde für konventionelle, nicht für biologisch wirtschaftende Betriebe entwickelt. Sie überschätzt daher methodisch bedingt.

**Tabelle 47: Humusbilanz der Düngungsvarianten 1 – 3 (Jahre 2003 bis 2008), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N)**

Kennzahl	ME	DV 1	DV 2	DV 3
		S1M-S8M	S1M-S8M	S1M-S8M
<b>HE-Methode (dynamisch)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-400	-406	-400
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	603	1085	626
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	273	273	267
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	331	818	360
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	145	151	58
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	186	186	52
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	249
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	481	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>209</b>	<b>679</b>	<b>226</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	151	267	157
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>D</b>	<b>E</b>	<b>D</b>

a) Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

b) Humusversorgungsgrad = Humusersatzleistung / Humusbedarf \* 100

c) Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig (< -200 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

B = niedrig (-200 bis -76 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

C = optimal (-75 bis 100 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

D = hoch (101 bis 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

E = sehr hoch (> 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

In den Tabellen 51 bis 56 im Anhang sind die Nährstoff- und Humusbilanzen der Düngungsvarianten 1 bis 3 im Detail für die einzelnen Untersuchungsjahre dargestellt. In den Jahren 2003 und 2004 sind in allen Varianten hohe N-Zufuhren und sehr hohe Humusversorgungsgrade aufgrund des hohen Luzerneanteils (50 % bzw. ca. 60 %) zu verzeichnen. In den Jahren 2005 bis 2008 liegt der Luzerneanteil in der Fruchtfolge konstant bei 25 %. Die Zusammensetzung der Marktfrüchte differiert etwas zwischen den Jahren, was zusammen mit dem Ertragsniveau des betreffenden Jahres zu Schwankungen der Nährstoff- und Humussalden in den Jahren 2005 bis 2008 bei allen Düngungsvarianten führt. Beim N-Saldo gibt das Modell REPRO einen Optimalbereich zwischen 0 bis 50 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> an, wobei die Veränderung des Boden-N<sub>org</sub>-Vorrats enthalten bzw. berücksichtigt ist (KTBL, 2009). Beim Humussaldo wird ein Bereich zwischen -75 kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und +125 kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> angestrebt (Hülsbergen et al., 2005). Im Mittel der Jahre 2005 bis 2008 liegen die Stickstoff- und Humussalden der Düngungsvarianten 1 und 3 in diesem Bereich bzw. knapp darüber. Die DV 2 weist aufgrund der zusätzlichen Düngung mit Biotonnekompost einen deutlich positiven Humussaldo auf. Kompost ist ein Dünger mit hoher Humuswirkung, der Stickstoff ist zu ca. 90 % organisch gebundenen und damit das Stickstoffverlustrisiko deutlich verringert. Deshalb sind die hohen Humusbilanzsalden nicht als kritisch zu beurteilen. Es bleibt zudem die Frage, ob der bei der Bewertung von Humussalden unterstellte Zusammenhang zwischen hoher Humusversorgung (hohen Humusgehalten) und hohem N-Verlustpotenzial unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus besteht (Hülsbergen et al. 2005).

### 14.5.2 Nährstoff- und Humusbilanz der DV 1 im Vergleich zur konventionellen Referenzparzelle

Die Nährstoffsalden der Versuchsflächen S1M (mittlere Bodenbonität) und S1G (geringe Bodenbonität) im Schlag 1 des Biobetriebs Rutzendorf mit gleicher Fruchtfolge und Düngung unterscheiden sich nur geringfügig. Bei S1G liegen sowohl der N-Entzug als auch die N-Zufuhr aufgrund der geringeren Erträge unter den Werten von S1M (Tabelle 48). Die Fruchtfolge der konventionellen Referenzfläche SK enthält nur Marktfrüchte. Mit Berechnungsgaben bei trockenen Bedingungen werden jährlich konstant hohe Erträge erreicht. Die mittlere N-Abfuhr mit den Erntefrüchten ist daher sehr hoch. Die N-Zufuhr über die Mineraldünger liegt unter der N-Abfuhr. Leguminosen zur Luftstickstoffbindung wurden nicht angebaut, was einen negativen N-Bilanzsaldo (ohne  $\Delta$  Bodenvorrat) zur Folge hat. Deswegen kann die N-Ausnutzung nicht berechnet werden, sie wird mit „0“ angegeben. Aufgrund des negativen Humussaldos wird zur Ertragsbildung auch N aus dem Bodenvorrat mineralisiert (siehe Tabelle 48 und Tabelle 49).

**Tabelle 48: Flächenbezogene Nährstoffbilanz des Kleinparzellenversuchs S1M und der Referenzparzellen S1G und SK (Jahre 2003 bis 2008)**

Kennzahl	ME	DV1 S1M	DV 1 S1G	MD SK
N-Entzug (Gesamt)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	190,3	169,4	189,1
Hauptprodukt	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	173,3	155,6	132,5
Nebenprodukt	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	17,0	13,8	56,6
N-Entzug (Abfuhr)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	58,8	43,7	125,2
N-Zufuhr	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	283,6	274,8	180,5
Immission	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	12,0	12,0	12,0
Saatgut	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	2,9	2,9	2,9
Symbiotische N-Fix.	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	137,2	134,2	0,0
Mineraldünger	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	0,0	101,7
Organischer Dünger	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	131,5	125,7	63,9
Strohdüngung	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	17,0	13,8	13,5
Gründüngung	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	114,5	111,9	50,4
Stallmist	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0
Gülle, Jauche	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0
Kompost	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0
$\Delta$ N Bodenvorrat	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	12,4	11,7	-40,4
N-Saldo (mit $\Delta$ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>80,9</b>	<b>93,7</b>	<b>31,8</b>
N-Ausnutzung <sup>a)</sup>	%	67,1	61,6	0,0
N-Saldo (ohne $\Delta$ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>93,3</b>	<b>105,4</b>	<b>-8,6</b>
P-Saldo <sup>b)</sup>	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-13,3</b>	<b>-10,6</b>	<b>-7,6</b>
K-Saldo <sup>b)</sup>	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-17,4</b>	<b>-13,5</b>	<b>-18,6</b>

a) N-Ausnutzung = N-Entzug / N-Zufuhr (ohne  $\Delta$  Bd.vorrat) \* 100

b) P- und K-Bilanzen sind in gleicher Weise wie die N-Bilanzen errechnet

Die unterschiedliche Bodenbonität der Versuchsflächen S1M (mittlere Bodenbonität) und S1G (geringe Bodenbonität) hatte keinen Einfluss auf den Humussaldo bei gleicher Fruchtfolge und Düngung. Die Fruchtfolge der konventionellen Referenzfläche (SK) besteht zur Hälfte aus Hackfrüchten mit einem hohen Humusbedarf. Die Humusersatzleistung ist aufgrund des Fehlens von humusmehrenden Fruchtarten, wie Futter- oder Körnerleguminosen, gering. In Summe ergibt die Humusbilanz daher einen deutlich negativen Saldo und einen sehr niedrigen Versorgungsgrad für die Fläche SK (Tabelle 49).

Der Vergleich der dynamischen Humuseinheiten (HE)-Methode mit der statische Humuseinheiten (HE)-Methode und der VDLUFA-Methode zeigt wieder deutlich unterschiedliche Ergebnisse (siehe Tabelle 58 im Anhang). So ändert sich die Einstufung der Humusversorgung bei der Referenzfläche SK von „sehr niedrig“ (Versorgungsstufe A) bei der dynamischen Humuseinheiten (HE)-Methode zu „optimal“ (Versorgungsstufe C) bei Berechnung des Humussaldos nach der im konventionellen Landbau gültigen Methode VDLUFA.

**Tabelle 49: Humusbilanz des Kleinparzellenversuchs S1M und der Referenzparzellen S1G und SK (Jahre 2003 bis 2008), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N)**

Kennzahl	ME	DV1 S1M	DV 1 S1G	MD SK
<b>HE-Methode (dynamisch)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-510	-458	-777
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	644	586	354
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	261	238	23
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	383	348	331
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	197	168	209
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	186	180	122
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>128</b>	<b>122</b>	<b>-429</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	125	127	45
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>D</b>	<b>D</b>	<b>A</b>

<sup>a)</sup> Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

<sup>b)</sup> Humusversorgungsgrad = Humusersatzleistung / Humusbedarf \* 100

<sup>c)</sup> Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig	(< -200 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	B = niedrig	(-200 bis -76 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
C = optimal	(-75 bis 100 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	D = hoch	(101 bis 300 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
E = sehr hoch	(> 300 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )		

### 14.5.3 Nährstoffbilanz auf Schlagebene (Kleinparzellenversuch S1M)

In der Tabelle 50 sind (exemplarisch) die Stickstoffflüsse und Nährstoffsalden der Düngungsvariante 1 (nur Gründüngung) im Kleinparzellenversuch S1M (= 1 Schlag) für einzelne Jahre dargestellt. Im Jahr 2005 und 2006 war Luzerne angebaut. Der oberirdische Aufwuchs wurde gemulcht und blieb als Gründünger am Feld. Aufgrund der Luftstickstoffbindung der Luzerne und keiner Abfuhr von Erntegut sind die N-Salden in diesen Jahren deutlich positiv, der  $N_{\text{org}}$ -Vorrat im Boden wurde erhöht. Bei den nachfolgenden Marktfrüchten Winterweizen (2007) und Körnermais (2008) liegt der N-Entzug deutlich über der N-Zufuhr. Für die Ertragsbildung dieser Kulturen ist der verfügbare Stickstoff der Vorfrucht Luzerne und Stickstoff aus dem Boden-Vorrat notwendig. Die Darstellung macht deutlich, dass für die Beurteilung der N-Versorgung eines Schlages die gesamte Fruchtfolge mit allen humus- und stickstoffmehrenden und allen humus- und stickstoffzehrenden Kulturen berechnet werden muss.

**Tabelle 50: Flächenbezogene Nährstoffbilanz des Kleinparzellenversuchs S1M für die Düngungsvariante 1 (nur Gründüngung)**

Kennzahl	ME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	MW
N-Entzug (Gesamt)	kg N ha <sup>-1</sup>	40,8	113,7	185,8	452,4	105,8	243,2	190,3
Hauptprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	33,3	101,7	185,8	452,4	92,6	173,9	173,3
Nebenprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	7,5	12,1	0,0	0,0	13,2	69,3	17,0
N-Entzug (Abfuhr)	kg N ha <sup>-1</sup>	33,3	83,7	0,0	0,0	92,6	143,2	58,8
N-Zufuhr	kg N ha <sup>-1</sup>	22,0	81,1	418,9	1002,7	28,0	149,0	283,6
Immission	kg N ha <sup>-1</sup>	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Saatgut	kg N ha <sup>-1</sup>	2,5	7,0	0,0	0,0	2,8	5,0	2,9
Symbiotische N-Fix.	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	32,0	221,1	538,3	0,0	32,0	137,2
Mineraldünger	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Organischer Dünger	kg N ha <sup>-1</sup>	7,5	30,1	185,8	452,4	13,2	100,0	131,5
Strohdüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	7,5	12,1	0,0	0,0	13,2	69,3	17,0
Gründüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	18,0	185,8	452,4	0,0	30,7	114,5
Stallmist	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gülle, Jauche	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kompost	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δ N Bodenvorrat	kg N ha <sup>-1</sup>	-19,0	-61,6	79,8	152,6	-65,0	-12,4	12,4
N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>0,2</b>	<b>28,9</b>	<b>153,3</b>	<b>397,7</b>	<b>-12,8</b>	<b>-81,8</b>	<b>80,9</b>
N-Ausnutzung <sup>a)</sup>	%	0,0	0,0	44,4	45,1	0,0	0,0	67,1
N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>-18,8</b>	<b>-32,7</b>	<b>233,1</b>	<b>550,3</b>	<b>-77,8</b>	<b>-94,2</b>	<b>93,3</b>
P-Saldo <sup>b)</sup>	kg P ha <sup>-1</sup>	<b>-7,5</b>	<b>-17,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-12,7</b>	<b>-42,1</b>	<b>-13,3</b>
K-Saldo <sup>b)</sup>	kg K ha <sup>-1</sup>	<b>-11,2</b>	<b>-23,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-18,4</b>	<b>-50,9</b>	<b>-17,4</b>

a) N-Ausnutzung = N-Entzug / N-Zufuhr (ohne Δ Bd.vorrat) \* 100

b) P- und K-Bilanzen sind in gleicher Weise wie die N-Bilanzen errechnet

## 14.6 Schlussfolgerungen

- Mit der Berechnung der Nährstoff- und Humusbilanz mit dem Modell REPRO lassen sich die Nährstoffflüsse und der Humushaushalt der geprüften Düngungs- und Bewirtschaftungssysteme detailliert und nachvollziehbar darstellen. Die Bilanzen liefern zu diesem Zeitpunkt wichtige und grundlegende Informationen für die vergleichende Beurteilung der Düngungsvarianten. Um jedoch die positiven und negativen Auswirkungen der einzelnen Düngungsvarianten in Bezug auf Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit abschließend beurteilen zu können, ist die Einbindung weiterer Untersuchungsjahre notwendig. Grundvoraussetzung dafür ist die Berechnung der Bilanzen für mindestens eine vollständige Fruchtfolgerotation auf Schlägebene.
- Die Ergebnisse der Stickstoff- und Humusbilanz bestätigen die bisher festgestellte Ertragsentwicklung mit nur geringfügigen bzw. tendenziellen Unterschieden zwischen den drei Düngungsvarianten. Die hohe Stickstoffzufuhr über die Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) diente vor allem der Anreicherung des Boden-N-Vorrats und trug bisher nur wenig zur Ertragsbildung bei. Mit der Stallmistdüngung (DV 3) wurde deutlich weniger Stickstoff auf die Flächen zurückgebracht als über Luzerne und Stroh abgefahren wurde. Mit einer Stickstoffausnutzung von 80 % wurde hier der zur Verfügung stehende Stickstoff jedoch optimal genutzt und in Ertrag umgesetzt.
- Die drei geprüften biologischen Düngungsvarianten weisen nach sechs Untersuchungsjahren eine hohe bis sehr hohe Humusversorgung auf. Deutlich fällt der Unterschied der Varianten zur konventionellen Referenzfläche mit ihrem niedrigen Humusversorgungsgrad aus. Die berechneten Humussalden lassen Veränderungen im Humusgehalt zu den im Jahr 2003 erhobenen Ausgangswerten erwarten. Die modellierten Ergebnisse müssen daher mit Messwerten aus Bodenuntersuchungen (durchgeführt in den nächsten Jahren bzw. nach ca. 10 Jahren biologischer Bewirtschaftung) verglichen werden, um diese Annahme und die verwendeten Methoden verifizieren zu können.
- Auch wenn der hohe Luzerneanteil der Fruchtfolge in den Umstellungsjahren von Seiten der Stickstoff- und Humusbilanz nicht erforderlich gewesen wäre, ist Luzerne aufgrund ihrer zahlreichen positiven Wirkungen wie Beikrautkontrolle oder Verbesserung der Durchwurzelung und Bodenstrukturstabilität eine unverzichtbare Säule der Bodenfruchtbarkeit an diesem Standort.
- Eine Anpassung des Modells an die gemessene Fixierleistung der Luzerne im Pannonischen Trockengebiet (gemessene Ndfa-Werte) ist erforderlich.



## 14.7 Literaturverzeichnis

- Gutser, R. und Th. Ebertseder (2006): Die Nährstoffe in Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern – ein unterschätztes Potenzial im Stoffkreislauf landwirtschaftlicher Betriebe. In Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) [Hrsg.]: Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft. Grenzen und Risiken. KTBL-Schrift 444, S. 7-22.
- Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Verlag Shaker, Aachen. ISBN 3-8322-1464-X
- Hülsbergen, K.-J., Küstermann, B. & H. Schmid (2005): Humusmanagement im ökologischen Betrieb. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) [Hrsg.]: Forschung für den Ökologischen Landbau, S. 55-70.
- KTBL (2009): Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe. Eine vergleichende Beurteilung von Betriebsbewertungssystemen. KTBL-Schrift 473.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt.
- Leithold, G., K.-J. Hülsbergen, D. Michel & H. Schönmeier (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt [Hrsg.]: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, S. 43-55.
- Leithold, G. und K.-J. Hülsbergen (1998): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau, 26. Jg., 1/1998, S. 32-35.
- Pietsch, G., Friedel, J. K. and Freyer, B. (2007): Lucerne management in an organic farming system under dry site conditions. Field Crops Research 102, 104-118.
- Stein-Bachinger, K., Bachinger, J. und Schmitt, L. (2004): Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. Ein Handbuch für Beratung und Praxis. KTBL-Schrift 423.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- VDLUFA (2004): VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten.

## 14.8 Anhang

**Tabelle 51: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvariante 1 (KPV S1M – S8M)**

Kennzahl	ME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	MW
N-Entzug (Gesamt)	kg N ha <sup>-1</sup>	116,4	221,6	104,3	225,6	116,1	178,8	160,5
Hauptprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	109,3	216,0	99,9	198,0	102,8	165,9	148,6
Nebenprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	7,2	5,6	4,4	27,6	13,3	12,9	11,8
N-Entzug (Abfuhr)	kg N ha <sup>-1</sup>	21,1	35,3	52,1	73,6	47,6	56,4	47,7
N-Zufuhr	kg N ha <sup>-1</sup>	227,3	418,2	129,9	305,2	150,4	262,8	249,0
Immission	kg N ha <sup>-1</sup>	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Saatgut	kg N ha <sup>-1</sup>	1,8	2,6	2,9	2,4	2,5	3,9	2,7
Symbiotische N-Fix.	kg N ha <sup>-1</sup>	118,2	217,3	62,8	138,7	67,4	124,5	121,5
Mineraldünger	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Organischer Dünger	kg N ha <sup>-1</sup>	95,3	186,3	52,1	152,1	68,5	122,4	112,8
Strohdüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	7,2	5,6	4,4	27,6	13,3	12,9	11,8
Gründüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	88,2	180,7	47,7	124,4	55,2	109,5	101,0
Stallmist	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gülle, Jauche	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kompost	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δ N Bodenvorrat	kg N ha <sup>-1</sup>	40,8	53,4	-17,1	15,1	0,8	24,2	19,5
N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>70,1</b>	<b>143,1</b>	<b>42,8</b>	<b>64,5</b>	<b>33,5</b>	<b>59,8</b>	<b>69,0</b>
N-Ausnutzung <sup>a)</sup>	%	51,2	53,0	80,3	73,9	77,2	68,1	64,5
N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>110,8</b>	<b>196,6</b>	<b>25,6</b>	<b>79,6</b>	<b>34,3</b>	<b>84,0</b>	<b>88,5</b>
P-Saldo <sup>b)</sup>	kg P ha <sup>-1</sup>	<b>-3,3</b>	<b>-6,9</b>	<b>-8,5</b>	<b>-14,1</b>	<b>-7,3</b>	<b>-11,0</b>	<b>-8,5</b>
K-Saldo <sup>b)</sup>	kg K ha <sup>-1</sup>	<b>-5,9</b>	<b>-8,9</b>	<b>-9,8</b>	<b>-24,2</b>	<b>-11,1</b>	<b>-14,5</b>	<b>-12,4</b>

a) N-Ausnutzung = N-Entzug / N-Zufuhr (ohne Δ Bd.vorrat) \* 100

b) P- und K-Bilanzen sind in gleicher Weise wie die N-Bilanzen errechnet

**Tabelle 52: Humusbilanz der Düngungsvariante 1 (KPV S1M – S8M), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N)**

Kennzahl	ME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	MW
<b>HE-Methode (dynamisch)</b>								
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup>	-110	-336	-499	-609	-435	-400	-400
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup>	539	905	319	766	447	655	603
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup>	307	458	151	284	162	284	273
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup>	238	447	174	487	278	377	331
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup>	64	99	87	290	168	168	145
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup>	174	348	87	197	110	209	186
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup>	<b>429</b>	<b>563</b>	<b>-180</b>	<b>157</b>	<b>6</b>	<b>255</b>	<b>209</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	489	269	64	126	103	164	151
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>E</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>

a) Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

b) Humusversorgungsgrad = Humusersatzleistung / Humusbedarf \* 100

c) Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig (< -200 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      B = niedrig (-200 bis -76 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 C = optimal (-75 bis 100 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      D = hoch (101 bis 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 E = sehr hoch (> 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

**Tabelle 53: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvariante 2 (KPV S1M – S8M)**

Kennzahl	ME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	MW
N-Entzug (Gesamt)	kg N ha <sup>-1</sup>	115,4	223,3	103,3	220,9	119,2	179,0	160,2
Hauptprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	108,7	217,6	98,5	192,9	105,5	165,5	148,1
Nebenprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	6,7	5,8	4,8	28,0	13,7	13,4	12,1
N-Entzug (Abfuhr)	kg N ha <sup>-1</sup>	20,5	36,8	52,7	75,1	49,2	56,5	48,5
N-Zufuhr	kg N ha <sup>-1</sup>	225,5	463,3	152,0	360,0	184,4	302,9	281,3
Immission	kg N ha <sup>-1</sup>	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Saatgut	kg N ha <sup>-1</sup>	1,8	2,6	2,9	2,4	2,5	3,9	2,7
Symbiotische N-Fix.	kg N ha <sup>-1</sup>	116,8	217,3	60,5	137,3	68,9	123,9	120,8
Mineraldünger	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Organischer Dünger	kg N ha <sup>-1</sup>	94,9	231,4	76,6	208,2	101,0	163,0	145,9
Strohdüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	6,7	5,8	4,8	28,0	13,7	13,4	12,1
Gründüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	88,2	180,7	45,8	117,8	56,4	109,0	99,7
Stallmist	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gülle, Jauche	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kompost	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	44,9	26,0	62,5	30,9	40,5	34,2
Δ N Bodenvorrat	kg N ha <sup>-1</sup>	40,0	102,2	13,3	87,5	49,0	95,4	64,6
N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>70,1</b>	<b>137,8</b>	<b>35,4</b>	<b>51,7</b>	<b>16,2</b>	<b>28,5</b>	<b>56,6</b>
N-Ausnutzung <sup>a)</sup>	%	51,2	48,2	68,0	61,4	64,7	59,1	56,9
N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>110,1</b>	<b>240,0</b>	<b>48,7</b>	<b>139,1</b>	<b>65,2</b>	<b>123,9</b>	<b>121,2</b>
P-Saldo <sup>b)</sup>	kg P ha <sup>-1</sup>	<b>-3,3</b>	<b>1,4</b>	<b>-5,1</b>	<b>-3,1</b>	<b>2,4</b>	<b>-1,3</b>	<b>-1,5</b>
K-Saldo <sup>b)</sup>	kg K ha <sup>-1</sup>	<b>-5,8</b>	<b>22,8</b>	<b>4,7</b>	<b>21,9</b>	<b>15,6</b>	<b>14,2</b>	<b>12,3</b>

a) N-Ausnutzung = N-Entzug / N-Zufuhr (ohne Δ Bd.vorrat) \* 100

b) P- und K-Bilanzen sind in gleicher Weise wie die N-Bilanzen errechnet

**Tabelle 54: Humusbilanz der Düngungsvariante 2 (KPV S1M – S8M), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N)**

Kennzahl	ME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	MW
<b>HE-Methode (dynamisch)</b>								
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup>	-122	-336	-505	-621	-452	-406	-406
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup>	539	1415	644	1543	969	1415	1085
Humusmehrleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup>	302	458	151	273	168	290	273
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup>	238	951	499	1276	806	1125	818
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup>	64	99	93	290	174	174	151
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup>	174	348	87	191	116	209	186
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup>	0	505	319	795	516	742	481
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup>	<b>423</b>	<b>1079</b>	<b>139</b>	<b>922</b>	<b>516</b>	<b>1009</b>	<b>679</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	443	421	128	249	214	349	267
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>E</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

a) Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

b) Humusversorgungsgrad = Humusersatzleistung / Humusbedarf \* 100

c) Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig (< -200 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      B = niedrig (-200 bis -76 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 C = optimal (-75 bis 100 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      D = hoch (101 bis 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 E = sehr hoch (> 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

**Tabelle 55: Flächenbezogene Nährstoffbilanz der Düngungsvariante 3 (KPV S1M – S8M)**

Kennzahl	ME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	MW
N-Entzug (Gesamt)	kg N ha <sup>-1</sup>	115,3	271,7	103,9	214,9	110,5	180,7	166,1
Hauptprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	108,6	263,4	99,4	182,9	95,9	167,2	152,9
Nebenprodukt	kg N ha <sup>-1</sup>	6,7	8,3	4,5	32,0	14,6	13,5	13,3
N-Entzug (Abfuhr)	kg N ha <sup>-1</sup>	20,4	263,4	96,7	178,7	93,2	146,0	133,1
N-Zufuhr	kg N ha <sup>-1</sup>	225,5	331,4	112,7	226,3	140,2	217,2	208,9
Immission	kg N ha <sup>-1</sup>	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Saatgut	kg N ha <sup>-1</sup>	1,8	2,6	2,9	2,4	2,5	3,9	2,7
Symbiotische N-Fix.	kg N ha <sup>-1</sup>	116,9	271,0	63,5	127,9	65,0	125,9	128,4
Mineraldünger	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Organischer Dünger	kg N ha <sup>-1</sup>	94,9	45,8	34,2	84,1	60,7	75,3	65,8
Strohdüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	6,7	0,0	2,7	20,4	5,0	9,4	7,4
Gründüngung	kg N ha <sup>-1</sup>	88,2	8,3	4,5	15,8	12,3	25,3	25,7
Stallmist	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	37,5	27,1	47,9	43,4	40,7	32,8
Gülle, Jauche	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kompost	kg N ha <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δ N Bodenvorrat	kg N ha <sup>-1</sup>	40,2	33,3	-12,7	23,3	13,8	31,0	21,5
N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>70,1</b>	<b>26,5</b>	<b>21,4</b>	<b>-11,8</b>	<b>15,9</b>	<b>5,5</b>	<b>21,3</b>
N-Ausnutzung <sup>a)</sup>	%	51,1	82,0	92,2	94,9	78,8	83,2	79,5
N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup>	<b>110,2</b>	<b>59,7</b>	<b>8,8</b>	<b>11,5</b>	<b>29,7</b>	<b>36,5</b>	<b>42,7</b>
P-Saldo <sup>b)</sup>	kg P ha <sup>-1</sup>	<b>-3,2</b>	<b>-18,5</b>	<b>-6,2</b>	<b>-10,9</b>	<b>-2,7</b>	<b>-9,0</b>	<b>-8,4</b>
K-Saldo <sup>b)</sup>	kg K ha <sup>-1</sup>	<b>-5,7</b>	<b>-115,8</b>	<b>2,8</b>	<b>34,4</b>	<b>8,1</b>	<b>0,0</b>	<b>-12,7</b>

a) N-Ausnutzung = N-Entzug / N-Zufuhr (ohne Δ Bd.vorrat) \* 100

b) P- und K-Bilanzen sind in gleicher Weise wie die N-Bilanzen errechnet

**Tabelle 56: Humusbilanz der Düngungsvariante 3 (KPV S1M – S8M), dynamische HE-Methode – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N)**

Kennzahl	ME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	MW
<b>HE-Methode (dynamisch)</b>								
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup>	-116	-336	-516	-626	-406	-406	-400
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup>	539	690	383	870	557	737	626
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup>	302	458	151	249	157	296	267
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup>	238	232	226	621	394	441	360
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup>	64	0	46	122	29	87	58
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup>	174	17	6	29	23	52	52
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup>	0	215	174	470	342	302	249
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup>	<b>423</b>	<b>354</b>	<b>-133</b>	<b>244</b>	<b>145</b>	<b>331</b>	<b>226</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	465	205	74	139	137	181	157
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>E</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>D</b>

a) Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

b) Humusversorgungsgrad = Humusersatzleistung / Humusbedarf \* 100

c) Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig (< -200 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      B = niedrig (-200 bis -76 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 C = optimal (-75 bis 100 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      D = hoch (101 bis 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 E = sehr hoch (> 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

**Tabelle 57: Vergleich Humusbilanzverfahren (Düngungsvarianten 1 – 3, Jahre 2003 bis 2008),**  
HE-Methoden – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N)

Kennzahl	ME	DV 1	DV 2	DV 3
		S1M-S8M	S1M-S8M	S1M-S8M
<b>HE-Methode (dynamisch)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-400	-406	-400
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	603	1085	626
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	273	273	267
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	331	818	360
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	145	151	58
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	186	186	52
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	249
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	481	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>209</b>	<b>679</b>	<b>226</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	151	267	157
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>D</b>	<b>E</b>	<b>D</b>
<b>HE-Methode (statisch)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-331	-331	-331
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	737	1218	766
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	406	406	406
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	331	818	360
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	145	151	58
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	186	186	52
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	249
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	481	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>406</b>	<b>887</b>	<b>435</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	223	368	232
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
<b>VDLUFAMethode (unterer Wert)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-169	-169	-169
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	706	986	671
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	298	298	298
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	408	688	373
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	150	154	59
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	258	258	70
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	245
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	276	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>537</b>	<b>817</b>	<b>502</b>
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

<sup>a)</sup> Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

<sup>b)</sup> Humusversorgungsgrad = Humusersatzleistung / Humusbedarf \* 100

<sup>c)</sup> Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig	(< -200 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	B = niedrig	(-200 bis -76 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
C = optimal	(-75 bis 100 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	D = hoch	(101 bis 300 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
E = sehr hoch	(> 300 kg Humus-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )		

**Tabelle 58: Vergleich Humusbilanzverfahren (Kleinparzellenversuch S1M und Referenzparzellen S1G und SK, Jahre 2003 bis 2008), HE-Methoden – Umrechnung in kg Humus-C (1 HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 50 kg N)**

Kennzahl	ME	DV1 S1M	DV 1 S1G	MD SK
<b>HE-Methode (dynamisch)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-510	-458	-777
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	644	586	354
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	261	238	23
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	383	348	331
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	197	168	209
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	186	180	122
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>128</b>	<b>122</b>	<b>-429</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	125	127	45
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>D</b>	<b>D</b>	<b>A</b>
<b>HE-Methode (statisch)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-406	-406	-667
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	742	702	371
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	360	360	41
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	383	348	331
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	197	168	209
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	186	180	122
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>336</b>	<b>296</b>	<b>-296</b>
Humusversorgungsgrad <sup>b)</sup>	%	183	173	56
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>E</b>	<b>D</b>	<b>A</b>
<b>VDLUFA-Methode (unterer Wert)</b>				
Humusbedarf	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-233	-233	-440
Humusersatzleistung ges.	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	696	654	395
Humusmehrerleistung <sup>a)</sup>	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	233	233	40
Zufuhr organ. Dünger	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	462	420	355
Strohdüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	203	174	209
Gründüngung	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	259	246	146
Stallmist	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Gülle	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Kompost	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0	0	0
Humussaldo	kg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>462</b>	<b>420</b>	<b>-45</b>
Versorgungsstufe <sup>c)</sup>		<b>E</b>	<b>E</b>	<b>C</b>

<sup>a)</sup> Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

<sup>b)</sup> Humusversorgungsgrad = Humusersatzleistung / Humusbedarf \* 100

<sup>c)</sup> Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig (< -200 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      B = niedrig (-200 bis -76 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
C = optimal (-75 bis 100 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)      D = hoch (101 bis 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
E = sehr hoch (> 300 kg Humus-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)