

EVALUIERUNG LE07-13



Bewertung des viehlosen biologischen Ackerbaus
und seiner agrarökologischen Leistungen im
österreichischen Trockengebiet

Zwischenbericht

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION



Europäischer Landwirtschaftsfonds
für die Entwicklung des ländlichen
Raums: Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.

LE 07-13
Entwicklung für den Ländlichen Raum



lebensministerium.at

Evaluierung LE07-13

Bewertung des viehlosen biologischen Ackerbaus und seiner agrarökologischen Leistungen im österreichischen Trockengebiet

Zwischenbericht

Wien, 2010

Diese Publikation wurde im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft im Rahmen der ÖPUL-Evaluierung LE07-13 erstellt.

Projektleitung:

Univ.Prof. Dr. Bernhard Freyer (bernhard.freyer@boku.ac.at)

Koordination:

DI Andreas Surböck (andreas.surboeck@boku.ac.at), DI Markus Heinzinger, Ao.Univ.Prof. Dr. Jürgen K. Friedel, Univ.Ass. DI Dr. Thomas Schauppenlehner

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)



Universität für Bodenkultur Wien

Mit **Beitrügen** von Karl-Georg Bernhardt, Karin Böhmer, Christiane Brandenburg, Alexander Bruckner, Nina Brunner, Josef Eitzinger, Bernhard Freyer, Jürgen K. Friedel, Maria Isabel Garcia-Meca, Thomas Gerersdorfer, Patrick Hann, Markus Heinzinger, Wolfgang Holzner, Manuela Kienegger, Andreas Klik, Bernhard Kromp, Wolfgang Laube, Daniel Laubhann, Eva Maria Frauenschuh, Josef Mayr, Peter Meindl, Erich Mursch-Radlgruber, Bärbel Pachinger, Barbara Prochazka, Markus Puschenreiter, Thomas Schauppenlehner, Harald Schmid, Mathilde Stallegger, Anton Stefan Reiter, Ulrich Straka, Andreas Surböck, Claus Trska, Walter Wenzel, Gerlinde Wieshammer

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION



Europäischer Landwirtschaftsfonds
für die Entwicklung des ländlichen
Raums: Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



lebensministerium.at

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY | 1 |
| 2 | EINLEITUNG | 3 |
| 2.1 | FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG | 3 |
| 2.2 | PROJEKTSTRUKTUR..... | 3 |
| 3 | DATENGRUNDLAGEN UND METHODEN | 5 |
| 3.1 | BIOBETRIEB RUTZENDORF | 5 |
| 3.1.1 | Biologische Bewirtschaftung..... | 7 |
| 3.1.2 | Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen)..... | 9 |
| 3.1.3 | Landschaftselemente (Hecken und Baumreihen) | 11 |
| 3.2 | KLEINPRODUKTIONSGBIET MARCHFELD | 14 |
| 3.2.1 | Lage und Bodenverhältnisse | 14 |
| 3.2.2 | Klima- und Witterungsverhältnisse | 14 |
| 3.2.2.1 | Klima und langjährige Mittelwerte..... | 14 |
| 3.2.2.2 | Witterung im Untersuchungszeitraum 2003 bis 2009 | 15 |
| 3.2.2.3 | Klimawandel und Einfluss auf die Landwirtschaft | 17 |
| 3.2.3 | Bewirtschaftungsstruktur | 17 |
| 3.3 | GESAMTKONZEPT LANGZEITMONITORING MUBIL..... | 20 |
| 4 | SYNTHESE DER ERGEBNISSE DES EVALUIERUNGSPROJEKTS | 24 |
| 4.1 | BIOLOGISCHE WIRTSCHAFTSWEISE..... | 24 |
| 4.1.1 | Beitrag zum Erhalt oder zur Förderung der Artenvielfalt | 24 |
| 4.1.2 | Beitrag zum Erhalt oder zur Verbesserung der Bodenqualität | 26 |
| 4.1.3 | Beitrag zur Abschwächung des Klimawandel und seiner Auswirkungen..... | 28 |
| 4.2 | NÜTZLINGS- UND BLÜHSTREIFEN (ÖKOSTREIFEN)..... | 28 |
| 4.2.1 | Anlage und Entwicklung..... | 28 |
| 4.2.2 | Beitrag zum Erhalt oder zur Förderung der Artenvielfalt | 29 |
| 4.3 | LANDSCHAFTSELEMENTE (HECKEN UND BAUMREIHEN) | 30 |
| 4.3.1 | Beitrag zum Erhalt oder zur Förderung der Artenvielfalt | 30 |
| 4.3.2 | Beitrag zur Minderung negativer klimarelevanter Auswirkungen..... | 31 |
| 5 | SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK | 33 |
| 5.1 | BIOLOGISCHE WIRTSCHAFTSWEISE..... | 33 |
| 5.2 | NÜTZLINGS- UND BLÜHSTREIFEN (ÖKOSTREIFEN)..... | 35 |
| 5.3 | LANDSCHAFTSELEMENTE (HECKEN UND BAUMREIHEN) | 36 |
| 6 | ERGÄNZENDE BEITRÄGE AUS DEM GESAMTPROJEKT MUBIL | 38 |
| 6.1 | MONITORING VON NÜTZLINGEN AUF DEM BIOBETRIEB RUTZENDORF | 38 |
| 6.2 | AUSWIRKUNGEN DER BIOLOGISCHEN BEWIRTSCHAFTUNG AUF DIE PFLANZENVERFÜGBARKEIT VON PHOSPHOR UND KALIUM | 44 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 7 | BERICHTE DER TEILPROJEKTE..... | 46 |
| 7.1 | TEILPROJEKT 1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT..... | 46 |
| 7.2 | TEILPROJEKT 3: BODENWASSERHAUSHALT UND EROSION..... | 72 |
| 7.3 | TEILPROJEKT 5 : AGRARMETEOROLOGIE | 89 |
| 7.4 | TEILPROJEKT 6: BODENTIERE..... | 102 |
| 7.5 | TEILPROJEKT 8: ACKERWILDKRÄUTER UND DIASPOREN..... | 113 |
| 7.6 | TEILPROJEKT 9: AVIFAUNA | 129 |
| 7.7 | TEILPROJEKT 11: NATURSCHUTZBIOLOGIE /WILDBIENEN | 143 |

1 ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Auf einem biologisch bewirtschafteten Marktfruchtbetrieb im Marchfeld in Niederösterreich wird seit dem Jahr 2003 eine umfassende Langzeituntersuchung zur Dokumentation und Entwicklung des biologischen Landbaus durchgeführt. Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts (MUBIL) werden die Wirkungen der Umstellung und langfristigen biologischen Bewirtschaftung auf Bodenkennwerte, den Wasserhaushalt, auf die Pflanzengesellschaften, das Ertragspotential der Kulturpflanzen und die Fauna anhand ausgewählter Eigenschaften erfasst. Auf Ackerflächen des Betriebs wurden Nützlings- und Blühstreifen mit unterschiedlichen Blümmischungen angelegt. Bestehende Hecken und Baumreihen am Betrieb wurden kartiert und deren Beitrag zur Artenvielfalt sowie ihre Auswirkungen auf die angrenzende Ackerfläche untersucht.

Im vorliegenden Bericht wurden alle für die Evaluierung, vor allem für die ÖPUL-Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ relevanten Ergebnisse und Erkenntnisse seit Beginn des Projektes zusammengefasst und analysiert. Das Ziel ist die Wirkungen und agrarökologischen Leistungen der biologischen Bewirtschaftung und den Nutzen von Nützlings- und Blühstreifen sowie Landschaftselementen in Bezug auf Biodiversität, Bodenqualität und Klimawandel zu dokumentieren und zu bewerten. Aus den Jahren 2003 bis ca. 2009 liegen folgende vorläufige Ergebnisse für diesen Untersuchungsstandort vor:

Biologische Wirtschaftsweise: Die biologische Bewirtschaftung führte zu einer Steigerung der Artenvielfalt der Ackerwildkräuter und Bodentiere. Die Artenzahl der Ackerwildkräutern stieg von 35 im Jahr 2003 auf 80 Arten im Jahr 2010 an, dieser Anstieg war zu Beginn gering und unregelmäßig und erst ab 2007 deutlicher ausgeprägt. Auch die Artenvielfalt und Individuendichte der untersuchten Bodentiergruppen entwickelte sich stetig, aber langsam und nicht unbedingt linear weiter. Die Brutvögel verzeichneten auf der Gesamtbetriebsfläche (inkl. Blühstreifen und Gehölzstrukturen) seit 2003 eine beständige Zunahme ihrer Artenzahlen (+ 122 %) und der Zahl der Brutreviere (+55 %) mit Höchstwerten im Jahr 2008.

Nach sechs Jahren biologischer Bewirtschaftung wurde eine Erhöhung des Porenanteils (+ 6 %) und der pflanzennutzbaren Wasserkapazität (+ 7 %) in der obersten Bodenschicht (bis 25 cm) festgestellt. Weitere bodenphysikalischen Kennwerte liegen in einem für das Pflanzenwachstum günstigen Bereich. Die dadurch bedingte verbesserte Aufnahme und Speicherung von Wasser im Boden ist im Hinblick auf den Klimawandel positiv zu bewerten. Mit der umgesetzten Fruchtfolge wurde bei hohem Ertragsniveau eine ausgeglichene und nachhaltige Stickstoff- und Humusbilanz erzielt. Eine negative Phosphorbilanz kann mittelfristig durch Nachlieferung aus dem Bodenvorrat ausgeglichen werden. Die biologische Bewirtschaftung am Betrieb zeichnet sich durch ein niedriges flächenbezogenes Treibhausgaspotential bei effektivem Energieeinsatz aus.

Die Futterleguminose Luzerne erwies sich sowohl für die Steigerung der Artenvielfalt als auch für die Erhöhung der Bodenqualität als bedeutender Fruchtfolgebestandteil.

Nützlings- und Blühstreifen: Die Anlage, der Erhalt und die Pflege der angelegten Nützlings- und Blühstreifen waren relevant in Bezug auf die Steigerung der Biodiversität der Flora, Wildbienen, Nützlinge, Bodentiere und Brutvögel in der strukturarmen Agrarlandschaft Marchfeld. Aus den Erhebungen am Betrieb konnten Empfehlungen zu ihrer Anlage, der Dauer ihres Bestehens und für die untersuchten Tierarten förderlichen Pflegemaßnahmen und Pflanzenarten abgeleitet werden.

Landschaftselemente: Gehölzstrukturen wie Hecken und Baumreihen sind wichtige refugiale Lebensräume für Bodentiere und Laufkäfer. 68 % von den am Betrieb nachgewiesenen Brutvogelarten sind bezüglich ihrer Brut an das Vorhandensein von Gehölzen gebunden. Der Einfluss einer Hecke auf das Mikroklima, den Bodenwasserhaushalt und den Ertrag in der angrenzenden Ackerfläche konnte nachgewiesen werden, womit Hecken eine wichtige mögliche Anpassungsmaßnahme an die Auswirkungen des Klimawandels zur Ertragssicherung in trockenen und windreichen Regionen wie dem Marchfeld sind.

A comprehensive long-term experiment to monitor the development of organic farming has been conducted on a commercial farm under organic farming in Lower Austria since 2003. The effects of conversion to organic farming and long-term organic management on soil characteristics, water relations, crop plants, yield potential of the crops, and fauna have been assessed with the help of selected traits within the frame of an interdisciplinary research project (MUBIL). On arable fields of the farm, field strips for beneficials were established using differing mixtures of flowering plants. Existing hedges and tree rows on the farm were mapped and their contribution to species diversity and their effect on adjacent arable fields have been studied.

In this report, all results and findings relevant for the evaluation, mainly of the ÖPUL measure “Organic Farming”, since the beginning of the project are summarised and analysed. The aim is to document and evaluate the effects and the agro-ecological performance of organic farming and the benefits of flowering field strips for furthering beneficials and of landscape elements on biodiversity, soil quality and climatic change. The following results for this site are available from the years 2003 until 2009/2010:

Organic Farming: Organic farming increased the biodiversity of wild plants and soil fauna. The number of wild plants on arable fields increased from 35 in 2003 to 80 in 2010. This increase was small and sporadic at the beginning and significant only from 2007 onwards. Also the species diversity and abundance of the assessed soil fauna developed steadily but slowly and not always linear. Breeding birds showed a steady increase in species numbers (+ 122 %) and in the number of breeding districts (+ 55 %) on the farm area with peak values in the year 2008 (including flowering field strips and woody structures).

After six years of organic farming, an increase in the percentage of soil pores (+ 6 %) and in plant available water capacity (+ 7 %) was found in the first 25 cm of the soil. Other soil physical characters are in a range favorable for plant growth. The related improved water storage in the soil is to be evaluated positively with respect to climatic change. With the applied crop rotation, along with a high yield level, evened and sustainable nitrogen and soil organic matter balances were achieved. A negative phosphorous balance can be compensated by mobilisation from the soil reservoir in the medium-term. Organic farming on this farm is characterised by a low greenhouse gas potential per area unit and by an effective energy input.

Lucerne as a forage crop showed to be an important element of the crop rotation for increasing both species diversity and soil quality.

Flowering field stripes for beneficials: Establishment, conservation and maintenance of flowering strips for beneficials was relevant for an increase in biodiversity of flora, wild bees, beneficial insects, soil fauna, and breeding birds in agrarian landscapes with little structure like the Marchfeld. From the assessments on the farm, recommendations for their establishment, the time of their existence and maintenance measures furthering the recorded plant and animal species can be deduced.

Landscape elements: Woody structures like hedges and tree rows are important hideaway habitats for soil animals and ground beetles. 68 % of the breeding birds on the farm are bound to the existence of groves with respect to their brood. The effect of a hedge on micro-climate, soil water relations and crop yield in an adjacent arable field could be proven, qualifying it as an important possible mitigation strategy to the impact of climate change to assure yields in semi-arid and windy regions like the Marchfeld.

2 EINLEITUNG

2.1 FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Mit der Umstellung auf den biologischen Landbau ändern sich die Bewirtschaftungsmaßnahmen. Der Anteil an humusmehrenden Futterpflanzen wie Klee- oder Luzernegras und Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge erhöht sich, und durch weitgehend geschlossene Nährstoffkreisläufe werden vermehrt organische Dünger wie Stallmist oder Gülle im viehhaltenden System auf die Flächen zurückgebracht. Im viehlosen System wird der Boden über legumen Gründüngungsmulch mit Humus sowie Stickstoff angereichert. Auf den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln wird verzichtet. Die geänderten Bewirtschaftungsmaßnahmen haben Auswirkungen auf physikalische, chemische und biologische Bodenkennwerte sowie den Wasserhaushalt des Bodens. Zu erwarten sind dadurch Veränderungen in den Pflanzengesellschaften, im Bodensamenvorrat, in der Fauna sowie im Ertragspotential der Kulturpflanzen. Mit der Anlage von Blühstreifen und dem Management von Hecken sowie Baumreihen werden zusätzliche ökologische Ausgleichsflächen zur Erhöhung der Biodiversität und Stabilisierung des Agrarökosystems geschaffen.

Inwieweit sich diese in verschiedenen nationalen und internationalen Forschungsprojekten als Trend abzeichnenden Leistungen der Biologischen Landwirtschaft auch in den für Österreich relevanten Agrarlandschaften in den Trockengebieten bestätigen lässt, ist Gegenstand dieses Forschungsprojektes. Das in mehreren Teilprojekten angelegte Forschungsprojekt liefert damit Beiträge zu den zentralen Nachhaltigkeitsfeldern Biodiversität, Klima und Bodenqualität.

Mit dem vorliegenden Projekt sollen die Wirkungen und Leistungen des biologischen Landbaus anhand eines konkreten Betriebes im Agrarraum Pannonikum bzw. im Hauptproduktionsgebiet „Nordöstliches Flach- und Hügelland“ dokumentiert werden.

Die Untersuchungen umfassen betriebliche Maßnahmen zum Erhalt und zur Förderung von Lebensräumen und der Artenvielfalt, zum Erhalt und zur Verbesserung der Bodenqualität, möglichen Anpassungen an den Klimawandel sowie Strategien zur Minderung negativer klimarelevanter Auswirkungen und generell zur Entlastung und Verbesserung der Umwelt. Die aus der Bewirtschaftung hervorgehenden Wirkungen und Leistungen sollen für alle im Rahmen des Projektes betroffenen Agrarumweltmaßnahmen dargestellt werden. Die Untersuchungsschwerpunkte umfassen ÖPUL relevante Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Im Zentrum stehen dabei die Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“, die Anlage und Pflege von Nützlings- und Blühstreifen in einer intensiv genutzten Ackerbauregion und der Nutzen von bestehenden Landschaftselementen wie Hecken und Baumreihen. Generell sollen alle für die Evaluierung relevanten Erkenntnisse seit Beginn des Projektes im Jahr 2003, die aus den bisherigen Daten abgeleitet werden können, in den Bericht eingearbeitet werden. Erst längerfristige Untersuchungsreihen sind in der Lage, die Auswirkungen der betrieblichen Maßnahmen in den Sektoren Biodiversität, Klima und Bodenqualität sachgemäß zu beurteilen.

Der Bericht soll damit maßgeblich den Nutzen und die Auswirkungen ökologisch ausgerichteter Maßnahmen, wie sie auch im ÖPUL als Grundlage für Direktzahlungen in der Landwirtschaft zugrunde gelegt sind, bewerten und Hinweise für die zukünftige Programmgestaltung geben.

2.2 PROJEKTSTRUKTUR

Auf dem Biobetrieb Rutzendorf im Marchfeld wird seit dem Jahr 2003 im Rahmen des Forschungsprojektes MUBIL eine umfassende Langzeituntersuchung zur Dokumentation und Entwicklung des biologischen Landbaus durchgeführt. Das Projekt MUBIL wird aus Mitteln des BMLFUW finanziert und befindet sich zur Zeit in der dritten Phase (Forschungsprojektnummern: MUBIL I:1 321, MUBIL II:100040, MUBIL III:100511).

In das vorliegende Evaluierungsprojekt sind acht Teilprojekte aus MUBIL eingebunden (Tabelle 2.2-1 und Tabelle 2.2-2). Für die Evaluierung wurden alle relevanten Ergebnisse und Erkenntnisse aus diesen

Teilprojekten zusammengefasst und analysiert. Für den aktuellen Bericht liegen Ergebnisse für den Zeitraum von 2003 bis 2009 vor. Beim Teilprojekt Bodentiere konnten nur Ergebnisse bis 2008, beim Teilprojekt Ackerwildkrautflora schon Ergebnisse bis 2010 berücksichtigt werden. Vorliegende und für das Thema relevante Evaluierungsstudien anderer Auftragnehmer wurden analysiert und bei der Berichtslegung mitberücksichtigt. Da die Laufzeit des Evaluierungsprojekts 2,5 Jahre (01.04.2009 bis 30.09.2011) beträgt, ist der vorgelegte Bericht als Zwischenbericht mit vorläufigen Ergebnissen anzusehen. Der Bericht besteht aus einem Syntheseteil, der aus den Ergebnissen und Schlussfolgerung der Teilprojekte erstellt wurde und den einzelnen von den Projektpartnern im Detail ausgearbeiteten Teilprojektsberichten dazu.

Das Teilprojekt 4 (Metadatenbank und Web-Portal) übernimmt eine Vernetzungsrolle, indem es eine zentrale server-basierte Datenstruktur für die Datenablage, Beschlagwortung und Systematisierung bereitstellt. Somit kann auf MUBIL Daten leicht zugegriffen werden, was vor allem vor dem Hintergrund der langen Projektlaufzeit und der Teilprojektstruktur für die Datenverfügbarkeit von besonderer Bedeutung ist. Darüber hinaus wird im Rahmen dieses Teilprojektes auch die MUBIL-Webseite betreut, die das Projekt nach außen hin präsentiert.

Je nach Thema des Teilprojekts werden unterschiedliche Eigenschaften auf verschiedenen Ebenen des Betriebes untersucht. Mit den Ergebnissen können die ÖPUL-Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ und die Förderungsvoraussetzungen „Nützlings- und Blühstreifen“ und „Naturverträglicher Umgang mit Landschaftselementen“ an Hand der Indikatoren Biodiversität, Klimawandel und Bodenqualität bewertet werden (Tabelle 2.2-1).

Als Ergänzung wurden für die Evaluierung relevante und vorliegende Ergebnisse aus den weiteren MUBIL Teilprojekten Bodenchemie, Nützlinge und Managementkonzept Biotopstrukturen in den Bericht eingebunden (Tabelle 2.2-2). Diese Teilprojekte wurden in den MUBIL Projekten bis zum Jahr 2008 bearbeitet oder sind in den MUBIL Forschungsteil des aktuellen Projekts integriert.

Tabelle 2.2-1: Übersicht Teilprojekte und Untersuchungsgegenstand MUBIL Evaluation

| Teilprojekt | Eigenschaften | Ebene | Schutzgut | ÖPUL-Maßnahme, Förderungsvoraussetzung |
|------------------------------------|--|--------------------|--|--|
| Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit | Bewirtschaftungsdaten Erträge und Qualitäten Bilanzsalden | AF LE | Bodenqualität Klimawandel | Biologische Wirtschaftsweise Landschaftselemente |
| Bodenwasser und Erosion | Aggregatstabilität Trockendichte Wasserdurchlässigkeit Porendichte Bodenwasserhaushalt | AF LE | Bodenqualität Klimawandel | Biologische Wirtschaftsweise Landschaftselemente |
| Agrarmeteorologie | Witterungs- und mikroklimatische Parameter | LE | Klimawandel | Landschaftselemente |
| Bodentiere | Artenspektrum Individuendichte | AF LE BS | Bodenqualität Biodiversität | Biologische Wirtschaftsweise Landschaftselemente Nützlings- und Blühstreifen |
| Ackerwildkrautflora, Diasporen | Artenspektrum Deckungswerte Diasporenmenge | AF | Biodiversität | Biologische Wirtschaftsweise |
| Avifauna | Artenspektrum Individuendichte | AF LE BS | Biodiversität | Biologische Wirtschaftsweise Landschaftselemente Nützlings- und Blühstreifen |
| Naturschutzbiologie | Artenspektrum Deckungswerte | BS | Biodiversität | Nützlings- und Blühstreifen |
| Wildbienen | Artenspektrum Dominanzverhältnisse | BS (AF) (LE) | Biodiversität | Nützlings- und Blühstreifen (Biologische Wirtschaftsweise) (Landschaftselemente) |

Ebene: AF...Ackerflächen, LE...Landschaftselemente (Hecken und Baumreihen), BS...Nützlings- und Blühstreifen

Tabelle 2.2-2: Übersicht Teilprojekte und Untersuchungsgegenstand (ergänzende Beiträge)

| Teilprojekt | Eigenschaften | Ebene | Schutzgut | ÖPUL-Maßnahme, Förderungsvoraussetzung |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------|--|--|
| Bodenchemie | Phosphor und Kalium | AF | Bodenqualität | Biologische Wirtschaftsweise |
| Nützlinge | Artenspektrum Individuendichte | BS AF LE | Biodiversität | Biologische Wirtschaftsweise Landschaftselemente Nützlings- und Blühstreifen |
| Managementkonzept Biotopstrukturen | Artenspektrum Struktur | LE | Biodiversität Klimawandel | Landschaftselemente |

Ebene: AF...Ackerflächen, LE...Landschaftselemente (Hecken und Baumreihen), BS...Nützlings- und Blühstreifen

3 DATENGRUNDLAGEN UND METHODEN

3.1 BIOBETRIEB RUTZENDORF

Die biologisch bewirtschafteten Flächen in Rutzendorf sind ein Teilbetrieb der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften (BVW) GmbH. Die BVW GmbH hat die Betriebsleitung inne und bewirtschaftet den Betrieb. Dem Institut für Ökologischen Landbau (IfÖL) der Universität für Bodenkultur Wien wurde im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts MUBIL die wissenschaftliche Begleitung der Betriebsentwicklung übertragen.

Der Biobetrieb Rutzendorf befindet sich in der Ortschaft Rutzendorf, Gemeinde Groß Enzersdorf, 8km östlich von der Stadtgrenze von Wien auf einer Seehöhe von ca. 154 m. Die Landwirtschaftliche Nutzfläche beträgt 143 ha, davon sind 3 ha als Dauerbrache angelegt. Seit dem Jahr 2003 sind die Ackerflächen gemäß der 8-feldrigen Zielfruchtfolge in acht Schläge unterteilt, drei Schläge davon bestehen aus jeweils zwei Teilschlägen. Die Schlaggrößen liegen zwischen 5 und 18 ha. Die als Dauerbrache eingerichteten Flächen liegen am Schlag 1 neben der Hecke H1 (1 ha), und auf Schlag 4 neben der Hecke H7 (2 ha). Bei den Betriebsflächen handelt es sich um einen Landschaftsausschnitt, der neben den arrondierten Ackerflächen auch Bracheflächen, Feldraine und Feldsäume, Hecken und Baumreihen sowie Feldwege umfasst. Eine Fläche im Ausmaß von 2 ha ist an die AGES verpachtet, sie teilt sich in eine konventionelle Ackerfläche für Versuche und in eine Brachefläche (siehe Abbildung 3.1-1).

Die Böden im Bereich des Betriebes sind meist Tschernoseme (Schwarzerden). Sie sind alluvialer Herkunft aus kalkreichen Feinsedimenten. Es treten verschiedene Bodenformen auf, die sich in Bodenart, Wasserverhältnissen und Gründigkeit unterscheiden. Am weitesten verbreitet ist ein tiefgründiger Tschernosem der Bodenart lehmiger Schluff bis Lehm mit mäßig trockenem Wasserhaushalt und mäßiger Speicherkraft. In Rinnen und Mulden liegen tiefgründige Tschernoseme mit größerer Humusmächtigkeit und hoher Speicherkraft. Daneben treten leichte bis mittelschwere Tschernoseme mit Sand oder Schotter im Unterboden auf, die trocken bis mäßig trocken sind und nur eine geringe bis mittlere Speicherkraft und Ertragsfähigkeit aufweisen. Nach Ergebnissen der Finanzbodenschätzung reichen die Ackerzahlen von 30 Bodenpunkten an den ungünstigsten Stellen über ca. 60 bis 70 Bodenpunkte auf den am weitesten verbreiteten lehmigen Tschernosemen bis zu über 80 Bodenpunkten in den Rinnen (Schwarzecker et al. 1993). Die A_p-Horizonte haben eine Mächtigkeit von 25 bis 30 cm, die A-Horizonte reichen auf Flächen mit mittlerer Bodenbonität in Tiefen von 50 bis 60 cm. Der Boden ist neutral bis schwach alkalisch (pH_{CaCl2} 7,5-7,6 - nach unten zunehmend). Auf Flächen mittlerer Bodenbonität liegen die Gehalte an organischem Kohlenstoff im Oberboden bei 1,7 bis 2,2 %, die pflanzenverfügbaren P_{CAL}- und K_{CAL}-Gehalte wurden als ausreichend, die Gehalte an Gesamtphosphor und -kalium als hoch bis mäßig hoch eingestuft.



Abbildung 3.1-1: Übersichtskarte Rutzendorf mit Versuchsflächen, Düngungsvarianten und Aufnahme Strecken (Transekte)

3.1.1 Biologische Bewirtschaftung

Die Umstellung auf die organisch biologische Wirtschaftsweise erfolgte mit den Anbaumaßnahmen Herbst 2001, d.h. im Jahr 2002 konnte die erste Umstellungsernte eingefahren werden. Der Betrieb ist ein viehloser Marktfruchtbetrieb und wird nach den Richtlinien der Bio Austria bewirtschaftet.

Im Jahr 2002, im ersten Jahr der biologischen Bewirtschaftung und vor Beginn des Projekts MUBIL, waren auf 91 % der Fläche Winter- und Sommergetreide und auf 9 % der Fläche Luzerne angesät. Die Hauptfrüchte bei der konventionellen Bewirtschaftung des Betriebes vor dem Jahr 2002 waren vor allem Wintergetreide und Zuckerrübe, mit durchschnittlichen Erträgen bei Winterweizen von 60 dt/ha und bei Zuckerrübe von 635 dt/ha.

In den Jahren 2003 und 2004 in der weiteren Umstellungsphase war der Luzerneanteil deutlich erhöht. Die Schläge weisen einen unterschiedlichen Einstieg in die 8-feldrige Zielfruchtfolge auf. Die Tabelle 3.1-2 beinhaltet eine Übersicht der Fruchtfolge der Schläge 1 bis 8 am Biobetrieb Rutzendorf mit den dazugehörigen Kleinparzellenversuchen (KPV) S1M bis S8M. Zusätzlich sind die Fruchtfolgen der biologischen Referenzparzelle S1G, auf Schlag 1 auf einer Fläche mit geringer Bodenbonität, und der konventionellen Referenzparzelle SK auf einem unmittelbar an den Biobetrieb angrenzenden konventionell bewirtschafteten Schlag angegeben. Eine unterstrichene Kultur bedeutet, dass die Kultur im Kleinparzellenversuch (ab Erntejahr 2004) und in den Düngestreifen auf den Großschlägen (ab Erntejahr 2006) mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt wurde. Der mittlere Zwischenfruchtanteil der Jahre 2003 bis 2009 liegt bei 35 %. Die angesäten Zwischenfrüchte waren ein Gemenge aus Leguminosen und Nichtleguminosen, vor der Hauptfrucht Erbse wurde meist ein Gemenge ohne Leguminosen ausgesät. Die Zielfruchtfolge besteht aus einem Grundgerüst aus den strukturaufbauenden Kulturen Luzerne (zweijährig) und der Körnerleguminose Erbse. Dazwischen steht Getreide und Körnermais (Tabelle 3.1-1). Die Grundbodenbearbeitung erfolgt in der Regel mit Grubber und Pflug. Luzerne wurde im Frühjahr als Untersaat in Getreide oder nach einem Grubberstrich im Sommer angebaut.

Tabelle 3.1-1: Zielfruchtfolge am Biobetrieb Rutzendorf

| Jahr | Kultur | Fruchtfolge-Gerüst | Anteil in % |
|---------|--------------------------------------|--------------------|-------------|
| 1. Jahr | Luzerne | Futterleguminose | 25,0 |
| 2. Jahr | Luzerne | Futterleguminose | |
| 3. Jahr | Winterweizen + <i>Zwischenfrucht</i> | Marktfrucht | 37,5 |
| 4. Jahr | Körnermais | Marktfrucht | |
| 5. Jahr | Sommergerste + <i>Zwischenfrucht</i> | Marktfrucht | |
| 6. Jahr | Erbse + <i>Zwischenfrucht</i> | Körnerleguminose | 12,5 |
| 7. Jahr | Winterweizen | Marktfrucht | 25,0 |
| 8. Jahr | Winterroggen | Marktfrucht | |

Tabelle 3.1-2: Fruchtfolge der einzelnen Schläge am Biobetrieb Rutzendorf der Jahre 2003 bis 2010 (S1M-S8M: Kleinparzellenversuche, S1G und SK: Referenzparzellen, DV...Düngungsvarianten, MD...Mineraldünger, Kultur...die Kultur wurde im Kleinparzellenversuch (ab Erntejahr 2004) und in den Düngestreifen auf den Großschlägen (ab Erntejahr 2006) mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt

| Erntejahr Versuch | Bewirt- schaftung | Boden- bonität | DV | Jahre | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-------------------|-----|-------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| | | | | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | | | | |
| S1M | biol. | mittel | 1-3 | SOMMER- GERSTE | ZF | W INTER- W EIZEN | LUZERNE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | ZF | KÖRNER- MAIS | ERBSE | SOMMER- GERSTE | ZF | ERBSE |
| S2M | biol. | mittel | 1-3 | LUZERNE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | SOMMEN- BLUMEN | W INTER- ROGGEN | ERBSE | ZF | W INTER- ROGGEN | LUZERNE | LUZERNE | | |
| S3M | biol. | mittel | 1-3 | LUZERNE | LUZERNE | W W EIZEN | KÖRNER- MAIS | SOMMER- GERSTE | ERBSE | ZF | W INTER- W EIZEN | W INTER- ROGGEN | W INTER- ROGGEN | | |
| S4M | biol. | mittel | 1-3 | ERBSE | ZF | W W EIZEN | SOMMER- GERSTE | LUZERNE | LUZERNE | | W INTER- W EIZEN | W INTER- W EIZEN | KÖRNER- MAIS | ZF | KÖRNER- MAIS |
| S5M | biol. | mittel | 1-3 | LUZERNE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | W INTER- W EIZEN | SOMMER- GERSTE | LUZERNE | | LUZERNE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | | W INTER- W EIZEN |
| S6M | biol. | mittel | 1-3 | LUZERNE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | TRITICALE | ERBSE | W INTER- W EIZEN | ZF | W INTER- W EIZEN | LUZERNE | LUZERNE | | LUZERNE |
| S7M | biol. | mittel | 1-3 | ERBSE | ZF | W INTER- ROGGEN | LUZERNE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | ZF | W INTER- W EIZEN | KÖRNER- MAIS | SOMMER- GERSTE | | SOMMER- GERSTE |
| S8M | biol. | mittel | 1-3 | TRITICALE | LUZERNE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | KÖRNER- MAIS | SOMMER- GERSTE | ZF | ERBSE | ERBSE | W INTER- W EIZEN | ZF | W INTER- W EIZEN |
| S1G | biol. | gering | 1 | SOMMER- GERSTE | ZF | W GERSTE | LUZERNE | W INTER- W EIZEN | KÖRNER- MAIS | ZF | SOMMER- GERSTE | SOMMER- GERSTE | ZF | ERBSE | |
| SK | konv. | mittel | MD | SOMMER- DURUM | ZF | ZUCKER- RÜBE | W INTER- W EIZEN | ZWIEBEL | W INTER- DURUM | ZF | KAR- TOFFEL | W INTER- DURUM | ZF | SPESESOLA, FRÜH- KAROTTEN | |

3.1.2 Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen)

Die Nützlings- und Blühstreifen am Biobetrieb Rutzendorf wurden als sechs Meter breite Brachestreifen in Ackerflächen mit folgenden Zielen angelegt:

- (1) die Vielfalt der Flora und Fauna zu erhöhen und mit einem verbesserten Blütenangebot Nützlinge zu fördern,
- (2) seltene Pflanzen und Lebensräume zu fördern und
- (3) die Flächen des Betriebes landschaftlich und optisch aufzuwerten.

Die Einrichtung der ersten Blühstreifen (Ö2/1-W, Ö2/2-O, Ö5/1-O, Ö5/2-O, Ö6/1-W und Ö6/2-W) erfolgte im Spätherbst 2003 auf einer Fläche von 1,72 ha entlang bestehender Gehölzstrukturen. Der Saatzeitpunkt wurde aufgrund des für das Keimen der Wildpflanzen notwendigen Kältereizes gewählt. Große Abschnitte der ersten Blühstreifen blieben der natürlichen Sukzession überlassen (Nullvarianten). Im Frühjahr 2007 wurden zwei weitere Blühstreifen, einer entlang einer Hecke (Ö3-W) und einer erstmals zwischen zwei Ackerschlägen (Ö6/1-O) angelegt. Beide Streifen machen gemeinsam eine Fläche von 0,81 ha aus. Im Herbst 2009/Frühjahr 2010 wurden die letzten vier Blühstreifen (Ö1-W, Ö3-O, Ö5/2-W und Ö8-W) zwischen Ackerschlägen mit einer Gesamtfläche von 1,25 ha eingesät.

Die Gesamtfläche der bisher angelegten Nützlings- und Blühstreifen beträgt 3,78 ha, das entspricht 2,64 % der gesamten biologisch bewirtschafteten Ackerfläche des Betriebes.

Die Lage der Streifen und die angesäten Mischungen sind der Abbildung 3.1-2 zu entnehmen. Weitere Details zur Anlage der Blühstreifen und den gewählten Mischungen sind im Kapitel 7.7 (Teilprojekt 11) und in Tabelle 7.7-1 sowie Tabelle 7.7-2 beschrieben.

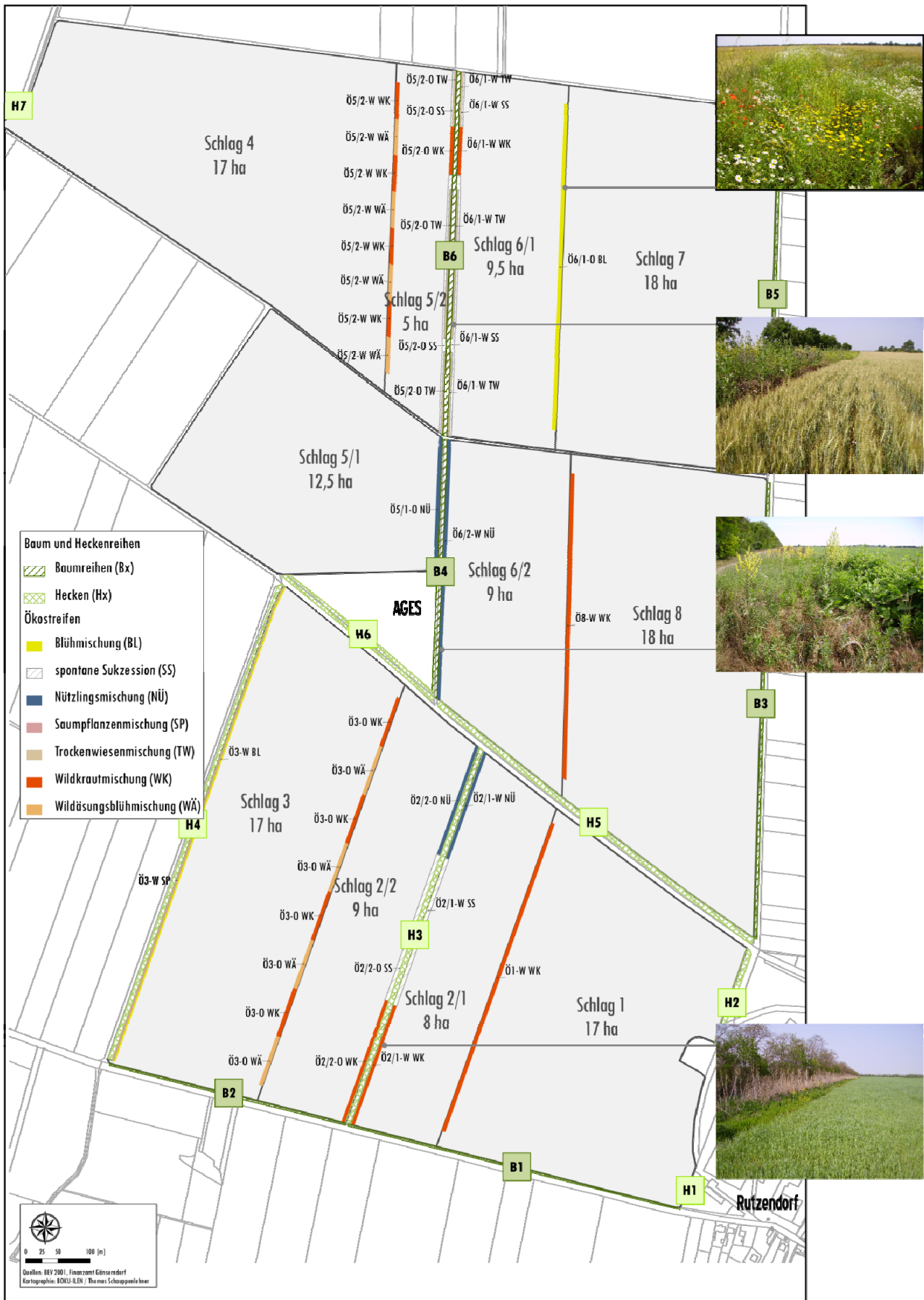


Abbildung 3.1-2: Übersicht über die Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) in Rutzendorf

3.1.3 Landschaftselemente (Hecken und Baumreihen)

Brandenburg, Ch.

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien.

Im Rahmen des MUBIL Teilprojekts „Managementkonzept Biotopstrukturen“ wurden vom Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung sämtliche Feld begrenzende Gehölzstrukturen auf dem Gelände des Biobetriebs Rutzendorf untersucht. Darunter fallen insbesondere Hecken und Baumreihen. Die Gesamtlänge der Gehölzstrukturen beläuft sich auf 6034 m, davon sind 3113 m Baumreihen und 2921 m Hecken.

Ursprünglich wurde ein Teil der Hecken in den 1980er Jahren als Windschutz gepflanzt. Der Großteil der Hecken verläuft in N-S-Richtung, eine Hecke und eine Baumreihe (H5 und H6, B1 und B2) ausgenommen, die in O-W Richtung verlaufen (Abbildung 3.1-3). Diese beiden Gehölzstrukturen wurden als Ersatz für eine 1989 gerodete Pappelallee gepflanzt und haben vor allem ästhetische und ökologische Funktionen.

Die Heckenpflege erfolgte in der Vergangenheit und erfolgt derzeit undifferenziert nach dem tatsächlichen Pflegebedarf maschinell mit einem Balkenmäher. Damit wird im Wesentlichen die lichte Raumhöhe für den Verkehr sowie für die Bearbeitungsvorgänge auf dem Feld erhalten. Ästhetische und ökologische Funktionen, die Windschutzfunktion sowie ein langfristiger Bestand der Gehölzstreifen bilden bei der Pflege derzeit keinen Schwerpunkt.

Die Hecken sind großteils aus mehreren Zeilen aufgebaut, die aus Bäumen und Sträuchern bestehen. Im Kern der Hecke befinden sich hohe Sträucher und Bäume (bis zu 15 m hoch), beidseitig davon befindet sich ein Strauchmantel aus niedrigeren Sträuchern. Als Sträucher sind u.a. *Ligustrum vulgare* (Gemeiner Liguster), *Syringa vulgaris* (Flieder), *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder) und als Baumarten u.a. *Robina pseudoacacia* (Robinie), *Fraxinus excelsior* (Gemeine Esche), *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn) und *Tilia cordata* (Winterlinde) zu nennen. Die Breite der Hecken variiert stark, die geringste Breite beträgt rund 7 m, die breiteste Hecke ist bis zu 19 m breit. Die Baumreihen sind einzeilig und haben einen Strauchunterwuchs, der sehr unterschiedlich dicht ist.

Insgesamt sind rund 29 % der Gehölzstrukturen als dicht, 27 % als lückig anzusprechen. Die restlichen 44 % sind lückig bis dicht.

In 55 % der Gehölzstrukturen ist zwar Totholz vorhanden, im wesentlichen handelt es sich jedoch hierbei um liegendes Totholz, in Form von heruntergefallenen Ästen bzw. umgefallenen Bäumen, teilweise auch um Schnittgut. In rund 17 % der Gehölzstrukturen ist sogar viel Totholz vorhanden, hingegen in 28 % nur wenig bis kein Totholz. Auffallend ist das Fehlen des vertikalen Totholzes (stehende Baumstämme etc.), die u.a. aus Sicht der Ornithologie sehr wertvoll wären.

Generell ist zu sagen, dass die Hecken und Baumreihen artenarm und überaltert sind, wobei es im Laufe der Jahre zu einer Gleichförmigkeit der Hecken gekommen ist, die kaum Höhenunterschiede aufweist. Die Windschutzhecken sind in weiten Teilen zu dicht, um die Windschutzfunktion erfüllen zu können.

Die in MUBIL I mittels Strukturkartierung festgestellte Armut der Hecken und Baumreihen, bezogen auf die horizontale und vertikale Strukturierung der Hecken sowie bezogen auf die Artenzusammensetzung, führte zur Schlussfolgerung, dass die derzeitigen „ökologischen“ und „landschaftsästhetischen“ Funktionen sowie die Windschutzfunktion nicht dem Potenzial der Landschaftselemente entsprechen, und war in Folge Ausgangsbasis für die Entwicklung des Pflegekonzeptes im Rahmen von MUBIL II. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist es bei optimaler Pflege möglich die Multifunktionalität der Hecken und Baumreihen wiederherzustellen und langfristig zu sichern und die Biodiversität der Gehölzstrukturen zu erhöhen.

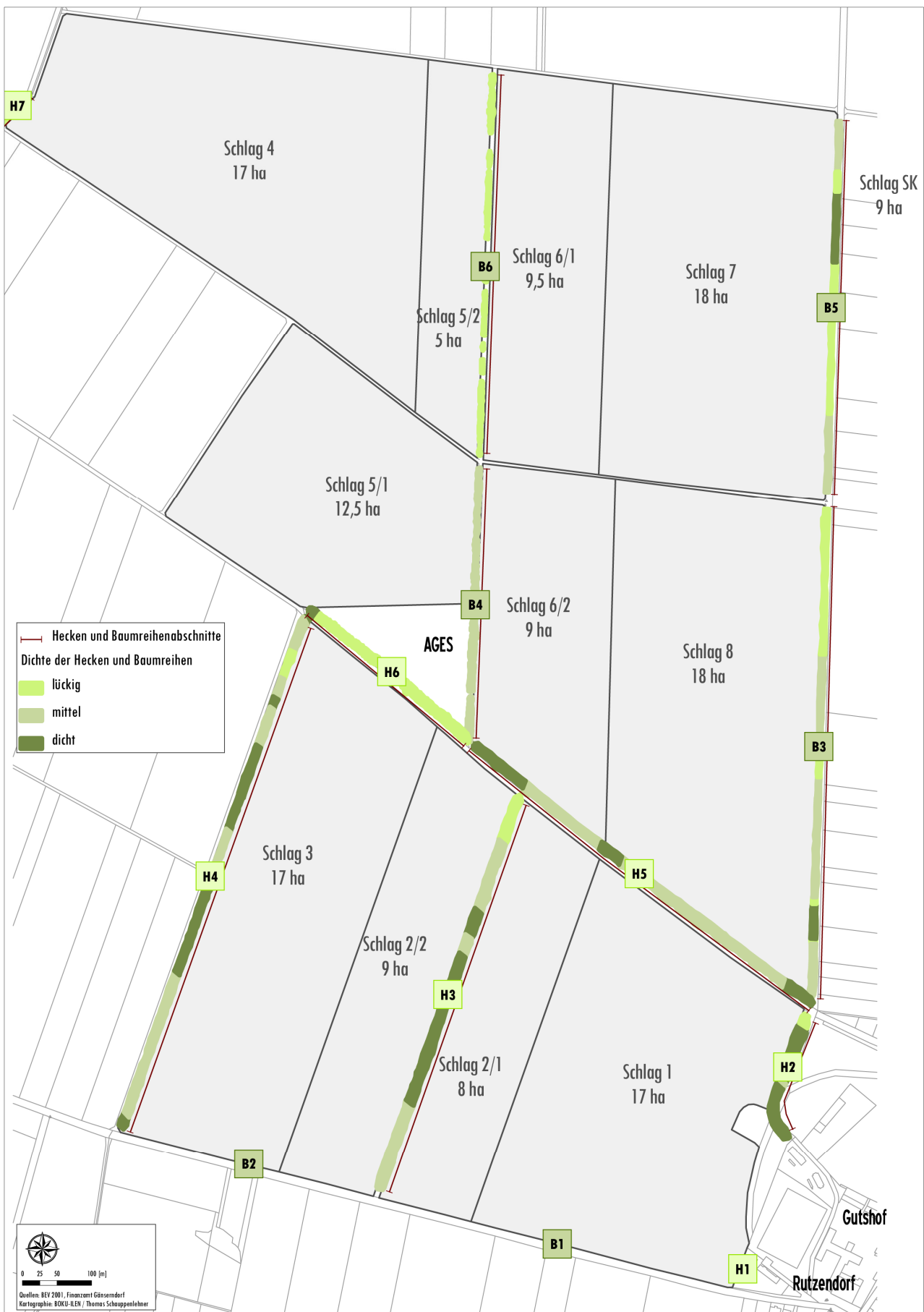


Abbildung 3.1-3: Hecken und Baumreihen in Rutzendorf

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Evaluation von abschnittsweise durchgeführten Pflegemaßnahmen in MUBIL I und den Literaturrecherchen zu Pflegemaßnahmen wurden Maßnahmen zur Förderung und Verbesserung der Multifunktionalität der Landschaftselemente identifiziert. Diese Maßnahmen sollen sowohl ökologischen (Biodiversität, Lebensraum) als auch klimatischen (Windschutz, Klimawandel) Faktoren genügen und setzen sich wie folgt zusammen:

- Hecken mit Windschutzwirkung sollen hinsichtlich dieser Funktion optimal weiter entwickelt werden. Aus klein- und lokalklimatischer Sicht ist eine Auflockerung der Hecken v.a. im unteren Bereich (ca. 1-1,5 m über dem Boden) anzustreben, um Verwirbelungen zu verhindern.
- Die Hecken und Baumreihen, die nicht vornehmlich dem Windschutz dienen, sollen aufgelockert werden und unterschiedliche Dichten und Altersklassen aufweisen.
- Die Erhöhung der biologischen Vielfalt kann durch Entfernen dominierender Arten sowie Erhöhung der Strukturvielfalt durch das Schaffen von mosaikartigen stufigen Altersklassenbeständen und unterschiedlichen Standortbedingungen (Totholz, Altholz, Reisig) erfolgen.
- Gehölzen mit hoher ökologischer Funktion, z.B. Nahrungsangebot (z.B. Obstbäume) und Nistplätze (z.B. Totholz) etc., sollen gefördert bzw. etabliert werden.
- Eine Auflockerung der Gehölzstrukturen, die Förderung von Einzelbäumen sowie die Schaffung wiesenartiger Brachstreifen mit Einzelsträucher und -bäumen sind Anforderungen seitens der Avifauna an eine Umgestaltung der Hecken.
- Um mehr „Nützlinge“ anzusiedeln, sollen die zu schaffenden Gehölzstrukturen für die Tiere vielseitig nutzbar und strukturreich sein (z.B. mosaikartige Durchmischung von Totholz, Altholz, Reisig, jung- und altwüchsige Gehölze, vielstufiger Aufbau der Bäume und Sträucher, standortgemäße Arten, reichhaltiges Angebot an Blüten etc.).
- Bei Neupflanzungen sind nur mehr einheimische, standortgerechte Pflanzen zu verwenden sowie Pflanzen, die Nahrungs- bzw. Lebensraumangebote bieten. Um die Versuche der Bodenzöologie nicht zu behindern ist die Verwendung wurzelnackter Pflanzen vorgeschrieben.
- Zum Auslichten dichter Hecken sind Gehölze Auf-Stock zu setzen. Es dürfen jedoch nur Gehölze zurück geschnitten werden, die über eine geringe Austriebsfähigkeit verfügen. Das Ringeln von Robinien und Götterbäumen ist in Hinblick auf den Erfolg zu kontrollieren.
- Um derzeit schon vorhandene Lebensräume bzw. Nahrungsangebote sowie die Windschutzfunktion zu erhalten ist die Gesamterneuerung des Gehölzbestandes für einen Zeitraum von 15 Jahren vorgesehen.

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 betreffend angepasst werden kann und muss. Die Messergebnisse des Teilprojekts Agrarmeteorologie im Rahmen von MUBIL II 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, wäre es sinnvoll die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen auf andere Betriebe in der Region zu übertragen. 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.

3.2 KLEINPRODUKTIONSGBIET MARCHFELD

3.2.1 Lage und Bodenverhältnisse

Der Biobetrieb Rutzendorf liegt im Marchfeld, in einer der größten Ebenen Österreichs. Das Marchfeld bildet den nördlichen Teil des Wiener Beckens. Es wird im Süden von der Donau, im Osten von der March, im Norden vom Großen Wagram (Weinviertel Hügelland) und im Westen vom Bisamberg begrenzt. Die Gesamtfläche des Marchfelds beträgt rund 1000 km², die Seehöhe liegt zwischen 137 m und 165 m. Das Marchfeld ist Teil des Hauptproduktionsgebietes Nordöstliches Flach- und Hügelland und bildet selbst das Kleinproduktionsgebiet Marchfeld (Nestroy 1973).

Das Marchfeld ist aus Terrassen unterschiedlichen Alters aufgebaut, die während der Eiszeit im tektonischen Senkungsraum des Wiener Beckens von der Donau gebildet wurden. Der Kleine Wagram trennt die Gänserndorfer Terrasse im Norden von der Praterterrasse im Süden des Marchfelds (Schuch 1977). Der am meisten verbreitete Bodentyp im Marchfeld ist tiefgründiger Tschernosem. Er besteht aus einem mächtigen A-Horizont, unmittelbar darunter folgt das Ausgangsmaterial des Bodens, meistens Löß, der C-Horizont. Bei ausreichender Wasserversorgung stellen sie Standorte mit hoher Ertragsfähigkeit dar.

3.2.2 Klima- und Witterungsverhältnisse

3.2.2.1 KLIMA UND LANGJÄHRIGE MITTELWERTE

Das Klima im Marchfeld ist semi-arid und kann als ein Übergangsklima zwischen dem west-europäischen, maritimen und dem osteuropäischen, kontinentalen Klimaraum angesehen werden. Die Winter sind kalt und oft schneearm mit häufig scharfen Frösten, die Sommer heiß und phasenweise trocken. Im Sommer und Frühherbst treten besonders häufig stabile Hochdruckwetterlagen auf und die Windgeschwindigkeiten sind eher gering. Im Winter und vor allem im Frühjahr kommt es vermehrt zum Durchzug von Tiefdruckgebieten durch Mitteleuropa, die meist einen lebhafteren Wind mit sich bringen (Müller 1993). Aufgrund der auftretenden Windgeschwindigkeiten und hoher Temperaturen im Sommer ist mit einer hohen potentiellen Verdunstung zu rechnen. Bei fehlender Vegetationsdecke, vor allem im Frühjahr sowie im Spätsommer und Herbst nach der Ernte, besteht die Gefahr von Winderosion. Die vorherrschende Windrichtung ist W und NW, bedeutend sind aber auch Winde aus dem SO (Nestroy 1973).

Die Station Groß-Enzersdorf liegt am östlichen Ortsrand von Groß-Enzersdorf auf dem Gelände der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien. Abbildung 3.2-1 zeigt die langjährigen Mittel der Temperatur bzw. die Niederschlagssummen in der Periode 1971 bis 2000. Das mittlere Jahresmittel beträgt 9,8 °C, die mittlere Niederschlagssumme beträgt 520,5 mm. Der Jänner ist mit -0,4 °C der kälteste, der Juli mit 20 °C der wärmste Monat. Mit 67,5 mm ist der Juni der niederschlagreichste Monat, der Februar mit knapp 28 mm der niederschlagärmste Monat. In den Monaten März bis Mai fallen rund 25 % des gesamten Jahresniederschlages.

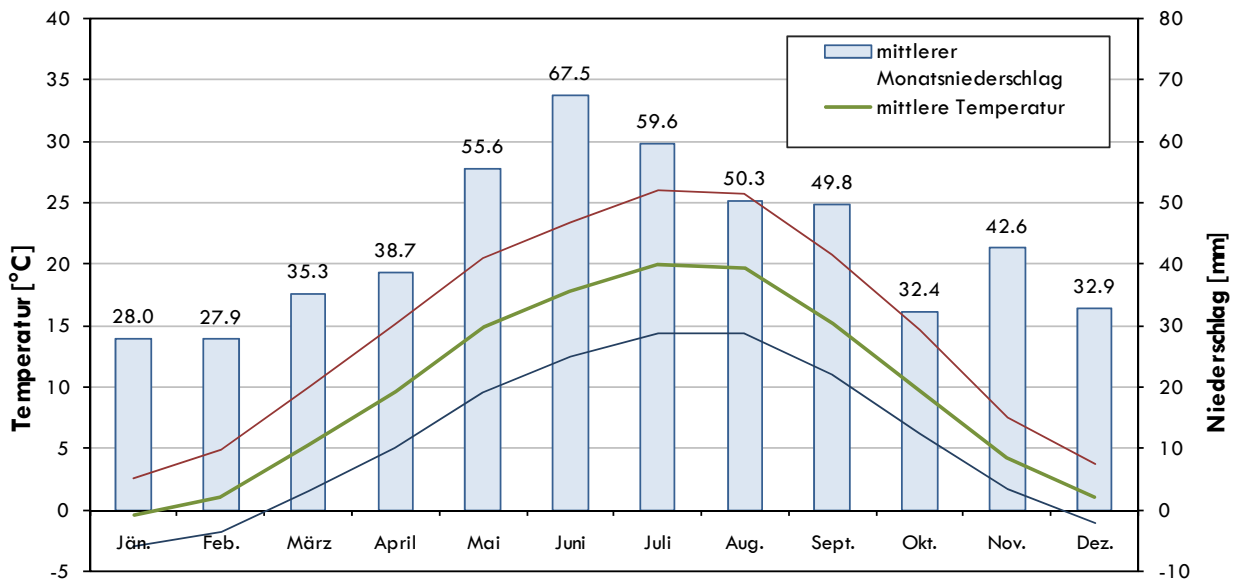


Abbildung 3.2-1: Mittlere Temperatur- und Niederschlagsverteilung der Station Groß-Enzersdorf in der Periode 1971-2000 (Datenquelle: ZAMG)

3.2.2.2 WITTERUNG IM UNTERSUCHUNGSZEITRAUM 2003 BIS 2009

Gerersdorfer, T., Eitzinger, J.

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

Die agrarmeteorologische Dauermessstation in Rutzendorf wurde Anfang April 2003 in Betrieb genommen und liefert seither (mit wenigen Unterbrechungen) Witterungsdaten in 15-Minuten Mittelwerten. Rutzendorf liegt etwa 6 km von Groß-Enzersdorf entfernt. Abbildung 3.2-2 zeigt Lufttemperatur und Niederschlagssummen während der Projektlaufzeit 2003-2009 für die einzelnen Jahre wie auch für die Monate März-April-Mai.

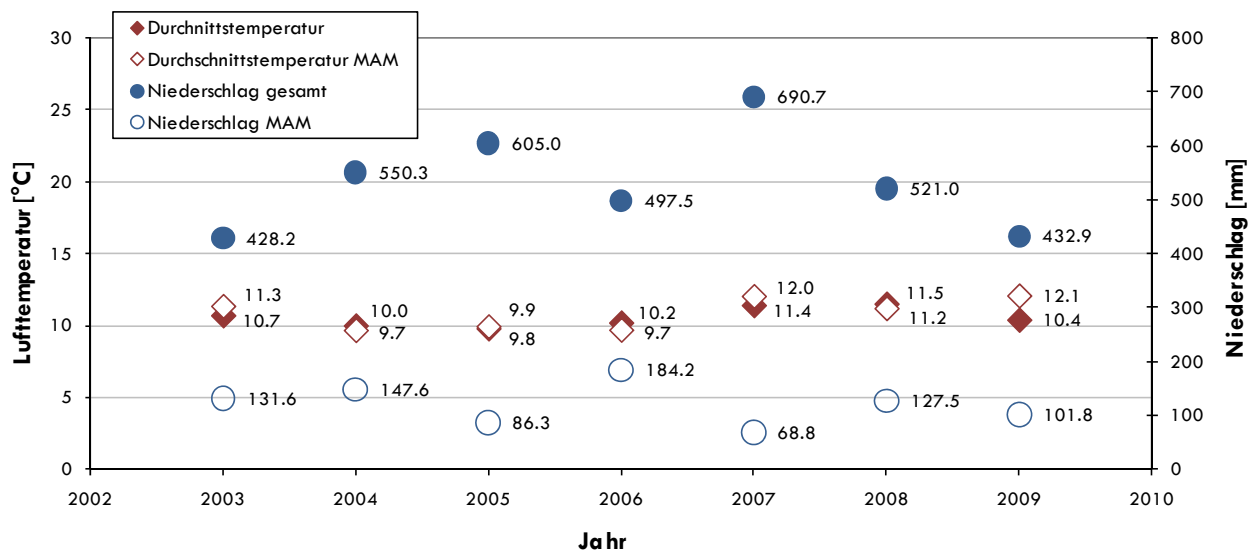


Abbildung 3.2-2: Lufttemperaturen (T_{air}) und Niederschlagssummen (P_{sum}) 2003-2009 auf Jahresbasis sowie für die Monate März-April-Mai (MAM)

Allgemein gesehen stellen sich die Witterungsverhältnisse am Untersuchungsstandort Rutzendorf seit Projektbeginn sehr unterschiedlich dar. Die Jahresniederschläge schwanken seit Beginn des Projektes von 428 mm (2003) bis 691 mm (2007). Gerade die Niederschläge während des Sommerhalbjahres können räumlich sehr inhomogen sein. 2003 betrug der Jahresniederschlag 62 % von 2007. Vergleicht man

jedoch die interannuale Variabilität und hier vor allem die Frühjahrswerte (Monate März-April-Mai), so zeigt das Jahr 2007 mit dem größten Jahresniederschlag mit 68,8 mm die geringste Niederschlagssumme im Frühjahr im Projektzeitraum 2003-2009. Die Jahresmitteltemperatur bewegt sich im Projektzeitraum zwischen 9,8 °C (2005) und 11,5 °C (2008). Das Frühjahr 2009 ist das bisher absolut wärmste und liegt deutlich über dem Jahresmittel. 2004 und 2006 war das Frühjahr am kältesten, beide Jahre zeigen allerdings die höchsten Frühjahrsniederschläge (Abbildung 3.2-2).

Das **Jahr 2003** lässt sich mit einem extrem heißen und trockenen Sommer charakterisieren, wobei häufig Tagesmittel der Lufttemperatur von 20 bis 25 °C erreicht wurden, die deutlich über den langjährigen Monatsmitteln lagen. Die allgemeine Trockenheit wurde in Rutzendorf durch einzelne lokale Gewitterniederschläge jedoch etwas gemindert – im Vergleich zu anderen Gegenden. Bis in den Dezember blieb das Jahr relativ warm und trocken, wobei sich der oberflächliche Bodenwassergehalt im Herbst aufgrund fehlender Transpiration der Pflanzen wieder etwas erholte.

2004 war ein weitgehend „normales“ Jahr, es begann mit niedrigeren Temperaturen, die sich im Vergleich zu 2003 das ganze Jahr fortsetzten. Im Frühjahr traten einzelne sehr warme Perioden von kurzer Dauer auf. Der oberflächliche Bodenwassergehalt erholte sich im Frühjahr und blieb bis zum April nahe der Feldkapazität. Danach erfolgte ein starker und schneller Rückgang aufgrund der starken Transpiration und des Wuchses der Luzerne und der relativ geringen Niederschläge in diesem Zeitraum. Bis in den September blieb die Situation relativ stabil mit einer leichten Erholung des Bodenwassergehaltes aufgrund der zunehmenden Niederschläge und relativ niedriger Temperaturen.

Der Herbst und Winter zeigten sich bis in den Jänner relativ warm, wobei ab Februar bis März **2005** ein (Spät-)Wintereinbruch mit viel Schnee und niedrigen Temperaturen erfolgte. Zu dieser Zeit waren entlang der Hecken starke Schneewehen zu beobachten. Ab Mitte März 2005 erfolgte eine rasche Erwärmung mit im Vergleich zu den mehrjährigen Monatsmitteln höheren Temperaturen, ab August lagen die Temperaturen jedoch niedriger. Besonders das Frühjahr war bis in den Juli relativ trocken mit einer deutlichen Abnahme des oberflächlichen Bodenwassergehaltes unter Gerste von April bis Juli.

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 -15,1 °C und einem Nachtfrost von -17,5 °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 °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.

Jahr 2007 begann extrem warm. Der Jänner 2006 wies eine mittlere Temperatur von -4,5 °C auf, der Jänner 2007 war mit +5,2 °C extrem warm. Der April war sehr trocken (0,8 mm Niederschlag), die darauf folgenden Monate konnten das Niederschlagsdefizit trotz regelmäßiger Regenspenden nicht aufwiegen, sodass sich der Bodenwassergehalt erst ab Ende Juli erholen konnte. 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. Ein regenreicher September brachte mit einer Monatssumme von 193 mm etwa 37 % des mittleren Jahresniederschlages der letzten 5 Jahre

Das Jahr **2008** war bis August ebenso überdurchschnittlich warm, allerdings lagen die Temperaturen etwas unter denen von 2007. Trotz eines deutlichen Temperatursturzes am 12. September war der Herbst warm. Ein milder Winterbeginn folgte, bis zu Weihnachten die Temperaturen erstmals deutlich unter 0 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.

2009 begann mit einem relativ kalten Jänner, das folgende Frühjahr war aber das wärmste seit Projektbeginn und deutlich über dem Jahresmittel, die Frühjahrsniederschläge waren unterdurchschnittlich wie auch der Gesamtniederschlag, der ähnlich niedriges Niveau hatte wie 2003. Der Sommer war sehr warm, erst Anfang Oktober ging die Temperatur sprunghaft zurück. Das Jahr ging mit deutlichen Plusgraden zu Ende.

3.2.2.3 KLIMAWANDEL UND EINFLUSS AUF DIE LANDWIRTSCHAFT

Das Marchfeld zählt zu den trockensten landwirtschaftlichen Produktionsgebieten Österreichs. Klimaszenarien für diese Region zeigen eine Temperaturerhöhung in den nächsten Jahrzehnten (um mindestens 2 °C bis zu den 2050ern) und eine deutliche Zunahme der Wasserverluste durch zunehmende Verdunstung. Höhere Temperaturen beeinflussen auch die Phänologie der Kulturpflanzen und verursachen mehr Hitze- und Trockenstress. Die Jahresniederschläge werden gleich bleiben oder leicht abnehmen. Jahreszeitlich kommt es zu einer Verschiebung der Niederschlagsmengen (im Sommerhalbjahr weniger, im Winterhalbjahr mehr). Klimatischen Extremereignissen, wie Hitzeperioden und Trockenheit, aber auch Starkniederschlag, werden zunehmen. All diese Faktoren haben Folgen für den Wasserhaushalt und -bedarf und in weiterer Folge für die Ertragshöhe und -stabilität landwirtschaftlicher Kulturen an dem schon jetzt relativ trockenen Standort (Eitzinger et al. 2008).

In der Landwirtschaft ist mit einem früheren Vegetationsbeginn, mit einer längeren Vegetationsperiode und einer rascheren Pflanzenentwicklung zu rechnen. Der Bodenwasserspeicher wird im Winter häufiger aufgefüllt werden, die Schneeschmelze fällt aber geringer aus. Der Entwicklungsbeginn der Winterungen kann früher einsetzen, und daher in eine feuchtere Phase fallen. Es wird erwartet, dass Winterkulturen im mittleren Ertragspotential eher leicht zunehmen. Später, zur Zeit der Getreideblüte können Winterungen, aber vor allem Sommerungen, vermehrt von Trockenheit und Hitze betroffen sein. Sommerkulturen werden im Ertragspotential daher eher zurückgehen. Räumliche Ertragsunterschiede auf Böden mit unterschiedlicher Wasserversorgung und die zwischenjährlichen Ertragsunterschiede werden zunehmen. Milde Winter werden zu einer frühzeitigen Entwicklung der Beikräuter führen, neue Beikräuter könnten sich ausbreiten. Ebenso wird eine Zunahme mancher Schädlinge und im Gegenzug eine Abnahme mancher Pilzkrankheiten zu verzeichnen sein (Eitzinger et al. 2008).

Als Ertrag stabilisierende Maßnahmen sind die Anpassung der Saattermine (früher bei Sommerkulturen, später bei Wintergetreide), eine Wasser sparende Bodenbearbeitung, eine Verbesserung der Bodenstruktur, der Aufbau von Humus, die Sortenwahl oder der Anbau von Kulturen mit einer effizienten Wassernutzung und eine zusätzliche und vermehrte Beregnung zu nennen. Auch Maßnahmen zur Reduktion der unproduktiven Verdunstung, wie das Belassen einer Mulchschicht auf der Bodenoberfläche oder die Reduktion der Windgeschwindigkeit durch Windschutzhecken, können den Ertrag stabilisieren.

3.2.3 Bewirtschaftungsstruktur

Die Bewirtschaftungsstruktur der landwirtschaftlichen Betriebe im Marchfeld wurde an Hand von INVEKOS-Daten der Jahre 2003, 2006 und 2009 (BMLFUW 2010) analysiert und aufbereitet.

Die Gesamtanzahl der landwirtschaftlichen Betriebe im Marchfeld lag im Jahr 2003 bei 1155. Bis in das Jahr 2009 ging die Anzahl der Betriebe um ca. 19 % auf 936 deutlich zurück (Tabelle 3.2-1). Die Landwirtschaftliche Nutzfläche des Marchfelds umfasste im Jahr 2003 eine Fläche von 57.537 ha, dieser Wert blieb bis in das Jahr 2006 konstant und verringerte sich bis in das Jahr 2009 auf 54.639 ha. Bei der durchschnittlichen Betriebsgröße aller Betriebe kam es hingegen zu einem Anstieg von 49,8 auf 58,4 ha. Im Jahr 2003 gab es im Marchfeld 70, im Jahr 2009 92 biologisch bewirtschaftete Betriebe, was im Jahr 2009 einen Anteil von 9,8 % an den Gesamtbetrieben ausmacht. Mit der Anzahl der Betriebe wurde auch die biologisch bewirtschaftete Fläche gesteigert. Diese lag im Jahr 2009 bei einem Anteil von 12,1 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche im Marchfeld. Der Anteil der Betriebe mit einer Tierhaltung im Ausmaß von mehr als 0,1 GVE/ha ist sowohl bei den biologischen als auch bei den konventionellen Betrieben sehr gering.

Tabelle 3.2-1: Struktur und Entwicklung der Gesamtbetriebe im Marchfeld in den Jahren 2003, 2006 und 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2003, 2006 und 2009)

| Parameter | Jahr 2003 | | | Jahr 2006 | | | Jahr 2009 | | |
|--------------------------------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | BIO | KONV | GES | BIO | KONV | GES | BIO | KONV | GES |
| Betriebe (Anzahl) | 70 | 1085 | 1155 | 77 | 996 | 1073 | 92 | 844 | 936 |
| Landw. Nutzfläche (ha) | 4162 | 53375 | 57537 | 4755 | 52795 | 57549 | 6632 | 48008 | 54639 |
| Betriebsgröße Mittelwert (ha) | 59.5 | 49.2 | 49.8 | 61.7 | 53 | 53.6 | 72.1 | 56.9 | 58.4 |
| Betriebsgröße Median (ha) | 47.6 | 41.7 | 42.1 | 48.7 | 43.8 | 43.9 | 57.8 | 46.1 | 46.5 |
| Betriebe (Anzahl %) | 6.1 | 93.9 | 100 | 7.2 | 92.8 | 100 | 9.8 | 90.2 | 100 |
| Fläche (%) | 7.2 | 92.8 | 100 | 8.3 | 91.7 | 100 | 12.1 | 87.9 | 100 |
| Betriebe > 0,1 GVE/ha (Anzahl) | 8 | 62 | 70 | 8 | 49 | 57 | 7 | 39 | 46 |
| Betriebe > 0,1 GVE/ha (%) | 11.4 | 5.7 | 6.1 | 10.4 | 4.9 | 5.3 | 7.6 | 4.6 | 4.9 |
| Ø GVE/ha (> 0,1 GVE/ha) | 0.30 | 0.53 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.62 | 0.51 | 0.52 |

Die Betriebe im Marchfeld sind nach ihrer Betriebsform zum überwiegenden Teil sowohl bei den biologischen als auch den konventionellen Betrieben (jeweils ca. 92 % der Betriebe und ca. 97 % der Fläche im Jahr 2009) als Marktfruchtbetriebe einzustufen. Die Betriebsform kennzeichnet den Produktionsschwerpunkt des Betriebes. Bei Marktfruchtbetrieben macht der Anteil der Marktfrüchte am Gesamtstandarddeckungsbeitrag des Betriebes gleich oder mehr als 50 % aus. Aufgrund des hohen Anteils an Marktfruchtbetrieben entspricht die Betriebsstruktur aller Betriebe und der Anteil und die Fläche der Biobetriebe weitgehend der Struktur der Gesamtbetriebe in den Jahren 2003, 2006 und 2009. Auffällig ist, dass die Durchschnittsgröße der biologischen Betriebe in allen Jahren über der Durchschnittsgröße der konventionellen Betriebe liegt (Tabelle 3.2-2).

Tabelle 3.2-2: Struktur und Entwicklung der Marktfruchtbetriebe im Marchfeld in den Jahren 2003, 2006 und 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2003, 2006 und 2009)

| Parameter | Jahr 2003 | | | Jahr 2006 | | | Jahr 2009 | | |
|---------------------------------------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | BIO | KONV | GES | BIO | KONV | GES | BIO | KONV | GES |
| Betriebe (Anzahl) | 60 | 984 | 1044 | 65 | 901 | 966 | 85 | 784 | 869 |
| Landw. Nutzfläche (ha) | 3983 | 51851 | 55834 | 4459 | 51257 | 55716 | 6460 | 46637 | 53097 |
| Betriebsgröße Mittelwert (ha) | 66.4 | 52.7 | 53.5 | 68.6 | 56.9 | 57.7 | 76.0 | 59.6 | 61.2 |
| Betriebsgröße Median (ha) | 53.7 | 43.4 | 44.0 | 53.0 | 45.8 | 46.4 | 60.5 | 47.6 | 47.9 |
| Betriebe (Anzahl %) | 5.8 | 94.2 | 100 | 6.7 | 93.3 | 100 | 9.8 | 90.2 | 100 |
| Betriebe (% jeweils von Bio/Konv/Ges) | 85.7 | 90.6 | 90.3 | 84.4 | 90.5 | 90.0 | 92.4 | 92.8 | 92.7 |
| Fläche in % | 7.1 | 92.9 | 100 | 8.0 | 92 | 100 | 12.2 | 87.8 | 100 |
| Fläche (% jeweils von Bio/Konv/Ges) | 95.7 | 97.1 | 97.0 | 93.8 | 97.1 | 96.8 | 97.4 | 97.1 | 97.2 |

In der Tabelle 3.2-3 ist die Kulturartenverteilung des Biobetriebs Rutzendorf im Jahr 2009 der Kulturartenverteilung der gesamten Biobetriebe und konventionellen Betriebe im Marchfeld in diesem Jahr gegenübergestellt. Sowohl bei den biologischen als auch bei den konventionellen Betrieben stellt Brotgetreide die wichtigste Kulturart dar. Im Jahr 2009 stand auf 32,2 % der Fläche der Biobetriebe Brotgetreide, der Anteil an Brotgetreide lag bei den konventionellen Betrieben bei 44,1 %. Am Biobetrieb Rutzendorf waren 35,6 % der Ackerfläche mit den Brotgetreidearten Winterweizen und Winterroggen angesät. Die Flächenanteile bei Futtergetreide lagen bei den Biobetrieben und in

Rutzendorf auf ähnlichem Niveau. Bei den konventionellen Betrieben hat Futtergetreide eine etwas geringere Bedeutung.

Sehr geringe Anteile mit jeweils 1 % machen bei den konventionellen Betrieben die Körnerleguminosen- und Feldfutterflächen aus. Für biologische Fruchtfolgen haben Feldfutterflächen, wie z.B. Luzerne und Klee gras, aufgrund ihrer Leistung zur Verbesserung der Bodenstruktur, zur Akkumulation von Humus und Stickstoff und zur Beikrautregulierung eine hohe Bedeutung. Bei den Biobetrieben machen die Feldfutterflächen 11,4 % und die Körnerleguminosenflächen 4 % der Gesamtfläche aus. Am Biobetrieb Rutzendorf liegen die Anteile an Feldfutter (Luzerne) mit 23,8 % und Körnerleguminosen (Erbsen) mit 11,9 % wesentlich höher. Bei den Biobetrieben war auch die Sojabohne mit 3,4 % der Fläche vertreten, konventionelle Betriebe bauten nur auf 0,3 % der Fläche Soja an. Der Anteil an Feldgemüse war bei den biologischen und konventionellen Betrieben mit 10 bis 11 % gleich. Die Hackfrüchte Kartoffel und Zuckerrübe standen in Summe bei den Biobetriebe auf 6,7 % der Fläche. Diese Kulturen haben auf den konventionellen Betrieben mit einem Ausmaß von in Summe 16 % eine größere Bedeutung. Kartoffel, Zuckerrüben und Feldgemüse wurden am Biobetrieb Rutzendorf nicht angebaut. Mit 4,9 % weisen die Biobetriebe und Rutzendorf den gleichen Anteil an Bracheflächen auf. In den Bracheflächen sind auch die Flächen der Nützlings- und Blühstreifen enthalten.

Tabelle 3.2-3: Kulturartenverteilung der biologischen und konventionellen Marktfruchtbetriebe (MFB) im Marchfeld und des Biobetriebs Rutzendorf im Jahr 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2009)

| MFB (N=869) | Bio (N=85) | | Rutzendorf (N=1) | | Konv (N=784) | |
|--------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Kulturarten | Fläche (ha) | Anteil (%) | Fläche (ha) | Anteil (%) | Fläche (ha) | Anteil (%) |
| Brotgetreide | 2082 | 32.2 | 51 | 35.6 | 20579 | 44.1 |
| Futtergetreide: | | | | | | |
| Körnermais | 478 | 7.4 | 17 | 11.9 | 2118 | 4.5 |
| Rest FG | 835 | 12.9 | 17 | 11.9 | 4801 | 10.3 |
| Körnerleguminosen | | | | | | |
| Körnererbse | 170 | 2.6 | 17 | 11.9 | 410 | 0.9 |
| Rest KL | 93 | 1.4 | 0 | 0.0 | 31 | 0.1 |
| Ölfrüchte | | | | | | |
| Soja | 217 | 3.4 | 0 | 0.0 | 158 | 0.3 |
| Rest ÖF | 232 | 3.6 | 0 | 0.0 | 2762 | 5.9 |
| Feldfutter | | | | | | |
| Silomais | 12 | 0.2 | 0 | 0.0 | 196 | 0.4 |
| Rest FF | 736 | 11.4 | 34 | 23.8 | 266 | 0.6 |
| Hackfrüchte | | | | | | |
| Kartoffel | 259 | 4.0 | 0 | 0.0 | 2601 | 5.6 |
| Zuckerrübe | 176 | 2.7 | 0 | 0.0 | 4865 | 10.4 |
| Feldgemüse | 709 | 11.0 | 0 | 0.0 | 4864 | 10.4 |
| Brachefläche | 317 | 4.9 | 7 | 4.9 | 1547 | 3.3 |
| Summe | 6316 | 97.7 | 143 | 100 | 45198 | 96.8 |

Bei den Biobetrieben wurde im Jahr 2009 71,8 % der biologisch bewirtschafteten Fläche nach den Vorgaben der ÖPUL-Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise (BIO)“ bewirtschaftet (Tabelle 3.2-4). Mit 12 % der Fläche der Biobetriebe wurde an der Maßnahme „Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen (UBAG)“ teilgenommen. Bei den konventionellen Betrieben lag der Flächenanteil der Maßnahme UBAG bei 94,7 %. Die Flächenanteile der Maßnahmen „Begrünung von Ackerflächen“ und „Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz“ liegen sowohl bei den Biobetrieben als auch bei den

konventionellen Betrieben auf weitgehend gleichem Niveau. Eine Begrünung erfolgte auf jeweils 34 % der Ackerflächen. Eine Mulch- und Direktsaat wurde auf 8,3 % der Biofläche und 16,3 % der konventionellen Fläche durchgeführt.

Tabelle 3.2-4: Teilnahme an ausgewählten ÖPUL-Maßnahmen der biologischen und konventionellen Marktfruchtbetriebe im Marchfeld im Jahr 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2009)

| ÖPUL- Maßnahmen Marktfruchtbetriebe | | Bio | | Konv | |
|-------------------------------------|---|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Summe (Betriebsfläche/Anteil) | | Fläche (ha) 6460 | Anteil (%) 100,0 | Fläche (ha) 46637 | Anteil (%) 100,0 |
| O4BIO | Biologische Wirtschaftsweise | 4639 | 71.8 | - | - |
| O4UBAG | Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen | 776 | 12.0 | 44149 | 94.7 |
| O4VERZFU | Verzicht auf Fungizide auf Getreideflächen | - | - | 9959 | 21.4 |
| O4UBHEGAS | Umweltgerechte Bewirtschaftung von Heil- und Gewürzpflanzen, Alternativen und Saatgutvermehrung | - | - | 250 | 0.5 |
| O4IPERDAEP | Integrierte Produktion Erdäpfel | - | - | 2463 | 5.3 |
| O4IPGEMUJES | Integrierte Produktion Gemüse | - | - | 5299 | 11.4 |
| O4IPRUEBEN | Integrierte Produktion Rüben | 102 | 1.6 | 4595 | 9.9 |
| O4MULCH | Mulch- und Direktsaat | 535 | 8.3 | 7592 | 16.3 |
| O4BEGRUEN | Begrünung von Ackerflächen | 2196 | 34.0 | 15914 | 34.1 |
| O4GW | Vorbeugender Boden- und Gewässerschutz | 2999 | 46.4 | 19314 | 41.4 |
| O4SELTK | Seltene landwirtschaftliche Kulturpflanzen | 116 | 1.8 | 199 | 0.4 |

3.3 GESAMTKONZEPT LANGZEITMONITORING MUBIL

Das Projekt MUBIL verfolgt einen integrativen und systemischen Forschungsansatz, der eine Vielzahl an Wechselwirkungen einer Landnutzung mit einbezieht. Das Ziel ist eine hohe Aussagequantität und -qualität über die Bedeutung der biologischen Landwirtschaft zu erreichen. Neben der Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln werden andere Funktionen der Landwirtschaft, wie die Erhaltung und Steigerung der Artenvielfalt oder ihr Beitrag zum Schutz der natürlichen Ressourcen Boden und Wasser, berücksichtigt.

Das Projekt ist in verschiedene Teilprojekte gegliedert, welche in Abhängigkeit ihrer Forschungsfrage auf unterschiedlichen Erhebungsflächen und Untersuchungsebenen am Betrieb arbeiten (Tabelle 3.3-1).

Auswirkungen von spezifischen Abstufungen im Anbausystem (Düngungssystemen) innerhalb einer einheitlichen Fruchtfolge und Bodenbearbeitung, unterschiedlichen Bodenbonitäten, dem Vergleich mit einer konventionell bewirtschafteten Referenzfläche sowie dem Zeitfaktor (Dauer der Biologischen Wirtschaftsweise), sind in der Versuchsanordnung berücksichtigt. Die konventionelle Referenzfläche dient vor allem der Einschätzung und der Kontrolle der Veränderungen mit zunehmender Dauer biologischer Bewirtschaftung bei gleichem Untersuchungsbeginn bei beiden Bewirtschaftungsformen.

In 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 (DV3: Abfuhr von Luzerne und Stroh, statt dessen Zufuhr von Rindermist) verglichen. Der Beitrag der biologischen

Bewirtschaftung und nicht bewirtschafteter Biotopstrukturen (wie Nützlings- und Blühstreifen und Hecken und Baumreihen) zur Förderung der Artenvielfalt und Stabilisierung des Agrarökosystems wird erhoben.

Tabelle 3.3-1: Übersicht über die Erhebungsflächen

| Ort der Probenahme | Auswahlkriterien | Anzahl/Code | Untersuchungen |
|--|--|---|---|
| Kleinparzellenversuch (KPV) 12 PDF, 3 DV, 4 WH | 7 Schläge mit mittlerer Bodenbonität | 7 KPV/ S2M-S8M | Pflanzen (Boden) |
| Kleinparzellenversuch (KPV) 16 PDF und 16 BDF 3 DV bzw. 4 DV, 4 WH | 1 Schlag mit mittlerer Bodenbonität | 1 KPV/ S1M | Pflanzen Boden Wasser |
| Kleinparzelle (KP) 1 PDF und 1 BDF (Referenzfläche bio., 1 DV) | 1 Schlag mit geringer Bodenbonität | 1 KP/ S1G | Pflanzen Boden Wasser |
| Kleinparzelle (KP) 1 PDF und 1 BDF (Referenzfläche konv.) | 1 konv. bewirtschafteter Schlag mit mittlerer Bodenbonität | 1 KP/ SK | Pflanzen Boden Wasser Nützlinge |
| Transecte Aufnahmestrecken direkt in Landschaftselementen und in angrenzenden Ackerflächen in bestimmten Entfernungen dazu | 1 Baumreihe mit Ökostreifen; 4 Schläge mit mittlerer Bodenbonität; 1 Hecke mit Ökostreifen, 2 Schläge mit geringer Bodenbonität | 1 Transekt Nord/ TN1-TN9 1 Transekt Süd/ TS1-TS8 TS11-TS16 | Pflanzen Wasser Nützlinge Kleinklima |
| Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) | Entlang von Hecken und Baumreihen und zwischen Ackerschlägen | 12 Ökostreifen/ Ö1-W WK, ... | Bodentiere Nützlinge Wildbienen Avifauna Vegetation |
| Landschaftselemente (Biotopstrukturen) | Hecken, Baumreihen, Säume, Raine, Bracheflächen | 7 Hecken/ H1-H7 6 Baumreihen/ B1-B6 | Bodentiere Nützlinge Avifauna Vegetation |
| Düngestreifen | 8 Schläge | 3 Düngestreifen/ S1-0-DV1, ... | Pflanzen |
| Ackerflächen Gesamtbetrieb | 8 Schläge (3 Schläge davon bestehen aus jeweils 2 Teilschlägen) | 8 Schläge/ S1-S8 | Pflanzen Avifauna |

Erläuterungen und Abkürzungsverzeichnis:

KPV: Kleinparzellenversuch, 1 KPV entspricht einem Versuch mit drei bzw. 4 Düngungsvarianten und vier Wiederholungen = 12 bzw. 16 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.

Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen): neu angelegte 6 m breite Brachestreifen in Ackerflächen.

Ö1-W WK = Ökostreifen Schlag 1, W...Westseite vom Schlag, WK...Wildkrautmischung, usw.

Düngestreifen: S1-0-DV1 = Schlag 1, Düngungsvariante 1, ...

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 (Tabelle 3.3-2).

- **Düngungsvariante 1 (DV1) „Gründüngung“:** Auf eine externe Nährstoffzufuhr wird verzichtet. Die Flächen werden nur mit organischer Substanz aus der Gründüngung (= Luzernemulch) versorgt.
- **Düngungsvariante 2 (DV2) „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 Zielfruchtfolge, welche mit zwei Kompostgaben je Schlag innerhalb einer Fruchtfolgerotation ausgeglichen werden sollen, wobei die maximal erlaubten Ausbringungsmengen (N-Obergrenzen) berücksichtigt werden.
- **Düngungsvariante 3 (DV3) „Futternutzung + Stallmist“:** Weitgehend geschlossene Betriebskreisläufe werden simuliert. Dazu wird organischer Dünger aus Tierbeständen in das Betriebssystem eingebracht. Die zweijährige Luzerne der Zielfruchtfolge 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 (Rottemist) wird jährlich auf zwei Parzellenversuche aufgeteilt.
- **Düngungsvariante 4 (DV4) „Futternutzung + Pflanzliche Biogasgülle“:** Diese Düngungsvariante wird nur in einem Kleinparzellenversuch (S1M, ab 2008) umgesetzt. Hintergrund dieser Variante ist entsprechend der DV3 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 DV3 „Stallmist“ orientiert. Dem Entzug äquivalente Mengen der Biogasgülle werden als Dünger auf die Flächen zurückgebracht.

Tabelle 3.3-2: Übersicht Unterscheidung Düngungsvarianten

| Düngungsvariante (DV) | Luzernenutzung | Strohnutzung | Org. Düngung | Zwischenfrüchte |
|-----------------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|
| DV1 | Gründüngung | Düngung | keine | Gründüngung |
| DV2 | Gründüngung | Düngung | Biotonnekompost | Gründüngung |
| DV3 | Futternutzung* | Abfuhr | Stallmist | Gründüngung |
| DV4 | Futternutzung* | Düngung | Biogasgülle | Gründüngung |

*Schnitt und Abfuhr der Luzerne

Bis in das Erntejahr 2009 waren vier Kleinparzellenversuche einmal und vier Kleinparzellenversuche bereits zweimal mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt. Die mit Biotonnekompost und Stallmist ausgebrachten Nährstoffe Stickstoff und Phosphor und die Menge an organischer Substanz liegen im Mittel auf einem ähnlichen Niveau (Tabelle 3.3-3). Mit Stallmist wurde hingegen mehr als das 2,8-fache an Kalium gegenüber dem Biotonnekompost ausgebracht. 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 DV3 wurde im Mittel der Jahre 2004 bis 2009 je Luzerneschlag 83 dt/ha oberirdische Biomasse zur Futternutzung mit 281 kg N und 3744 kg C vom Feld abgefahren. Ungefähr diese Mengen blieben bei den DV1 und DV2 im Mittel als Luzernegründung am Feld. Bei der DV4 erfolgte erst eine Düngung in einem Versuch, die Aufwandmengen und Nährstoffgehalte dieser Düngungsvariante sind daher nicht angegeben.

Tabelle 3.3-3: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) - Mittelwerte aus 12 Düngungen

| | | Aufwandmengen (FM) | Gesamtsickstoff (N) | Gesamphosphor (P) | Gesamkalium (K) | Organische Substanz | Gesamtkohlenstoff (C) | C/N Verhältnis |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Düngung für Erntejahre | Düngungsvariante (DV) | dt/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha | kg/ha | |
| 2004 - 2009 | DV2: Biotonnekompost | 194 | 170 | 34 | 118 | 5046 | 2927 | 17 |
| 2004 - 2009 | DV3: Stallmist | 185 | 164 | 40 | 338 | 4704 | 2466 | 14 |

4 SYNTHESE DER ERGEBNISSE DES EVALUIERUNGSPROJEKTS

Der Biobetrieb Rutzendorf wird von der BVW GmbH nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrieben. Im Rahmen des Projekts MUBIL werden die Betriebsentwicklung wissenschaftlich begleitet und verschiedene Forschungsfragen auf den Betriebsflächen umgesetzt. Diese Anbindung an einen landwirtschaftlichen Praxisbetrieb ermöglicht vielseitige und praxisnahe Untersuchungsansätze. Ein zentrales Ziel des Forschungsprojekts ist die Weiterentwicklung der biologischen Landwirtschaft als nachhaltige und Ressourcen schonende Landbaumethode und agrarökologischer Nutzungen in einer landwirtschaftlich überwiegend intensiv genutzten Region. Für die Überprüfung und Verbesserung des Systems biologische Landwirtschaft ist eine Langzeituntersuchung dabei die am besten geeignete Methode.

Grundlage der biologischen Bewirtschaftung ist eine entsprechende Fruchtfolgegestaltung. Mit der am Biobetrieb Rutzendorf umgesetzten Fruchtfolge soll eine nachhaltige Ertragsfähigkeit gewährleistet werden. Wichtiger Bestandteil dabei ist der Anbau der Futterleguminose Luzerne. Die Marktfrüchte wurden mit den Vorstellungen der Betriebsleitung und auf die arbeitswirtschaftlichen Voraussetzungen des Betriebes abgestimmt. Die Kulturartenverteilung, vor allem bezüglich des Anteils an Futterleguminosen, Hackfrüchten und Feldgemüse, weicht daher vom Durchschnittsbetrieb in der Region Marchfeld ab. Die Ausstattung mit den Landschaftselementen Hecken und Baumreihen liegt höher als auf den Flächen in der Umgebung des Betriebes. Zusätzlich wurden seit dem Jahr 2003 Nützlings- und Blühstreifen mit naturschutzoptimierten Blühmischungen als sechs Meter breite Brachestreifen im Ausmaß von 2,64 % der Ackerflächen angelegt. Der Biobetrieb Rutzendorf ist daher ein spezieller Betrieb, der hinsichtlich der nachhaltigen Bewirtschaftung und seiner agrarökologischen Situation gute Voraussetzungen aufweist.

Die Untersuchung liefert wertvolle Ergebnisse für die Bewertung der Wirkung der Agrarumweltmaßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“, sowie des Nutzens von Nützlings- und Blühstreifen und von Landschaftselementen im ÖPUL 2007. Darüber hinaus werden Potentiale und Überlegungen aufgezeigt, um die bestehenden Maßnahmen weiter aufzubauen und zu verbessern. Es werden Hinweise in Richtung einer zukünftigen Umsetzung einer hinsichtlich Nachhaltigkeit, Bodenqualität, Biodiversität und Klima optimierten landwirtschaftlichen Nutzungsform gegeben.

4.1 BIOLOGISCHE WIRTSCHAFTSWEISE

4.1.1 Beitrag zum Erhalt oder zur Förderung der Artenvielfalt

Ackerwildkräuter (Beikräuter)

Die Ackerwildkräuter am Biobetrieb Rutzendorf werden seit dem Jahr 2003 sowohl in der oberflächlichen Vegetation als auch in der Diasporenbank im Boden erhoben. Seit der Bewirtschaftungsumstellung ist auf den biologischen Ackerflächen eine Diversitätssteigerung über die Jahre erkennbar. Diese war in den ersten Jahren sehr gering und unregelmäßig und wurde erst ab 2007 deutlich bestätigt. Im Jahr 2003 wurden insgesamt 35 Ackerwildkräuterarten notiert. Diese Zahl stieg nach unregelmäßigem Wachstum auf 80 im Jahr 2010 an, wobei angenommen wird, dass diese hohe Artenzahl auch auf die extremen Witterungsbedingungen dieses Jahres zurückzuführen ist. Im Zeitraum 2003 bis 2010 wurden in der aktuellen Vegetation und in der Diasporenbank insgesamt 152 Arten identifiziert. Gegenüber der konventionellen Referenzfläche ist die Anzahl der Ackerwildkrautarten am Biobetrieb deutlich erhöht.

Die Diasporenmengen korrelieren in ihrer Menge mit der Oberflächenvegetation und beide hängen wiederum stark von der angebauten Kulturfrucht ab. Unter Luzerne und Erbse konnten die meisten Arten und die höchsten Beikrautdeckungswerte gefunden werden. In den Folgejahren gehen die oberflächlichen Artenzahlen, die Zahl der Diasporen und die Deckungswerte jedoch wieder zurück. Ein negativer Einfluss

des kurzfristig erhöhten Beikrautfaufkommens auf die weitere Bewirtschaftung ist daher nicht gegeben. Die Düngungsvarianten differieren bisher nicht im Aufkommen der Ackerwildkräuter.

Trotz der Steigerung der Artenzahlen und punktuell der Diasporenmengen im Untersuchungszeitraum sind die Zahlen der Beikrautarten und der Diasporen am Betrieb als relativ niedrig einzustufen. Gründe dafür sind die Nutzungs-Vorgeschichte des Betriebes und die intensivere nicht biologische Bewirtschaftung in der Umgebung des Betriebes. Somit ist das Beikrautartenpotential am Standort relativ gering, und die Zufuhr von Samen von außen unverzichtbar für eine erhöhte Biodiversität. Das Arteninventar auf den Flächen des Biobetriebs Rutzendorf ist relativ ähnlich zu jenem der Umgebung (in einem Radius von 4 km um den Betrieb), wodurch auch kein deutlich verändernder Einfluss der Vegetation der nahen Umgebung (etwa durch Einfliegen neuer Arten) auf die Ackerwildkrautflora innerhalb der Versuchsflächen angenommen werden kann.

Bodentiere

Bei den Bodentieren wurden die Tiergruppen der Oribatiden (Hornmilben), Gamasinen (Raubmilben) und Collembolen (Springschwänze) als Vertreter der Mesofauna (< 2 mm Größe) untersucht. Über die Jahre 2003 bis 2008 gilt für alle drei Tiergruppen, dass die Biodiversität in der biologischen Ackerflächen generell geringer ist als in den Hecken und den Nützlings- und Blühstreifen am Betrieb, aber höher als in der konventionell bewirtschafteten Referenzfläche. Die edaphische Fauna entwickelt sich durch Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise zwar stetig, aber langsam und nicht unbedingt linear weiter.

Die Artenzahl der Gamasinen und Collembolen stieg generell beständig an. Bei der Individuendichte dieser Tiergruppen kam es erst ab etwa dem Jahr 2006 zu einer sprunghaften Zunahme auf den biologischen Ackerflächen. Für eine genaue Beurteilung dieser Dynamik sind weitere Monitoringjahre (in weiter wechselnder Fruchtfolge) abzuwarten. Drei Möglichkeiten erscheinen plausibel, die einander allerdings nicht unbedingt ausschließen:

Die Bewirtschaftungsumstellung beginnt durch bessere Lebensbedingungen für die Bodentiere langsam zu greifen, der ungewöhnlich milde Winter 2006/07 hat die Entwicklung einiger sehr potenter Arten begünstigt oder die Fruchtfolge hat den starken Anstieg bewirkt. Auf den beiden für die Bodentiere untersuchten Schlägen wurde 2005-06 bzw. 2007-08 Luzerne gebaut. Das hat für die edaphischen Tiere ein langes Ausbleiben von Störungen bedeutet, da in dieser Zeit keine Bodenbearbeitung, vor allem Pflügen, durchgeführt wurde. Pflügen hat von allen landwirtschaftlichen Maßnahmen den größten Einfluss auf Bodentiere.

Im Unterschied zu Collembolen und Gamasinen haben sich die Werte der Oribatiden im Untersuchungszeitraum nicht verändert, es gibt keinen messbaren Effekt der Umstellungsmaßnahmen auf diese Bodentiergruppe. Die untersuchten biologischen Düngungsvarianten zeigten bei allen Tiergruppen eine gleiche Entwicklung und unterscheiden sich bisher nicht voneinander.

Brutvögel

Die Artenzusammensetzung und Siedlungsdichte der Brutvögel von Agrarflächen werden vor allem durch die Größe und Strukturvielfalt der Bewirtschaftungsflächen (z.B. relative Randlinienlänge, Anzahl verschiedener Feldfrüchte), die Art der Feldkultur sowie die Art und Weise ihrer Bewirtschaftung und durch die Landschaftsstruktur (z.B. Anteil und Verteilung von Gehölzen und anderen nicht ackerbaulich genutzten Flächen) bestimmt. In den letzten Jahrzehnten kam es in Europa inklusive Österreich zu rückläufigen Beständen von auf Ackerflächen lebenden Vogelarten aufgrund ungünstiger Änderungen dieser bestimmenden Faktoren.

Im gesamten Projektgebiet Rutzendorf (Gesamtbetriebsflächen inkl. Blühstreifen und Gehölzstrukturen) zeigte die Brutvogelfauna gegenüber dem Projektbeginn im Jahre 2003 eine deutliche Zunahme der

Artenzahl und Siedlungsdichte. Die Höchstwerte wurden im Jahre 2008 mit 20 Brutvogelarten (+ 122 %) und 149 Brutrevieren (+ 55 %) erreicht.

Die Feldlerche, eine Charakterart von Ackerlebensräumen, ist der häufigste Brutvogel im Projektgebiet. Ihre Siedlungsdichte war im Zeitraum von 2006 bis 2008 deutlich höher als in den Jahren 2003 und 2005. Als besonders bedeutend für charakteristische Bodenbrüter der Agrarlandschaft, wie Feldlerche und Wachtel, erwies sich das Vorhandensein von Luzerne in der Fruchtfolge. Luzerneflächen wiesen die höchsten Siedlungsdichten aller Kulturen auf, daneben wurden auch Sommergerstenflächen überdurchschnittlich genutzt. Auf konventionellen Ackerflächen werden Bodenbrüter vor allem durch den Biozideinsatz beeinträchtigt. Die auf biologisch bewirtschafteten Flächen bestehenden Vorteile der Biozidfreiheit werden allerdings im Fall bodenbrütender Vogelarten durch die mechanische Bestandespflege (wie Striegeln des Getreides oder Häckseln der Luzerne) deutlich gemindert. Andererseits weist biologisch bewirtschaftetes Getreide gegenüber konventionellem Getreide durch die geringere Bestandesdichte eine für bodenlebende Vogelarten günstigere Vegetationsstruktur auf. Dies zeigt sich im Projektgebiet im Fall der Feldlerche durch hohe Siedlungsdichten.

4.1.2 Beitrag zum Erhalt oder zur Verbesserung der Bodenqualität

Für die Bewertung der Bodengesundheit und Bodenqualität ist die Fähigkeit eines Bodens, die Nährstoff- und Energiekreisläufe aufrecht zu erhalten sowie seine Kapazität, sich von Störungen zu erholen, entscheidend (Doran und Parkin, 1994). Eine gute Bodenqualität ergibt sich durch ein optimales Zusammenwirken verschiedenster physikalischer, chemischer und biologischer Bodeneigenschaften.

Bodenwasserhaushalt und bodenphysikalische Werte

Seit dem Jahr 2003 werden am Biobetrieb Rutzendorf die Auswirkungen der Umstellung von konventionellem auf biologischen Landbau auf maßgebliche bodenphysikalische Parameter und den Bodenwasserhaushalt untersucht. Die Erhebungen erfolgen auf Bodendauerbeobachtungsflächen mit mittlerer (mit unterschiedlichen Düngungsvarianten) und geringer Bodenbonität sowie einer konventionell bewirtschafteten Referenzfläche mit mittlerer Bodenbonität.

Bei biologischer Bewirtschaftung erhöhte sich im Bereich bis 25 cm Bodentiefe der Porenanteil nach sechs Jahren sowohl bei mittlerer als auch bei geringer Bodenbonität um 6 %, bei konventioneller Bearbeitung nur um 3 %. Verantwortlich für die Zunahme des Porenanteils bei biologischer Bewirtschaftung ist vor allem die Fruchtfolge mit vorwiegend dicht wurzelnden Kulturen (wie z.B. Luzerne). Nur bei der Biofläche mit mittlerer Bonität kam es in der obersten Bodenschicht zu einer Steigerung der pflanzennutzbaren Kapazität des Bodens um 7 %. Mit einem höheren Porenanteil, einer hohen Wasserdurchlässigkeit und einer geringen Trockendichte kann beim Auftreten von Starkregenereignissen mehr Wasser in den Boden infiltrieren und es fließt weniger oberflächlich ab. Eine höhere pflanzennutzbare Kapazität bedeutet, dass den Pflanzen mehr und vor allem länger Wasser zur Biomasseproduktion zur Verfügung steht.

Die bodenphysikalischen Kennwerte wie Trockendichte, Wasserdurchlässigkeit und Aggregatstabilität werden von der angebauten Kultur, der Jahreszeit und der Bodenbearbeitung beeinflusst. Eine dichte und zeitlich längere Bepflanzung wie etwa bei Luzerne und Winterweizen wirkt sich günstig auf diese Parameter aus. Zwischen den biologischen Parzellen und der konventionell bewirtschafteten Referenzparzelle ist kein signifikanter Unterschied in der Trockendichte und im Wasserdurchlässigkeitsbeiwert feststellbar, die Werte liegen in einem für das Pflanzenwachstum günstigen Bereich. Die biologisch bewirtschafteten Flächen wiesen in allen Untersuchungsjahren höhere Aggregatstabilitätswerte als die konventionelle Parzelle auf, wodurch die Erosionsgefährdung und die Verschlammungsneigung vermindert wird.

Zwischen den Düngungsvarianten wurden bisher noch keine Unterschiede bezüglich Bodenwasserspeicherfähigkeit und den untersuchten bodenphysikalischen Kennwerten festgestellt.

Bodentiere

Die Bodenfauna beeinflusst unterschiedliche Bodenprozesse und hat daher Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. Die bisher beobachtete Steigerung der Artenvielfalt und Individuendichte der untersuchten Bodentiere auf den Bioflächen leistet einen Beitrag zum Erhalt und zur Verbesserung der Bodenqualität. Für gesicherte Aussagen dazu ist jedoch die weitere Entwicklung der Bodenfauna am Betrieb abzuwarten.

Humus- und Nährstoffhaushalt

Die Humus- und Nährstoffbilanzen des Betriebes wurden für die Jahre 2005 bis 2009 berechnet. Die Jahre 2003 und 2004 wurden ausgeschieden, da zu Beginn der Umstellung in den Jahren 2003 und 2004 der Luzerneanteil erhöht war. In diesem Zeitraum von fünf Jahren betrug der Leguminosenanteil 25 % Luzerne und 10 % Erbsen an der Fruchtfolge, Zwischenfrüchte wurden jährlich im Mittel auf 35 % der Ackerfläche angesät.

Die Bilanzierung erfolgte für drei Düngungsvarianten (DV). Bei der DV 1, die allen Varianten zugrunde liegt, wird dem Boden über die Luzerne im Hauptfruchtanbau und Zwischenfrüchte, Stickstoff und Kohlenstoff zugeführt. In der DV 2 wird ein teilweiser Kreislauf über die zusätzliche Zufuhr von Biotonnekompost und in der DV 3 der Kreislauf eines tierhaltenden Betriebs (Luzernefutter- und Strohexport, Stallmistimport) untersucht. Für die DV 1 und DV 3 wurden positive Humusbilanz- und Stickstoff-Bilanzsalden ermittelt, die im optimalen Nachhaltigkeitsbereich liegen. "Optimal" ist definiert über Ertragsicherheit, Stickstoffverlustrisiko und Einstellung eines standortangepassten Humusgehaltes. Bei der DV 2 ergab die Berechnung aufgrund der zusätzlichen Zufuhr von Stickstoff und Kohlenstoff über den Biotonnekompost vor allem beim Humussaldo sehr hohe Bilanzwerte. Das Stickstoffverlustrisiko wird jedoch als gering eingeschätzt, da der Stickstoff im Kompost zum überwiegenden Teil organisch gebunden ist und nur langsam mineralisiert wird. Bei Phosphor und Kalium erzielte die DV 2 aufgrund der Zufuhr dieser Nährstoffe über den Kompost einen leicht negativen Phosphor-Saldo (-2 kg P ha^{-1}) und einen positiven Kalium-Saldo (14 kg K ha^{-1}). Bei der DV 1 und DV 3 liegt der Phosphor-Saldo mit -10 bzw. -8 kg P ha^{-1} im tolerierbaren Bereich und der Kalium-Saldo mit -15 kg K ha^{-1} und 7 kg K ha^{-1} im optimalen Bereich.

Untersuchungen zu den pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalten im Boden weisen ausreichende Gehalte auf. Die negativen P-Salden bei der DV 1 und DV 3 zeigen noch keinen Einfluss, die pflanzenverfügbaren P-Gehalte haben sich bisher nicht verändert. Aufgrund hoher Gehalte an Gesamtphosphor und organisch gebundenem Phosphor ist auch mittelfristig eine nachhaltige Phosphornachlieferung aus den Bodenvorräten zu erwarten.

Auf Basis der Daten des Biobetriebes wurden Bilanzsalden für einen Standard (Zielfruchtfolge des Biobetriebes mit 25 % Luzerneanteil) für die DV 1 bis DV 3 berechnet. Ausgehend von dieser Standardvariante wurde der Anteil und das Ertragsniveau der Zwischenfrüchte, die Abfuhr der Luzerne (nur DV 1 und DV 2) und verschiedene Kulturen in der Fruchtfolge (Anteile an Luzerne, Hackfrüchte und Getreide) geändert und der Einfluss auf den Nährstoff- und Humushaushalt ermittelt. In Abhängigkeit ihres Anteils und ihrer Bestandesentwicklung können Zwischenfrüchte einen entsprechenden Beitrag zum Humusaufbau leisten. Als Ergebnisse für die DV 1 wurden bei 37 % Zwischenfruchtanteil mit 30 dt/ha Biomasseertrag ein Anteil des Zwischenfruchtanbaus von ca. 23 % an der gesamten Humuszufuhr errechnet. Die Abfuhr von 90 % der Luzernebiomasse (eine simulierte Variante für Betriebe die ohne Vieh wirtschaften und Luzerne verkaufen und auch nicht Stallmist von anderen Betrieben zukaufen) führt bei der DV 1 aufgrund des hohen N-Gehalts im Luzerneaufwuchs zu einem knapp negativen Stickstoff-Saldo und geringerer Humusversorgung (aber noch im optimalen Bereich). Bei der DV 1 ergibt die Reduktion des Luzerneanteils (von 25 % auf 12,5 %) bei den gegebenen Standort- und

Ertragsbedingungen vor allem aufgrund des geringeren C-Inputs einen negativen Humussaldo (außerhalb des Optimalbereichs) mit geringerem Humusversorgungsgrad.

4.1.3 Beitrag zur Abschwächung des Klimawandel und seiner Auswirkungen

Bodenwasserhaushalt

Mit dem Klimawandel sind längere Trockenperioden, eine höhere potentielle Verdunstung und ein häufigeres Auftreten von Starkniederschlägen zu erwarten. Wichtig ist daher, dass hohe Regenmengen schnell vom Boden aufgenommen werden können und das Wasser in größeren Mengen und länger im Boden gespeichert werden kann. Nach sechs Jahren biologischer Bewirtschaftung konnten die dafür wichtigen Bodeneigenschaften, wie der Porenanteil und die nutzbare Kapazität, verbessert werden (siehe Punkt 4.1.2).

Treibhausgasemissionen

Die mit dem Einsatz fossiler Energie verbundenen CO₂-Emissionen, die C-Speicherung bzw. -Freisetzung im Humus und die standort- und nutzungsbedingten N₂O-Emissionen bestimmen das Treibhausgaspotential der pflanzenbaulichen Bewirtschaftung. Die geprüften Düngungsvarianten am Biobetrieb Rutzendorf weisen einen geringen Energieinput (< 10 GJ ha⁻¹) und ein optimales Verhältnis (definiert über die berechnete Energieintensität) zwischen eingesetzter fossiler Energie und erzieltm Ertrag auf. Bei allen Varianten (DV1 - DV3) kommt es zu einer Bindung von C aus der Atmosphäre im Boden, neben dem Energieeinsatz der zentrale Punkt zur Minderung der CO₂-Emissionen. Das flächenbezogene Treibhausgaspotential ist daher gering und liegt zwischen 492 kg CO₂ eq ha⁻¹ (DV 2) und 1345 kg CO₂ eq ha⁻¹ (DV 3). Diese Werte befinden sich im Bereich von Betrieben mit vergleichbarem Energie-Input. Das mittlere flächenbezogene Treibhausgaspotential von vor allem konventionellen Betrieben mit hoher Energieintensität (> 10 GJ ha⁻¹) liegt dagegen mit 2394 kg CO₂ eq ha⁻¹ deutlich höher (Quelle: Schmid 2010, unveröffentlicht). Der niedrige Wert bei der DV 2 ist auf die Kompostdüngung zurückzuführen. Die zusätzliche Zufuhr an organischer Substanz mit hoher Qualität über den Kompost führte zu einer entsprechenden C-Speicherung im Boden und zu einer deutlichen Reduktion des Treibhausgaspotentials. Zu berücksichtigen ist, dass der eingesetzte Kompost vor allem aus konventionellen Quellen stammt und die multifaktoriellen Leistungen des Futterleguminosenanbaus, welche über die C- Bindung weit hinausgehen, nicht ersetzen kann.

Bei den Szenarien zum Zwischenfruchtanbau und zur Luzernenutzung wird über die unterschiedliche Zu- und Abfuhr von Pflanzenbiomasse der Humussaldo und damit das Treibhausgaspotential beeinflusst. Mit einem Zwischenfruchtanteil von 37 % mit 30 dt/ha Biomasseertrag kann das Treibhauspotential (flächenbezogen) im Vergleich zu einem Szenario ohne dem Anbau von Zwischenfrüchten um 22 % reduziert werden. Die Standardvariante der DV 1 erreicht ein flächenbezogenes Treibhauspotential von 1127 kg CO₂ eq ha⁻¹. Bei der Reduktion des Luzerneanteils (von 25 % auf 12,5 %) und zusätzlichem Anbau von Winterweizen fehlt das hohe Potential der Luzerne zur C-Speicherung im Boden was einen Anstieg der Treibhausgas-Emissionen zur Folge hat (auf 1573 kg CO₂ eq ha⁻¹).

4.2 NÜTZLINGS- UND BLÜHSTREIFEN (ÖKOSTREIFEN)

4.2.1 Anlage und Entwicklung

Die Nützlings- und Blühstreifen am Biobetrieb Rutzendorf wurden mit folgenden Zielen angelegt: (1) die Vielfalt der Flora und Fauna zu erhöhen und mit einem verbesserten Blütenangebot Nützlinge zu fördern, (2) seltene Pflanzen und Lebensräume zu fördern und (3) die Flächen des Betriebes landschaftlich und optisch aufzuwerten.

Die Blühstreifen wurden in Teilabschnitten mit unterschiedlichen Samenmischungen von autochthonen (einheimischen) Wildpflanzenarten eingesät (teilweise auch mit Kulturpflanzen ergänzt), große Abschnitte blieben der natürlichen Sukzession überlassen (Nullvarianten).

Die Entwicklung der 2003 angelegten Streifen zeigt, dass die Ansaaten trotz stellenweiser Startprobleme 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. Die Nullvarianten blieben hingegen artenarm. Hier breiteten sich stattdessen vor allem Quecke und Trespens-Arten, die aus den Windschutzstreifen stammen, aus und zu Unkräutern werden können. Zur Steigerung der Biodiversität empfiehlt sich daher in ausgeräumten, strukturarmen Agrarlandschaften die aktive Einsaat der Blühstreifen mit Wildpflanzen. Bei den jüngeren 2007 angelegten Blühstreifen dominiert derzeit die zweite Besiedlungswelle mit überwinternd-einjährigen und zweijährigen Arten.

Ein nennenswerter Unkrautdruck auf die angrenzenden Äcker konnte nicht festgestellt werden. Dies gilt besonders für diejenigen Flächen, welche mit mehrjährigen hochwüchsigen und konkurrenzstarken Wildkrautarten besät wurden, sowie für die Trockenrasen- und Wiesenbestände. Eine Ausnahme bildet diesbezüglich anscheinend die Ackerdistel (*Cirsium arvense*), die auf mehreren Stellen vor allem im Jahr 2010 zugenommen hat. Mögliche Gründe dafür sind die günstige Witterung 2010, ein vermehrtes Austreiben nach dem Häckseln oder ein Einwandern aus den Ackerflächen.

4.2.2 Beitrag zum Erhalt oder zur Förderung der Artenvielfalt

Wildbienen

Seit dem Jahr 2003 wurden im Untersuchungsgebiet (Biobetrieb Rutzendorf: Aufnahmestrecken vor allem in Blühstreifen, aber auch in Ackerflächen und weiteren Referenzflächen) insgesamt 140 verschiedene Wildbienenarten nachgewiesen, was rund 23 % der in Niederösterreich und Wien bekannten Arten entspricht. Dieser Prozentanteil ist insbesondere für die Lage des Untersuchungsgebietes mitten im agrarisch intensiv genutzten Marchfeld sehr hoch. Bemerkenswert ist auch das Auftreten einiger sehr seltener und anspruchsvoller Wildbienenarten. Die Anlage von Nützlings- und Blühstreifen ist daher für die Wildbienenfauna an diesem Standort förderlich.

Eingesäte, dreijährige, besonnte Nützlings- und Blühstreifen zeigten die höchste Wildbienen Diversität. Sie wiesen aufgrund des Zusammenfallens kurzlebiger und ausdauernder Pflanzenarten ein reichhaltiges Futterpflanzenangebot auf. Auf den älteren Streifen konnten zwar weniger, jedoch in Hinblick auf die Pollenfutterpflanzen als auch auf die Wahl ihres Nisthabitats anspruchsvollere Wildbienenarten festgestellt werden.

Nützlinge

Am Biobetrieb Rutzendorf wurden in den Projektperioden 2003 bis 2005 und 2007 und 2008 (2010 ist im Gange) Laufkäferfänge und Schwebfliegenbeobachtungen durchgeführt. Die meisten Artenzahlen (> 20 spp.) der Laufkäfer am Betrieb wurden dabei in jungen Nützlings- und Blühstreifen (im ersten und zweiten Jahr ihres Bestandes), in Luzernefeldern sowie in einem kurzrasigen Feldrain gefunden. Bei Sichtbeobachtungen wurden vorwiegend Schwebfliegen mit blattlausfressenden Larven angetroffen. Diese waren aufgrund des reichen Blütenangebots in und entlang der Nützlings- und Blühstreifen angereichert. Zu den für die Schwebfliegen attraktivsten Blütenpflanzen in den Blühstreifen gehörten: Gewöhnliche Wegwarte, Leindotter, Rainfarn, Geruchlose Kamille, Färberkamille, Wilde Malve, Kleinblütige Königskerze, und Phacelia.

Bodentiere

Die Erhebung der Entwicklung der Bodentiergruppen Oribatiden (Hornmilben), Gamasinen (Raubmilben) und Collembolen (Springschwänze) wird auf den im Herbst 2003 entlang von Hecken und Baumreihen angelegten Nützlings- und Blühstreifen durchgeführt.

Die Biodiversität der drei Tiergruppen nimmt in den Blühflächen über die Jahre generell zu. Bei den Oribatiden und Gamasinen brechen die Artenzahlen jedoch zwei Jahren nach Beginn des Monitorings nach unten ein und steigen dann teilweise weit über den ursprünglichen Wert hinaus an. Diese Entwicklung ist bei allen drei Tiergruppen auch bei der Individuendichte zu beobachten. Eine Erklärung dafür ist die Veränderung des Artenspektrums, die durch den Wechsel der Nutzung bedingt sein dürfte: Die Vergrasung/Verkrautung der Blühflächen und der dort nicht erfolgte Bodenbruch hat die ursprünglich etablierten störungstoleranten "Ackerarten" verdrängt. Es dauerte einige Jahre, bis diese von störungsempfindlichen Arten der Hecken ersetzt wurden.

Bemerkenswert ist, dass sich die Artenzahl und Artenzusammensetzung der Bodenfauna der Blühflächen schon zu Beginn des Monitorings von denen der Ackerflächen unterschieden hat. Die Hecken hatten also offenbar schon vor der Anlage der Blühflächen nur einen geringfügigen und räumlich kurz reichenden Einfluss auf die Fauna der angrenzenden Ackerfläche. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die „neuen“ Arten aus den Blühflächen in die Ackerfläche migrieren.

Brutvögel

Die am Biobetrieb angelegten Nützlings- und Blühstreifen (Herbst 2003 als gehölzbegleitende Wildkrautstreifen, ab 2007 auch zwischen Ackerschlägen) hatten positive Auswirkungen auf die Brutvogelfauna. Die Dorngrasmücke konnte in der Brutperiode 2003 lediglich außerhalb des Projektgebietes (in der angrenzenden Schottergrube und einer „auf Stock gesetzten“ Baumhecke) nachgewiesen werden, seit 2005 wurden Brutreviere auch im Projektgebiet registriert. Von den seit 2005 insgesamt 20 festgestellten Revieren befanden sich 15 in durch die Anlage begleitender Nützlings- und Blühstreifen aufgewerteten Hecken. Der Brutbestand des Rebhuhns nahm von 2003 auf 2009 deutlich zu. Im Vergleich mit den anderen Ackerbrütern erfolgten die Registrierungen des Rebhuhns vor allem im Randbereich der Ackerflächen bzw. in den im Laufe des Projektes angelegten Nützlings- und Blühstreifen.

4.3 LANDSCHAFTSELEMENTE (HECKEN UND BAUMREIHEN)

4.3.1 Beitrag zum Erhalt oder zur Förderung der Artenvielfalt

Bodentiere

Die Erhebung der Bodentiere am Biobetrieb Rutzendorf hat gezeigt, dass Landschaftselemente wie Hecken eine eigenständige und meist arten- und individuenreichere Bodenfauna aufweisen als die angrenzenden Ackerflächen. Im Detail ist das sehr deutlich bei den Artenzahlen der Oribatiden (Hornmilben) ersichtlich. Bei den Gamasinen (Raubmilben) und Collembolen (Springschwänze) erreichen die Nützlings- und Blühstreifen zumindest in manchen Jahren das Niveau der Hecken. Die Ähnlichkeit der Artengemeinschaften zwischen Hecken und Ackerflächen ist bei den Oribatiden sehr gering, bei den Collembolen und vor allem bei den Gamasinen ist sie größer. Im Gegensatz zu anderen Studien geben die Untersuchungen keine Hinweise darauf, dass Arten in nennenswertem Ausmaß von der Hecke in die Ackerfläche einwandern. Es wird angenommen, dass diese Migrationen auch am Biobetrieb Rutzendorf stattfindet. Aufgrund der noch intensiven Bodenbearbeitung durch Pflügen können sich aber wahrscheinlich nur wenige der einwandernden Arten dauerhaft auf den Ackerflächen festsetzen.

Brutvögel

Die Mehrzahl der in der Ackerlandschaft lebenden Vogelarten ist in hohem Maße von der Ausstattung mit nicht ackerbaulich genutzten Landschaftselementen, wie Gehölzstreifen, abhängig. Von den im Projektgebiet Rutzendorf nachgewiesenen 22 Brutvogelarten sind 15 Arten (68 %) bezüglich ihrer Brut an das Vorhandensein von Gehölzen gebunden. Bei vier weiteren Arten können sie ebenfalls wichtige Habitatelemente darstellen.

Charakterarten von Wäldern nutzen die Gehölze sowohl als Nistplatz als auch als Nahrungsraum. Im Untersuchungszeitraum wurde eine positive Bestandsentwicklung der in den Gehölzstreifen brütenden Vogelarten beobachtet. Zu Projektbeginn im Jahr 2003 siedelte nur die Mönchsgrasmücke als Vertreter dieser Gruppe in den mehrreihigen Baumhecken im Südteil des Biobetriebes. In den Jahren 2005 bis 2009 traten zusätzlich noch Kohlmeise, Dorngrasmücke und Buchfink als regelmäßige Brutvögel und Amsel, Singdrossel und Nachtigall als unregelmäßige Brutvögel auf.

Trotz dieser positiven Entwicklung sind die Hecken und Baumreihen am Betrieb gegenwärtig überwiegend als arten- und individuenarm einzustufen. Eine Ausnahme bildet eine strukturreiche Hecke, die sich durch eine Reihe von Merkmalen, wie z.B. Einbindung alter Landschaftselemente (einzelne Altbäume, breiter vergraster Wegrain), vorgelagerte Einzelsträucher, mehrere Kreuzungspunkte mit anderen Gehölzstreifen, von den übrigen Gehölzstreifen unterscheidet. Eine Aufwertung der Hecken als Lebensraum erfolgte jedoch durch die seit 2003 durchgeführte Anlage von angrenzenden, gehölzbegleitenden Nützlings- und Blühstreifen.

4.3.2 Beitrag zur Minderung negativer klimarelevanter Auswirkungen

Aufgrund des Klimawandels kommt es in Mitteleuropa zu einer weiteren Zunahme der mittleren Temperaturen. Extreme Hitzeperioden und Trockenheiten, aber auch Starkniederschlagsereignisse, werden vor allem in den Sommermonaten häufiger. Mit deutlich erhöhten Wasserverlusten von Pflanzenbeständen über zunehmende Verdunstung ist zu rechnen. Bereits im Untersuchungszeitraum führte Trockenheit in der Vegetationsperiode der Jahre 2005 und 2007 zu Ertragseinbußen. Daher werden Anpassungen zunehmend wichtig, welche die Wassernutzungseffizienz der angebauten Kulturen erhöhen. Eine dieser Maßnahmen ist der Einsatz von Bodenschutzhecken in der Landschaft zur Windbremsung und damit Reduktion der potentiellen Verdunstung.

Seit dem Jahr 2003 wird am Biobetrieb Rutzendorf der Einfluss einer Hecke auf mikroklimatische Parameter, den Bodenwassergehalten und den Ertrag der angrenzenden Ackerfläche untersucht (Leeseite, teilweise Luvseite zu einer dichten, ca. 8 m hohen und gut ausgebildeten Bodenschutzhecke).

Mikroklima

Die mikroklimatischen Untersuchungen zeigen Abschattungs- und Windreduktionseffekte durch das Landschaftselement Hecke. Beide Effekte wirken auf Strahlung, Tau, Wind, und Niederschlag in Kombination ab einem gewissen Abstand von der Hecke (Wurzelkonkurrenz der Hecke) positiv auf die Wasserbilanz durch erhöhtes Rückhaltevermögen des Bodenwassers, erhöhter Taubildung und Taudauer und vor allem verminderter Verdunstung. Zusätzlich kann in schneereichen Jahren die Schneeablage entlang der Hecken einen deutlich positiven Einfluss auf die Wasserversorgung der Pflanzen haben. Das Ausmaß des Einflusses der Hecke ist von der Höhe, Breite und Dichte der Hecke abhängig. Der Gesamtwirkungsbereich der Hecke (luv- und leeseitig) in Bezug auf das Mikroklima reicht etwa bis zum 15-fachen ihrer Höhe.

Bodenwasserhaushalt

Die mehrjährigen Messungen der Bodenwassergehalte (0-90 cm Bodentiefe) zeigen nur einen Einflussbereich hinsichtlich eines verbesserten Bodenwasserhaushaltes bis zu einer Distanz, die etwa dem 3-Fachen der Heckenhöhe (bis 24 m) entspricht. Im Vergleich dazu liegen in einer Entfernung von und 40

bis 60 m, das entspricht einem Abstand der 5- bis 7-fachen Heckenhöhe, die Messwerte um 20 bis 25 % niedriger.

Pflanzenenertrag

Die verbesserte Wasserversorgung hatte auch Einfluss auf den Pflanzenenertrag in der angrenzenden Ackerfläche. In drei von sechs Untersuchungsjahren wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe des Ertrages und der Entfernung zur Hecke festgestellt. Bei Luzerne, Winterweizen und Sonnenblumen stieg der Ertrag mit zunehmender Nähe zur Hecke an. Die Ertragshöhe des Winterroggens wurde hingegen sowohl im Jahr 2007 als auch im Jahr 2009 nicht von der Hecke beeinflusst. Im Jahr 2008 konnte die Erbse aufgrund eines Virusbefalls in Bezug auf den Heckeneinfluss nicht ausgewertet werden. Eine mögliche Ertragssteigerung und deren Ausmaß sowie die Reichweite des Einflusses der Hecke hängen ganz wesentlich von der angebauten Kultur und der Jahreswitterung ab. Die berechneten möglichen Ertragssteigerungen lagen zwischen 8,9 % bei Winterweizen (Jahr 2005) und 23,7 % bei Sonnenblumen (Jahr 2006). Ein ertragssteigernder Effekt wurde bis maximal 80 m Abstand von der Hecke (10-Fache Heckenhöhe) ermittelt.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

5.1 BIOLOGISCHE WIRTSCHAFTSWEISE

Folgende Auswirkungen der biologischen Wirtschaftsweise auf die **Artenvielfalt** der untersuchten Flora und Fauna am Biobetrieb Rutzendorf konnte über den Zeitraum von 2003 bis ca. 2009 festgestellt werden (in Abhängigkeit des Auswertungsstandes der Teildisziplinen liegen Ergebnisse auch bis 2010 vor):

- Die Artenzahl der Beikräuter (Ackerwildkräuter) stieg von 2003 (35 Arten) bis 2010 (80 Arten) deutlich an, wobei der Anstieg in den ersten Jahren nur gering und unregelmäßig war und erst ab 2007 deutlich bestätigt wurde. Ein erhöhter Beikrautdruck auf den Flächen wurde bis auf wenige Ausnahmen bisher nicht beobachtet. Die Diasporenmengen im Boden sind als relativ gering einzustufen, die Zufuhr von Samen von außen daher unverzichtbar für eine erhöhte Biodiversität.

Die biologische Bewirtschaftung macht das Artenpotential der Ackerwildkräuter am Standort sichtbar und ermöglicht deren Steigerung. Eine deutliche Zunahme hängt jedoch von der Nutzungs-Vorgeschichte des Betriebes und der Zufuhr von Samen von außen ab. Ein Zuwachs an Samenpotential ist umso wahrscheinlicher, desto mehr Biobetriebe und extensiv bewirtschaftete Flächen im Umfeld des Betriebes liegen und je vielfältiger die Agrarstruktur in einer Region ist.

- Die untersuchten Bodentiergruppen (Milben und Springschwänze) entwickeln sich durch die Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise in ihrer Artenvielfalt und Individuendichte stetig, aber langsam und nicht unbedingt linear. Die Langsamkeit und die zeitlich Variabilität der bodenbiologischen Prozesse müssen bei zukünftigen Maßnahmenevaluierungen berücksichtigt werden, ansonsten können kurzfristige Abweichungen vom generellen längerfristigen Trend leicht zu falschen Schlüssen führen.

Eine sprunghafte Zunahme der Individuendichte nach ca. vier Untersuchungsjahren wird mit dem Anbau der Luzerne und damit dem Ausbleiben von Störungen durch eine Bodenbearbeitung und der Anreicherung von organischem Kohlenstoff in Verbindung gebracht. Für eine genaue Beurteilung dieser Dynamik sind jedoch weitere Monitoringjahre abzuwarten.

- Artenzahl und Individuenzahl der Brutvögel haben seit Projektbeginn im Jahre 2003 im gesamten Projektgebiet (Gesamtbetriebsflächen inkl. Blühstreifen und Gehölzstrukturen) deutlich zugenommen. Die Höchstwerte wurden im Jahre 2008 mit 20 Brutvogelarten (+ 122 %) und 149 Brutrevieren (+ 55 %) erreicht.

Für die Bodenbrüter der Agrarlandschaft erwies sich das Vorhandensein von Luzerne in der Fruchtfolge als besonders wichtig. Daneben ist die Biozidfreiheit und der günstigere Bestandesaufbau bei Getreide im biologischen Landbau ausschlaggebend. Ungünstige Auswirkungen hat jedoch die mechanische Bestandespflege durch Striegeln des Getreides und Häckseln der Luzerne (hier ist die Terminwahl ausschlaggebend). Bei der Bewirtschaftung von Luzerne sollten daher neben pflanzenbaulichen auch naturschutzfachliche Aspekte berücksichtigt werden.

Eine erfolgreiche Brut der Bodenbrüter ist nur bei ausreichend großem Abstand zwischen den Häckselterminen möglich. Im Fall der Feldlerche ist ein bearbeitungsfreier Zeitraum von mind. 40 Tagen (6 Wochen) erforderlich. Die Feldhühner (Fasan, Wachtel und Rebhuhn) benötigen einen bearbeitungsfreien Zeitraum von mind. 70 Tagen (10 Wochen). Bei Bearbeitung der Luzerne ab Mitte Mai ist mit massiven Gelegeverlusten zu rechnen.

Folgende Auswirkungen der biologischen Wirtschaftsweise auf die **Bodenqualität** und zur **Abschwächung des Klimawandels und seiner Folgen** am Biobetrieb Rutzendorf konnte über den Zeitraum von 2003 bis 2009 festgestellt werden:

- Nach sechs Jahren biologischer Bewirtschaftung erhöhte sich auf Flächen mit mittlerer Bodenbonität der Porenanteil um 6 % und die pflanzennutzbare Kapazität des Bodens um 7 %. Dieser Anstieg wird vor allem auf die Kulturen in der umgesetzten biologischen Fruchtfolge mit intensiver Durchwurzelung und längere Bodenbedeckung (wie z.B. Luzerne) zurückgeführt. Der Anbau von Luzerne wirkt sich auch günstig auf die Trockendichte und den Wasserdurchlässigkeitsbeiwert des Bodens aus.

Mit der Zunahme der pflanzennutzbaren Kapazität des Oberbodens ist eine längere Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet. Höherer Porenanteil, höhere Wasserdurchlässigkeit und geringere Trockendichte ermöglichen eine bessere Wasserinfiltration in den Boden. Aufgrund der mit dem Klimawandel erwarteten Zunahme der Verdunstung, längerer Trockenperioden und von Starkregenereignissen ist diese Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes besonders positiv zu bewerten. Zudem können die auf die Bioflächen festgestellten hohen Werte bei der Aggregatstabilität die Erosionsgefährdung mindern.

Aufgrund des hohen Wasserentzugs der Luzerne kann sich ihr Anbau auch kurzfristig negativ auswirken. In trockenen Jahren kam es zu Engpässen in der Wasserversorgung des nachfolgenden Winterweizens und zu deutlichen Ertragsminderungen. Um den Wasserentzug der Luzerne über die Sommermonate zu verringern, ist ein frühzeitiger Umbruch der mehrjährigen Luzerne im Trockengebiet möglich. Generell wurde am Biobetrieb Rutzendorf aber ein hohes Ertragsniveau, vor allem in Jahren mit entsprechender Wasserversorgung, und durchgehend gute Qualitäten beim Biospeiseweizen erreicht.

- Die Nachhaltigkeit der biologischen Bewirtschaftung am Betrieb wurde anhand ausgewählter ökologischer Indikatoren (N-, P-, K-Saldo, Humussaldo, Energieintensität und Treibhausgasemissionen) überprüft und bewertet. Die Bilanzberechnungen erfolgten für die Jahre 2005 bis 2009 mit einem Leguminosenanteil von 25 % Luzerne und 10 % Erbsen an der Fruchtfolge. Es wurden positive Humusbilanz- und Stickstoff-Bilanzsalden ermittelt, die im optimalen Nachhaltigkeitsbereich hinsichtlich Ertragsicherheit, Stickstoffverlustrisiko und Einstellung standortgerechter Humusgehalte liegen. Negative Phosphor-Salden können mittelfristig über eine hohe Phosphornachlieferung aus den Bodenvorräten ausgeglichen werden. Aufgrund des geringen Inputs fossiler Energie und der C-Speicherung im Boden liegt das Treibhausgaspotential auf einem niedrigen Niveau.

Mit der Berechnung von Szenarien zum Zwischenfruchtanbau (Anteile und Erträge) und zum Luzerneanbau (Nutzung und Anteile) wurden die Auswirkungen einer unterschiedlichen Zu- und Abfuhr von Pflanzenbiomasse auf Nährstoff- und Humushaushalt sowie den Treibhausgasausstoß aufgezeigt. Die Fruchtfolgegestaltung, vor allem der Luzerneanteil, weist aufgrund seiner hohen N₂-Fixierleistung und C-Speicherung den größten Einfluss auf die Bilanzsalden, vor allem auf den Humushaushalt und das Treibhausgaspotential auf.

Die Berechnung von Humus- und Nährstoffbilanzen sind ein wichtiges Instrument zur Abschätzung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung. Eine hohe Humusversorgung ist bedeutend für die Bodenfruchtbarkeit und Ertragsbildung, der Minderung des CO₂-Anstiegs und der Wasserversorgung bei längeren Trockenperioden.

Die bisherigen Ergebnisse am Biobetrieb Rutzendorf unterstreichen das hohe Potential der biologischen Bewirtschaftung zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und zur Erhöhung der Bodengesundheit, zur Minderung negativer Auswirkungen des Klimawandels und zur Verringerung der Treibhausgasemissionen bei der pflanzenbaulichen Produktion.

5.2 NÜTZLINGS- UND BLÜHSTREIFEN (ÖKOSTREIFEN)

Folgende Auswirkungen der am Biobetrieb angelegten Nützlings- und Blühstreifen auf die **Artenvielfalt** der untersuchten Flora und Fauna konnten über den Zeitraum von 2003 bis 2009 festgestellt werden:

- Die Blühstreifen haben die Diversität der Wildbienenfauna gefördert. Wie viele und welche Arten auftreten, wird vom Alter der Streifen, ihrer Pflege und dem Angebot an Pollenfutterpflanzen beeinflusst.
- Die aus den Laufkäferfängen und Schwebfliegenbeobachtungen vorliegenden Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Nützlings- und Blühstreifen für die Artenvielfalt der Laufkäfer sowie für die Anreicherung von adulten Schwebfliegen-Individuen.
- Die Artenzahlen und -dichte der untersuchten Bodentiergruppen hat auf den Blühstreifen deutlich zugenommen. Es hat aber mehrere Jahre gedauert, bis sich eine eigenständige und artenreichere edaphische Fauna etabliert hat. Je länger diese Elemente bestehen, desto besser ist daher ihre Funktion als Lebensraum für die Bodenfauna. Eine Funktion als Initialfläche für Arten der Ackerflächen können sie erst erfüllen, wenn die Bodenbearbeitungsintensität im Acker verringert wird.
- Gehölzbegleitende Blühstreifen werteten die strukturarmen Hecken auf und zeigten positive Auswirkungen auf die Brutvogelfauna (Besiedlungszunahme). Blühstreifen zwischen den Ackerschlägen können vor allem bei großflächigen Ackerschlägen zu einer wesentlichen Habitatverbesserung (Brut- und Nahrungshabitat) der in den Ackerflächen brütenden Vogelarten führen. Bei spät im Frühjahr bestellten Ackerschlägen (z.B. Mais) ermöglichen mehrjährige Blühstreifen auch eine Reviergründung auf sonst ungeeigneten Flächen.

Fazit: Die Anlage, der Erhalt und die Pflege der angelegten Nützlings- und Blühstreifen sind relevant in Bezug auf die Steigerung der Biodiversität in strukturarmen Agrarlandschaften. Mögliche Einflüsse und Wechselwirkungen durch die biologische Bewirtschaftung sind jedoch nur über ein erweitertes Versuchsdesign ermittelbar.

Die folgenden Empfehlungen basieren auf den Untersuchungsergebnissen von dem am Standort Rutzendorf angelegten Nützlings- und Blühstreifen und den dazu untersuchten Indikatoren sowie den Bedingungen in den Jahren 2003 bis 2009:

- In ausgeräumten, strukturarmen Agrarlandschaften sollten die Blühstreifen über Einsaat mit Wildkrautmischungen angelegt werden, da eine Selbstbegrünung der Flächen allein, nicht zur Förderung der Artenvielfalt der Flora beiträgt.
- Für die Weiterentwicklung der am Betrieb angelegten Blühstreifen wird empfohlen: Zur Beibehaltung der Biodiversität auf Dauer sollte ein Anteil an jungen Sukzessionsflächen erhalten werden. Dafür sollte etwa ein 1/3 der Blühstreifen durch Umbruch im Herbst (alle 4-5 Jahre) immer wieder neu gestartet werden. Eine Neueinsaat ist dabei nicht erforderlich, da die Pflanzen während ihrer Entwicklung durch Aussamen ein Samenpotential aufgebaut haben. Wie dieser Umbruch bzw. Aufreißen der Bodenoberfläche am besten durchgeführt werden kann, muss noch experimentell abgeklärt werden. Für einen Teil der Streifen soll die Entwicklung zu einmal jährlich gemähter Trockenrasen- bzw. Wiesenvegetation, vor allem bei den Blühstreifen mit hohem Gehölzdruck angestrebt werden. Die Mahd oder das Häckseln muss auf diesen Flächen im Hoch- und Spätsommer erfolgen.
- Zur Förderung der Brutvogelfauna sollten die Blühstreifen überwiegend als Dauerbrachen, für die Wildbienenfauna über mehrere Jahre (mind. 3 Jahre) bewirtschaftet werden. Für die Förderung der Laufkäfer und Schwebfliegen ist nach derzeitigem Wissensstand ein Alter der Blühstreifen von 3 bis 5 Jahren anzustreben. Ein jährlicher Umbruch ist nicht zu empfehlen. Eine

Entwicklung von Abschnitten ohne Bodenbearbeitung, aber gelegentlichem Mulchen oder Mähen, kommt einigen Lebensraumspezialisten unter den Laufkäferarten zugute.

- Für Wildbienen und Brutvögel ist eine abschnittsweise Bestandspflege zur Erhöhung der Strukturvielfalt wichtig. D.h. es sollten nicht alle Flächen zur gleichen Zeit gemäht oder gehäckselt werden. Auch abgestorbene Vegetationsreste stellen wesentliche Strukturelemente (Deckung, Jagdwarten, Nistmöglichkeit) dar. Abschnitte der Blühstreifen sollten auch über den Winter stehen bleiben.
- Für eine diverse Wildbienenfauna ist die Ausstattung der Blühstreifen mit einem vielfältigen, lang blühenden Pollenfutterpflanzenangebot von Bedeutung. Artenreiche Ansaaten mit einer Mischung aus Kreuzblütlern, Korbblütlern, Doldenblütlern und Schmetterlingsblütlern bieten vielen Wildbienenarten, darunter auch seltenen, ausreichend Pollenfutterquellen. Für die Förderung der Nützlingsfauna sind ebenfalls beständige blütenreiche Verhältnisse ausschlaggebend. Von Schwebfliegen bevorzugte Blütenpflanzen in den Blühstreifen waren: Färberkamille, Geruchlose Kamille, Gewöhnliche Wegwarte, Kleinblütige Königskerze, Leindotter, Phacelie, Rainfarn und Wilde Malve sowie Luzerne in den Ackerflächen.

5.3 LANDSCHAFTSELEMENTE (HECKEN UND BAUMREIHEN)

Folgende Bedeutung und Auswirkung der am Biobetrieb bestehenden Hecken und Baumreihen (Gehölzstrukturen) auf die **Artenvielfalt** der untersuchten Fauna konnten über den Zeitraum von 2003 bis 2009 festgestellt werden:

- Die Hecken und Baumreihen am Betrieb weisen eine eigenständige und meist arten- und individuenreichere Bodenfauna als die angrenzenden Ackerflächen auf. Im Landschaftsmaßstab sind Gehölzstrukturen daher wichtige refugiale Lebensräume für die Bodenfauna.
- Aufgrund ihres eigenständigen Artenspektrums tragen nicht bewirtschaftete Landschaftselemente wie Hecken und Baumreihen wesentlich zur Artenvielfalt der Laufkäfer am Betrieb bei.
- 68 Prozent von den am Betrieb nachgewiesenen Brutvogelarten sind bezüglich ihrer Brut an das Vorhandensein von Gehölzen gebunden. Bei den Charakterarten von Wäldern, die Gehölze sowohl als Nistplatz als auch als Nahrungsraum nutzen, wurde seit 2003 eine positive Bestandsentwicklung beobachtet.

Die Untersuchungen der Auswirkungen einer Hecke unterstreichen deren Bedeutung für den Wasserhaushalt in der angrenzenden Ackerfläche. Ein Einfluss auf das Mikroklima, den Bodenwasserhaushalt und dadurch auf den erzielten Ertrag in Heckennähe konnte nachgewiesen und quantitativ bestimmt werden. In Bezug auf die Reichweite des Heckeneinfluss wurden Unterschiede zwischen den klimatischen Parametern, dem Bodenwassergehalt und dem Ernteertrag festgestellt. Eine mögliche Ertragssteigerung war wesentlich von der angebauten Kultur und der Jahreswitterung geprägt.

Die Ergebnisse bestätigen, dass Hecken eine wichtige Anpassungsmaßnahme an die Auswirkungen des Klimawandels zur Ertragssicherung in niederschlagsarmen und windreichen Regionen wie dem Marchfeld darstellen. Es wurde jedoch auch deutlich, dass die Gestaltung optimaler Wirkungen weitaus mehr Wissen über Heckenstrukturen und deren Einflüsse erforderlich machen.

Bei einer Strukturkartierung der Gehölze, durchgeführt in MUBIL I, wurde eine Armut der Hecken und Baumreihen am Betrieb bezogen auf ihre Strukturierung und Artenzusammensetzung festgestellt. Daraus wurde geschlossen, dass ihre „ökologischen“ und „landschaftsästhetischen“ Funktionen sowie die Windschutzfunktion nicht ihrem möglichen Potential entsprechen. Bei optimaler Pflege kann jedoch die Multifunktionalität der Gehölzstrukturen wiederhergestellt, langfristig gesichert, und die Biodiversität der Biotopstrukturen erhöht werden. Dadurch wird auch eine Aufwertung der Hecken als Lebensraum für die

Fauna am Betrieb erzielt. Bei der Bodenfauna gibt es im Gegensatz zu anderen Organismengruppen jedoch ein Wissensdefizit, welche Pflegeeingriffe sich günstig bzw. ungünstig auf ihre Entwicklung auswirken.

Für die Region Marchfeld lässt sich zusammenfassend ableiten, dass Landschaftselemente, wie Hecken und Baumreihen und deren spezifisches Management, zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt beitragen. Es bedarf jedoch langfristiger Begleituntersuchungen, um die Entwicklungsdynamiken der Flora und Fauna vor dem Hintergrund der klimatischen Veränderungen und der artenspezifischen Dynamiken angemessen beurteilen zu können.

Die Erhebungen zur Entwicklung der Bodentiere zeigen, dass es für viele Bodentiergruppen in strukturarmen Landschaften schwierig ist, die Ackerflächen neu zu besiedeln. Das weist darauf hin, betriebsübergreifende Konzepte verstärkt zu fördern, die zum Beispiel auf vernetzende Landschaftselemente oder auf die Abstimmung der räumlichen Anordnung von naturnahen Flächen fokussieren.

LITERATUR

BMLFUW (2010): Schriftliche Mitteilung zu INVEKOS-Daten vom Marchfeld der Jahre 2003 bis 2009.

Doran, J.W., and T.B. Parkin (1994): Defining and Assessing Soil Quality. In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication No. 35. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Eitzinger, J., Thaler, S., Kubu, G., Rischbeck, P., Formayer, H. (2008): Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel im Nordosten Österreichs (Weinviertel-Marchfeld Region); In: Auswirkungen des Klimawandels in Niederösterreich (NÖ-Klimastudie 2007), Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, 356

Müller, W. (1993): Agroklimatische Kennzeichnung des Marchfelds, Beiheft 3 zu den Jahrbüchern der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Wien: Eigenverlag.

Nestroy, O. (1973): Landschaftsökologische Untersuchungen im Gebiete des Marchfeldes; Wien: Österr. Agrarverlag. In: Wo i leb ...Kulturlandschaften in Österreich, Katalog Nr. 67 des Stadtmuseums Linz-Nordico, 1997.

Schmid, H. (2010): Persönliche und schriftliche Mitteilungen.

Schuch, F.M. (1977): Beiträge zur Hydrologie des Marchfeldes. pp 30.

Schwarzecker, K., H. Taferner, O.H. Danneberg (1993): Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000. Kartierungsbereich Gross-Enzersdorf Niederösterreich. Bundesanstalt für Bodenwirtschaft. KB 7. 2. Auflage: 154 S. Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, Wien.

6 ERGÄNZENDE BEITRÄGE AUS DEM GESAMTPROJEKT MUBIL

6.1 MONITORING VON NÜTZLINGEN AUF DEM BIOBETRIEB RUTZENDORF

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

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

Gegenstand der Untersuchung waren die Arten- und Individuenzahlen von Laufkäfern und Schwebfliegen 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 Nützlingen erfasst werden. Laufkäfer sind aufgrund ihrer räuberischen Ernährungsweise und ihres arten- und individuenreichen Vorkommens im Ackerland wichtige natürliche Schädlingsregulatoren (Kromp 1999), ebenso die Schwebfliegen, deren meist aphidophage (blattlausfressende) Larven als wirksamste natürliche Blattlausgegenseiler gelten.

Die Arbeitshypothese dieses Teilprojekts war, dass die Umstellung auf Bio-Landbau gemeinsam mit der Neuanlage von Landschaftselementen zu einem Anstieg der Biodiversität sowie zu einer Stärkung der Populationen von Arthropodengruppen mit Schlüsselfunktionen in der natürlichen Schädlingsregulation führen.

MATERIAL UND METHODEN

Das Nützlings-Monitoring wurde von 2003 bis 2005 sowie 2007 und 2008 (2010 ist im Gange) in GPS-verorteten, 50 m langen Aufnahmestrecken durchgeführt. Das Transekt Nord erstreckt sich vom Schlag 4 im Westen bis zum Schlag SK im Osten und besteht aus den Aufnahmestrecken Baumhecke TN1, Ökostreifen TN2 (angesät Dezember 2003, beprobt seit 2004) und TN5 (angesät März 2007, beprobt seit 2007), Trockenböschung S sowie Kulturfelder TN9, 8, 3, 4, 6, 7 (mit unterschiedlichen Bodenbonitäten und Entfernungen zu den Ökostreifen sowie fruchtfolgemäßig wechselnden Feldfrüchten) und K (konventionell bewirtschaftet). Das Transekt Mitte (entlang des WNW nach OSO verlaufenden Fahrwegs) enthält die Aufnahmestrecken Brache AGES, Windschutzhecke TM1 und Feldrain TM2. Das Transekt Süd, vom mittleren Windschutz nach Osten in die Schläge 2/1 und 1 verlaufend, umfaßt die Aufnahmestrecken Windschutzhecke TS1, Ökostreifen TS2 (angesät Dezember 2003, beprobt seit 2004) sowie die Kulturfelder TS3, 4, 6 und 7. Die räumliche Verortung der Aufnahmestrecken ist aus dem Übersichtsplan (Abbildung 3.1-1) ersichtlich. Als Referenzfläche für Auwaldreste in der Marchfelder Ackerflur wurde das Lohhölzl beprobt, zuletzt 2008. Mittlerweile ist es durch Rodung und Anlage einer Baumschule eliminiert worden.

Die **Laufkäfer** (Carabiden) wurden 2003, 2004, 2007 und 2008 an je 4 einwöchigen Fangterminen (mit Fallen) zwischen Ende April und Mitte Oktober erfasst (Bodenfallen mit Öffnungsdurchmesser 8,5 cm, Plexiglasdächer, 7 % Essigsäure, 4 Fallen pro Aufnahmestrecke, jeweils 10 m voneinander entfernt). 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 beispielhaft einer Korrespondenzanalyse unterzogen (Lepš & Šmilauer 2003, Leyer & Wesche 2007).

Die **Schwebfliegen** (Syrphidae) wurden 2003 bis 2005 vorwiegend im Transekt Nord sowie 2007 und 2008 vorwiegend im Transekt Süd an mehreren Terminen von Mai bis August in 30-minütigen Sichtbeobachtungen bonitiert. Die Schwebfliegen wurden großteils vor Ort bestimmt bzw. mit einem Insektennetz gefangen und im Labor nach Bothe (1996) und Stubbs et al. (1996) bestimmt.

ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Laufkäfer (Carabidae)

Die Artenzahlen der Laufkäfer in den untersuchten Lebensräume im Vergleich der Untersuchungsjahre 2003, 2004, 2007 und 2008 sind in Abbildung 6.1-1 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 (2008) gefunden, die wenigsten (< 10 spp.) in allen 4 Jahren in der Wiesenbrache. 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, die wenigsten Arten pro Aufnahmestrecke insgesamt wurden aber in der konventionellen Zuckerrübe 2004 gefunden.

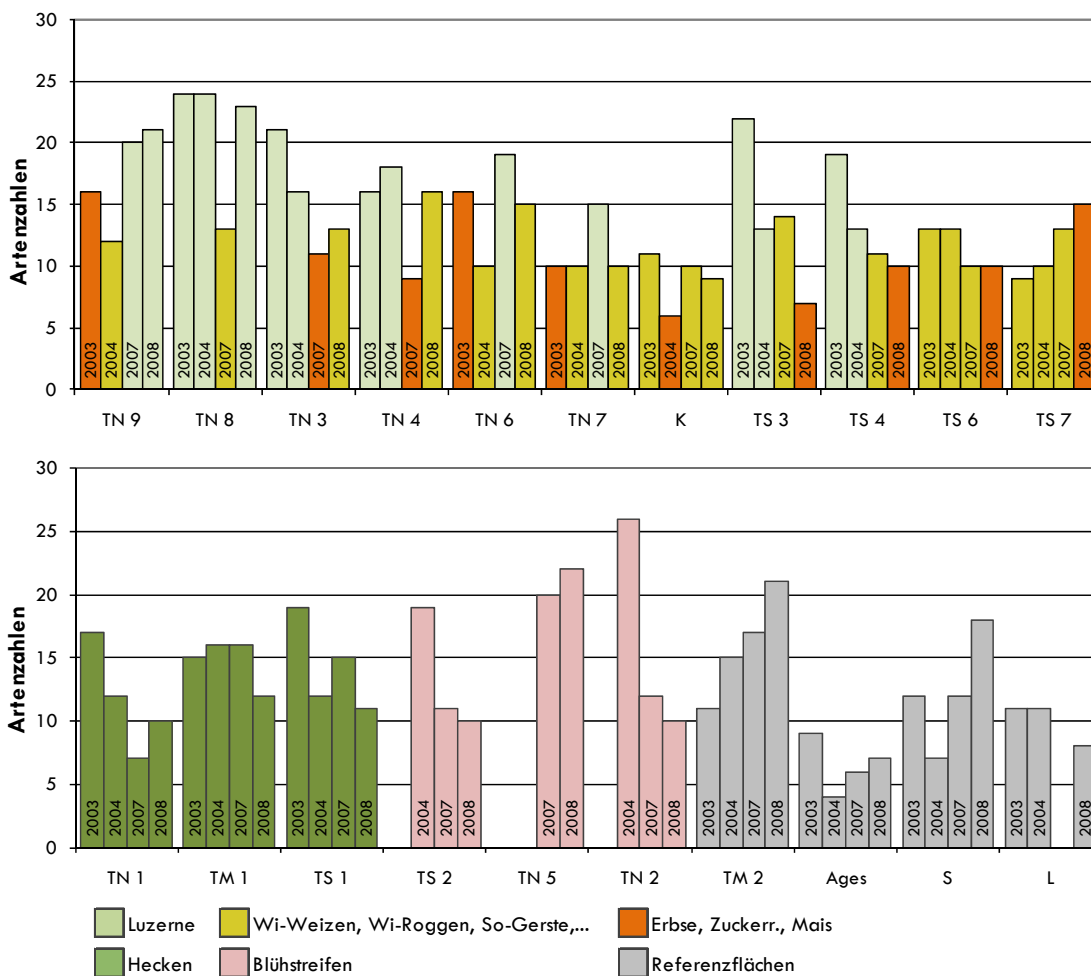


Abbildung 6.1-1: Biodiversität der Laufkäfer im Betrieb Rutzendorf (1 Falle pro Fangtransekt, 4 einwöchige Fangperioden) im Vergleich der Jahre 2003, 2004, 2007 und 2008

In den Jahren 2007 und 2008 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 6.1-2 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 bzw. Baumreihe TS1, TM1 und TN1 zeigen die größte Distanz

zu den Feldern, die vorgelagerten älteren 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 seit 2003 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 Getreidelaufkäfer *Zabrus tenebrioides* sowie *Pterostichus melanarius*. Eine vermittelnde Position nimmt der auch als Blattlaus-Räuber bekannte *Platynus dorsalis* ein, der zur Überwinterung aus den Äckern in die Hecken und die Schottergrubenböschung abwandert.

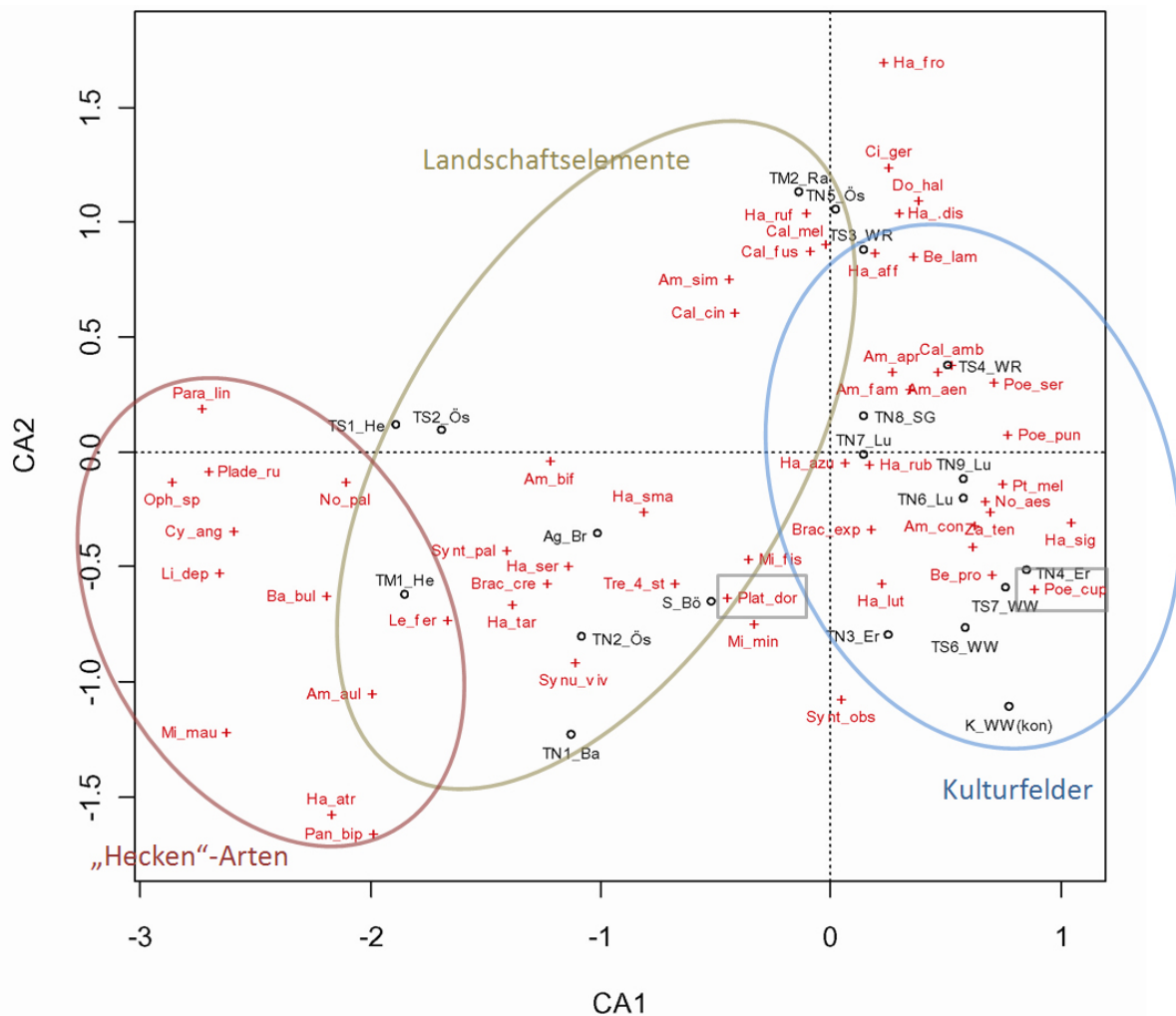


Abbildung 6.1-2: Symmetrisch skaliertes Biplot einer Korrespondenzanalyse mit den Gesamtsummen der Carabidenfänge 2007, wobei nur die Laufkäferarten mit mehr als zwei Individuen berücksichtigt wurden; CA1 = 21,6 %, CA2 = 14,1 % der Gesamtvarianz.

Bei den Kulturfeldern ist in Abbildung 6.1-2 eine Gruppierung nach den Feldfrüchten entlang der zweiten Korrespondenzachse (CA2: 14,1 %) erkennbar. So sind zB. die Winterweizenfelder (WW) rechts unten, die Luzernefelder (Lu) in der Mitte, Sommergerste (SG) und Winterroggen (WR) 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 (zB. *Calathus fuscipes*, *C. melanocephalus*, *Harpalus rufipes* mit unkrutsamenfressenden Larven) bekannt. Offensichtlich trennt CA2 die Aufnahme-Transekte anhand ihrer Carabiden-Gemeinschaften entlang eines kombinierten Gradienten in Richtung zunehmender Trockenheit und Verunkrautung auf.

Schwebfliegen (Syrphidae)

Artenspektrum und Individuenzahlen

In Rutzendorf wurden in den Jahren 2003 bis 2005 Schwebfliegen aus mindestens 19 Arten beobachtet. Mit wenigen Ausnahmen (z.B. *Merodon* sp., *Paragus* sp.) treten alle Arten aufgrund ihrer geringen ökologischen Ansprüche häufig in den artenarmen Biozönosen der mitteleuropäischen Kulturlandschaft auf (Röder 1990, Salveter & Nentwig 1993). Der Großteil der Individuen gehörte zu den aus agrarökologischer Sicht potentiell interessanten Arten der Unterfamilie Syrphinae mit blattlausfressenden Larven (2003: 90 %, 2004: 85 % und 2005: 75 %). Während in den Äckern aphidophage Schwebfliegen überwogen (84-100 %), traten sie in den Saumbiotopen in geringerer Zahl auf (60-80 %, vgl. Frank 1999, Kienegger 2005). Zu den am häufigsten aufgetretenen aphidophagen Arten zählten *Sphaerophoria scripta*, *Episyrphus balteatus* und Vertreter der Gattungen *Eupeodes* und *Syrphus*, die zusammen für die einzelnen Jahre jeweils zwischen 70-88 % aller beobachteten Schwebfliegen stellten. Ähnliche Verhältnisse wurden auch in der 2. Untersuchungsperiode 2007 und 2008 festgestellt, wobei hier 4 weitere Arten nachgewiesen wurden. Die in beiden Monitoring-Perioden am häufigsten beobachteten Arten waren *Sphaerophoria scripta*, *Episyrphus balteatus* und *Syritta pipiens* (nach abnehmender Häufigkeit gereiht).

Räumliche Verteilung der Schwebfliegen

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

Mit der Etablierung der Ökostreifen im Dezember 2003 stand den Schwebfliegen ab 2004 ein reiches Blüten- und damit Futterangebot (Pollen und Nektar) zur Verfügung. Dies spiegelte sich in den hohen Schwebfliegenzahlen im Ökostreifen TN2 wider, beispielhaft in Abbildung 6.1-3 dargestellt.

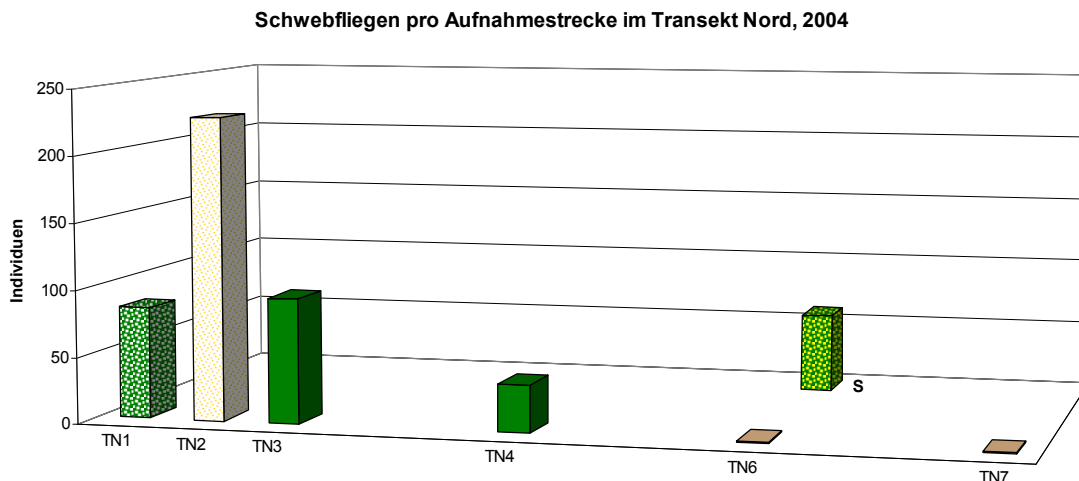


Abbildung 6.1-3: Anzahl an 8 Boniturterminen zwischen 27. April und 26. Juli 2004 entlang der verschiedenen Aufnahmestrecken beobachteten Schwebfliegen.

Zu den für die Schwebfliegen attraktivsten Blütenpflanzen des Ökostreifens gehörten die wild aufgegangenen Geruchlose Kamille und Weg-Distel. Von den angesäten Pflanzen wurden bevorzugt Gewöhnliche Wegwarte, Färberkamille, Leindotter und Rainfarn aufgesucht. Wie aus Abbildung 6.1-3 ersichtlich ist, nahm in den untersuchten Kulturen die Anzahl der beobachteten Schwebfliegen mit der

Entfernung vom Ökostreifen deutlich ab, höhere Schwebfliegendichten innerhalb der Kulturen standen immer in Zusammenhang mit blühenden Unkräutern. In den beiden Saumstreifen Baumhecke (TN1) und Trockenböschung (S) konnten ebenfalls zahlreiche Blütenbesuche beobachtet werden, die aber v.a. auf die hohe Blütendeckung von einzelnen dominanten Pflanzenarten, wie z.B. Geruchlose Kamille in der Baumhecke TN1 oder Wiener Rauke (*Sisymbrium loeselii*) auf der Trockenböschung S, zurückzuführen waren.

Auch 2007 und 2008 wurden die meisten Schwebfliegenarten auf den blütenreichen, bereits älteren Ökostreifen TN2 und TS2 beobachtet, bevorzugt auf Geruchloser Kamille, Färberkamille, Wilder Malve und Kleinblütiger Königskerze. Das häufige Auftreten von *Sphaerophoria scripta* im neu angelegten Ökostreifen (TN5) im Jahr 2007 wurde auf das reiche Blütenangebot der Phacelie zurückgeführt.

Die aus den Laufkäferfängen und Schwebfliegenbeobachtungen in den beiden Projektperioden 2003 bis 2005 bzw. 2007 und 2008 vorliegenden Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der angelegten Ökostreifen (Nützlings- und Blühstreifen) für die Artenvielfalt der Laufkäfer einerseits sowie für die Anreicherung von adulten Schwebfliegen-Individuen andererseits. Ihr Auftreten in den Kulturfeldern war an das Vorhandensein von blühenden Unkräutern gebunden.

Anlage und Pflege von Blühstreifen

Aus den Ergebnissen des Laufkäfer- und Schwebfliegen-Monitorings lassen sich einige vorläufige Schlussfolgerungen bezüglich Anlage und Pflege der Ökostreifen (Nützlings- und Blühstreifen) ableiten. Wie aus Abbildung 6.1-1 ersichtlich ist, wurde im Untersuchungsgebiet Rutzendorf die höchste Artenzahl an Laufkäfern pro Aufnahmestrecke in der in TN2 im Dezember 2003 angesäten „Wildkrautmischung“ festgestellt, gefolgt von der in TN5 im März 2007 angesäten „kurzlebigen Blühmischung“ sowie von der in TS2 2003 angesäten „Wildkrautmischung“, jeweils im Jahr nach der Ansaat, also 2004 bzw. 2008. Die hohe Biodiversität geht auf ein Zusammentreffen von typischen häufigen Arten der Kulturfelder mit selteneren, trocken- und wärmeliebenden bzw. unkrautsamenfressenden Arten offener Bodenstellen zurück. Alle Arten gemeinsam könnte man als „Opportunisten“ von Bodenbearbeitung mit nachfolgender extensiver Bewirtschaftung bezeichnen. Die im 4. bzw. 5. Jahr nach der Etablierung der Ökostreifen TN2 und TS2 2007 bzw. 2008 gefundenen Artenzahlen lagen jeweils auf einem deutlich niedrigeren Niveau, was auf die zunehmende Dichte und Vergrasung der Ökostreifen-Vegetation zurückzuführen ist. Gleichzeitig nimmt Dichte und Vielfalt der Blüten ab, v.a. der annuellen Ackerunkräuter wie Geruchloser oder Österreichischer Hundskamille, die sich als besonders anziehend für die Schwebfliegen mit blattlausfressenden Larven herausgestellt haben. Nach derzeitigem Wissensstand dürfte daher für die Förderung der Laufkäfer und Schwebfliegen ein Alter der Ökostreifen von 3-5 Jahren anzustreben sein.

Ob die Sukzession der Ökostreifenvegetation dann durch Aufreißen der Bodenoberfläche auf ein frühes, blütenreiches Stadium mit offenen Bodenstellen und hoher Nützlingsdichte zurückgeführt werden kann, wäre noch experimentell abzuklären. Nach R. Schmid (mündl. Mitteilung) wären hier als Pflegemaßnahmen - nach zunehmender Intensität der Bodenbearbeitung gereiht - Scheiben mit der Scheibenegge (evtl. mit Kurzscheibe, um ganz flach zu bleiben), Schälern mit der Spatenrollegge sowie Grubbern (evtl. nur mit jeder 2. Grubberzinke) vorstellbar. Die Bearbeitung dürfte nur bei ganz trockenen Verhältnissen und nach Abhäckseln der Vegetation durchgeführt werden.

Wie die Laufkäferfänge aber auch zeigten, enthalten die älteren Landschaftselemente, wie z.B. die Baumhecke im Nordteil der Betriebsflächen einige Arten, die man als Lebensraumspezialisten bezeichnen kann und die in den Kulturfeldern nicht auftreten. Es sollte daher auch in den Ökostreifen Abschnitte geben, auf denen keine Bodenbearbeitung stattfindet, wohl aber gelegentliches Mulchen oder Mähen, um die Verbuschung bzw. Bewaldung hintanzuhalten. Dass diese sehr rasch voranschreitet, ist derzeit auf der AGES-Brache zu beobachten, deren westlicher Bereich bereits größtenteils von einem jungen Laubwald bedeckt ist.

LITERATUR

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

6.2 AUSWIRKUNGEN DER BIOLOGISCHEN BEWIRTSCHAFTUNG AUF DIE PFLANZENVERFÜGBARKEIT VON PHOSPHOR UND KALIUM

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

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

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

Die nachhaltige und gleich bleibende Verfügbarkeit von Nährstoffen ist eine grundlegende Voraussetzung für erfolgreiche biologische Landwirtschaft. Während der Eintrag von Stickstoff z.B. über Leguminosen erzielt werden kann, ist das Management der Kalium- und Phosphor-Versorgung der Pflanzen eine große Herausforderung. Im Rahmen von MUBIL wurde untersucht, inwieweit die Bewirtschaftungsweise die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor (P) und Kalium (K) beeinflusst. Darüber hinaus 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 und wurde daher gesondert untersucht.

MATERIAL UND METHODEN

Im Zeitraum 2003 bis 2008 wurden am 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) 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.

ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

In Abbildung 6.2-1 und Abbildung 6.2-2 sind die pflanzenverfügbaren P- und K-Konzentrationen im Oberboden (Tiefenstufe 0-30 cm) dargestellt. Man sieht dass es im Zeitraum 2003-2008 in allen Tiefenstufen zu keiner nennenswerten Veränderung der Versorgung mit diesen beiden Nährstoffen kam. Die Versorgung mit P und K ist nach den Richtlinien für eine sachgerechte Düngung (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006) als ausreichend zu bezeichnen. Die Bewirtschaftungsweise hatte keinen nennenswerten Einfluss. Die pflanzenverfügbare Konzentration von P und K in den Tiefenstufen 30-60 cm und 60-90 cm war geringer, aber ebenfalls über den Untersuchungszeitraum konstant (Daten hier nicht dargestellt).

Im Rahmen von MUBIL wurden fünf weitere biologisch bewirtschaftete Flächen von viehlosen Betrieben im Marchfeld beprobt. Die Betriebe wiesen im Gegensatz zu Rutzendorf eine längere Dauer biologischer Bewirtschaftung auf. Hinsichtlich der Bodengüte waren die ausgewählten Flächen auf den Betrieben mit den Flächen in Rutzendorf vergleichbar. Die erhobenen Daten haben gezeigt, dass trotz des wesentlich längeren Umstellungszeitraumes von mehr als 12 Jahren die Phosphor-Versorgung ausreichend bis sehr hoch ist (Daten hier nicht dargestellt).

Damit wird untermauert, dass eine biologische Bewirtschaftung auch über mittlere bis längere Zeiträume möglich ist, ohne dass es zu einer Erschöpfung der Nährstoffe Phosphor und Kalium kommt. Hierbei ist anzumerken, dass die Verfügbarkeit von P und K im Marchfeld generell besser als in anderen Regionen ist (z.B. im Vergleich zu den Mittellagen des Waldviertels; Dersch, 2005). Weiters wurde in den untersuchten Böden ein hoher Anteil von organisch gebundenem Phosphor gefunden, was ebenfalls zu einer nachhaltigen P-Versorgung beiträgt.

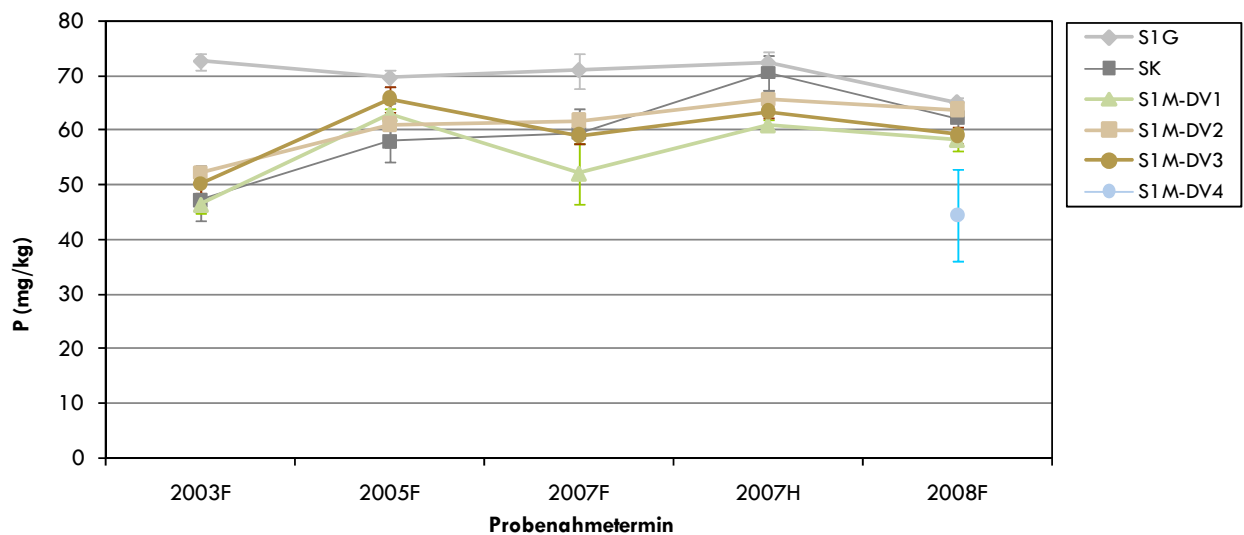


Abbildung 6.2-1: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 0-30 cm am Schlag S1M mit den vier Düngungsvarianten DV1-DV4; S1G; SK. Dargestellt sind Mittelwerte \pm Standardfehler für alle bisherigen Probenahme-Zeitpunkte (Frühjahr 2003-2003F; Frühjahr 2005-2005 F; Frühjahr 2007-2007F; Herbst 2007-2007H; Frühjahr 2008-2008F).

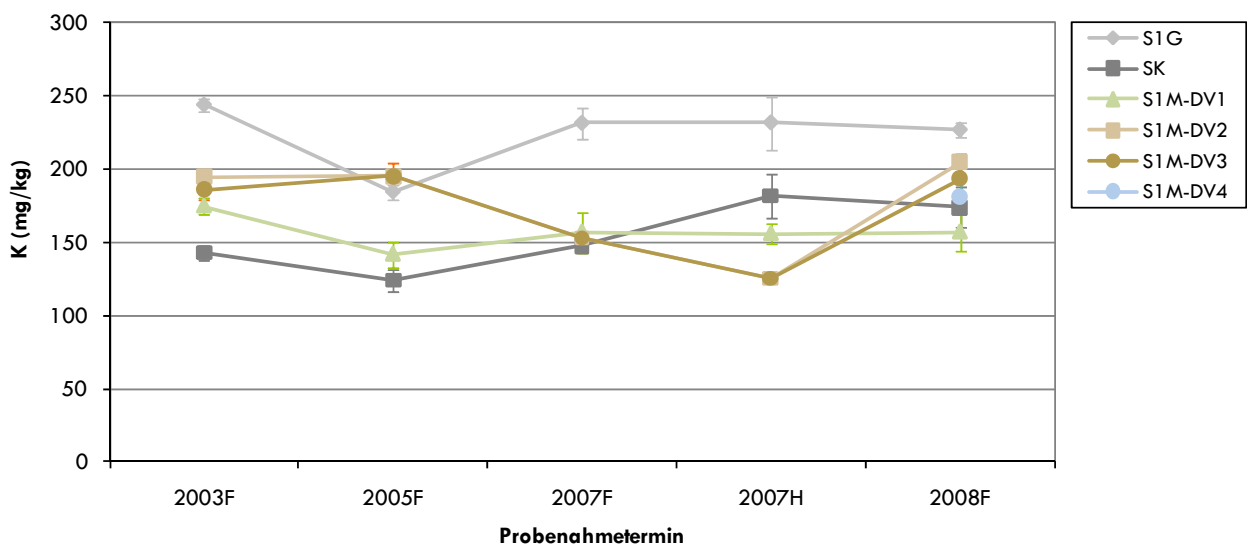


Abbildung 6.2-2: Pflanzenverfügbare Kaliumkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 0-30 cm am Schlag S1M mit den vier Düngungsvarianten DV1-DV4; S1G; SK. Dargestellt sind Mittelwerte \pm Standardfehler für alle bisherigen Probenahme-Zeitpunkte (Frühjahr 2003-2003F; Frühjahr 2005-2005 F; Frühjahr 2007-2007F; Herbst 2007-2007H; Frühjahr 2008-2008F).

LITERATUR

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage. Wien

Dersch, G. (2005): Entwicklung der pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte und des pH-Wertes der landwirtschaftlich genutzten Böden von 1991- 2004“ im Rahmen der ÖPUL-Evaluierung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien

Scheffer, F., Schachtschabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg Berlin.

7 BERICHTE DER TEILPROJEKTE

7.1 TEILPROJEKT 1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT

Beurteilung der Nachhaltigkeit der Biologischen Bewirtschaftung am Beispiel des Biobetriebs Rutzendorf

Bearbeiter: A. Surböck¹, M. Heinzinger¹, H. Schmid², J.K. Friedel¹, B. Freyer¹

¹ Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien.

² Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Technische Universität München

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Die Nachhaltigkeit der biologischen Bewirtschaftung und die Relevanz agrarökologischer Maßnahmen am Biobetrieb Rutzendorf wurde anhand ausgewählter ökologischer Indikatoren (N-, P-, K-Saldo, Humussaldo, Energieintensität und Treibhausgasemissionen) mit dem Modell REPRO überprüft und bewertet. Die Berechnung der Bilanzsalden erfolgte für drei Düngungsvarianten (DV1-DV3), die sich nach der Luzernenutzung und der Zufuhr an organischen Dünger unterscheiden. Die berechneten ökologischen Indikatoren lagen mit wenigen Ausnahmen bei allen drei Düngungsvarianten im optimalen bzw. tolerierbaren Bereich, was zusammenfassend eine gute bis sehr gute Beurteilung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung des Biobetriebes ergibt. Über die Modellierung unterschiedlicher Ertragsniveaus der Zwischenfrüchte, der Abfuhr der Luzerne und der Fruchtfolge wurde die Nachhaltigkeit dieser Szenarien im Vergleich zu einer Standardvariante berechnet. In Abhängigkeit ihrer Ertragsentwicklung können Zwischenfrüchte einen entsprechenden Beitrag zum Humusaufbau und zur Minderung der Treibhausgasemissionen liefern. Die Abfuhr von ca. 90 % der Luzernebiomasse (ohne Ausgleich über z.B. Stallmist) führt zu einem knapp negativen N-Saldo und geringerer Humusversorgung. Die Fruchtfolgegestaltung, vor allem der Luzerneanteil (Verringerung von 25 % auf 12,5 %), weist den größten Einfluss auf die Bilanzsalden, vor allem auf den Humushaushalt und das Treibhausgaspotential, und damit auf die Umweltwirkung auf. Die bisherigen Ergebnisse zum Einfluss einer Bodenschutzhecke zeigen einen Ertragsteigernden Effekt der Hecke und damit eine Möglichkeit der Ertragssicherung bei geänderten Klimaverhältnissen. Das Ausmaß der Ertragssteigerung und die Reichweite des Einflusses der Hecke in die Ackerfläche hängen aber ganz wesentlich von der angebauten Kultur und der Jahreswitterung ab.

The sustainability of organic farming and the relevance of agro-ecological measures were assessed and valuated on the organic farm "Rutzendorf" by means of selected agro-ecological indicators (N-, P-, K-balances, soil organic matter balance, energy intensity, greenhouse gas emissions) with the model REPRO. Balances were calculated for three fertilisation treatments (DV1-DV3), that differ in lucerne utilisation and in input of organic fertilisers. The calculated agro-ecological indicators were within an optimal or tolerable range for all three fertilisation treatments with only few exceptions. This resulted in a good to very good valuation of the sustainability of farm management on the organic farm. By modelling different yield levels of cover crops, removal of lucerne shoots and changes in the crop rotation, the sustainability of these scenarios was compared with the standard treatment. Depending on their yield level, cover crops can contribute to soil organic matter build-up and mitigation of greenhouse gas emissions. Removing approx. 90 % of lucerne above-ground biomass – without compensation by e.g. farmyard manure application – resulted in a slightly negative nitrogen balance and low organic matter replenishment. Crop rotation design, mainly reducing the percentage of lucerne from 25 % to 12.5 %, had the strongest impact on the balances, mainly on soil organic matter, and greenhouse gas emissions, and in consequence on the environmental effects. The hitherto existing results of a hedge show its yield-increasing effect and thus a potential to secure yields under changing climatic conditions. The extent of yield increase and the extension of the impact into the adjacent arable field depended mainly on the crop and the weather conditions.

EINLEITUNG

Die Art und die Intensität der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung haben Auswirkungen auf die Lebensmittelqualität, die Artenvielfalt, die Bodengesundheit, die Rohstoff- und Energieressourcen sowie das Klima. Der Biolandbau gilt als Leitbild für eine ökologisch orientierte Landwirtschaft, indem Produktionsverfahren angewandt werden, die möglichst umweltschonend, energie- und ressourcensparend sind. In der biologischen Landwirtschaft muss das Anbausystem im Vergleich zur konventionellen Produktion durch andere acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen versorgt und gesteuert werden. Eine zentrale Bedeutung nimmt dabei die Gestaltung der Fruchtfolge ein. Ein nachhaltiges Nährstoffmanagement wird durch eine effiziente Nutzung der Nährstoffvorräte des Bodens, der Luftstickstoffbindung über die Leguminosen und durch verlustmindernde anbautechnische Bewirtschaftungsmaßnahmen erzielt.

Der Nutzen und die Funktionen von Hecken als Landschaftselement sind sehr vielfältig. Sie leisten einen Beitrag zur Erhaltung der Artenvielfalt, sie schützen den Boden und können das Kleinklima beeinflussen. Es bestehen zahlreiche agrarökologische Wechselwirkungen zwischen Hecken und Feldern, die für die Stabilität eines Agrar-Ökosystems von Bedeutung sind.

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

Im Rahmen der Langzeituntersuchung am Biobetrieb Rutzendorf werden das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Auswirkungen einer Umstellung und langfristigen biologischen Bewirtschaftung auf das System Boden-Pflanze dokumentiert, überprüft und beurteilt.

Jede landwirtschaftliche Produktion hat Auswirkungen auf ihre natürliche Umwelt. Die Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der biologischen Bewirtschaftung am Biobetrieb Rutzendorf, abgestuft in verschiedene Düngungssysteme (Düngungsvarianten) und Bodenbonitäten sowie im Vergleich zu einem konventionellen Referenzsystem, wird anhand ausgewählter ökologischer Indikatoren quantitativ bewertet. Ein Schwerpunkt dieser Arbeit war, mit der vorhandenen Datenbasis verschiedene auf die Vorgaben der zu evaluierenden ÖPUL Maßnahmen abgestimmte Szenarien, zu berechnen. Damit können unterschiedliche Bewirtschaftungsintensitäten abgedeckt werden. Gleichzeitig wird damit die Aussagekraft über die aktuelle Untersuchung am Standort Rutzendorf ausgedehnt.

Die Ergebnisse der Auswertungen sollen zeigen, inwieweit die Agrarumweltmaßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ zum Erhalt oder zur Verbesserung der Bodenqualität bzw. Bodenfruchtbarkeit, zur Abschwächung des Klimawandels und generell zur Verbesserung der Umwelt beiträgt.

In Gebieten mit geringen Jahresniederschlägen und Phasen anhaltender Trockenheit, wie im Marchfeld, ist die Wasserversorgung für die Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung von zentraler Bedeutung. Landschaftselemente wie Hecken haben Einfluss auf das Kleinklima und die Wassergehalte in angrenzenden Ackerflächen, was wiederum das Pflanzenwachstum beeinflusst. Als Folgen des Klimawandels werden Temperaturerhöhungen und eine deutliche Zunahme der potentiellen Verdunstung erwartet.

Im Rahmen der Arbeit wird der Einfluss einer Hecke auf die Pflanzenentwicklung und Ertragsleistung verschiedener Kulturen in einer angrenzenden Ackerfläche analysiert. Das Ziel ist, Erkenntnisse über den Beitrag des Landschaftselements Hecke zur Minderung negativer klimarelevanter Auswirkungen zu erhalten.

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

Bei der Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung wurden aufgrund geänderter Fruchtfolgen (v.a. Futterleguminosenanbau, Zwischenfruchtbau) und einer organischen Düngerwirtschaft (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. 2007). Verschiedene Untersuchungen zeigen den geringeren Ausstoß von Treibhausgasemissionen und den effizienten Einsatz von fossiler Energie in der biologischen Landwirtschaft auf (Haas et al. 1995, Nemecek et al. 2005, Hülsbergen & Küstermann 2007, Freyer und Dorninger 2008).

Die Fruchtfolge am Biobetrieb Rutzendorf hat einen entsprechenden Anteil an Leguminosen als Hauptfrüchte (Futter- und Körnerleguminosen). Zwischenfrüchte werden so oft wie möglich in die Fruchtfolge integriert. Über Luzernenutzung und organische Dünger erfolgt eine Zufuhr unterschiedlicher Qualitäten an organischer Substanz in das Betriebssystem (verschiedene Düngungsvarianten). Über ein Verfahren, welches allen Varianten zugrunde liegt, wird über die Luzerne im Hauptfruchtanbau und Zwischenfrüchte, Stickstoff und Kohlenstoff in erhöhtem Ausmaß dem Betrieb zugeführt. In einer zweiten Variante wird ein teilweiser Kreislauf über die Zufuhr von Biotonnekompost untersucht, in einer dritten der Kreislauf eines tierhaltenden Betriebs (Luzernefutter- und Strohexport; Stallmistimport). In allen hier dargestellten Varianten des biologischen Landbaus wird ein positiver Beitrag zum Erhalt und Aufbau der Bodenfruchtbarkeit und zum Klimaschutz angestrebt. Zwischen den Düngungssystemen wird jedoch eine differenziertere Beurteilung der Umwelteleistungen erwartet.

Bodenschutzhecken können die Windgeschwindigkeit bis zu einer Distanz ihrer 10-fachen Bestandshöhe reduzieren (Wright and Brooks, 2002). Damit verringern sie die Verdunstung und haben Einfluss auf den Wasserhaushalt des Bodens, was wiederum Auswirkung auf den Ertrag haben kann. Verschiedene Untersuchungen bestätigen die Ertrag fördernde Wirkung von Hecken auf die Kulturen der angrenzenden Ackerflächen (Mazek-Fialla 1967, Pretzschel et al. 1991, Bruckhaus & Buchner 1995, Möndel 2007). Aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren sind die Erkenntnisse daraus jedoch sehr unterschiedlich und nicht auf alle Standorte übertragbar.

MATERIAL UND METHODEN

Biologische Wirtschaftsweise

Pflanzenbauliche Erhebungen

Pflanzenbauliche Daten werden seit dem Jahr 2003 auf den 8 Kleinparzellenversuchen (KPV: S1M-S8M) mit drei Düngungsvarianten (DV) und den zwei Referenzparzellen (KP: S1G und SK) erhoben. Die Kleinparzellenversuche sind randomisierte komplette Blockanlagen. Die Düngungsvarianten sind in vierfacher Wiederholung je Versuch angelegt. Die biologischen Erhebungsparzellen und die konventionelle Referenzparzelle werden mit den betriebsüblichen Praxismaschinen mit den Großschlägen mitbewirtschaftet. Die organische Düngung auf den biologischen Parzellen und die genaue Ertragshebung erfolgt parzellenspezifisch per Hand bzw. mit dem Parzellenmähdrescher. Der Zwischenfruchtertrag wurde bis 2008 über die Bodendeckung und die Bestandeshöhe geschätzt, ab 2009 per Quadratmeterernte festgestellt. Die Zeitpunkte und die Art der Bewirtschaftungsmaßnahmen sowie Informationen zu den Erträgen auf der Gesamtbetriebsfläche werden von den Bewirtschaftern aufgezeichnet und für die Auswertungen zur Verfügung gestellt.

Bilanzberechnungen - Ökologische Indikatoren

Die erhobenen Daten wurden mit dem Modell REPRO (Hülsbergen und Diepenbrock 1996; Hülsbergen 2003; Küstermann et al. 2005) verrechnet. REPRO ist eine sowohl für wissenschaftliche als auch für praktische Anwendungen konzipierte Agrarsoftware, mit der Stoff- und Energieflüsse sowie Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Betriebssysteme in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung dargestellt, analysiert und beurteilt werden können. Mit dem Modell können gleichermaßen biologische und konventionelle Betriebssysteme verrechnet werden.

Die Umwelt- und Nachhaltigkeitsanalyse im Modell erfolgt durch die Berechnung von ökologischen Indikatoren, d.h. Maßzahlen welche die Effekte von landwirtschaftlichen Produktionssystemen auf die Agrarökosysteme beschreiben (Christen et. al 2009). Die für das vorliegende Evaluierungsprojekt verwendeten agrarökologischen Indikatoren sind Bilanzsalden, die aus der Berechnung der Humus- und Nährstoffbilanzen und Energie- und Treibhausgasbilanzen mit den erhobenen und ins Modell eingegebenen Daten stammen. Die Auswertungen werden in Zusammenarbeit mit der TU München-Weihenstephan, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, durchgeführt.

Nährstoffbilanzen: Bilanzen wurden für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium erstellt. Bei der Berechnung einer flächenbezogene Bilanz werden alle dem Boden (Schlag, Fruchtfolge) zugeführten Nährstoffmengen (z.B. über Dünger oder Saatgut) den abgeführten Nährstoffmengen (im Erntegut) gegenübergestellt. Bei der N-Bilanz ist der Eintrag von Stickstoff über Immissionen berücksichtigt. Die symbiotische N₂-Fixierung der Leguminosen wird über die erhobenen Ertrags- und Stickstoffwerte im Erntegut und den geschätzten Leguminosenanteil bei Gemengeanbau von Leguminosen und Nichtleguminosen berechnet. Eine Besonderheit des Modells REPRO ist, dass durch Kopplung mit der Humusbilanz Veränderungen der Boden-Norg-Vorräte im Bilanzzeitraum durch die Netto-Mineralisation/Netto-Immobilisation in die N-Bilanz miteinbezogen werden. Bei P und K werden korrigierte Salden errechnet, d.h. der Bilanzwert wird über die Verknüpfung der gemessenen pflanzenverfügbaren Bodengehalte und dem errechneten Nährstoffsaldo ermittelt.

Stickstoff ist wesentlich für die Ertrags- und Qualitätsbildung verantwortlich. 95-98 % des Gesamtstickstoffs des Bodens sind im Humus gebunden. Phosphor dient zur Sicherung der Ertragsleistung und Qualität und hat Einfluss auf die N-Aufnahme der Pflanzenbestände. Eine Überversorgung an Stickstoff und Phosphor kann zu umweltrelevanten Einträgen in verschiedene Umweltbereiche führen (Gewässer, Atmosphäre, naturnahe Biotope). Eine Unterversorgung beeinträchtigt hingegen die natürliche Bodenfruchtbarkeit. Im Versuch wird kein mineralischer Phosphordünger zugeführt.

Humusbilanz: 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).

Humus gilt als Grundlage der Bodenfruchtbarkeit und Ertragsbildung, der nahezu alle Bodeneigenschaften und -funktionen beeinflusst (Hülsbergen et al., 2005). Aufgrund der Steuerung des Kohlenstoff- und Stickstoffumsatzes hat er darüber hinaus eine wesentliche ökologische Relevanz. So wird beim Humusaufbau CO₂ gebunden, während beim Abbau von Humus CO₂ frei wird. Eine ausreichende und standortangepasste Humusversorgung der Ackerböden hat daher oberste Priorität, wobei auch eine starke Überversorgung mit organischer Substanz aufgrund möglicher Nährstoffverluste kritisch zu beurteilen ist. Die Humusbilanz kann mit verschiedenen Methoden berechnet werden. Für die Auswertung im Evaluierungsprojekt wurde die dynamische Humuseinheiten (HE)-Methode gewählt, die an die Bedingungen des biologischen Landbaus angepasst ist und bei der die Standortbedingungen, die Höhe der N-Düngung und der Ertrag als Einflussfaktoren berücksichtigt werden (Hülsbergen, 2003). Teilweise wurde als Referenz dazu die statische Humuseinheiten (HE)-Methode (Leithold et al. 1997) und die VDLUFA-Methode (VDLUFA 2004) berechnet.

Energiebilanz: Bei der Energiebilanzierung wird der Verbrauch an nicht erneuerbarer (fossiler) Energie der Energiebindung im Ertrag gegenübergestellt. Beim Input wird zwischen direktem Einsatz fossiler Energie, z.B. Kraftstoffverbrauch der Traktoren im Produktionsprozess, und indirektem Energieeinsatz, z.B. Verbrauch von fossiler Energie bei der Dünge- und Pflanzenschutzmittelherstellung und bei der Herstellung von Maschinen und Geräten, unterschieden. Mit steigendem Energieeinsatz erhöht sich die Regelungsintensität des Systems. Die Eingriffe in das Agrarökosystem nehmen zu und damit auch potentielle Umweltwirkungen. Bei gegebenem Energieeinsatz sind jedoch jene Betriebssysteme effizienter, die höhere Erträge bzw. Produktmengen hervorbringen.

Treibhausgasbilanz: Bei der Berechnung des Treibhausgaspotentials landwirtschaftlicher Betriebssysteme werden alle Emission der klimawirksamen Gase Kohlenstoff (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) eingebunden. Ihr spezifisches Treibhausgaspotential wird durch Umrechnung in CO₂-Äquivalente berücksichtigt. In die Auswertung fließen u.a. der CO₂-Ausstoß durch den direkten und indirekten Einsatz fossiler Energie (siehe Energiebilanz), die C-Bindung bzw. Freisetzung (Humusauf- und -abbau) und die N₂O-Emission aus dem Boden infolge der N-Zufuhr durch organische und mineralische N-Düngung, symbiotische N₂-Fixierung und N-Deposition ein. Im Jahr 2005 betrug der Anteil der Landwirtschaft an der gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen 8,4 %, gerechnet wurden die Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) (Datenstand 2007, Quelle: Kyoto-Fortschrittsbericht Österreich 1990-2005:50). Jeder Betrieb hat mit der Art und Intensität seiner Bewirtschaftung Einfluss auf den Treibhausgasausstoß. Durch eine angepasste Bewirtschaftung ist eine Minderung der Emissionen und eine langfristige CO₂-Speicherung im Boden möglich.

Für die Bewertung der Bilanzergebnisse wurde für jeden Indikator (Bilanzsaldo) ein Optimalbereich definiert (Christen et al. 2009) (Tabelle 7.1-1). Innerhalb dieses Bereichs wird in Bezug auf die Nachhaltigkeit in Verbindung mit der Bewirtschaftung das beste Ergebnis erzielt. Der Normwert für diesen Bereich ist 1. Wird dieser Bereich über- oder unterschritten erfolgt eine schlechtere Bewertung abfallend bis zum Normwert 0 (siehe Bewertungsfunktionen Abbildung 7.1-4, Anhang).

Tabelle 7.1-1: Bewertung der Ökologischen Indikatoren

| Indikator | Einheit | Optimalbereich | Umweltwirkung |
|-----------------------------|--|--------------------|---------------------------|
| Stickstoff-Saldo | kg N ha ⁻¹ a ⁻¹ | 0 bis 50 | Boden, Klima, Wasser |
| Korrigierter Phosphor-Saldo | kg P ha ⁻¹ a ⁻¹ | -5 bis 5 | Boden, Ressourcen, Wasser |
| Korrigierter Kalium-Saldo | kg K ha ⁻¹ a ⁻¹ | -50 bis 50 | Boden, Ressourcen |
| Humus-Saldo | kg C ha ⁻¹ a ⁻¹ | -75 bis 100 | Boden, Klima, Wasser |
| Energieintensität | MJ GE ⁻¹ | < 200 | Klima, Ressourcen |
| Treibhausgasemission | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | < 15 | Klima |

GE=Getreideeinheit / MJ=Megajoule / GJ=Gigajoule

Die in Tabelle 7.1-2 aufgelisteten Daten werden für die Bilanzberechnungen ins Modell REPRO eingegeben.

Tabelle 7.1-2: Standort- und Bewirtschaftungsdaten für das Modell REPRO

| | |
|-----------------------------------|---|
| Standort- bzw. Schlagdaten | Bodenart, Ackerzahl, Fruchtfolge, Hofentfernung, langjähriger mittlerer Niederschlag |
| Bodenchemie | Bodenbeprobung (Datum und Tiefe), Gehalt an organischer Substanz, Nährstoff-Gehalte: (Stickstoff, Phosphor, Kalium), pH-Wert, N _{min} -Werte |
| Anbau | Fruchtart, Sorte, Nutzung, Aussaatmenge, Herkunft Saatgut |
| Düngung | Datum, Düngerart, Düngermenge, Nährstoffgehalte, Herkunft |
| Pflanzenschutz | Datum, Pflanzenschutzmittel, Ausbringungsmenge |
| Ernte | Datum, Ertrag Haupt- und Nebenprodukt, Nährstoffgehalte jeweils für Hauptfrucht, Zwischenfrucht, Untersaat |
| Produktionsverfahren | Datum, Verfahrensabschnitt, verwendete Maschine |

Die Daten stammen von den Erhebungen auf den Kleinparzellenversuchen S1M bis S8M mit jeweils drei Düngungsvarianten und den Referenzparzellen S1G und SK bzw. von den dazugehörigen Großschlägen. In den Ernteprodukten wurden die Gehalte an Kohlenstoff und Stickstoff analysiert. Nicht erhobene

Nährstoffgehaltswerte im Erntegut (vor allem Phosphor und Kalium) wurden mit Standardwerten aus dem Modell berechnet. Das Verhältnis der Haupt- zu den Nebenprodukten (Korn-Stroh-Verhältnis) wurde den realen Messwerten angepasst. Bei den Maschinenparametern verwendet das Modell REPRO die KTBL-Stammdaten (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.). Die Maschinenausstattung wurde daher aus dem KTBL Angebot für einen Betrieb von durchschnittlicher Größe im Marchfeld gewählt (für den Biobetrieb und den konventionellen Referenzschlag). Zeitpunkt und Art der einzelnen Produktionsmaßnahmen stammen von den Großschlägen. Für die per Hand durchgeführte organische Düngung wurden entsprechende Geräte und Verfahrensschritte eingesetzt.

Die Nachhaltigkeitsbewertung erfolgte für den Biobetrieb Rutzendorf, zusätzlich wurden ausgewählte Szenarien berechnet und bewertet.

Die Bilanzen für den bestehenden Biobetrieb (alle Kleinparzellenversuche und die Referenzparzelle) und die konventionelle Referenzfläche wurden mit den Daten der Jahre 2003 bis 2009 erstellt. Als Standardvarianten für die Szenarien dienten die zwei Kleinparzellenversuche bzw. Schläge (S3M und S8M) des Biobetriebs. Bei diesen Schlägen war die 8-feldrige Zielfruchtfolge weitgehend umgesetzt. Fehlende Daten bzw. Kulturen vom Jahr 2010 wurden mit entsprechenden Daten der vorangegangenen Jahre ergänzt. Unregelmäßigkeiten in den Aufnahmen (z.B. Erbse wegen Virusbefall gemulcht statt geerntet) wurden angepasst.

Auf Basis der Standardvariante wurden folgende Szenarien für alle drei Düngungsvarianten (DV1 bis DV3, Szenario Luzernenutzung nur für DV1 und DV2) berechnet:

Szenario Zwischenfrucht (ZF):

- Standard:** 1-facher Zwischenfruchtertrag
ZF1: Ohne Zwischenfruchtanbau
ZF2: 2-facher Zwischenfruchtertrag

Szenario Luzernenutzung (LN):

- Standard:** Biomasse nicht abgefahren
LN1: Biomasse vom 1. Schnitt abgefahren, Ertrag Nachfrucht Winterweizen minus 6,5 %
LN2: Biomasse vom 1. und 2. Schnitt abgefahren, Ertrag Nachfrucht Winterweizen minus 10 %

Szenario Fruchtfolge (FF):

Siehe nachfolgende Tabelle:

Tabelle 7.1-3: Übersicht Szenarien Fruchtfolge (FF):

| Standard | FF1 | FF2 | FF3 |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Luzerne | Luzerne | Luzerne | Luzerne |
| Luzerne | Luzerne | Winterweizen | Winterweizen |
| Winterweizen (+Zf) | Winterweizen (+Zf) | Winterweizen (+Zf) | Winterweizen (+Zf) |
| Körnermais | Kartoffeln | Körnermais | Kartoffeln |
| Sommergerste (+Zf) | Sommergerste (+Zf) | Sommergerste (+Zf) | Sommergerste (+Zf) |
| Erbsen (+Zf) | Erbsen (+Zf) | Erbsen (+Zf) | Erbsen (+Zf) |
| Winterweizen | Winterweizen | Winterweizen | Winterweizen |
| Winterroggen/Triticale | Winterroggen/Triticale | Winterroggen/Triticale | Winterroggen/Triticale |

Zf=Zwischenfrucht

FF2 und FF3: Ertrag Winterweizen nach Winterweizen minus 10 % im Vergleich zum Ertrag des Winterweizens nach zweijähriger Luzerne in der Standardvariante.

Die Düngung mit Biotonnekompost (DV2) und Stallmist (DV3) erfolgte zu Körnermais und Winterweizen nach Erbsen. Die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten sind im Kapitel 3.3 im Detail beschrieben. Bei der Standardvariante (Mittel der Versuche S3M und S8M) wurde je Düngungsgabe 213 dt/ha Biotonnekompost und 182 dt/ha Stallmist mit 163 kg N/ha und 156 kg N/ha ausgebracht.

Einfluss von Landschaftselementen (Hecken)

Seit dem Jahr 2004 werden am Biobetrieb Rutzendorf Untersuchungen zum Ertragseinfluss einer Hecke auf die angrenzende Ackerfläche im Schlag 2/1 (TS = Transekt Süd: gut ausgebildete Bodenschutzanlage, ca. 8 Meter Höhe) durchgeführt. Die Ertragserhebungen finden in bestimmten Entfernungen zur Hecke (8, 16, 24, 40, seit 2007 auch 56, und 80 m) auf deren Leeseite (Windschattenseite) statt. Folgende Kulturen wurden in den Jahren 2004 bis 2009 beprobt: Luzerne, Winterweizen, Sonnenblumen, Winterroggen, Erbse und Winterroggen. Bei Luzerne wurden an drei Schnittterminen jeweils 4x2 m² je Entfernung händisch geschnitten, bei allen weiteren Kulturen wurde 6x2 m² je Entfernung für die Ertragsermittlung geerntet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Regression und Berechnung des Bestimmtheitsmaß (R²). Auf Basis der Trendlinie aus der Regressionsanalyse wurde der Einflussbereich auf den Ertrag und die Höhe der Ertragssteigerung durch die Bodenschutzhecke berechnet.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Biologische Wirtschaftsweise

Erträge und Qualitäten

Am Biobetrieb Rutzendorf konnten mit der umgesetzten Fruchtfolge bei allen Düngungsvarianten im Durchschnitt gute Erträge und entsprechende Qualitäten erzielt werden. Zwischen den Jahren traten jedoch große Schwankungen in der Ertragshöhe auf (

Tabelle 7.1-4). Ausschlaggebend dafür war vor allem das Wasserangebot in der Vegetationsperiode. So erreichten die Kulturen Winterweizen, Körnermais und Winterroggen in Jahren mit guter Wasserversorgung ein sehr hohes Ertragsniveau. Bei Winterweizen kam es jedoch bei geringen Frühjahrsniederschlägen und nach der Vorfrucht Luzerne mit ihrem hohen Wasserverbrauch zu deutlichen Ertragseinbußen. Dadurch sind auch die geringeren Erträge von Winterweizen nach Luzerne gegenüber Winterweizen nach Erbse und organischer Düngung zu erklären. Die Erbse konnte in den Jahren 2003 und 2008 aufgrund eines Virusbefalls und/oder starker Spätverunkrautung nicht bzw. nur teilweise geerntet werden. In die Ertragsberechnungen bei Erbse wurden daher nur Jahre bzw. Versuche mit erntbaren Kornertrag einbezogen. Wintergerste und Sonnenblumen, nur jeweils in einem Jahr angebaut, erreichten Erträge von 56,0 dt/ha bzw. 45,6 dt/ha.

Tabelle 7.1-4: Mittelwerte und Spannbreiten der Erträge der Druschfrüchte in den Kleinparzellenversuchen der Jahre 2003 bis 2009 in Abhängigkeit der Düngungsvariante (n = Anzahl der zusammengefassten Jahre).

| Kultur | Ertrag Korn, dt/ha, 86 % TM | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|
| | DV1 Mittelwert | DV2 Mittelwert | DV3 Mittelwert | DV1-DV3 Unterer Wert | DV1-DV3 Oberer Wert |
| Winterweizen, (n=5) VF Luzerne | 47,3 | 47,1 | 42,5 | 32,2 | 62,1 |
| Winterweizen, (n=4*) VF Erbse + org. Düngung | 59,7 | 61,8 | 61,7 | 55,6 | 68,5 |
| Winterroggen, (n=4) | 46,7 | 48,3 | 51,4 | 31,7 | 70,6 |
| Triticale, (n=3) | 23,9 | 24,7 | 28,3 | 17,1 | 37,2 |
| Sommergerste, (n=5) | 28,9 | 31,0 | 30,3 | 22,8 | 45,4 |
| Körnermais, (n=4) | 91,3 | 89,0 | 93,1 | 21,6 | 134,8 |
| Erbse, (n=3) | 19,6 | 17,5 | 17,7 | 8,6 | 27,5 |

TM=Trockenmasse / VF=Vorfrucht / * eine Fläche davon VF Winterweizen + org. Düngung

Beim Vergleich der Erträge der Düngungsvarianten fällt der Einfluss der Luzernenutzung auf den nachfolgenden Winterweizen auf. Die Winterweizenerträge und Proteingehalte nach zweijähriger

Luzerne mit Schnittnutzung und Abfuhr von Biomasse und Stickstoff (DV2) sind geringer als die Weizenerträge beim Mulchen der Luzerne und Belassen der Biomasse am Feld (DV1 und DV2). Innerhalb der Fruchtfolge können diese Ertragsverluste aber durch die Ertragseffekte der Stallmistdüngung (DV3) aufgehoben werden. Obwohl mit dem Biotonnekompost (DV3) zusätzliche Nährstoffe und organische Substanz in das System eingebracht werden, ist eine Düngewirkung von Biotonnekompost bisher nur tendenziell erkennbar (Tabelle 7.1-4). Bei Zusammenfassung und Umrechnung in Getreideeinheiten aller Druschfruchterträge von 2003 bis 2009 liegen die Erträge der DV2 und DV3 knapp mit 1,5 % bzw. 1,8 % über den Erträgen der DV1.

Die Proteingehalte bei Winterweizen nach Luzerne sind höher als die Gehalte des Weizens nach Erbse und organischer Düngung. Nur bei einem Versuch in einem Jahr lag der Proteingehalt unter dem Mindestwert von 12 % für Biospeiseweizen. Ansonsten wurden in allen Jahren und Versuchen die geforderten Mindestwerte (Proteingehalt: mind. 12,0 %, Hektolitergewicht: mind. 75 kg, Fallzahl: mind. 220 s) für Biospeiseweizen erreicht (AGES, 2010) (Tabelle 7.1-11, Anhang).

Die Kleinparzellenversuche sind in jedem Großschlag des Biobetriebes auf Flächen mittlerer Bodenbonität eingerichtet. Beim Vergleich der Erträge der Erhebungspartellen mit den Erträgen der Schläge zeigt sich eine hohe Übereinstimmung zwischen den beiden Ertragsaufnahmen (Abbildung 7.1-1). Die Erträge auf den Schlägen sind jedoch meist geringer und liegen im Mittel bei 83 % der Erträge in den Erhebungspartellen. Bei Getreide werden höhere Prozentwerte erreicht. Bei Hackfrüchten wie Körnermais sind die Erträge der Schläge geringer, da in den Erhebungspartellen weitgehend verlustfrei per Hand geerntet wird.

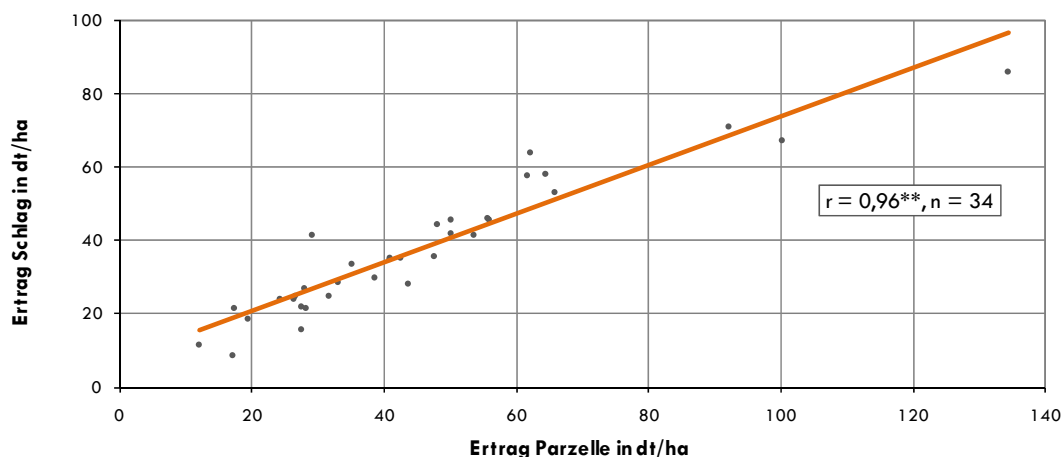


Abbildung 7.1-1: Vergleich der Druschfruchterträge in den Erhebungspartellen (DV1) mit den Erträgen auf den entsprechenden Großschlägen (2003 bis 2009, n = Anzahl der Ertragsaufnahmen, Korrelation nach Spearman).

Beim Ertragsvergleich der Erträge der Großschläge mit Praxisbetrieben liegen die Winterweizen- und Winterroggenenerträge vom Biobetrieb Rutzendorf deutlich über den jeweiligen Erträgen der Praxisbetriebe, während die Erträge bei Körnermais und Erbse annähernd gleich sind (Tabelle 7.1-5).

Tabelle 7.1-5: Vergleich der Hektarerträge am Biobetriebe Rutzendorf (Großschläge) mit Hektarerträgen von Biomarktfuchtbetrieben (Quelle: Grüner Bericht 2006 und 2009)

| Kultur | Winterweizen | Winterroggen | Körnermais | Körnererbse |
|---|--------------|--------------|------------|-------------|
| Ertrag in dt/ha Biobetrieb Rutzendorf* | 45,4 | 40,2 | 63,7 | 15,4 |
| Ertrag in dt/ha Biomarktfuchtbetriebe** | 35,6 | 24,0 | 59,1 | 13,2 |

* Mittelwerte aus den Jahren 2003 bis 2009, **Mittelwerte der Jahre 2003 bis 2008

Auf der konventionellen Referenzparzelle SK wurden in allen Erhebungsjahren konstant hohe Erträge erreicht. Hackfrüchte und Gemüse wurden beregnet, trockene Bedingungen bei Getreide, wie bei Sommerdurum im Jahr 2003, wurden mit einer Beregnungsgabe ausgeglichen. Das mittlere Ertragsniveau von Durumweizen lag bei 65,4 dt/ha. Jeweils in einem Jahr erzielten folgende Kulturen ein hohes Ertragsniveau: Winterweizen (52,5 dt/ha), Zuckerrüben (850 dt/ha), Zwiebeln (520 dt/ha) und Kartoffeln (465 dt/ha).

Bilanzen bestehender Betrieb - Düngungsvarianten

In die Bilanzberechnungen für den Biobetrieb Rutzendorf wurden die Daten von acht Kleinparzellenversuchen (S1M-S8M) der Jahre 2003 bis 2009 einbezogen. In Tabelle 7.1-6 sind die Mittelwerte der Bilanzsalden und weiterer wichtiger Nachhaltigkeitskennzahlen für die Düngungsvarianten 1 bis 3 zusammenfassend dargestellt. Die Werte werden getrennt für die Zeiträume 2003 bis 2009 und 2005 bis 2009 ausgewiesen, da in den Jahren 2003 und 2004 der Luzerneanteil der Fruchtfolge mit 56 % (mittlerer Anteil über beide Jahre) deutlich erhöht war. Ab dem Jahr 2005 liegt der Luzerneanteil in der Fruchtfolge konstant bei 25 %. Die Körnerleguminose Erbse wurde im Schnitt in beiden Zeitperioden auf 10 % der Fläche angebaut (siehe auch Fruchtfolgeübersicht im Kapitel 3.1.1). Für die Nachhaltigkeitsbewertung des Betriebes werden daher die Ergebnisse des Zeitraums 2005 bis 2009 herangezogen.

Das Ertrags-Niveau, ausgedrückt in Energiebindung und Ernteertrag, ist bei den DV1 und DV2 annähernd gleich. Die DV3 weist im Vergleich dazu deutlich höhere Erträge auf, da in die Berechnung auch der Ertrag der abgeführten Luzerne und des Getreidestrohs mit einbezogen ist.

Tabelle 7.1-6: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der am Biobetrieb geprüften Düngungsvarianten 1 bis 3 (Jahre 2005 bis 2009 und 2003 bis 2009)

| Ertrags-Niveau | ME | DV1 | | DV2 | | DV3 | |
|--------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 2005-09 | 2003-09 | 2005-09 | 2003-09 | 2005-09 | 2003-09 |
| Energiebindung (HP+NP) | GJ ha ⁻¹ | 51.8 | 44.5 | 52.2 | 45.0 | 113.1 | 106.8 |
| Ernteertrag (HP+NP) | GE ha ⁻¹ | 34.8 | 29.8 | 35.1 | 30.1 | 47.9 | 44.0 |
| Intensitäts-Indikatoren | | | | | | | |
| Humussaldo | kg C ha ⁻¹ | 82 | 201 | 403 | 469 | 75 | 158 |
| Humusversorgungsgrad | % | 117 | 149 | 180 | 211 | 115 | 138 |
| Versorgungsstufe | | C | D | E | E | C | D |
| N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 48 | 64 | 60 | 75 | 16 | 25 |
| N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 55 | 83 | 98 | 119 | 23 | 40 |
| N-Ausnutzung | % | 74 | 66 | 62 | 58 | 87 | 81 |
| P-Saldo | kg P ha ⁻¹ | -10 | -9 | -2 | -2 | -8 | -9 |
| K-Saldo | kg K ha ⁻¹ | -15 | -13 | 14 | 12 | 7 | -12 |
| Energie-Input | GJ ha ⁻¹ | 4.4 | 4.1 | 5.6 | 5.1 | 7.1 | 6.5 |
| Energieintensität | MJ GE ⁻¹ | 126 | 136 | 159 | 169 | 149 | 148 |
| Output/Input-Verhältnis | | 11 | 10 | 9 | 8 | 16 | 16 |
| C-Sequestrierung* | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | -306 | -739 | -1474 | -1718 | -274 | -579 |
| Treibhauspotenzial flächenbez. | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | 1324 | 1036 | 492 | 343 | 1345 | 1148 |
| Treibhauspotenzial produktbez. | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | 26 | 23 | 9 | 8 | 12 | 11 |

HP...Hauptprodukt, NP...Nebenprodukt

*Positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von im Boden gebundenem C an die Atmosphäre, negative Werte einen Humusaufbau und die Rückbindung von C aus der Atmosphäre in den Boden.

Bewertung Humussaldo: Mit einem Humussaldo von 82 kg C ha⁻¹ bei der DV1 und 75 kg C ha⁻¹ bei der DV3 wird die optimale ökologische Bewertung erreicht. Der Humussaldo der DV2 ist mit 403 kg C ha⁻¹ deutlich höher und fällt damit in die Versorgungsstufe E (sehr hoch: > 300 kg Humus-C ha⁻¹ a⁻¹), bei welcher die Gefahr von erhöhtem Stickstoffverlustrisiko und niedriger N-Effizienz besteht.

Der Humussaldo ergibt sich aus der Gegenüberstellung von Humusbedarf und Humusersatzleistung. Die drei Düngungsvarianten weisen vor allem aufgrund der einheitlichen Fruchtfolge einen gleichen Humusbedarf auf. Die Unterschiede im Humussaldo sind daher auf die Humusersatzleistung der Varianten zurückzuführen. Bei der DV2 erfolgt eine zusätzliche 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). Der Stickstoff im Kompost ist zu ca. 90 % organisch gebundenen und damit das Stickstoffverlustrisiko deutlich verringert. Deshalb ist der hohe Humusbilanzsaldo 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).

Bei der DV3 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 und Kohlenstoff im Mist wurde für die DV1 und DV3 ein annähernd gleicher Humussaldo berechnet, was auf die höhere Humuswirkung von Rottemist gegenüber der Gründüngung mit Luzerne zurückzuführen ist (Leithold et al. 1997).

Bewertung N-Saldo: Beim N-Saldo gibt das Modell REPRO einen Optimalbereich zwischen 0 bis 50 kg N ha⁻¹ a⁻¹ an, wobei die Veränderung des Boden-Norg-Vorrats („Δ Bodenvorrat“) enthalten bzw. berücksichtigt ist (KTBL 2009). Mit 48 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (DV1) und 16 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (DV3) liegen diese beiden Varianten im optimalen Bereich, die DV2 überschreitet mit 60 kg N ha⁻¹ a⁻¹ das Optimum nur geringfügig und bekommt einen Normwert nahe 1.

Der N-Saldo ist bei der DV2 am höchsten, da hier zusätzlich zur Luftstickstoffbindung über Leguminosen, Stickstoff über den Biotonnekompost in den Boden eingebracht wird. Der niedrige N-Saldo bei der DV3 kommt dadurch zustande, dass große Mengen an Stickstoff über die Luzernebiomasse mit ihren hohen N-Gehalten und über Getreidestroh von der Fläche abgefahren werden. Über den Rottemist wird weniger Stickstoff auf die Flächen rückgeführt, da es zu N-Verlusten in der Tierhaltung und bei der Lagerung und Aufbereitung des Rindermistes kommt. Mit einer Stickstoffausnutzung von 87 % wird bei dieser Variante der zur Verfügung stehende Stickstoff jedoch optimal genutzt und in Ertrag umgesetzt. Alle drei Düngungsvarianten weisen einen positiven Wert beim „Δ Bodenvorrat“ auf. Bei einem hohen Humussaldo fließt entsprechend viel Stickstoff in den Boden-Norg-Vorrat ein, der nur langsam mineralisiert wird. Das N-Verlustpotential wird insgesamt verringert.

Die Berechnung der N₂-Fixierung mit dem Modell REPRO erfolgt unter der Annahme, dass die Fixierungsleistung mit wachsendem Ertrag proportional ansteigt. Das Modell nimmt intern für Luzerne-Gras-Gemenge einen Anteil von aus der Luft gebundenem Stickstoff (Nd_{fa} = 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 Nd_{fa}-Werte aufgrund von Trockenheit aber geringer einzustufen. Pietsch et al. (2007) haben im Marchfeld Nd_{fa}-Werte von 27 % bis 56 % (Mittelwert: 42 %) in normalen bis trockenen Jahren ermittelt. Daher überschätzt das Programm REPRO für den Standort Rutzendorf die symbiontische Stickstoff-Fixierung, vor allem bei trockenen Bedingungen in der Vegetationsperiode. Die tatsächlichen Werte der N₂-Fixierung dürften daher um bis zu 50 % geringer sein. Das Modell wird daher entsprechend geändert und eine Anpassung der Nd_{fa}-Werte ermöglicht. Bei der nächsten Auswertung 2011 wird die angepasste N₂-Fixierung berücksichtigt.

Bewertung P- und K-Saldo: Die P-Bilanzsalden sind bei allen drei Düngungsvarianten leicht negativ. Während der Saldo der DV2 mit $-2 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ noch im optimalen Bereich ($-5 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bis $5 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) liegt, sind die Salden der DV1 ($-10 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) und DV2 ($-8 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) im tolerierbaren Bereich einzustufen. Werte in diesem Bereich werden je nach Höhe mit Normwerten von 0,75 bis 0,99 bewertet. Bei der Kaliumbilanz weist die DV1 einen negativen Wert auf ($-15 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) auf, der Boden verfügt jedoch über einen ausreichenden Vorrat. Die Düngungsvarianten 2 und 3 erzielen einen positiven Kaliumbilanzsaldo (14 bzw. $7 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), wobei alle Werte innerhalb des Optimalbereiches liegen. Nur bei DV2 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 über einen externen organischen Dünger erfolgt. Der positive Kaliumsaldo der DV3 ist durch zwei Faktoren erklärbar: es wird Rindermist in entsprechender Menge der Luzerne- und Strohabfuhr abzüglich geschätzter Verluste von einem Partnerbetrieb zugekauft. Der Mist stammt vom einem Tiefstallsystem, der aufgrund des enthaltenen Urins hohe Kaliumgehalte aufweist (Stein-Bachinger et al. 2004).

Bewertung Energiebilanz: Die Bilanzwerte für die Energieintensität der Düngungsvarianten liegen zwischen 126 MJ GE^{-1} und 159 MJ GE^{-1} und sind damit als optimal einzustufen (Optimalbereich: $< 200 \text{ MJ GE}^{-1}$). Damit erreichen alle Düngungsvarianten ein sehr gutes Verhältnis zwischen eingesetzter fossiler Energie und erzieltm Ertrag. Der Einsatz und die Ausbringung von organischem Dünger (DV2 und DV3) und Ernte von Luzerne und Stroh (DV3) führt zu einem höheren Energie-Einsatz als bei DV1, bei der die Luzerne nur gemulcht wird und keine zusätzliche Düngung erfolgt.

Bewertung Treibhausgasemissionen: Während die DV2 und DV3 eine optimale Bewertung hinsichtlich des produktbezogenen Treibhauspotentials erreichen (9 bzw. $12 \text{ kg CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$), liegt die DV1 mit $26 \text{ kg CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$ deutlich über dem Optimalbereich von $< 15 \text{ kg CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$. Durch den Komposteinsatz bei der DV2 wird eine hohe Speicherung von CO_2 im Boden erreicht und damit das Treibhauspotential stark gesenkt. Bei der DV3 führt der höhere Ertrag durch die Luzerne- und Strohabfuhr zu einem niedrigen produktbezogenen Treibhauspotential, der flächenbezogenen Treibhausgasausstoß dieser Variante liegt mit $1345 \text{ kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ hingegen auf gleichem Niveau wie DV1 mit $1324 \text{ kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$. Die DV2 weist mit $492 \text{ kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ die geringsten Emissionen je Hektar auf. Bei allen drei Varianten kommt es zu einer C-Anreicherung im Boden. Diese Zusammenhänge macht auch die Abbildung 7.1-2 deutlich, in der die MUBIL Ergebnisse Bilanzwerten von zahlreichen Realbetrieben gegenübergestellt werden (Schmid 2010, unveröffentlicht). Die MUBIL Werte werden mit und ohne Berücksichtigung der C-Sequestrierung ausgewiesen. Die Vergleichsbetriebe sind 63 konventionelle und 39 biologische Betriebe aus Deutschland und umfassen Betriebe aller Regionen und Betriebstypen. Aufgrund ihres Energieeinsatzes wurden die Betriebe in einen Low- ($< 10 \text{ GJ ha}^{-1}$) und einen High-Input ($> 10 \text{ GJ ha}^{-1}$) Bereich geteilt, wobei alle Biobetriebe bis auf 3 Betriebe in den Low-Input Bereich fallen.

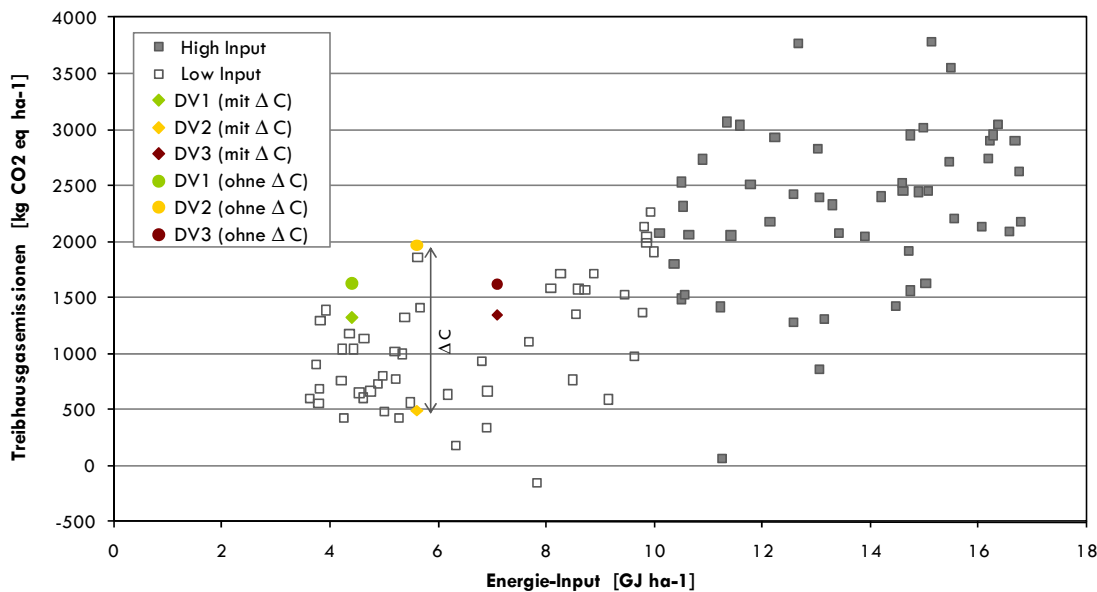


Abbildung 7.1-2: Flächenbezogenes Treibhausgaspotential in Abhängigkeit des Energieeinsatz vom Biobetrieb Rutzendorf (DV1 bis DV3, mit und ohne Berücksichtigung der C-Sequestrierung) und Praxisbetrieben aus Deutschland, n=102 (Quelle: Schmid 2010, unveröffentlicht)

Die Bewertung der berechneten Bilanzsalden der DV1 bis DV3 (Jahre 2005 bis 2009) auf Grundlage der spezifischen Bewertungsfunktionen ist in Abbildung 7.1-4 (Anhang) zusammengefasst. Die Bewertung erfolgt zwischen 0 und 1, wobei 0 die ungünstigste, 1 die günstigste Situation (nachhaltige Entwicklung) darstellt.

Beim Vergleich der Bilanzwerte des Zeitraums 2005 bis 2009 mit dem Zeitraum 2003 bis 2009 (siehe Tabelle 7.1-6), wird der Einfluss des verstärkten Luzerneanbaus in den Jahren 2003 und 2004 ersichtlich. Die Erträge sind bei der Auswertung der längeren Zeitperiode geringer, da die Luzerne, wenn sie gemulcht wird und am Feld verbleibt, nicht als Ertrag gerechnet wird. Bei der DV3 konnte die Luzerne im ersten Jahr nicht geerntet werden, damit wurde der Gesamtertrag dieser Variante ebenfalls reduziert. Der Humussaldo und der N-Saldo sind hingegen deutlich erhöht. Futterleguminosen, wie Luzerne, weisen eine hohe C-Speicherung im Boden und eine hohe N_2 -Fixierleistung auf. In Feldversuchen wurde eine C-Speicherung von Luzerne von 0,39 bis 0,74 $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$ festgestellt (Robertson et al. 2003, Meyer-Aurich 2006, Su 2006). Nach Freyer et al. (2005) kann die Stickstofffixierungsleistung von Luzerne(-gras) in Abhängigkeit unterschiedlicher Faktoren, wie z.B. Nutzungsform und Standortbedingungen, zwischen 80 und 350 $kg\ ha^{-1}\ a^{-1}$ liegen. Die Energieintensität bleibt bei allen Düngungsvarianten weitgehend auf gleichem Niveau. Das Treibhausgaspotential auf Produktebene wird geringfügig reduziert, eine deutliche Verringerung ist bei allen Düngungsvarianten bei den flächenbezogenen Treibhausgasemissionen aufgrund der höheren C-Sequestrierung durch den höheren Anteil an Luzerne zu verzeichnen.

Bilanzen bestehender Betrieb - Referenzflächen

Neben der gesamtbetrieblichen Bewertung ist auch eine Beurteilung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung auf Einzelschlägen möglich und sinnvoll. In Tabelle 7.1-7 sind die Bilanzergebnisse des Kleinparzellenversuches S1M und der Referenzparzellen S1G und SK zusammenfassend dargestellt.

Zu den biologischen bewirtschafteten Flächen S1M und S1G ist anzumerken, dass Bilanzen grundsätzlich für eine ganze Fruchtfolge berechnet werden sollen. Bei diesen Erhebungsflächen ist das letzte Jahr der 8-feldrigen Fruchtfolge noch ausständig. Im Vordergrund der Betrachtungen steht daher der Vergleich von S1M mit einer Ackerzahl von 77 mit S1G, der Referenzfläche mit einer geringeren Bodenbonität und

der Ackerzahl 44. Beide Flächen liegen auf einem Schlag und weisen daher eine identische Fruchtfolge und die gleichen Bewirtschaftungsmaßnahmen auf. Der Ernteertrag in Getreideeinheiten von S1G-DV1 liegt aufgrund der geringeren Bodenbonität um ca. 18 % unter dem Ertrag von S1M-DV1. Entsprechend dieser Ertragsdifferenz liegen die Veränderungen auch bei den ermittelten Bilanzsalden in einem Bereich von ca. 10 bis 20 %.

Tabelle 7.1-7: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren des Kleinparzellenversuchs S1M und den Referenzflächen S1G und SK (Schlagebene, Jahre 2003 bis 2009).

| Ertrags-Niveau | ME | S1M DV1 | S1M DV2 | S1M DV3 | S1G DV1 | SK MD |
|--------------------------------|--|------------|------------|------------|------------|----------|
| Energiebindung (HP+NP) | GJ ha ⁻¹ | 64.3 | 65.5 | 125.9 | 53.1 | 143.8 |
| Ernteertrag (HP+NP) | GE ha ⁻¹ | 42.2 | 42.9 | 57.3 | 34.8 | 107.2 |
| Intensitäts-Indikatoren | | | | | | |
| Humussaldo | kg C ha ⁻¹ | 52 | 383 | 64 | 46 | -383 |
| Humusversorgungsgrad | % | 110 | 172 | 113 | 109 | 48 |
| Versorgungsstufe | | C | E | C | C | A |
| N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 70 | 83 | 17 | 83 | 40 |
| N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 76 | 120 | 23 | 87 | 4 |
| P-Saldo | kg P ha ⁻¹ | -13 | -2 | -11 | -10 | -11 |
| K-Saldo | kg K ha ⁻¹ | -17 | 18 | -2 | -13 | -19 |
| Energie-Input | GJ ha ⁻¹ | 4.1 | 5.6 | 7.0 | 4.1 | 13.4 |
| Energieintensität | MJ GE ⁻¹ | 100 | 134 | 124 | 121 | 128 |
| Output/Input-Verhältnis | | 15 | 11 | 18 | 12 | 10 |
| C-Sequestrierung* | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | -196 | -1415 | -229 | -161 | 1407 |
| Treibhauspotenzial flächenbez. | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | 1596 | 702 | 1393 | 1551 | 3627 |
| Treibhauspotenzial produktbez. | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | 25 | 11 | 11 | 29 | 25 |

HP...Hauptprodukt, NP...Nebenprodukt

*Positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von im Boden gebundenem C an die Atmosphäre, negative Werte einen Humusaufbau und die Rückbindung von C aus der Atmosphäre in den Boden.

Bei der konventionellen Referenzfläche SK (mit einer Ackerzahl von 69) gibt es keinen fixen Fruchtfolgerahmen mit Boden aufbauenden Früchten. Eine Bewertung der Bilanzsalden ist daher möglich.

Mit den eingesetzten Produktionsmittel und den Beregnungsgaben wurden ein sehr hoher durchschnittlicher Ernteertrag und eine hohe Energiebindung erreicht. Die Fruchtfolge besteht zur Hälfte aus Hackfrüchten mit einem hohen Humusbedarf. Die Humusersatzleistung ist aufgrund des Fehlens von humusmehrenden Fruchtarten, wie Futter- oder Körnerleguminosen, und organischen Düngern gering. In Summe ergibt die Humusbilanz daher einen negativen Saldo von -383 kg C ha⁻¹ (Versorgungsstufe A = sehr niedrig). Humus wird abgebaut. Damit werden langfristig die Bodenfunktionen ungünstig beeinflusst. Die Nährstoffabfuhr werden mit Mineraldüngern ausgeglichen, der N- und der K-Bilanzsaldo liegen daher im Optimalbereich und der P-Bilanzsaldo im tolerierbaren Bereich. Der Energieeinsatz aber auch die Erträge sind hoch. Die Energieintensität des Schlages ist daher gut und bekommt die höchste Bewertung. Beim produktbezogenen Treibhausgaspotential wird der Optimalbereich von < 15 kg CO₂ eq GJ⁻¹ nicht erreicht, auch die Treibhausgasemissionen je Hektar liegen mit 3627 kg CO₂ eq ha⁻¹ im oberen Bereich (Abbildung 7.1-2).

Für die Erhebungsflächen S1M-DV1 und SK sind in Tabelle 7.1-12 (Anhang) die Berechnungen mittels der dynamische Humuseinheiten (HE)-Methode den Berechnungen mittels der statischen Humuseinheiten (HE)-Methode und der VDLUFA-Methode gegenübergestellt. Die Ergebnisse unterscheiden sich deutlich. 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 VDLUFA. Bei S1M erfolgt ein Sprung in den Versorgungsstufen von „optimal“ (HE-Methode dynamisch) zu „sehr hoch“ (VDLUFA-Methode). Diese unterschiedlichen Ergebnisse

in den Methoden sind vor allem auf ihre differente Bewertung des Humusbedarfs der humuszehrenden Fruchtarten zurückzuführen. Die VDLUFA-Methode wurde für konventionelle, nicht für biologisch wirtschaftende Betriebe entwickelt. Sie überschätzt daher methodisch bedingt im biologischen Landbau.

Bilanzen Szenarien

Auf der Datenbasis von zwei Kleinparzellenversuchen (S3M und S8M) am Biobetrieb Rutzendorf wurden Bilanzen berechnet und die Ergebnisse als Standardvariante festgelegt. Durch Veränderung des Ertragsniveaus (Szenario Zwischenfrucht), der Abfuhr der Luzerne (Szenario Luzernenutzung) und der Veränderung der Kulturen in der Fruchtfolge (Szenario Fruchtfolge) dieser Standardvariante wird der Einfluss einzelner Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die agrarökologischen Indikatoren sichtbar gemacht. Die Veränderungen der Indikatoren durch die Szenarien gehen in allen Düngungsvarianten in die gleiche Richtung, jedoch auf unterschiedlichem Niveau. Daher werden in erster Linie die Ergebnisse der Szenarienberechnungen der DV1 (Tabelle 7.1-8 und Tabelle 7.1-9) beschrieben, auf Besonderheiten bei den Berechnungen der Düngungsvarianten 2 und 3 (siehe Tabelle 7.1 13 bis Tabelle 7.1 15, Anhang) wird hingewiesen.

Szenario Zwischenfrucht: Eine Zwischenfrucht wurde in drei der acht Fruchtfolgejahre eingebunden (Tabelle 7.1-8). Die Anlage erfolgte jeweils im August nach der Hauptfruchternte, die Bodenbearbeitung wurde im Spätherbst des Anlagejahres durchgeführt, was der ÖPUL Begrünungsvariante A entspricht. Nur beim Zwischenfruchtanbau nach Erbse (zusätzlich zur Ausfallerbse) wurde der Bestand kurz vor dem Winterweizenanbau eingearbeitet. Der Ertrag der oberirdischen Biomasse der Zwischenfrüchte liegt bei der Standardvariante im Mittel bei 15,0 dt/ha Trockenmasse. Das Szenario ZF2 mit doppeltem Zwischenfruchtertrag geht daher von einem Biomasseertrag von 30,0 dt/ha aus. Die Zwischenfruchtentwicklung und damit der Ertrag wurden häufig von trockenen Keimbedingungen und teilweise von später Saat, vor allem für die enthaltenen Leguminosen, beeinträchtigt. Bei besseren Bodenbedingungen und vorverlegter Aussaat sind höhere Ernteerträge möglich. Die Erträge, wie im Szenario angenommen, wurden auch bei verschiedenen Erhebungen mit ähnlichen Zwischenfruchtkulturen und -mischungen wie in Rutzendorf festgestellt (Rinnofner et al. 2008, wpa & BAW 2009).

Das Ertragsniveau ändert sich im Vergleich zur Standardvariante nicht, da der Zwischenfruchtaufwuchs nicht abgefahren wird, sondern am Feld verbleibt. Mit dem Zwischenfruchtanbau und dem erzielten Biomasseertrag kann der Humussaldo deutlich beeinflusst werden. So liegt der Humussaldo der Fruchtfolge ohne Zwischenfruchtanbau (ZF1) bei -6 kg C ha^{-1} , mit Zwischenfruchtanbau wird bei guter Bestandesentwicklung (ZF2 - zweifacher Zwischenfruchtertrag im Vergleich zur Standardvariante) ein Humussaldo von 125 kg C ha^{-1} erreicht (Standardvariante: 70 kg C ha^{-1}). Der N-Saldo wird nur geringfügig verändert, da der mittlere Leguminosenanteil der Zwischenfruchtgemenge im Herbst unmittelbar vor dem Mulchen bzw. der Einarbeitung nur bei 22 % lag. Die gesamte N_2 -Fixierungsleistung der Fruchtfolge der Standardvariante liegt bei $76,3 \text{ kg N ha}^{-1}$. Im Vergleich dazu hat sich die Fixierleistung bei ZF1 um 9,7 % verringert und bei ZF2 nur um 4,6 % erhöht. Da keine Abfuhr der Zwischenfrüchte erfolgt und die zugeführten Nährstoffmengen mit dem Saatgut gering sind, haben sich die P- und Kaliumsalde nicht verändert. Zwischenfrüchte haben aber eine wichtige Bedeutung für die Erhöhung der Verfügbarkeit dieser Nährstoffe im Boden. Die Energieintensität bleibt weitgehend konstant. Aufgrund des Beitrags der Zwischenfrüchte zur C-Speicherung im Boden wird der Treibhausgasausstoß erhöht (ZF1) bzw. verringert (ZF2).

Tabelle 7.1-8: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Zwischenfrucht (ZF) und Luzernenutzung (LN) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV1 (Gründüngung).

| Szenarien | ME | Standard | Zwischenfrucht (ZF) | | Luzernenutzung (LN) | |
|--------------------------------|--|----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | | MW | ZF1 MW | ZF2 MW | LN1 MW | LN2 MW |
| Energiebindung (HP+NP) | GJ ha ⁻¹ | 49.2 | 49.2 | 49.2 | 67.2 | 76.7 |
| Ernteertrag (HP+NP) | GE ha ⁻¹ | 32.9 | 32.9 | 32.9 | 38.0 | 40.7 |
| Intensitäts-Indikatoren | | | | | | |
| Humussaldo | kg C ha ⁻¹ | 70 | -6 | 125 | 9 | -26 |
| Humusversorgungsgrad | % | 115 | 99 | 128 | 102 | 95 |
| Versorgungsstufe | | C | C | D | C | C |
| N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 29 | 28 | 27 | 5 | -7 |
| N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 35 | 28 | 39 | 6 | -10 |
| P-Saldo | kg P ha ⁻¹ | -10 | -10 | -10 | -13 | -14 |
| K-Saldo | kg K ha ⁻¹ | -14 | -14 | -14 | -39 | -52 |
| Energie-Input | GJ ha ⁻¹ | 4.2 | 3.7 | 4.5 | 4.5 | 4.7 |
| Energieintensität | MJ GE ⁻¹ | 137 | 120 | 147 | 124 | 121 |
| Output/Input-Verhältnis | | 11 | 13 | 10 | 15 | 16 |
| C-Sequestrierung* | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | -257 | 31 | -456 | -29 | 90 |
| Treibhauspotenzial flächenbez. | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | 1127 | 1226 | 955 | 1195 | 1511 |
| Treibhauspotenzial produktbez. | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | 23 | 25 | 19 | 18 | 20 |

ZF1 = ohne Zwischenfruchtanbau, ZF2 = 2-facher Zwischenfruchtertrag

LN1 = 1. Schnitt abgefahren, LN2 = 1. und 2. Schnitt abgefahren

HP = Hauptprodukt, NP=Nebenprodukt

*Positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von im Boden gebundenem C an die Atmosphäre, negative Werte einen Humusaufbau und die Rückbindung von C aus der Atmosphäre in den Boden.

Szenario Luzernenutzung: Das Szenario Luzernenutzung wurde nur für die DV1 und DV2 berechnet, da bei der DV3 schon bei der Standardvariante der gesamte Luzerneaufwuchs vom Feld abgefahren wird. Bei DV1 und DV2 im Szenario erfolgt jedoch keine Rückfuhr der Luzerne als Mist, wie im Systemansatz der DV3. Gegenüber keiner Luzernenutzung bei der Standardvariante wird der Ernteertrag durch das zusätzliche Erntegut von der Luzerne bei beiden Szenarien gesteigert. Die Gesamtmenge des Luzerneaufwuchses beträgt bei der Standardvariante im Mittel der Jahre und Versuche 69,7 dt/ha Trockenmasse. Bei Ernte vom ersten Luzerneschnitt (LN1) werden 58 % des Gesamtertrages (40,7 dt/ha), bei Ernte vom ersten und zweiten Schnitt (LN2) 89 % des Gesamtertrages (61,9 dt/ha) von der Fläche abgefahren (Tabelle 7.1-8).

Mit dem Erntegut wird auch ein wesentlicher Teil an organischer Substanz, Kohlenstoff und Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium) von der Fläche exportiert. Durch die Abfuhr von Kohlenstoff wird der Humussaldo bei beiden Szenarien deutlich verringert, die Einstufung bleibt jedoch in der optimalen Versorgungsstufe C. Während der N-Saldo bei LN1 mit 5 kg N ha⁻¹ noch leicht positiv bleibt, führt die N-Abfuhr über die Luzernebiomasse im Szenario LN2 zu einem negativen N-Saldo von -7 kg N ha⁻¹, der geringfügig außerhalb des optimalen Nachhaltigkeitsbereichs liegt. Der Kaliumsaldo steigert sich sowohl bei LN1 als auch bei LN2 deutlich in den negativen Bereich. Die Energieintensität wird bei beiden Szenarien hingegen wenig beeinflusst. Die Luzernenutzung hat auch Einfluss auf die Treibhausgasemissionen. Während das produktbezogene Treibhausgaspotential durch den höheren Ertrag sinkt, steigt das Treibhausgaspotential je Hektar insbesondere bei LN2 an. Der Grund dafür ist vor allem, dass es bei LN2 zu einer C-Abreicherung im Boden von 90 kg CO₂ eq ha⁻¹ kommt, während die Standardvariante jährlich 257 kg CO₂ eq ha⁻¹ im Boden speichert. Bei der DV2 werden die Auswirkungen der Luzernenutzung durch die zusätzliche Zufuhr von Kompost abgepuffert, die Bewertung bleibt daher bei allen ökologischen Indikatoren konstant (Tabelle 7.1-13, Anhang).

Szenario Fruchtfolge: Bei den Szenarien FF1 und FF3 wurde der Körnermais durch die Kartoffel ersetzt, da die Kartoffel eine wichtige Kultur im Biolandbau ist und auch eine höhere Humuszehnung als Körnermais aufweist. Der Knollenertrag wurde mit 275 dt/ha angenommen. Bei den Szenarien FF2 und FF3 wurde der Luzerneanteil in der Fruchtfolge von 25 % auf 12,5 % reduziert und stattdessen Winterweizen eingebunden (Tabelle 7.1-9).

Tabelle 7.1-9: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Fruchtfolge (FF) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV1 (Gründung).

| Szenarien | Ertrags-Niveau | ME | Fruchtfolge (FF) | | | |
|--------------------------------|----------------|--|------------------|------|------|------|
| | | | Standard | FF1 | FF2 | FF3 |
| | | | MW | MW | MW | MW |
| Energiebindung (HP+NP) | | GJ ha ⁻¹ | 49.2 | 48.1 | 58.0 | 57.1 |
| Ernteertrag (HP+NP) | | GE ha ⁻¹ | 32.9 | 31.9 | 38.7 | 38.0 |
| Intensitäts-Indikatoren | | | | | | |
| Humussaldo | | kg C ha ⁻¹ | 70 | 6 | -131 | -197 |
| Humusversorgungsgrad | | % | 115 | 101 | 77 | 68 |
| Versorgungsstufe | | | C | C | B | B |
| N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) | | kg N ha ⁻¹ | 29 | 40 | 3 | 14 |
| N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat) | | kg N ha ⁻¹ | 35 | 40 | -9 | -4 |
| P-Saldo | | kg P ha ⁻¹ | -10 | -8 | -12 | -10 |
| K-Saldo | | kg K ha ⁻¹ | -14 | -26 | -16 | -29 |
| Energie-Input | | GJ ha ⁻¹ | 4.2 | 6.1 | 4.7 | 6.6 |
| Energieintensität | | MJ GE ⁻¹ | 137 | 221 | 175 | 229 |
| Output/Input-Verhältnis | | | 11 | 7 | 13 | 10 |
| C-Sequestrierung* | | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | -257 | -15 | 480 | 722 |
| Treibhauspotenzial flächenbez. | | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | 1127 | 1542 | 1573 | 1988 |
| Treibhauspotenzial produktbez. | | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | 23 | 32 | 27 | 35 |

FF1 = Kartoffel statt Körnermais

FF2 = Winterweizen statt zweites Luzernejahr, Körnermais bleibt

FF3 = Winterweizen statt zweites Luzernejahr, Kartoffel statt Körnermais

HP=Hauptprodukt, NP=Nebenprodukt

*Positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von im Boden gebundenem C an die Atmosphäre, negative Werte einen Humusaufbau und die Rückbindung von C aus der Atmosphäre in den Boden.

Der Humussaldo wird durch den Kartoffelanbau (FF1) von 70 kg C ha⁻¹ auf 6 kg C ha⁻¹ reduziert, bleibt aber deutlich in der optimalen Versorgungsstufe C. Auch die Werte der Bilanzsalden von N, P und K ändern sich, was aber keinen Einfluss auf die gute ökologische Bewertung dieser Indikatoren wie bei der Standardvariante hat. Die Energieintensität erhöht sich aufgrund des gestiegenen Energieeinsatzes und des um eine Getreideeinheit je ha⁻¹ geringeren Ertrages und verfehlt dadurch mit 221 MJ GE⁻¹ knapp den optimalen Bewertungsbereich. Durch den Kartoffelanbau erhöht sich sowohl das produkt- als auch das flächenbezogene Treibhausgaspotential im Vergleich zur Standardvariante. Gründe dafür sind der höhere Einsatz an fossiler Energie und die um 242 kg CO₂ eq ha⁻¹ im Vergleich zur Standardvariante geringere C-Sequestrierung im Boden.

Die Fruchtfolgeszenarien FF2 und FF3 erreichen einen höheren Ernteertrag, da mit Winterweizen eine zusätzliche Marktfrucht statt Luzerne in die Fruchtfolge eingebunden wurde. Die Luzerne fehlt aber als humusmehrende Frucht, die Humusbilanzierung ergibt daher in beiden Szenarien einen negativen Wert und einen Sprung in die Versorgungsstufe B. Der Humussaldo in dieser Versorgungsstufe wird als mittelfristig tolerierbar, vor allem auf mit Humus angereicherten Böden, eingestuft. Der N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) wird aufgrund der reduzierten N-Fixierung bei nur einjähriger Luzerne ebenfalls verringert, bleibt aber im optimalen ökologischen Bewertungsbereich. Die Energieintensität steigt in beiden Szenarien an. Bei FF2 bleibt der berechnete Wert jedoch im optimalen Bewertungsbereich, bei FF3 wird

ein Wert von 229 MJ GE^{-1} berechnet, der geringfügig außerhalb des Optimalbereichs liegt. In beiden Szenarien erhöht sich der Treibhausgasausstoß, sowohl produkt- als auch flächenbezogen. Ausschlaggebend dafür ist vor allem, dass Humus in beiden Fruchtfolgeszenarien abgebaut und damit CO_2 aus dem Boden freigesetzt wird. Im Vergleich mit biologischen und konventionellen Praxisbetrieben liegen die flächenbezogenen Treibhausgasemissionen dieser Szenarien aber im mittleren Bereich (vgl. Abbildung 7.1-2).

Die Bewertung der berechneten Bilanzsalden der Standardvariante (DV1) im Vergleich zu den Szenarien FF2-DV1 und FF3-DV1 auf Grundlage der spezifischen Bewertungsfunktionen ist in Abbildung 7.1-3 dargestellt. Die Bewertung erfolgt zwischen 0 und 1, wobei 0 die ungünstigste, 1 die günstigste Situation (nachhaltige Entwicklung) darstellt.

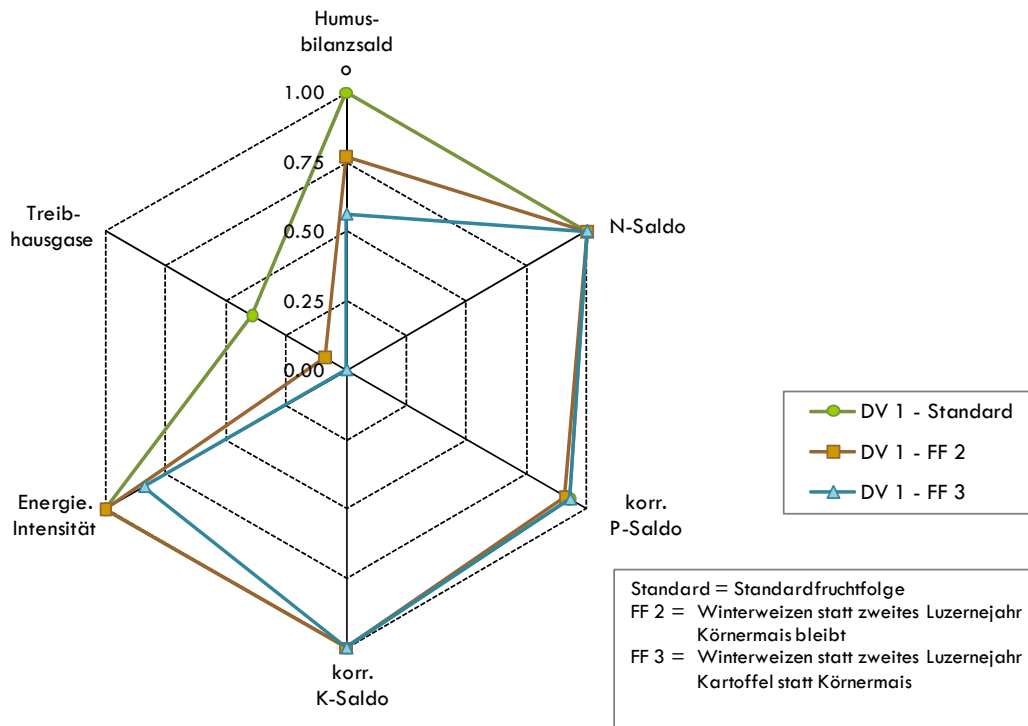


Abbildung 7.1-3: Bewertung der ökologischen Indikatoren der Fruchtfolgeszenarien FF2 und FF3 im Vergleich zur Standardvariante bei der DV1

Bei der DV2 (Gründüngung + Biotonnekompost) werden die Auswirkungen der Reduktion des Luzerneanteils und der Einbindung der Kartoffel durch die Düngung mit Kompost und damit Zufuhr von Kohlenstoff und Nährstoffen weitgehend ausgeglichen (Tabelle 7.1-14, Anhang). So werden die Humusbilanzsalden in den Szenarien FF2 und FF3 im Vergleich zum Standard dieser Düngungsvariante zwar deutlich verringert, bleiben aber in einer hohen Versorgungsstufe. Auch die C-Speicherung im Boden wird deutlich gesenkt. Da jedoch noch C in den Boden eingebracht wird, kann der Treibhausgasausstoß auch bei den Fruchtfolgeszenarien dieser Variante als gering eingestuft werden. Bei der DV3 (Futternutzung + Stallmist) sind die Veränderungen der Fruchtfolgeszenarien (FF1 bis FF3) zur Standardvariante vergleichbar mit den Veränderungen der Szenarien wie bei der DV1 (Gründüngung) (Tabelle 7.1 15, Anhang).

Ertragseinfluss einer Hecke in angrenzende Ackerflächen

Bei den Erhebungen zum Einfluss einer Bodenschutzhecke auf eine angrenzende Ackerfläche, wurde in drei von sechs Untersuchungsjahren ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe des Ertrages und der Entfernung zur Hecke festgestellt.

Bei Luzerne, Winterweizen und Sonnenblumen stieg der Ertrag mit zunehmender Nähe zur Hecke an. Die Ertragshöhe des Winterroggens wurde sowohl im Jahr 2007 als auch im Jahr 2009 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. Die Ergebnisse sind bemerkenswert, da das Frühjahr in beiden Jahren sehr warm war und damit auch mit einer höheren Verdunstung zu rechnen ist. Es gab in den beiden Jahren unterdurchschnittliche Niederschlagssummen in den Monaten März bis Mai. 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.

Im Jahr 2008 standen Erbsen auf der untersuchten Ackerfläche. 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 Ertragshebungen 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 7.1-10). Bei den Kulturen, deren Ertrag durch die Hecke beeinflusst wurde, konnte der Ertrag mit einer Hecke als Windbarriere im Vergleich zu einem ungeschützten Feld zwischen 8,9 und 23,7 % gesteigert werden. Die größte Steigerung wurde bei der Sonnenblume mit über 800 kg/ha Mehrertrag (entspricht einem Plus von 23,7 %) 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 7.1-10: Berechneter Ertragseinfluss einer 8 Meter hohen Bodenschutzhecke auf verschiedene Kulturen in der angrenzenden Ackerfläche

| Jahr | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2009 |
|---|------------|--------------|-------------|------------------|------------------|
| Kultur | Luzerne | Winterweizen | Sonnenblume | Winterroggen | Winterroggen |
| Messbereich in m | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Ertragssteigerung bis m von der Hecke | ca. 80 m | ca. 35 m | ca. 80 m | Keine Steigerung | Keine Steigerung |
| Mittlerer Ertrag* im Messbereich ohne Hecke (kg/ha) | 7677 | 2644 | 3511 | 3728 | 3901 |
| Mittlerer Ertrag* im Messbereich mit Hecke (kg/ha) | 8425 | 2880 | 4344 | 3728 | 3901 |
| Ertragssteigerung in % | 9,7 | 8,9 | 23,7 | 0 | 0 |

*Luzerne: Summe aus drei Luzerneschnitten, 100 % Trockenmasse

*Winterweizen, Winterroggen: Kornertag, 86 % Trockenmasse

*Sonnenblume: Kornertag, 92 % Trockenmasse

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Biologische Wirtschaftsweise

- Mit der Berechnung der Bilanzen von Humus, Nährstoffen, Energie und Treibhausgasen mit dem Modell REPRO lassen sich der Humushaushalt, die Nährstoffflüsse, der Verbrauch an fossiler Energie und der Treibhausgasausstoß von unterschiedlichen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungssystemen detailliert und nachvollziehbar darstellen. Mit den ausgewählten Agrar-Umweltindikatoren kann die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung bewertet und können „ökologische Schwachstellen“ identifiziert werden.
- Für eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung von Betrieben sind in Bezug auf die Ökologie noch die Effekte der Bewirtschaftung auf Bodenerosion und -verdichtung, ihr Biodiversitätspotenzial und ihre Landschaftspflegeleistungen mit einzubeziehen sowie die wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse der Betriebe zu berücksichtigen.
- Die Nachhaltigkeitsbewertung der Bewirtschaftung am Biobetrieb an Hand von Daten aus Kleinparzellenversuchen wird aufgrund der betriebsüblichen Mitbewirtschaftung der Parzellen und der hohen Übereinstimmung mit den Erträgen der Großschläge des Betriebes als praktikabel eingestuft.
- Die berechneten ökologischen Indikatoren lagen mit wenigen Ausnahmen bei allen drei Düngungsvarianten im optimalen bzw. tolerierbaren Bereich, was zusammenfassend eine gute bis sehr gute Beurteilung der Nachhaltigkeit und Umweltwirkung der Bewirtschaftung des Biobetriebes ergibt. Diese Leistung basiert in allen drei Varianten auf Leguminosenanteilen von 25 % Luzerne und 10 % Erbsen an der Fruchtfolge sowie einem jährlichen Zwischenfruchtanbau auf im Mittel 35 % der Ackerfläche.

Bei DV2 war der Humussaldo aufgrund der Zufuhr von Biotonnekompost sehr hoch (über dem Optimalwert), bei DV1 wurde ein hohes produktbezogenes Treibhausgaspotential errechnet. Beide Ergebnisse können aber aufgrund folgender Begründung relativiert werden: trotz dem hohen Humusbilanzsaldo wird das Stickstoffverlustrisiko als gering eingeschätzt, da der Stickstoff im Kompost zum überwiegenden Teil organisch gebunden ist und nur langsam mineralisiert wird. Bei der Betrachtung des flächenbezogenen Treibhausgasausstoßes der Variante DV1 liegt der Wert im Bereich der Werte von Praxisbetrieben mit vergleichbarem Energieeinsatz und deutlich unter vor allem konventionellen Betrieben, die einen höheren Einsatz an fossiler Energie aufweisen.

- Mit Szenarien zum Zwischenfruchtanbau und zur Luzernenutzung wurden die Auswirkungen einer unterschiedlichen Zu- und Abfuhr von Pflanzenbiomasse berechnet. Die hohe Bedeutung der Zwischenfrüchte für biologische Fruchtfolgen wurde bestätigt. In Abhängigkeit ihres Anteils und ihrer Bestandesentwicklung können Zwischenfrüchte einen entsprechenden Beitrag zum Humusaufbau und zur Minderung der Treibhausgasemissionen liefern. Die Luzernenutzung hat Einfluss auf die Humus- und Nährstoffbilanz. Die Abfuhr von ca. 90 % der Luzernebiomasse, ohne Ausgleich über z.B. Stallmist, ergab einen knapp negativen N-Saldo und einen deutlich reduzierten K-Saldo. Zu beachten ist die spezifische Qualität eines Rinderstallmistes für die Stabilisierung zugeführter organischer Substanz insbesondere in Makro-Aggregaten als Beitrag zum Humusaufbau (Aoyama et al. 1999), die bisher für Gründüngung nicht nachgewiesen wurde.
- Bei den berechneten Szenarien weist die Fruchtfolgegestaltung, vor allem der Luzerneanteil, den größten Einfluss auf die Bilanzsalden und damit auf die Umweltwirkung auf. Bei der DV1 führt bei den gegebenen Standort- und Ertragsbedingungen die Reduktion des Luzerneanteils (von 25 % auf 12,5 %) in der Fruchtfolge vor allem aufgrund des geringeren C-Inputs zu einem negativen Humussaldo außerhalb des Optimalbereichs und zu einem höheren

Treibhausgaspotential. Hier müssten zumindest Ausgleichsmaßnahmen wie eine Optimierung des Zwischenfruchtanbaus (höhere Anteile und Erträge) und eine Düngung mit Kompost oder Stallmist ergriffen werden. Um die Nachhaltigkeit langfristig zu gewährleisten, sind höhere Luzerneanteile notwendig. Als Richtwert sollte der Luzerneanteil der Fruchtfolge eine Untergrenze von ca. $1/6 = 17\%$ nicht unterschreiten.

- Die Höhe der Bilanzsalden wird neben den Standort- und Bodenverhältnissen von zahlreichen Faktoren wie dem Ertragsniveau, dem Energieeinsatz, der Fruchtfolge und deren Anteilen an Getreide, Hackfrüchten und an Leguminosen, insbesondere dem Anteil an Futterleguminosen und deren Nutzung, dem Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten und der organischen Düngung bestimmt. Bei Betrieben mit Grünland hat der Grünlandanteil Bedeutung, da es häufig zu einem Fluss von Nährstoffen und Humus vom Grünland ins Ackerland kommt.
- Ob durch die Bewirtschaftungsmaßnahmen ein ausgeglichener Humus- und Nährstoffhaushalt zur Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Ertragssicherheit erreicht wird, sollte daher mit der Berechnung von Nährstoff- und Humusbilanzen überprüft werden und wenn notwendig Ausgleichsmaßnahmen getroffen werden. Zur Einschätzung aktueller Standortverhältnisse sind Ergebnisse aus chemischen und mittels Spatenprobe durchgeführten optischen Bodenuntersuchungen sinnvoll.
- Biotonnekompost weist eine gute Humusqualität und hohe Kohlenstoff- und Nährstoffgehalte auf. Damit hat eine Kompostdüngung wesentlichen Einfluss auf den Humus- und Nährstoffhaushalt sowie über die C-Sequestrierung im Boden auf das Treibhausgaspotential der Bewirtschaftung. Zu berücksichtigen ist, dass der eingesetzte Kompost vor allem aus konventionellen Quellen stammt und die Summe der Leistungen des Futterleguminosenanbaus nicht ersetzen kann. In der geprüften DV2 (bestehender Betrieb und Szenarien) steht der Kompostdüngung keine entsprechende Abfuhr z.B. von Luzernebiomasse und Stroh, vergleichbar mit der DV3 - Stallmist, gegenüber.

Nutzen von Landschaftselementen (Hecken)

- 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 ab. Bei einer Sommerung wie Sonnenblume wurde der Ertrag mit der Hecke bis über 20 Prozent gesteigert, während der Winterroggen ertrag nicht von der Hecke beeinflusst wurde.
- Hecken sind eine Möglichkeit, um den Ertrag in einer niederschlagsarmen Region, auch künftig aufgrund des Klimawandels noch schwierigeren Produktionsbedingungen, in einem gewissen Einflussbereich der Hecke zu sichern. Vor allem Sommerkulturen, wie z.B. Sonnenblumen, Mais oder Sommergerste können vom Verdunstungsschutz durch Hecken profitieren und damit Trocken- und Hitzeperioden besser überstehen. Bodenschutzhecken können somit einen Beitrag zur Minderung negativer klimarelevanter Auswirkungen leisten.
- Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Absicherung der Ergebnisse zum Ausmaß des Heckeneinflusses in der Region Marchfeld. Dazu gehören die Untersuchung von Hecken unterschiedlicher Struktur und Ausrichtung, Erhebungen sowohl im Luv- als auch im Leebereich über mehrere Jahre in verschiedenen Kulturen. Da die Anlage von Hecken aufwendig ist und einen Flächenverlust bedeutet, sollte es das Ziel sein, konkrete Aussagen für eine mögliche und sinnvolle Strukturierung der Agrarlandschaft mit Landschaftselementen zu erhalten. Als positive Effekte sind, neben dem Ertrageinfluss, die ökologischen Auswirkungen und die Verringerung des Betriebsmitteleinsatzes auf der verbleibenden Ackerfläche zu nennen.

LITERATUR

- AGES (2010): Österreichische beschreibende Sortenliste 2010, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2010. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hrsg.), Wien.
- Aoyama, M., Angers, D. A., N'Dayegamiye, A. and Bissonnette, N. (1999): Protected organic matter in water-stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure applications. *Canadian Journal of Soil Science* 79, 419-425.
- BMLFUW (2006): Grüner Bericht 2006. 47. Auflage. Hrsg.: BMLFUW, Wien.
- BMLFUW (2009): Grüner Bericht 2009. Berichte über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. 50. Auflage. Hrsg.: BMLFUW, Wien.
- Bruckhaus, A. und Buchner, W. (1995): Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfrucht-ertrag und ökologische Kenngrößen. *Ber.Ldw.* 73: 435-465.
- Christen, O., Hövelmann, L., Hülsbergen, K.J., Packeiser, M., Rimpau, J., und Wagner, B. (2009): Nachhaltige landwirtschaftliche Produktion in der Wertschöpfungskette Lebensmittel. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin.
- 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., Oberholzer, H.-R., Gunst, L. and Mäder, P. (2007): Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118 (2007), 273-284.
- Freyer, F., Pietsch, G., Hrbek, R. und Winter, S. (2005): Futter- und Körnerleguminosen im biologischen Landbau. avBuch im Österreichischen Agrarverlag.
- Freyer, B. und Dorninger, M. (2008): Bio-Landwirtschaft und Klimaschutz in Österreich: Aktuelle Leistungen und zukünftige Potentiale der Ökologische Landwirtschaft für den Klimaschutz in Österreich. Kurzstudie erstellt im Auftrag von Bio-Austria.
- 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.
- Haas G., Geier U., Schulz D.G., Köpke U. (1995): Vergleich konventioneller und organischer Landbau - Teil I: Klimarelevante Kohlendioxid-Emission durch den Verbrauch fossiler Energie. *Berichte über die Landwirtschaft* 73: 401-415.
- 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.
- 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.
- Hülsbergen, K.J. und Küstermann, B. (2007): Ökologischer Landbau - Beitrag zum Klimaschutz. In: Wiesinger K (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Tagungsband, 9-21, 2007
- 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.
- Mazek-Fialla, K. (1967): 10 Jahre Bodenschutz in Niederösterreich. Die Bodenschutzmaßnahmen und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen. Österreichischer Agrarverlag Wien.
- Meyer-Aurich, A., Weersink, A., Janovicek, K., Deen, B. (2006): Cost efficient rotation and tillage options to sequester carbon and mitigate GHG emissions from agriculture in Eastern Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117: 119-127.
- 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 (03.10.2008)
- Nemecek T., Huguenin-Elie O., Dubios D., Gaillard G. (2005): Okobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau. *Schriftenreihe der FAL Reckenholz* 58, 156 S.
- 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.
- Pretzschel, M., Böhme, G., & Krause, H. (1991). Einfluss von Windschutzpflanzungen auf den Ertrag landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. *Feldwirtschaft*, 32/1991, 229-231.
- Rinnofner, T., Friedel, J.K., de Kruijff, R., Pietsch, G., und Freyer, B. (2008): Effect of catch crops on N dynamics and following crops in organic farming. *Agron. Sustain. Dev.* 28 (2008), 551-558.
- Robertson, G.P., Paul, E. A., Harwood, R. R. (2000): Greenhouse Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere. *Science* 289: 1922-1925.
- Schmid, H. (2010): Persönliche und schriftliche Mitteilungen.
- 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.
- Su, Y. Z. (2006): Soil carbon and nitrogen sequestration following the conversion of cropland to alfalfa forage land in northwest China. *Soil & Tillage Research* 92: 181-189.
- UBA (2007): Kyoto-Fortschrittsbericht Österreich 1990-2005 (Datenstand 2007). UBA, Wien
- VDLUFA (2004): VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. *Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten*.
- Wpa & BAW (2009): ÖPUL Evaluierung - Änderungen in der Gesamtwirksamkeit der Begrünungsvarianten und Nebeneffekte. Wpa Beratende Ingenieure und Bundesamt für Wasserwirtschaft Bericht im Auftrag des BMLFUW.
- 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.

ANHANG

Tabelle 7.1-11: Qualitätsparameter von Winterweizen (Sorte Capo) in Abhängigkeit von Düngungsvariante, Vorfrucht und Düngung (n = Anzahl der zusammengefassten Jahre).

| Kultur | DV | Rohproteingehalt, % | | | Hektolitergewicht, kg | | |
|---|-----|---------------------|--------------|-------------|-----------------------|--------------|-------------|
| | | Mittelwert | Unterer Wert | Oberer Wert | Mittelwert | Unterer Wert | Oberer Wert |
| Winterweizen, (n = 5) VF Luzerne | DV1 | 14,8 | 13,9 | 16,4 | 82,0 | 79,1 | 85,8 |
| | DV2 | 15,0 | 13,8 | 16,7 | 82,2 | 79,2 | 85,7 |
| | DV3 | 14,1 | 12,7 | 16,2 | 81,8 | 79,2 | 86,0 |
| Winterweizen, (n = 4*) VF Erbse + org. Düngung | DV1 | 13,1 | 11,3 | 14,8 | 83,1 | 80,1 | 85,9 |
| | DV2 | 13,2 | 11,3 | 14,7 | 83,4 | 80,1 | 85,7 |
| | DV3 | 13,5 | 12,0 | 14,8 | 83,2 | 79,3 | 86,1 |

VF...Vorfrucht; *eine Fläche davon VF Winterweizen + org. Düngung

Tabelle 7.1-12: Vergleich Humusbilanzverfahren (Kleinparzellenversuch S1M-DV1, konventionelle Referenzparzelle SK, Jahre 2003 bis 2009)

| Berechnungsmethode Humusbilanz | ME | HE- Methode (dynamisch) | HE- Methode (statisch) | VDLUFA- Methode (unterer Wert) | HE- Methode (dynamisch) | HE- Methode (statisch) | VDLUFA- Methode (unterer Wert) |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|---|-------------------------------|------------------------------|---|
| | | S1M-DV1 | S1M-DV1 | S1M-DV1 | SK | SK | SK |
| HE-Bedarf | kg C ha ⁻¹ | -522 | -435 | -240 | -737 | -632 | -417 |
| HE-Humusersatzleistung ges. | kg C ha ⁻¹ | 574 | 661 | 626 | 354 | 371 | 391 |
| Humusmehrerleistung ^{a)} | kg C ha ⁻¹ | 220 | 307 | 200 | 17 | 35 | 34 |
| Zufuhr organ. Dünger | kg C ha ⁻¹ | 354 | 354 | 426 | 336 | 336 | 356 |
| Strohdüngung | kg C ha ⁻¹ | 191 | 191 | 204 | 232 | 232 | 231 |
| Gründüngung | kg C ha ⁻¹ | 162 | 162 | 222 | 104 | 104 | 125 |
| Stallmist | kg C ha ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gülle | kg C ha ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kompost | kg C ha ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Humussaldo | kg C ha ⁻¹ | 52 | 226 | 386 | -383 | -261 | -27 |
| Humusversorgungsgrad ^{b)} | % | 110 | 152 | 281 | 48 | 59 | 94 |
| Versorgungsstufe ^{c)} | | C | D | E | A | A | C |

^{a)} Humusanreicherung d. Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung,.... ^{b)} Humusversorgungsgrad=Humusersatzleistung/Humusbedarf*100

^{c)} Versorgungsstufe:

A = sehr niedrig (< -200kg Humus-C ha⁻¹ a⁻¹)

B = niedrig (-200 bis -76kg Humus-C ha⁻¹ a⁻¹)

C = optimal (-75 bis 100kg Humus-C ha⁻¹ a⁻¹)

D = hoch (101 bis 300kg Humus-C ha⁻¹ a⁻¹)

E = sehr hoch (> 300kg Humus-C ha⁻¹ a⁻¹)

Tabelle 7.1-13: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Zwischenfrucht (ZF) und Luzernenutzung (LN) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV2 (Gründüngung + Biotonnekompost).

| Szenarien | ME | Standard | Zwischenfrucht (ZF) | | Luzernenutzung (LN) | |
|--------------------------------|--|----------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | | MW | ZF1 | ZF2 | LN1 | LN2 |
| Ertrags-Niveau | | MW | MW | MW | MW | MW |
| Energiebindung (HP+NP) | GJ ha ⁻¹ | 49.4 | 49.4 | 49.4 | 67.5 | 76.9 |
| Ernteertrag (HP+NP) | GE ha ⁻¹ | 32.9 | 32.9 | 32.9 | 38.1 | 40.8 |
| Intensitäts-Indikatoren | | | | | | |
| Humussaldo | kg C ha ⁻¹ | 371 | 296 | 429 | 310 | 278 |
| Humusversorgungsgrad | % | 179 | 162 | 190 | 166 | 159 |
| Versorgungsstufe | | E | D | E | E | D |
| N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 40 | 39 | 38 | 16 | 4 |
| N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 75 | 67 | 79 | 45 | 30 |
| P-Saldo | kg P ha ⁻¹ | -1 | -1 | -1 | -4 | -5 |
| K-Saldo | kg K ha ⁻¹ | 16 | 16 | 16 | -10 | -23 |
| Energie-Input | GJ ha ⁻¹ | 5.5 | 5.0 | 5.8 | 5.7 | 6.0 |
| Energieintensität | MJ GE ⁻¹ | 176 | 161 | 187 | 158 | 153 |
| Output/Input-Verhältnis | | 9 | 9 | 8 | 11 | 13 |
| C-Sequestrierung* | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | -1369 | -1082 | -1569 | -1141 | -1022 |
| Treibhauspotenzial flächenbez. | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | 377 | 429 | 205 | 396 | 761 |
| Treibhauspotenzial produktbez. | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | 8 | 9 | 4 | 6 | 10 |

ZF1 = ohne Zwischenfruchtanbau, ZF2 = 2-facher Zwischenfruchtertrag

LN1 = 1. Schnitt abgefahren, LN2 = 1. und 2. Schnitt abgefahren

HP = Hauptprodukt, NP=Nebenprodukt

*Positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von im Boden gebundenem C an die Atmosphäre, negative Werte einen Humusaufbau und die Rückbindung von C aus der Atmosphäre in den Boden.

Tabelle 7.1-14: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Fruchtfolge (FF) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV2 (Gründüngung + Biotonnekompost).

| Szenarien | ME | Standard | Fruchtfolge (FF) | | |
|--------------------------------|--|----------|------------------|------|------|
| | | | FF1 | FF2 | FF3 |
| Ertrags-Niveau | | MW | MW | MW | MW |
| Energiebindung (HP+NP) | GJ ha ⁻¹ | 49.4 | 49.1 | 58.4 | 58.2 |
| Ernteertrag (HP+NP) | GE ha ⁻¹ | 32.9 | 32.6 | 39.0 | 38.6 |
| Intensitäts-Indikatoren | | | | | |
| Humussaldo | kg C ha ⁻¹ | 371 | 310 | 173 | 112 |
| Humusversorgungsgrad | % | 179 | 162 | 129 | 118 |
| Versorgungsstufe | | E | E | D | D |
| N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 40 | 50 | 14 | 24 |
| N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 75 | 80 | 30 | 35 |
| P-Saldo | kg P ha ⁻¹ | -1 | 1 | -3 | -1 |
| K-Saldo | kg K ha ⁻¹ | 16 | 3 | 13 | 0 |
| Energie-Input | GJ ha ⁻¹ | 5.5 | 7.3 | 6.0 | 7.8 |
| Energieintensität | MJ GE ⁻¹ | 176 | 259 | 214 | 271 |
| Output/Input-Verhältnis | | 9 | 6 | 11 | 10 |
| C-Sequestrierung* | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | -1369 | -1145 | -633 | -410 |
| Treibhauspotenzial flächenbez. | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | 377 | 771 | 822 | 1217 |
| Treibhauspotenzial produktbez. | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | 8 | 16 | 14 | 21 |

FF1 = Kartoffel statt Körnermais

FF2 = Winterweizen statt zweites Luzernejahr, Körnermais bleibt

FF3 = Winterweizen statt zweites Luzernejahr, Kartoffel statt Körnermais

HP=Hauptprodukt, NP=Nebenprodukt

*Positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von im Boden gebundenem C an die Atmosphäre, negative Werte einen Humusaufbau und die Rückbindung von C aus der Atmosphäre in den Boden.

Tabelle 7.1-15: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Zwischenfrucht (ZF) und Fruchtfolge (FF) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV3 (Futternutzung + Stallmist).

| Szenarien | ME | Standard MW | Zwischenfrucht (ZF) | | Fruchtfolge (FF) | | |
|-------------------------------------|--|----------------|---------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|
| | | | ZF1 MW | ZF2 MW | FF1 MW | FF2 MW | FF3 MW |
| Energiebindung (HP+NP) | GJ ha ⁻¹ | 103.6 | 103.6 | 103.6 | 103.2 | 102.0 | 101.5 |
| Ernteertrag (HP+NP) | GE ha ⁻¹ | 43.3 | 43.3 | 43.3 | 42.9 | 44.6 | 44.1 |
| Intensitäts-Indikatoren | | | | | | | |
| Humussaldo | kg C ha ⁻¹ | 38 | -41 | 93 | -44 | -145 | -225 |
| Humusversorgungsgrad | % | 109 | 91 | 121 | 92 | 74 | 64 |
| Versorgungsstufe | | C | C | C | C | B | A |
| N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 17 | 16 | 15 | 28 | 14 | 26 |
| N-Saldo (ohne Δ Bodenvorrat) | kg N ha ⁻¹ | 20 | 13 | 24 | 24 | 1 | 5 |
| P-Saldo | kg P ha ⁻¹ | -7 | -7 | -7 | -5 | -6 | -5 |
| K-Saldo | kg K ha ⁻¹ | -3 | -3 | -3 | -16 | 10 | -3 |
| Energie-Input | GJ ha ⁻¹ | 6.7 | 6.3 | 7.0 | 8.6 | 7.0 | 8.8 |
| Energieintensität | MJ GE ⁻¹ | 164 | 152 | 172 | 223 | 215 | 254 |
| Output/Input-Verhältnis | | 15 | 16 | 14 | 11 | 17 | 16 |
| C-Speicherung Boden ^{c)} | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | -133 | 153 | -334 | 161 | 531 | 825 |
| Treibhauspotenzial flächenbez. | kg CO ₂ eq ha ⁻¹ | 1448 | 1478 | 1274 | 1912 | 1909 | 2374 |
| Treibhauspotenzial produktbez. | kg CO ₂ eq GJ ⁻¹ | 14 | 14 | 12 | 19 | 19 | 23 |

ZF1 = ohne Zwischenfruchtanbau, ZF2 = 2-facher Zwischenfruchtertrag

FF1 = Kartoffel statt Körnermais

FF2 = Winterweizen statt zweites Luzernejahr, Körnermais bleibt

FF3 = Winterweizen statt zweites Luzernejahr, Kartoffel statt Körnermais

HP...Hauptprodukt, NP...Nebenprodukt

*Positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von im Boden gebundenem C an die Atmosphäre, negative Werte einen Humusaufbau und die Rückbindung von C aus der Atmosphäre in den Boden.

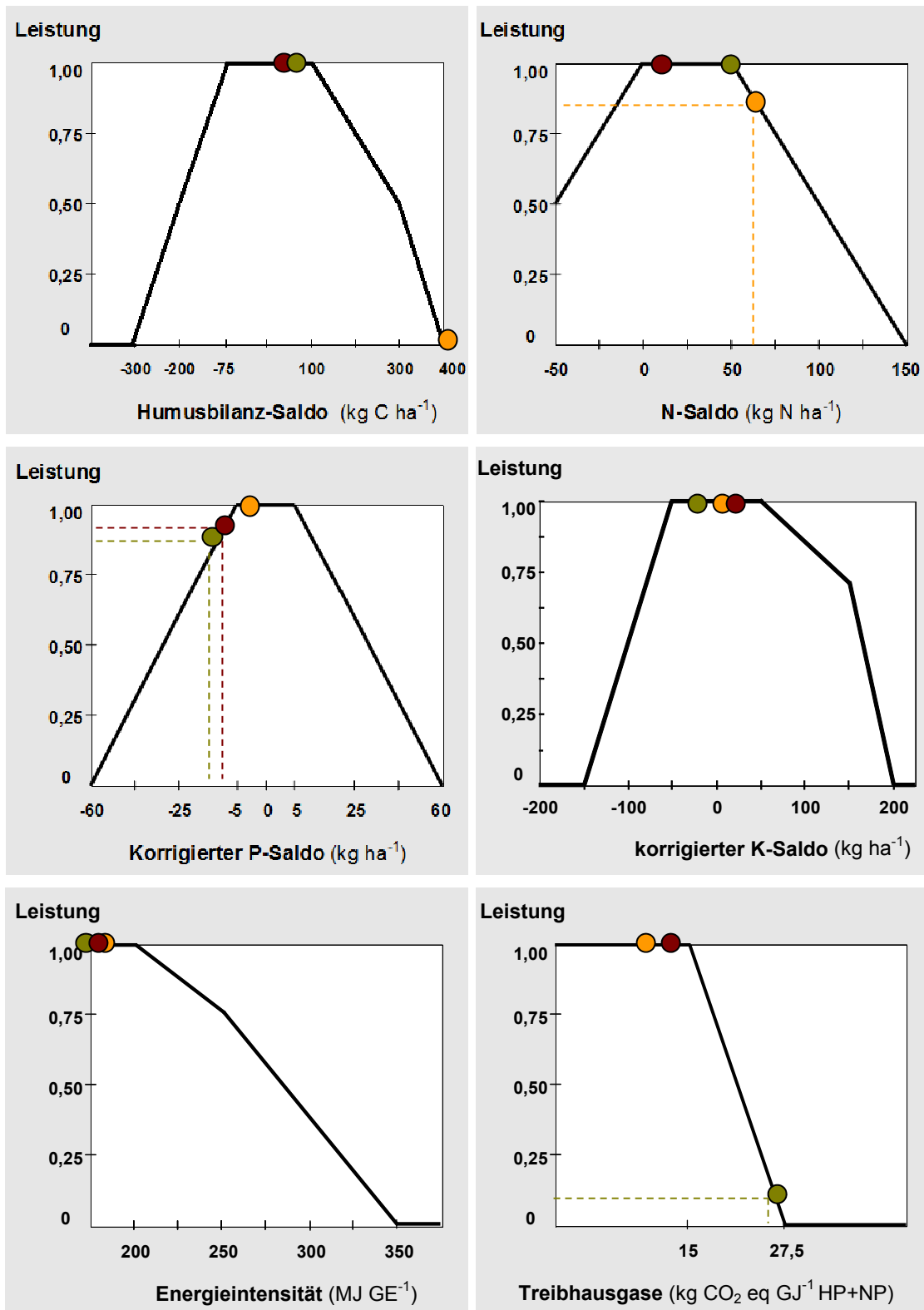


Abbildung 7.1-4: Bewertung Bilanzsalden des bestehenden Betriebs DV1-DV3 (Jahre 2005-2009). Die Bilanzsalden werden zwischen 0 und 1 bewertet, wobei 0 die ungünstigste, 1 die günstigste Situation (nachhaltige Entwicklung) darstellt. (Quelle: Christen et al. 2009)

7.2 TEILPROJEKT 3: BODENWASSERHAUSHALT UND EROSION

Auswirkungen unterschiedlicher Düngungsvarianten sowie Gehölzstrukturen auf den Bodenwasserhaushalt im biologischen Landbau

BearbeiterInnen: A. Klik, A., Garcia-Meca, M.I.

Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, BOKU Wien.

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Untersuchung möglicher Veränderungen bodenphysikalischer Kennwerte bei der Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau. Nach sechs Jahren biologischer Bewirtschaftung zeigten die Flächen höhere Bodenfruchtbarkeit und Bodenqualität. Mit der Zunahme der pflanzennutzbaren Kapazität des Oberbodens ist eine längere Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet. Der Anstieg der Aggregatstabilität reduziert die Erosionsgefährdung der ökologisch bewirtschafteten Böden gegen Erosion durch Wasser und Wind. Die untersuchten Bodenschutzanlagen wirken sich günstig auf den Bodenwasserhaushalt und die Ernteerträge aus. Insgesamt stellt ökologischer Landbau in Kombination mit einem naturverträglichen Umgang mit Landschaftselementen eine geeignete Maßnahme für eine nachhaltige Agrarwirtschaft dar, die in der Lage ist, negative klimarelevante Auswirkungen zu vermindern.

Goal of this research project was to investigate possible changes of physical soil properties as a result of the conversion from conventional to biological farming. Six years after the conversion the organic managed fields showed increased soil fertility and soil quality. Due to the increase of plant available water in the top soil the crop water requirement can be covered for a longer period. Higher aggregate stabilities in organically farmed fields reduce the potential of soil erosion by water and wind. Investigation of the impacts of wind breaks demonstrated positive effects on soil water content and crop yields. Overall, organic farming in combination with wind break hedges is a sustainable land use system which is able to reduce negative climate change induced impacts.

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). Die vielfältigen Funktionen des Bodens, wie Speicherung von Wasser und organischen Stoffen, Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Filterung und Pufferung von verschiedenen Stoffen, werden dadurch oftmals beeinträchtigt und führen zu einer Verminderung der Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit (Blume, 1992; Frielinghaus und Grimme, 1999). 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.

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

Seit 2003 werden im Zuge eines Langzeitmonitorings die Auswirkungen der Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau auf maßgebliche bodenphysikalische Parameter sowie auf den Bodenwasserhaushalt untersucht. Im Rahmen des gegenständlichen Projektes der ÖPUL Halbzeit-Evaluierung werden Grundlagen erarbeitet, um die ÖPUL Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ bewerten zu können (ÖPUL, 2007). Hierbei spielt auch der naturverträgliche Umgang mit Landschaftselementen eine wichtige Rolle.

Die Untersuchungen sollen zeigen, inwieweit diese Agrarumweltmaßnahmen:

- 1) zum Erhalt oder zur Verbesserung der Bodenqualität bzw. Bodenfruchtbarkeit beitragen
- 2) zur Minderung negativer klimarelevanter Auswirkungen beitragen.

Gleichzeitig können die Ergebnisse auch Beiträge für die Maßnahmen-Gestaltung für die nächste ÖPUL-Programm-Periode liefern.

Die spezifischen Ziele dieses Forschungsvorhabens lagen in der Untersuchung und Bewertung:

- 1) von Auswirkungen einer ökologischen Bewirtschaftung von Ackerflächen auf den Wasserhaushalt im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung,
- 2) von Auswirkungen unterschiedlicher biologischer Düngungsvarianten (DV) auf den Bodenwasserhaushalt, auf bodenphysikalische Kennwerte und deren zeitliche Veränderung sowie
- 3) von Auswirkungen bestehender Landschaftselemente (Hecke) auf den Bodenwasserhaushalt.

Laut NÖ Bodenschutzgesetz (NÖ BSG, 2005) ist „nachhaltige **Bodenfruchtbarkeit** gegeben, wenn

- die Ertragsfähigkeit des jeweiligen Standortes nicht beeinträchtigt und
- die Entwicklung und Güte des Pflanzenbestandes auch langfristig gewährleistet wird.

Bodengesundheit ist jener Zustand des Bodens, bei welchem

- die ökologische Regenerations- und Ausgleichsfunktionen des Bodens nachhaltig gewährleistet sind (insbesondere die vorwiegend unbelebten Filter-, Puffer-, Schutz- und Speicherfunktionen sowie die biologisch-biochemischen Transformator- und Genschutzfunktionen) und
- der Boden ein artenreiches und biologisch aktives Bodenleben aufweist.“

Die Fähigkeit eines Bodens, die Nährstoff- und Energiekreisläufe aufrecht zu erhalten sowie seine Kapazität, sich von Störungen zu erholen, sind für die Bewertung der Bodengesundheit und Bodenqualität entscheidend (Doran und Parkin, 1994). Karlen et al. (1997) definierten die Bodenqualität als „the capacity of a specific kind of soil to function within natural or managed ecosystem boundaries, to sustain plant and animal productivity, maintain or enhance water and air quality, and support human health and habitation.“

Bodengesundheit ist daher ein relativer Term, der von der gewünschten Bodennutzung sowie vom räumlichen und zeitlichen Referenzmaßstab abhängt. Sie lässt sich nicht durch einen einzelnen Kennwert ausdrücken, sondern ergibt sich erst aus dem optimalen Zusammenwirken verschiedenster physikalischer, chemischer und biologischer Bodeneigenschaften. Zudem besteht zwischen Bodengesundheit, nachhaltiger Bewirtschaftung und Umweltqualität eine enge Beziehung (Lal, 1998).

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

Eine Umstellung von konventioneller auf biologische Landbewirtschaftung beeinflusst eine Vielzahl von Bodenparametern. Die Zufuhr von organischen Substanzen in Verbindung mit einer geeigneten Bodenbearbeitung und Fruchtfolge führt zu einem Anstieg des Humusgehaltes (Hermann und Plakolm, 1993) und zu einer Verbesserung der Bodenwasserverhältnisse. Insgesamt wirkt sich dies positiv auf die natürliche Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit aus und reduziert die Gefährdung gegen Wassererosion (Reganold et al., 1987).

In Europa sind rund 42 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzfläche von Bodenerosion durch Wind betroffen (Gobin et al., 2003). 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). Neben der Höhe spielen aber auch die Breite sowie die Porosität der Hecke eine wichtige Rolle (Yusaiyin und Tanaka, 2009). Geringere Windgeschwindigkeiten vermindern einerseits die Bodenerosion durch Wind und reduzieren die Evaporation von der Bodenoberfläche. In den windberuhigten Zonen kommt es zu höheren Transpirationsraten (Brenner et al., 1995), was mit einer Ertragszunahme verbunden sein kann.

MATERIAL UND METHODEN

Auswirkungen von biologischer Wirtschaftsweise

Das Monitoring erfolgt an Bodendauerbeobachtungsflächen in Kleinparzellenversuchen. Alle Untersuchungen wurden bei folgenden Varianten durchgeführt:

- Biologische Bewirtschaftung bei mittlerer Bodenbonität (S1M) und unterschiedlicher Düngung (DV1 - Gründüngung, DV2 - Biotonnenkompost, DV3 - Stallmist, ab 2008 auch DV4 - Biogasgülle)
- Biologische Bewirtschaftung bei geringer Bodenbonität und Gründüngung (DV1-S1G)
- Konventionelle Bewirtschaftung (SK)

Zur Erhebung der Ausgangssituation wurden im Mai 2003 von allen Untersuchungspartellen gestörte und ungestörte Bodenproben aus unterschiedlichen Bodentiefen entnommen und die Korngrößenverteilung der unterschiedlichen Horizonte (Önorm L1061-1/2, 2002) sowie die Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung (Önorm L 1063, 1988) bestimmt.

Um Auswirkungen biologischer Bewirtschaftungsweise und unterschiedlicher Düngungsvarianten auf die Speicherung des Bodenwassers feststellen zu können, wurden 2003 auf drei Partellen des biologisch bewirtschafteten Kleinpartellenversuches 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 ab 2007, beides Fabrikate der Fa. Sentek) waren in 10, 20, 30, 50 und 100 cm eingebaut und lieferten in 30-Minuten Intervallen Messwerte des Bodenwasseranteils. Alle Messwerte wurden mit Hilfe eines Datenloggers 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. Auf Grund des Erntekalenders wurde der Bodenwassergehalt 2009 nur in SK mit FDR-Sensoren gemessen.

Anhand der Bodenwassergehaltsmessungen wurden für die untersuchten Partellen die täglichen Profilwasserinhalte für 0-60 cm Bodentiefe gewichtet aufsummiert. Unter der Annahme, dass es bei Niederschlägen < 20 mm zu keiner Tiefensickerung kommt, wurden unter Berücksichtigung der Tagesniederschläge die täglichen aktuellen Verdunstungsraten berechnet.

Zur Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Düngungsvarianten auf die Veränderung ausgewählter bodenphysikalischer Eigenschaften wurden mehrmals pro Jahr einerseits gestörte und ungestörte Bodenproben im Feld entnommen und die entsprechenden Parameter untersucht und andererseits Feldmessungen durchgeführt. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) wurde im Feld in 10 und 25 cm Tiefe mit Hilfe eines Guelph-Permeameters (Reynolds und Elrick, 1985; Cepuder et al., 2008) und im Labor mit der Methode mit aufsteigendem Wasserspiegel (Önorm L 1065, 1988) bestimmt und mit der Software Mathcad 2001i Professional (MathSoft Engineering & Education, 2002) ausgewertet. Die ungestörten Bodenproben wurden danach zur Ermittlung der Trockendichte herangezogen (Önorm, L 1068, 1988). Die Untersuchung der Aggregatstabilität erfolgte im Labor an 1-2 mm großen Aggregaten aus 0-10 cm Tiefe mit Hilfe des Tauchsiebverfahrens nach Kemper und Koch (1966).

Im Juli 2009 wurden aus 10 und 25 cm Bodentiefe nochmals ungestörte Bodenproben zur Bestimmung der Wasserspannungs-Wasseranteilbeziehung (SW-Linie) entnommen (ÖNORM L1063, 1988). Die acht untersuchten Druckstufen betragen 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1, 3, 5 und 15 bar. Anhand der Messergebnisse sollten mögliche Veränderungen bei den untersuchten Varianten eruiert werden.

Alle Ergebnisse wurden mit Hilfe der Software Statistix Version 1.0 (Analytical Software, 1996) statistisch ausgewertet.

Auswirkungen von Landschaftselementen

Zur Untersuchung der Auswirkungen einer Bodenschutzanlage auf den Bodenwasserhaushalt wurden am Standort Transekt Süd (TS) im Lee-Bereich Bodenwassergehaltssensoren in unterschiedlichen Abständen zu einer rund 8 m hohen Hecke installiert. Die Abstände betragen das 1-, 2-, 3-, 5-, 7- und (ab 2008) 10-fache der Heckenhöhe. Die Messungen erfolgten hierbei mit FDR-Sensoren in Sondenrohren mit zweifacher Wiederholung in Tiefenabschnitten (je 10 cm) bis 90 cm Bodentiefe.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Auswirkung von biologischer Bewirtschaftungsweise auf Bodenwassergehalt und Bodenqualität

Bodenwassergehalt

Der Boden mit mittlerer Bonität (S1M) kann von der Textur her als Lehm klassifiziert werden und weist rund 22 % Sand und 32 % Ton auf (Tabelle 7.2-1). Die Parzelle mit geringer Bonität (S1G) hat einen etwa 11 % höheren Sandanteil und einen entsprechend niedrigeren Tonanteil bei etwa gleichem Schluffgehalt und ist von der Bodenart ein sandiger Lehm. Die konventionell bewirtschaftete Parzelle (SK) hat gegenüber S1M etwa 5 % mehr Sand und 5 % weniger Ton.

Tabelle 7.2-1: Korngrößenverteilung der untersuchten Varianten

| Variante | Horizont | Tiefe [cm] | Bodenart | Sand [%] | Schluff [%] | Ton [%] |
|----------|-----------------|------------|-----------|----------|-------------|---------|
| S1M | A | 0-50 | L | 21,9 | 45,1 | 33,0 |
| | AC ₁ | 50-70 | L | 21,5 | 48,5 | 30,0 |
| | AC ₂ | 70-90 | L bzw. sL | 26,6 | 46,4 | 27,0 |
| S1G | A | 0-40 | sL | 32,9 | 43,8 | 23,3 |
| | AC | 40-65 | sL | 33,5 | 47,3 | 19,2 |
| | C | 65+ | U | 19,9 | 69,3 | 10,8 |
| SK | A | 0-50 | L | 26,4 | 47,4 | 26,2 |
| | AC ₁ | 50-65 | L bzw. sL | 30,3 | 44,1 | 25,5 |
| | AC ₂ | 65-80 | sL | 32,0 | 49,9 | 18,1 |

Im Untersuchungszeitraum wurden die Messstellen aufgrund des Erntekalenders in den einzelnen Jahren unterschiedlich lange betrieben. Die angebauten Kulturen, die Messperioden sowie die Niederschläge während der Feldmessungen und als Jahressumme sind in Tabelle 7.2-2 zusammengestellt.

Tabelle 7.2-2: Angebaute Kulturen bei den untersuchten Varianten sowie Dauer der Messperioden und Niederschlagssummen (BB...Bodenbearbeitung; ZF...Zwischenfrucht)

| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|----------------------|---------------|--------------------|--------------|--------------------|---------------|-------------------|
| S1M | Sommergerste ZF** | Wintergerste | Luzerne | Luzerne | Winterweizen ZF | Körnermais | Sommergerste |
| S1G | | | | | | | |
| BB* S1M, S1G | Pflug | Pflug | Grubber | ---- | Pflug | Pflug | Pflug |
| SK | Sommerdurum ZF | Zuckerrübe | Winterweizen ZF | Zwiebel | Winterdurum ZF | Kartoffel | Winterdurum ZF |
| BB SK | Grubber | Pflug | Pflug | Pflug | Grubber | Pflug | Grubber |
| Messperiode | ---- | 26.5. - 30.6. | 3.6. - 26.10. | 5.4. - 20.8. | 24.2. - 28.6. | 25.6. - 16.9. | ---- |
| Jahresniederschlag (mm) | 416.5 | 512.0 | 527.0 | 450.4 | 645.6 | 427.2 | 446.4 |
| Niederschlags- summe während Messperiode (mm) | ---- | 111.4 | 335.6 | 355.2 | 206.0 | 214.6 | ---- |
| Mittlerer Tages- niederschlag während der Messperiode (mm) | ---- | 3.2 | 2.3 | 2.6 | 1.7 | 2.6 | ---- |

Aus den mittleren Profilwasserinhalten (Abbildung 7.2-1) lässt sich erkennen, dass sich im mehrjährigen Mittel keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Düngungsvarianten ergeben. In einzelnen Jahren können dagegen Differenzen auftreten. Im Durchschnitt speichert der Boden mit geringer Bonität (S1G) 23 % weniger Wasser als jener mit mittlerer Bonität (S1M).

Bei geringen Niederschlägen und trockenen Verhältnissen (Tabelle 7.2-2) – wie 2007 – zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten, es treten aber auch kaum Unterschiede zwischen mittlerer und geringer Bodenbonität auf (Abbildung 7.2-1). In den niederschlagsreicheren Messperioden 2005, 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 führt (Abbildung 7.2-1).

Der zeitliche Verlauf der in 0-60 cm gespeicherten Profilwassermenge und des Niederschlags während des gesamten Untersuchungszeitraumes ist in Abbildung 7.2-9 (Anhang) dargestellt.

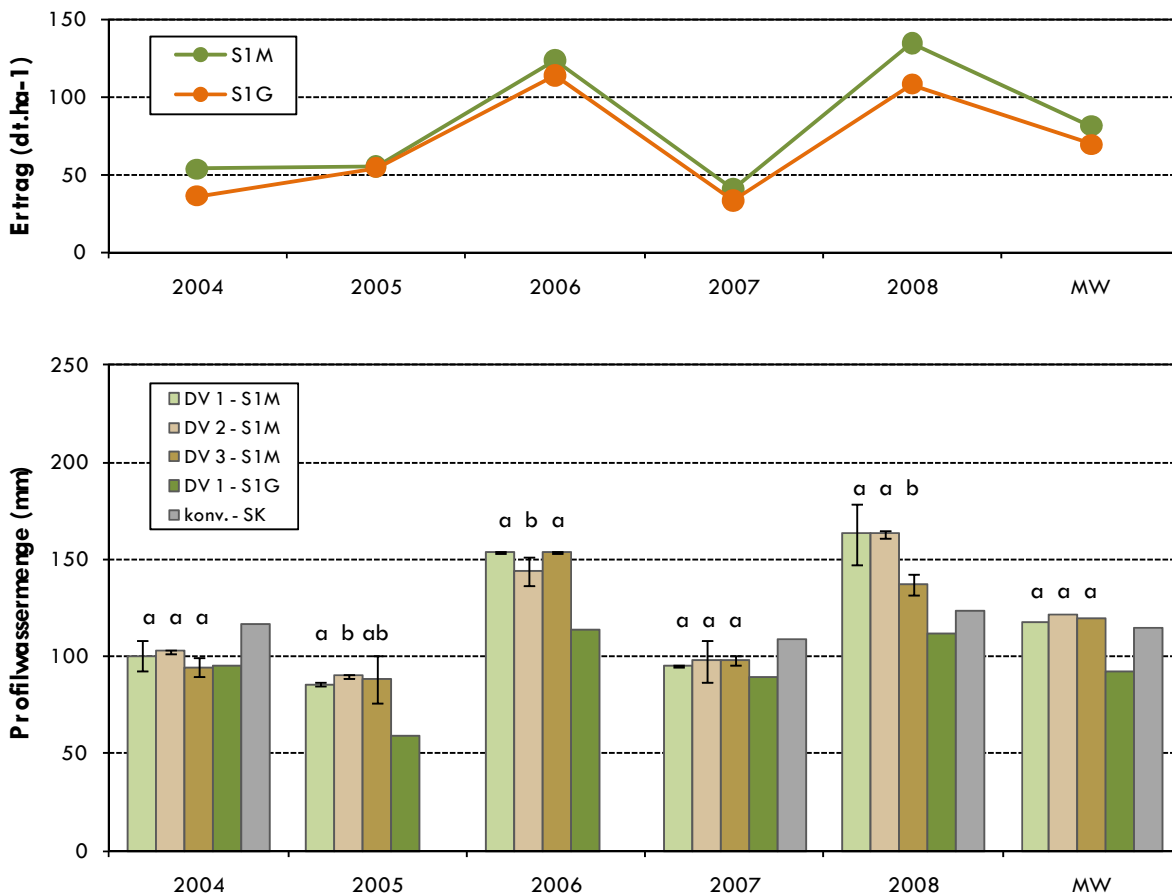


Abbildung 7.2-1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Profilwassermengen (0-60 cm) der untersuchten Varianten während der Messperioden in den Untersuchungsjahren (unten) sowie mittlere Erträge der S1M und S1G Parzellen (oben). Jahresmittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Betrachtet man die mittleren, täglichen aktuellen Evapotranspirationsraten, so erkennt man den jahreszeitlichen Verlauf mit Maximalwerten von 2,6 bis 3,2 mm pro Tag während der Sommermonate (Abbildung 7.2-2). Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten lassen sich nicht feststellen. Niedrigere Profilwasserinhalten bei geringer Bodenbonität (S1G) schränken Evaporations- und Transpirationsprozesse ein, wodurch die Ertragsbildung negativ beeinflusst wird (vgl. Abbildung 7.2-1).

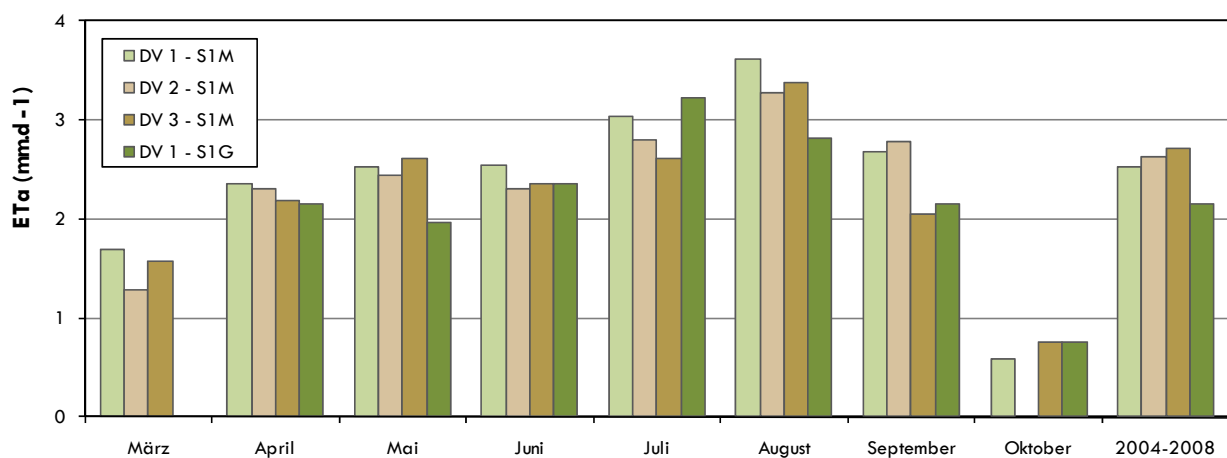


Abbildung 7.2-2: Mittlere tägliche aktuelle Evapotranspirationsraten für die untersuchten Düngungsvarianten

Bodenwasserspeicherfähigkeit

Der Boden erfüllt eine wichtige Funktion als Speichermedium für Wasser sowie für gelöste organische und anorganische Stoffe. Die Wasserspeicherkapazität eines Bodens wird durch seinen Porenraum beschrieben. Dieser Porenraum unterteilt sich in Grob-, Mittel- und Feinporen. Die Grobporen sind bei terrestrischen Böden zumeist luftgefüllt. In den Mittelporen ist jenes Bodenwasser gespeichert, welches für die Pflanzen nutzbar ist, wogegen das Wasser in den Feinporen nicht für die Pflanzen zur Verfügung steht. Als pflanzennutzbarer Bereich (nK) wird jener zwischen Feldkapazität (FK) und permanentem Welkepunkt (PWP) angenommen. Die entsprechenden Matrixpotenziale für die beiden Kennwerte liegen bei 100 hPa (FK) und 15000 hPa (PWP).

In Tabelle 7.2-3 sind die Porenanteile, die Feldkapazitäten und Welkepunkte für die drei Varianten für beide Untersuchungstermine 2003 und 2009 zusammengestellt (vgl. Abbildung 7.2-12). Zu beiden Zeitpunkten war auf den biologisch bewirtschafteten Flächen (S1M und S1G) Sommergerste angebaut. Die Probenahme erfolgt jeweils im Sommer. Da sich bei S1M für die unterschiedlichen Düngungsvarianten kein signifikanter Unterschied zeigte, wurde aus allen Messungen ein Mittelwert berechnet.

In den oberen 25 cm Bodentiefe lässt sich bei allen Flächen eine Zunahme im Porenanteil feststellen. Der Anstieg beträgt bei biologischer Wirtschaftsweise sowohl bei geringer als auch bei mittlerer Bonität rund 6 % bzw. 6 mm pro Dezimeter Bodentiefe (Tabelle 7.2-3). Bei konventioneller Bodenbewirtschaftung beträgt die Zunahme nur 3 %. Höherer Porenanteil bedeutet, dass bei Auftreten von Starkregenereignissen mehr Wasser in den Boden infiltrieren kann und weniger oberflächlich abfließt. Dies erhöht den Wasserrückhalt in der Landschaft. In der Bodentiefe unterhalb von 25 cm ist keine Zunahme im Porenanteil mehr messbar.

Für die Pflanzenproduktion ist der Kennwert der nutzbaren Kapazität entscheidend. Eine Zunahme bedeutet, dass mehr und vor allem länger Wasser für die Pflanzenproduktion zur Verfügung steht. Eine Zunahme der nK ergibt sich nur bei biologischer Bewirtschaftung auf Böden mit mittlerer Bonität und auch wiederum nur in den oberen 25 cm Bodentiefe. Innerhalb von sechs Jahren stieg der Wert um 7 % von 11,2 % auf 18,2 % an (Tabelle 7.2-3), womit in 0-25 cm um 18 mm mehr Wasser gespeichert werden können. Bei einer angenommenen mittleren Evapotranspirationsrate von 3,5 mm·d⁻¹ in den Sommermonaten (vgl. Abbildung 7.2-2) wird dadurch der Pflanzenwasserbedarf um rund fünf Tage länger gedeckt, was vor allem im Trockengebiet von besonderer Bedeutung ist. S1G und SK zeigen diese positiven Effekte nicht. Im tieferen Bodenbereich (ab 25 cm) lässt sich dagegen bei keiner der untersuchten Varianten eine Veränderung in der nutzbaren Kapazität feststellen.

Tabelle 7.2-3: Porenanteile, Wassergehalte bei Feldkapazität (FK) und bei permanentem Welkepunkt (PWP) sowie pflanzennutzbare Kapazität (nK) für die untersuchten Varianten und beiden Bodentiefen

| Parameter | S1M | | | | S1G | | | | SK | | | |
|-----------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | 10-15 cm | | 25-30 cm | | 10-15 cm | | 25-30 cm | | 10-15 cm | | 25-30 cm | |
| | 2003 | 2009 | 2003 | 2009 | 2003 | 2009 | 2003 | 2009 | 2003 | 2009 | 2003 | 2009 |
| Porenanteil (%) | 46.5 | 52.5 | 49.5 | 48.0 | 45.7 | 51.0 | 42.9 | 44.0 | 43.0 | 46.0 | 40.0 | 37.5 |
| FK (%) | 32.2 | 35.7 | 31.2 | 34.8 | 32.7 | 30.8 | 31.5 | 30.9 | 30.5 | 33.0 | 34.1 | 34.7 |
| PWP (%) | 21.0 | 17.5 | 16.3 | 19.8 | 16.0 | 15.0 | 16.2 | 16.4 | 21.3 | 22.3 | 19.8 | 18.8 |
| nK (%) | 11.2 | 18.2 | 14.9 | 15.0 | 16.7 | 15.8 | 15.3 | 14.5 | 9.2 | 10.7 | 14.3 | 15.9 |

Trockendichte

Aus den Ergebnissen der Trockendichtebestimmung lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen biologischer und konventioneller Bewirtschaftung erkennen (Abbildung 7.2-3). Die Mittelwerte (2004-2009) bei biologischer Bewirtschaftung bewegen sich zwischen 1,31 (DV1-S1G) und 1,48 (DV4-S1M) g·cm⁻³ für die obere Bodentiefe (0-15 cm). Die 2008 neu hinzugekommene Variante DV4 weist eine

höhere Trockendichte in beiden untersuchten Jahren auf. Für SK liegt der Wert bei $1,37\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Bei mittlerer Bodenbonität liegt die Trockendichte bei allen biologisch bewirtschafteten Flächen (zwischen $1,40$ und $1,48\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) höher als bei der konventionell bewirtschafteten Parzelle ($1,37\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Damit ergibt sich für SK eine ähnliche Lagerungsdichte wie für S1G. Bei geringer Bodenbonität zeigt sich bei biologischer Bewirtschaftung ebenfalls eine geringere Lagerungsdichte ($1,35\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

In der Bodenschicht unterhalb 25 cm weisen alle Versuchspartellen höhere Trockendichten auf. Die Differenzen liegen zwischen $0,02$ (DV3-S1M) und $0,09$ (DV1-S1G) $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Zwischen den einzelnen Untersuchungsjahren treten große Unterschiede in der Trockendichte auf. Diese sind auf die unterschiedlichen Bodenbearbeitungsmaßnahmen (Pflug, Grubbern oder keine Bodenbearbeitung), auf die angebaute Kultur und auf den Zeitpunkt der Probenahme nach der Bodenbearbeitung zurückzuführen. Ein Einfluss der angebauten Feldfrucht auf die Trockendichte ist feststellbar. Durch Luzerne (2005 und 2006) und Winterweizen (2007) wurde die Trockendichte von 2005 bis 2007 in beiden Bodenschichten verringert.

Der Anbau von Mais (2008) und Sommergerste (2009) führte wieder zu einem Anstieg. Obwohl die biologische Bewirtschaftungsweise zu einem geringfügigen Anstieg der Trockendichte führte, wurden in keinem Fall Werte erreicht, die zu einer Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums führen. Es ist auch in Zukunft nicht damit zu rechnen, dass kritische Werte erreicht werden.

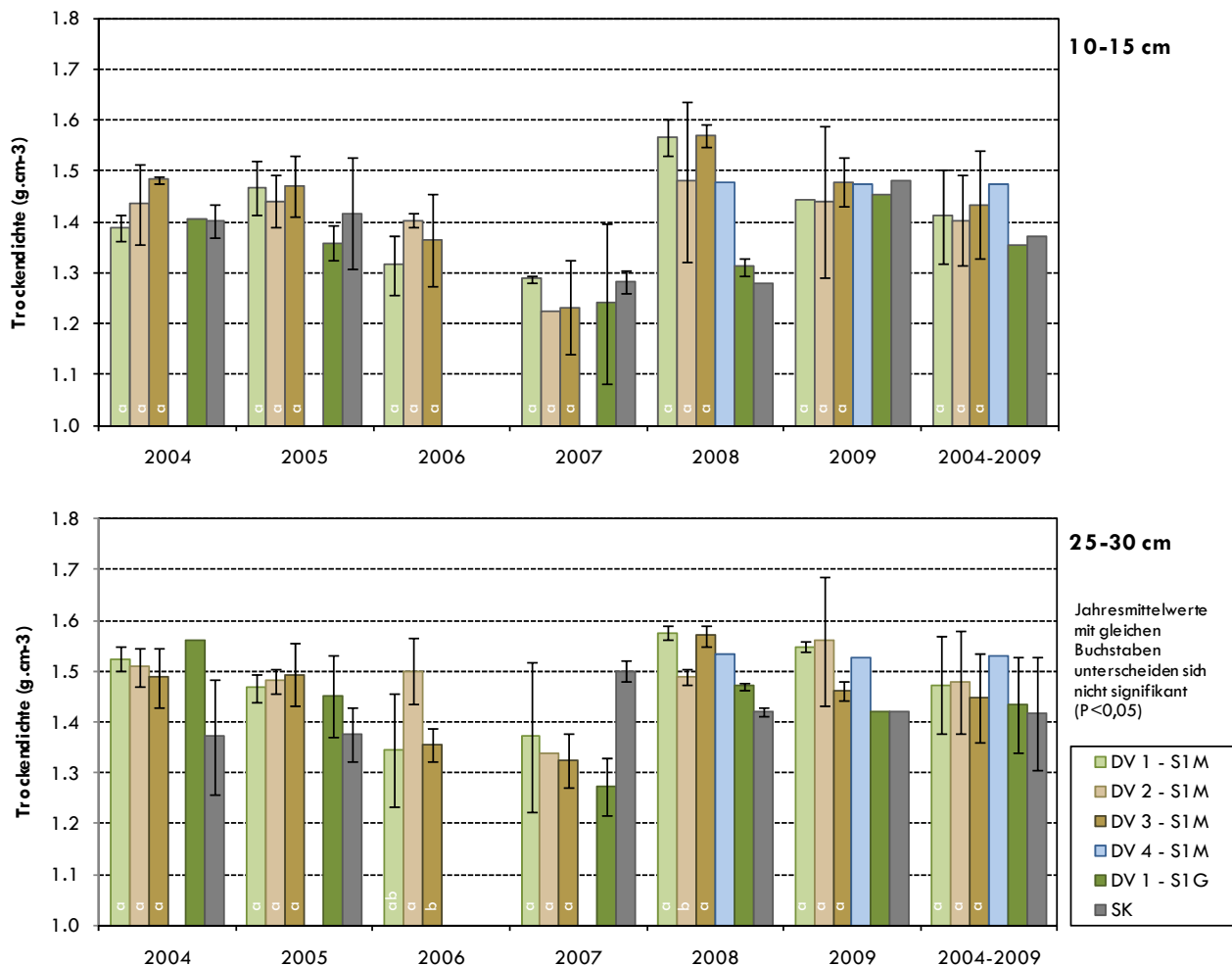


Abbildung 7.2-3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Untersuchungsflächen und die beiden untersuchten Bodentiefen

Wasserdurchlässigkeit (*k*-Wert)

Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (*k*-Wert) ist bei mittlerer Bodenbonität in den meisten Jahren auf den biologisch bewirtschafteten Parzellen numerisch höher als auf der konventionellen Fläche, diese Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Von der Art der Düngungsvariante wird er ebenfalls nicht signifikant beeinflusst (Abbildung 7.2-4). Im Mittel liegen die *k*-Werte bei S1M für die obere Bodentiefe zwischen 5,53 (DV3-S1M) und 6,67 m•d⁻¹ (DV1-S1M; Abbildung 7.2-4). Konventionelle Bewirtschaftung liefert einen Wert von 3,15 m•d⁻¹ und ist damit ähnlich wie bei biologischer Bewirtschaftung und geringer Bonität (S1G; 2,77 m•d⁻¹).

Eine Abnahme des *k*-Wertes mit der Tiefe ist gegeben. In Bodenbereich unterhalb von 25 cm liegen die Durchlässigkeitsbeiwerte bei S1M zwischen 2,39 (DV4-S1M) und 4,28 m•d⁻¹ (DV2-S1M), SK erreicht einen Wert von 1,24 m•d⁻¹. Bei geringer Bodenbonität wird in der unteren Bodenschicht ein geringfügig höherer Wasserdurchlässigkeitsbeiwert ermittelt (3,72 m•d⁻¹).

Die Wasserdurchlässigkeiten werden durch die angebauten Kulturen unterschiedlich stark beeinflusst. Die höchsten *k*-Werte während der Untersuchungsperiode wurden unter Luzerne (2005) gemessen. Geringere Trockendichten unter Luzerne – vermutlich bedingt durch die seichte Grundbodenbearbeitung durch einen Grubber (Tabelle 7.2-2) – und unter Winterweizen (2007) liefern gegenüber Mais (2008) und Sommergerste (2009) höhere *k*-Werte, d.h. raschere Infiltration des Wassers in den Boden.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass bei allen untersuchten Varianten die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte als sehr hoch bis äußerst hoch bewertet werden können (Tabelle 7.2-4; AG Boden, 1994). Die niedrigeren Werte bei der konventionell bewirtschafteten Fläche können einerseits auf den geringeren Grobporenanteil dieser Fläche (Tabelle 7.2-3) und andererseits auf die größere Verschlammungsneigung des Bodens infolge niedrigerer Gehalte an organischer Substanz zurückgeführt werden.

Tabelle 7.2-4: Einstufung der Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden (AG Boden, 1994)

| <i>k</i> -Wert [cm.d ⁻¹] | Stufe | Bezeichnung |
|---|-------|--------------|
| 0 – < 1 | 1 | sehr gering |
| 1 – < 10 | 2 | gering |
| 10 – < 40 | 3 | mittel |
| 40 – < 100 | 4 | hoch |
| 100 – < 300 | 5 | sehr hoch |
| ≥ 300 | 6 | äußerst hoch |

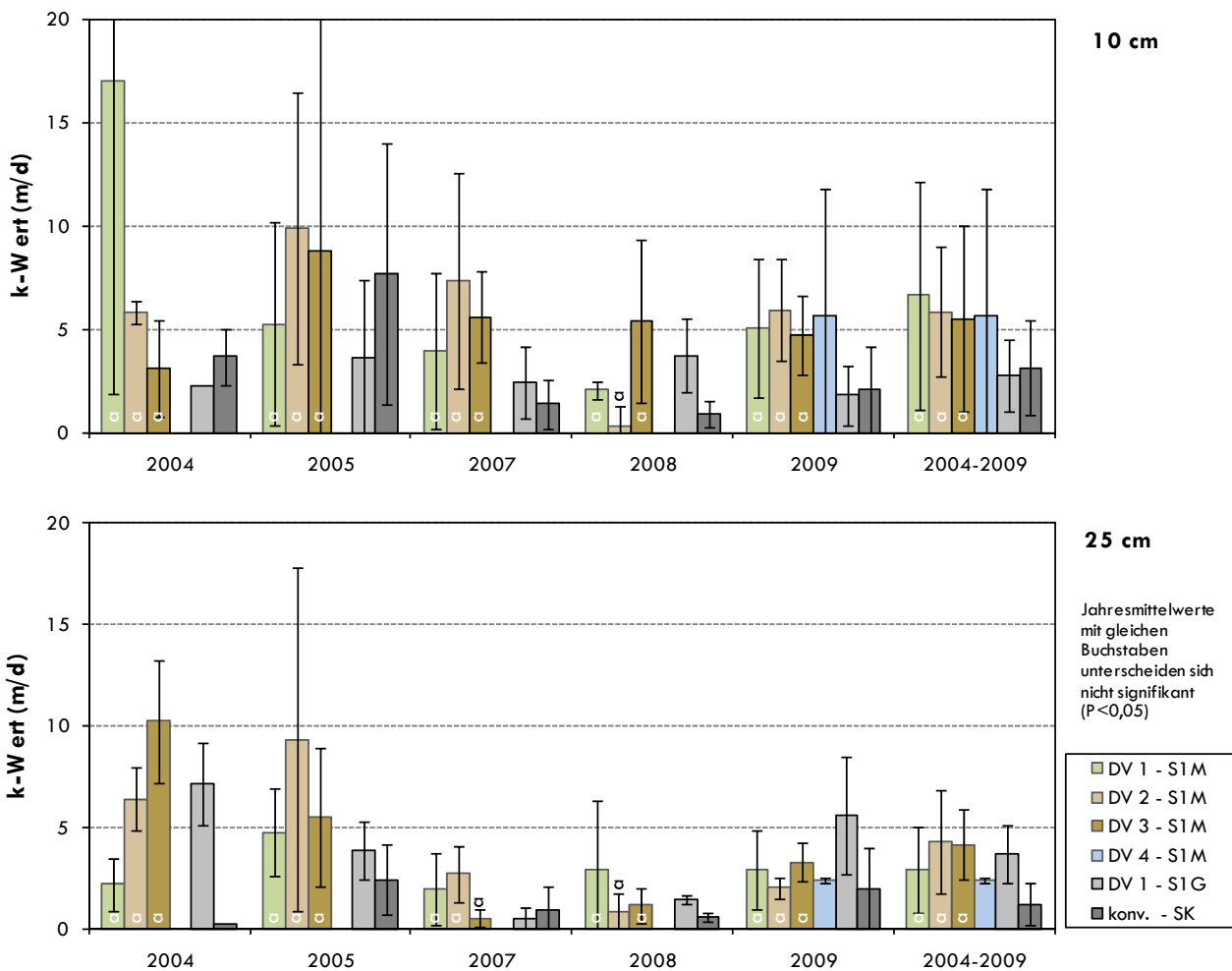


Abbildung 7.2-4: Mittelwerte und Standardabweichungen der k-Werte für die unterschiedlichen Untersuchungsflächen und die beiden untersuchten Bodentiefen

Aggregatstabilität

Die Stabilität der Aggregate ist ein wichtiges Maß für die Erodierbarkeit eines Bodens bzw. dessen Widerstand gegen die erosiven Kräfte Wasser und Wind. Sie wird maßgeblich von der organischen Bodensubstanz beeinflusst und unterliegt aufgrund der Bodennutzung und des Bodenwassergehaltes starken zeitlichen Schwankungen. In Abbildung 7.2-5 sind die mehrjährigen Mittelwerte der Aggregatstabilität für die untersuchten Varianten dargestellt.

Auf den biologisch bewirtschafteten Flächen wird unabhängig von der Bodenbonität im mehrjährigen Mittel mit Werten zwischen 17,6 % (DV1-S1G) und 23,7 % (DV4-S1M) eine höhere Aggregatstabilität erreicht als bei der herkömmlich bewirtschafteten SK (12,8 %, Abbildung 7.2-5). Im letzten Versuchsjahr (2009) wurde aufgrund des Erntekalenders die Messperiode verschoben und es ergeben sich für alle Varianten deutlich höhere Aggregatstabilitätswerte. Untersuchungen von Reents et al. (2009) lieferten vergleichbare Ergebnisse.

Der Einfluss der angebauten Kultur auf die Aggregatstabilität ist deutlich höher als jener der Düngungsvariante. Unter Sommergerste (2003 und 2009), Wintergerste (2004), Luzerne (2005) und Winterweizen (2007) zeigen sich bei biologischer Bewirtschaftung höhere Aggregatstabilitätswerte als unter Körnermais (2008). In der konventionell bearbeiteten Parzelle wurden nur im ersten Versuchsjahr (2003) unter Sommerdurum vergleichbare Werte gemessen. In allen anderen Versuchsjahren ergaben sich vor allem bei nicht vollständig den Boden bedeckenden Kulturen – wie Zuckerrübe, Zwiebel und Kartoffel – niedrige Aggregatstabilitäten. Die geringe Bodenbedeckung verbunden mit niedrigeren

Gehalten an organischer Substanz im Oberboden ermöglicht eher eine Verschlammung der Bodenoberfläche und somit eine Zerschlagung der Bodenaggregate durch die kinetische Energie der Regentropfen.

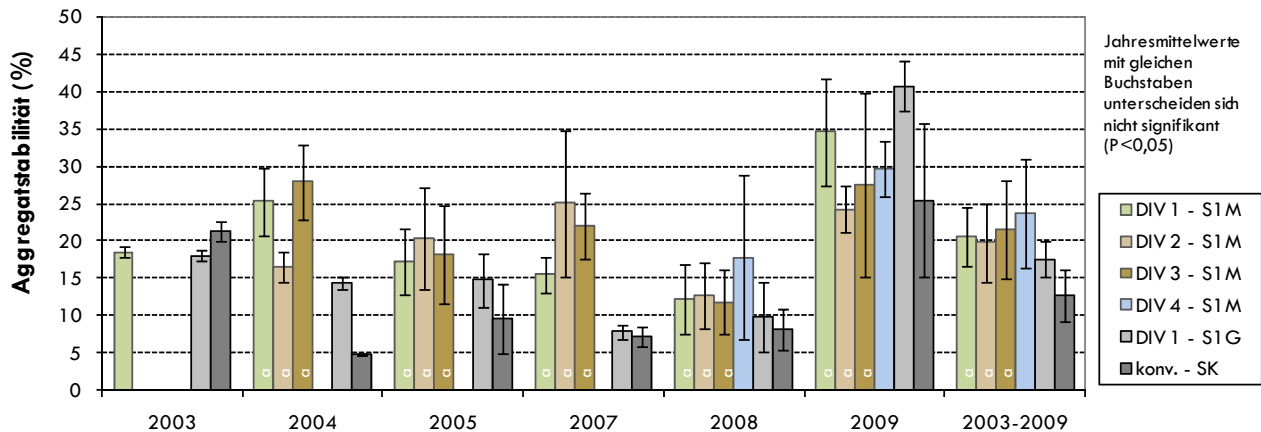


Abbildung 7.2-5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Aggregatstabilität der unterschiedlichen Untersuchungsflächen

Einfluss von Landschaftselementen auf den Bodenwasserhaushalt

Die Bodenwassermessstellen im Transekt Süd wurden aufgrund der unterschiedlichen Kulturen in den Untersuchungsjahren verschieden lange betrieben (Tabelle 7.2-4). Die Niederschlagssummen in den einzelnen Messperioden sowie die berechneten mittleren Tagesniederschläge sind ebenfalls in Tabelle 7.2-4 angegeben. Außerdem sind die mittleren Mehrerträge innerhalb des windberuhigten Lee-Bereiches, der einer Distanz der 10-fachen Heckenhöhe (80 m) entspricht, enthalten.

Abbildung 7.2-6 zeigt die mittleren Profilwasserinhalte (0-90 cm) in den Untersuchungsjahren in Abhängigkeit vom Abstand zur Bodenschutzanlage. Die Messungen ergeben, dass nahe der Bodenschutzanlage (8 bis 24 m) etwa gleiche Wassergehalte auftreten wie in 80 m Entfernung (vgl. Abbildung 7.2-11). In einer Entfernung von etwa 40 bis 60 m, das entspricht einem Abstand der 5- bis 7-fachen Heckenhöhe, liegen die Messwerte um 20 bis 25 % niedriger. Dieser Verlauf ist besonders in den Jahren 2008 und 2009 gut erkennbar (vgl. Abbildung 7.2-10). Die Mehrerträge im Leebereich der Bodenschutzanlage in unterschiedlichen Abständen dazu sind in Abbildung 7.2-7 dargestellt. In allen Jahren ergibt sich ein Zusammenhang ($R^2=0,2872$) zwischen Profilwassermenge und Ertrag (Abbildung 7.2-8).

Aus den mehrjährigen Messergebnissen ergibt sich, dass der Einflussbereich hinsichtlich eines verbesserten Bodenwasserhaushaltes bis zu einer Distanz reicht, die etwa dem 3-Fachen der Heckenhöhe entspricht. Die in der Literatur angegebene Distanz vom rund 10-fachen der Heckenhöhe konnten die Untersuchungen für den untersuchten Standort nicht bestätigen. Dies lässt sich zum Teil darauf zurückführen, dass die Windschutzhecke in Rutzendorf nicht senkrecht zur Hauptwindrichtung, sondern in einem Winkel von etwa 45° angelegt ist.

Trotzdem wirkt sich die Bodenschutzanlage positiv auf die Ertragsentwicklung aus.

Tabelle 7.2-5: Dauer und Niederschlagssummen der Messperioden beim Transekt Süd (TS) sowie mittlere Mehrerträge innerhalb des 80 m windberuhigten Lee-Bereich

| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|-------------|------------|--------------|-------------|-------------------------------|-------------|--------------|
| Messperiode | 23.6.-9.12. | 18.2.-1.9. | 4.2.-17.11. | ---- | 14.3.-17.7. | 28.4.-17.7. | 30.4.-27.10. |
| Kultur | | Luzerne | Winterweizen | Sonnenblume | Winterroggen | Erbse | Winterroggen |
| Niederschlag (mm) | 200.60 | 343.80 | 448.00 | ---- | 107.60 | 180.60 | 303.20 |
| Mittlerer Tagesniederschlag (mm) | 1.18 | 1.75 | 1.56 | ---- | 1.01 | 2.23 | 1.68 |
| Mittlerer Mehrertrag in der windberuhigten Zone (80 m) (%) | | 9.70 | 8.90 | 23.70 | keine Daten wegen Virusbefall | 0.00 | 0.00 |

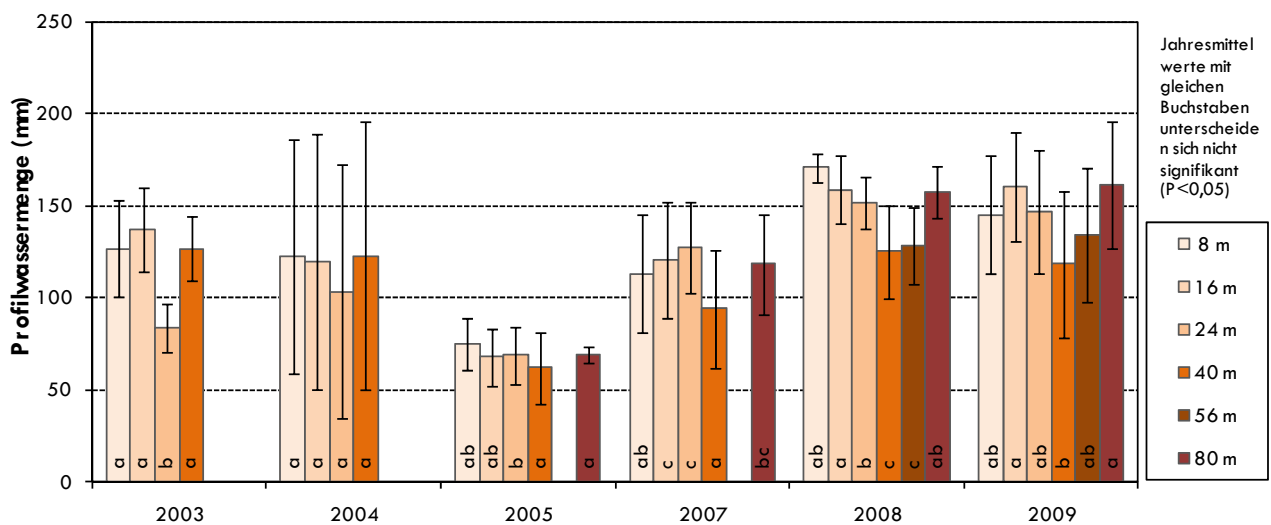


Abbildung 7.2-6: Jahresmittlere Profilwassermengen über die Messzeiträume (und Standardabweichungen) für 0-90 cm Bodentiefe im Transekt Süd (TS) in Abhängigkeit des Abstandes von der Bodenschutzanlage

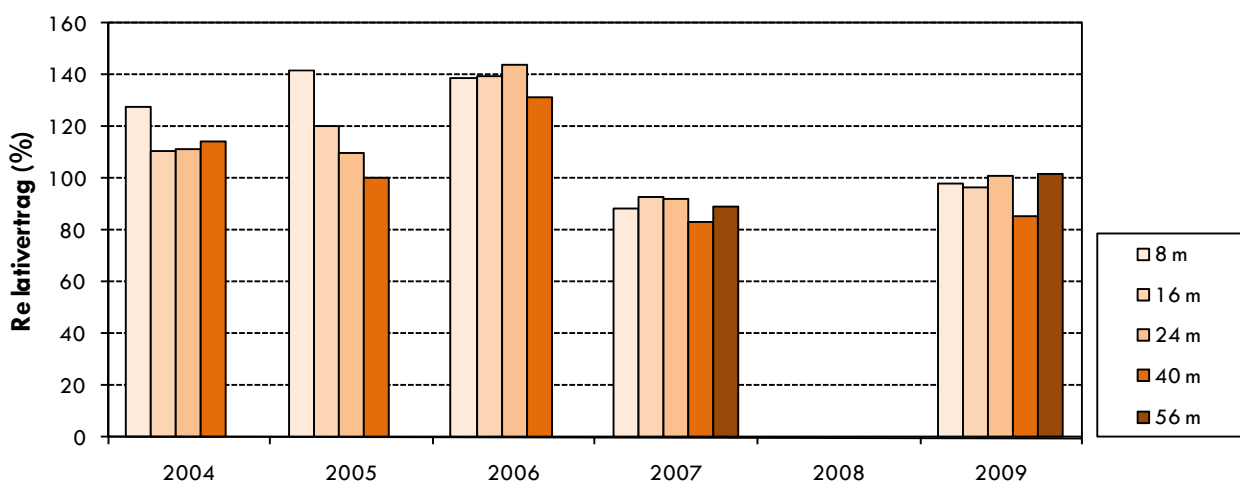


Abbildung 7.2-7: Mittlere Relativerträge in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage im Vergleich zum Ertrag in 80 m Entfernung zur Hecke (=100 %)

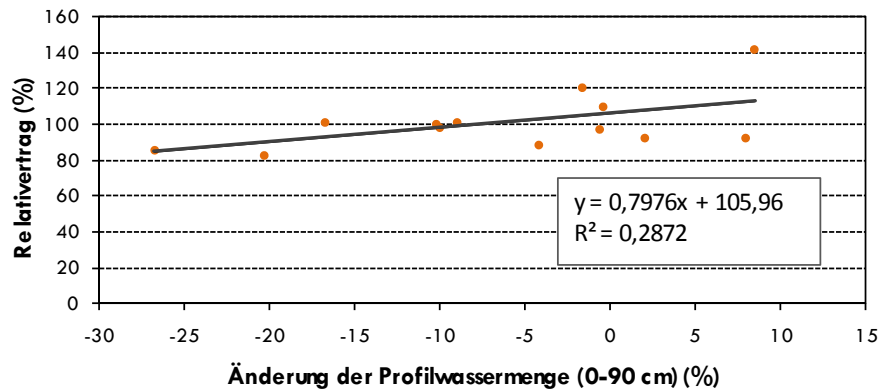


Abbildung 7.2-8: Zusammenhang zwischen Änderung der Profilwassermenge (in %) und dem Relativertrag (in %) im Vergleich zum Ertrag außerhalb des windberuhigten Lee-Bereiches (>80 m Abstand)

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Um die Bodenfruchtbarkeit und die Bodengesundheit zu erhalten bzw. zu erhöhen, wird zukünftig die Verwendung nachhaltiger Bodennutzungssysteme erforderlich sein. Die Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau stellt dabei eine geeignete Maßnahme dar.

Für die sechs Jahre biologische Bewirtschaftung lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Bei biologischer Bewirtschaftung erhöhte sich der Porenanteil sowohl bei mittlerer als auch bei geringer Bodenbonität um 6 %, bei konventioneller Bearbeitung nur um 3 %. Verantwortlich für die Zunahme des Porenanteils bei biologischer Bewirtschaftung ist vor allem die Fruchtfolge mit vorwiegend dicht wurzelnden Kulturen (wie z.B. Luzerne).
- Der Anbau von Luzerne wirkt sich günstig auf die Trockendichte und den Wasserdurchlässigkeitsbeiwert aus.
- Höhere Porenanteil, höhere Wasserdurchlässigkeit und geringere Trockendichte ermöglichen bessere Wasserinfiltration in den Boden und somit eine Verbesserung des Wasserrückhaltes in der Landschaft. Im Hinblick auf die erwartete zukünftige Zunahme von Starkregenereignissen muss dies besonders positiv bewertet werden.
- Durch ökologischen Landbau wurde bei mittlerer Bodenbonität die pflanzennutzbare Kapazität des Bodens in den oberen 25 cm Bodentiefe um 7 % erhöht. Dies bedeutet, dass den Pflanzen mehr und vor allem länger Wasser zur Biomasseproduktion zur Verfügung steht. Dies führt zu einer Minderung der klimarelevanten Auswirkungen infolge des erwarteten Temperaturanstiegs.
- Unterschiedliche Bodenbonität hat vor allem in niederschlagsreichen Vegetationsperioden Einfluss auf die Profilwassermengen. Mittlere Bonität (S1M) speichert im Mittel um 23 % mehr als geringe (S1G). Zwischen den Düngungsvarianten zeigt sich dagegen kein signifikanter Unterschied.
- Höhere Profilwassermengen liefern höhere Ernteerträge.
- Zwischen den biologisch und konventionell bewirtschafteten Parzellen ist kein signifikanter Unterschied in der Trockendichte und im Wasserdurchlässigkeitsbeiwert feststellbar.
- Die biologisch bewirtschafteten Flächen wiesen in allen Untersuchungsjahren höhere Aggregatstabilitätswerte auf als die konventionelle Parzelle. Ökologischer Landbau erhöht somit den Widerstand des Bodens gegen die erosiven Kräfte Wind und Wasser und vermindert dadurch die Erosionsgefährdung.

- Landschaftselemente (Bodenschutzanlagen) wirken sich günstig auf den Bodenwasserhaushalt und auch auf die Bodenfruchtbarkeit aus. Ihr Einfluss ist jedoch weniger weitreichend als in zahlreichen Publikationen angegeben.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ökologischer Landbau mit der Bewirtschaftung am Biobetrieb Rutzendorf zu einer Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und einer Erhöhung der Bodengesundheit führt. Zusätzlich werden dadurch mögliche negative klimarelevante Auswirkungen wie höhere Verdunstungen infolge des Temperaturanstiegs, Zunahme von Starkniederschlagsereignissen und Zunahme von längeren Trockenperioden gemindert werden.

LITERATUR

- AG Boden, 1994. Bodenkundliche Kartieranleitung. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter (Hrsg.). 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab., Hannover 1994. ISBN 3-510-95804-7
- Analytical Software, 1996. Statistix für Windows version 1.0. Tallahassee, Florida. Analytical Software.
- Blume, H.-P., 1992. Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und -belastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. 2. Aufl. Verlag ecomed, Landsberg.
- Brenner, A.J., P.G. Jarvis und R.J. van der Beldt, 1995. Windbreak-crop interactions in the Sahel. 2. Growth response of millet in shelter. *Agricultural and Forest Meteorology* 75(4): 235-262.
- Doran, J.W., and T.B. Parkin, 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication No. 35. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- 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>
- Gobin, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M. and Kosmas, C. 2003. Assessment and reporting on soil erosion. European Environment Agency, Technical Report 94, 103 pp.
- Herrmann, G. und Plakolm, G. (1993): *Ökologischer Landbau, Grundwissen für die Praxis*. Verlagsunion Agrar.
- Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Harris, and G.E. Schuman, 1997. Soil Quality: a Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 4-10.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (KOM), 2006. Thematische Strategie für den Bodenschutz. Zusammenfassung der Folgenabschätzung. Mitteilung der Kommission an den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. KOM(2006)231 endgültig.
- Kemper, W.D. und J.E. Koch, (1966): Technical Bulletin No. 1355 Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Lal, R., 1998. Agronomic consequences of soil erosion. In: Penning de Vries, F. W. T., Agus, F., Kerr, J. (des.). *Soil Erosion at Multiple Scales - Principles and Methods for Assessing Causes and Impacts*.
- MathSoft Engineering & Education, Inc., 2002. Mathcad 2001i Professional (Deutsch). Bagshot, Surrey, Großbritannien. MathSoft Engineering & Education, Inc.
- Niederösterreichisches Bodenschutzgesetz (NÖBSG), 2005. LGBl. Nr. 6160-4, 4. Novelle 25/05 von 2005-0302.
- ÖNORM L 1061-1. (2002): Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens; Teil 1: Grobboden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1061-2. (2002): Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens; Teil 2: Feinboden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1063. (1988): Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Druckpotential-Wasseranteilsbeziehung von ungestörten Bodenproben. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM L 1065. (1988): Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in gesättigten Zylinderproben. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.

- Reents, H.-J., C. Müller, N. Siebrecht, M. Kainz und R. Brandhuber, 2009. Einfluss des Leguminosen-Managements auf die Anfälligkeit des Bodens gegen Erosion. In: Wiesinger, K. und K. Cais (Hrsg.). *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009. Tagungsband. Schriftenreihe der LfL 7*: 119-123.
- Reganold, J.P., E.F. Lloyd, et Y.L. Unger, 1987. Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature* 330(26): 370-372.
- Yusaiyin, M., und N. Tanaka, 2009. Effects of windbreak width in wind direction on wind velocity reduction. *Journal of Forestry Research* 20(3): 199-204.

ANHANG

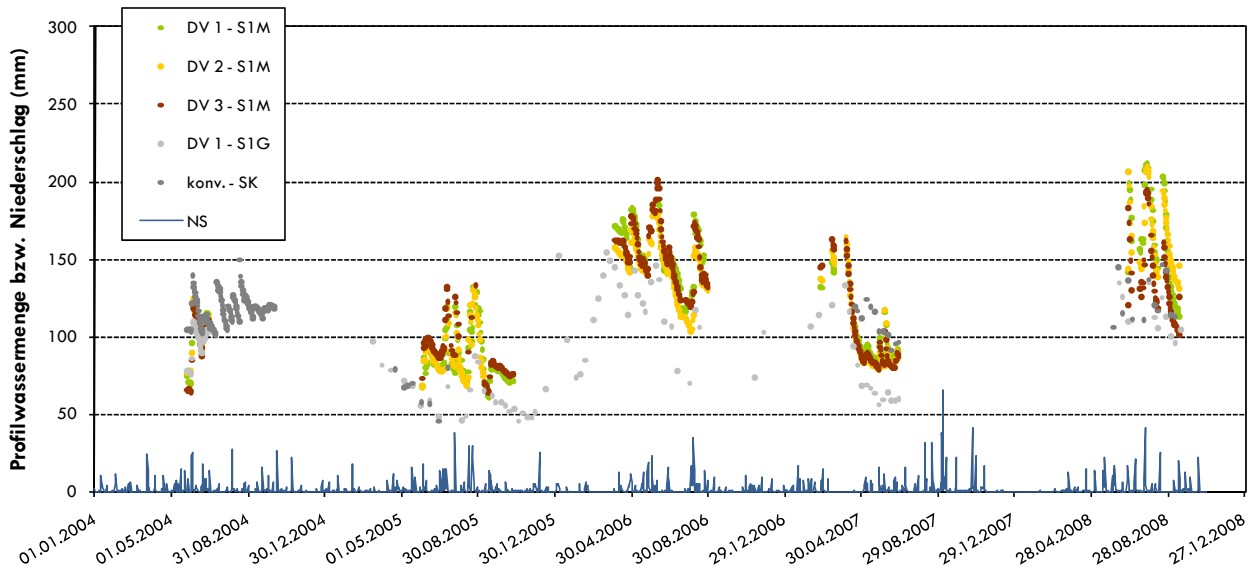


Abbildung 7.2-9: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten (2004-2008)

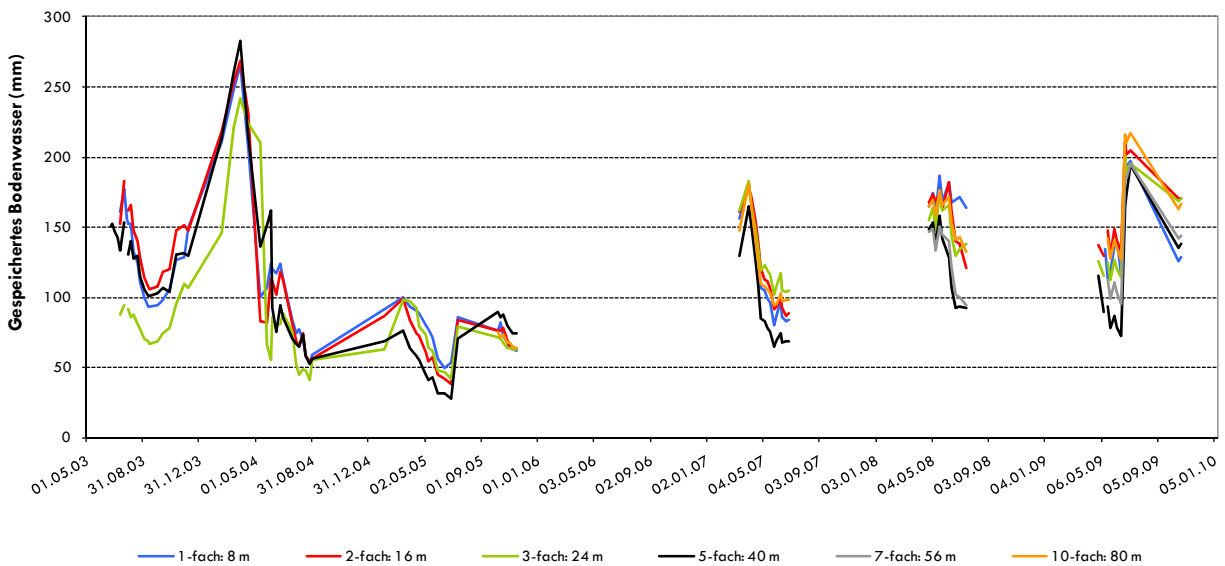


Abbildung 7.2-10: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge in Abhängigkeit des Abstandes von der Hecke beim Transekt Süd, 2003-2009 (0-90 cm Bodentiefe)

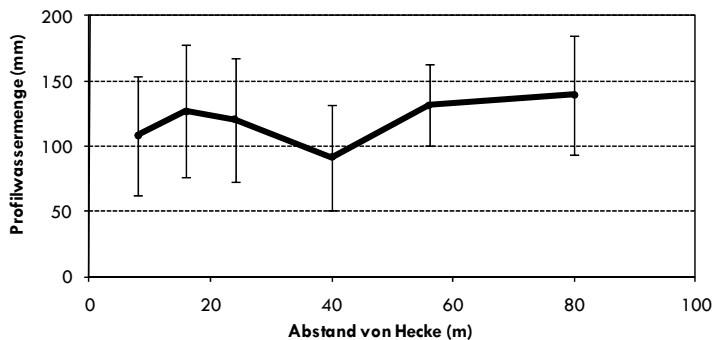


Abbildung 7.2-11: Mittlere Profilwassermengen im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage (Mittelwerte 2005 bis 2010). Die Daten bei 80 m Abstand sind Mittelwerte von 2008-2010.

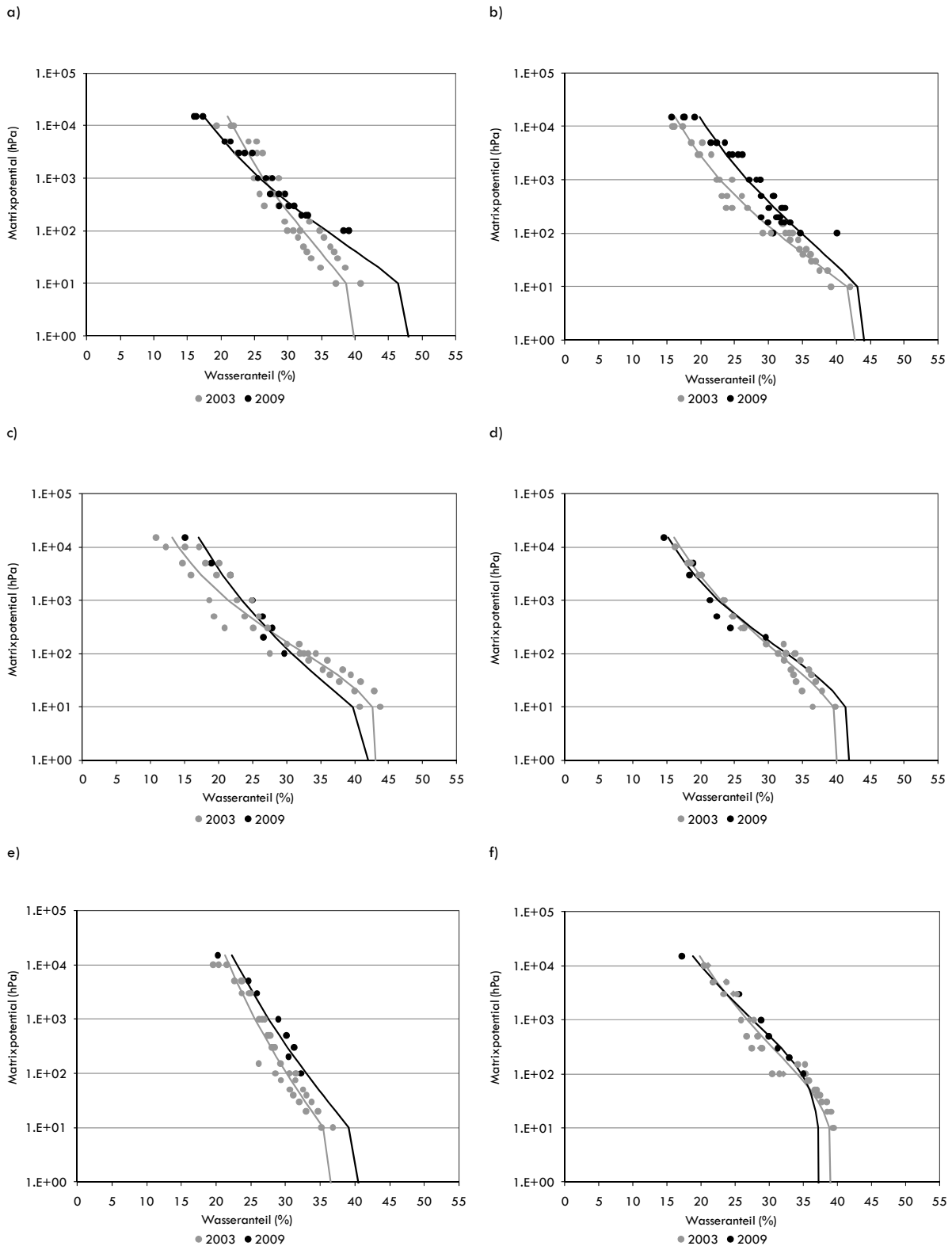


Abbildung 7.2-12: Vergleich der Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung der Untersuchungsflächen zwischen 2003 und 2009. (a) S1M 10-15cm, (b) S1M 25-30cm, (c) S1G 10-15cm, (d) S1G 25-30cm, (e) SK 10-15cm, (f) SK 25-30cm.

7.3 TEILPROJEKT 5 : AGRARMETEOROLOGIE

Monitoring des Witterungs- und Klimaverlaufs und mikroklimatischer Einflussgrößen im Nahbereich von Landschaftsstrukturen

BearbeiterInnen: **Gerersdorfer, T.**, Eitzinger, J. Mursch-Radlgruber, E., Laube, W.
 Institut für Meteorologie, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, BOKU Wien

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Das Teilprojekt Agrarmeteorologie umfasst zwei Schwerpunkte: einerseits agrarmeteorologische Dauermessungen zur laufenden Beobachtung und Dokumentation der Witterungsverhältnisse vor Ort während der Projektlaufzeit. Die dazu installierte kontinuierliche agrarmeteorologische Messstation wurde kalibriert und im Mai 2003 am Versuchsstandort in Rutzendorf aufgestellt. Andererseits wurden spezifische mikroklimatische Messungen (Transektmessungen) zum kleinklimatischen Einfluss von Hecken auf benachbarte Felder durchgeführt. Verschiedene meteorologische Parameter wie Wind und Verdunstung wurden analysiert um den Einflussbereich der Hecke zu zeigen.

Die Transektmessungen wurden während der Vegetationsperiode normal und auch parallel zu einer Hecke durchgeführt. Im Besonderen wurden dabei das horizontal-vertikale Windprofil und das horizontale Profil von Niederschlag, Strahlung, Taubildung untersucht. Zusammenfassend zeigt sich eine verschieden ausgeprägte Abhängigkeit des Verlaufs und der Größe der verschiedenen Parameter zum Abstand und zur Orientierung der Hecke.

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

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

EINLEITUNG

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).

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

Die temporären Transektmessungen dienen der quantitativen Erfassung ausgewählter mikroklimatischer Parameter und der Untersuchung des Einflusses einer Hecke auf diese Parameter und in weiterer Folge

der Untersuchung des Heckeneinflusses auf die Erträge der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion auf den benachbarten Feldern. Das Ziel ist, festzustellen, inwieweit sich das Mikroklima durch Hecken und deren Gestaltung ändert und einen positiven Beitrag für landwirtschaftliche Produktionssysteme leistet. Mit den Ergebnissen der Untersuchungen ist eine Abschätzung des Beitrags des Landschaftselements Hecke zur Minderung negativer klimarelevanter Auswirkungen möglich.

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

Auf der Basis einer umfassenden Literaturrecherche wurde untersucht, ob die aus der Literatur gewonnenen Aussagen zum Heckeneinfluss auf mikroklimatische Parameter und zu seinem Einflussbereich (Abbildung 7.3-1) sich auch am Untersuchungsstandort Rutzendorf feststellen lassen. Dies betrifft z.B. den Einfluss der Hecke auf Niederschlag und Strahlung in ihrem Nahbereich. Leeseitig - am Standort ist W- bzw. NW-Wind die vorherrschende Windrichtung – ist es v.a. ihr Einfluss auf Windgeschwindigkeiten, Verdunstungsmengen sowie die Taubildung.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wurden Erträge aus landwirtschaftlicher Produktion simuliert und daraus mögliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel abgeleitet.

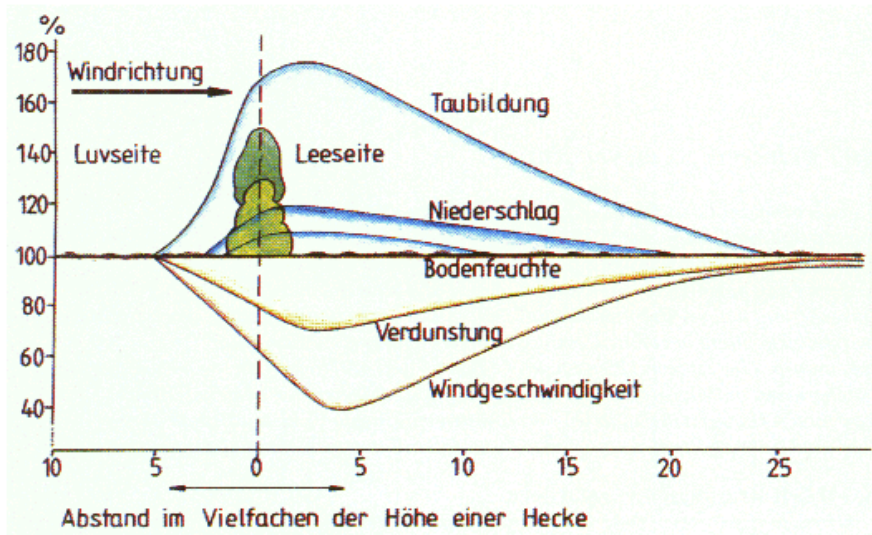


Abbildung 7.3-1: Klimaschutzwirkung einer Landschaftsstruktur mit mehrjährigen verholzenden Pflanzen (Quelle: Frielinghaus et al., 1997)

MATERIAL UND METHODEN

Als Referenz für alle Teilprojekte erfolgt die Erfassung wichtiger Witterungsparameter durch eine kontinuierliche, automatische agrarmeteorologische Messstation im Schlag 2/1, wo Luft- und Bodentemperaturen, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Strahlungsbilanz, Taubildung, Wind, Niederschlag und Bodenwassergehalt kontinuierlich und in verlässlicher Genauigkeit erfasst werden (Abbildung 7.3-2, links). Spezielle Transektmessungen wurden im Transekt Süd (Schlag 2/1) durchgeführt. Sie sollen den mikroklimatischen Einfluss von Hecken auf ihre Umgebung untersuchen. Das Charakteristikum der Transektmessungen besteht darin, dass mehrere gleiche Messstationen mit identen Sensoren in verschiedenen Distanzen (bei Wind zusätzlich auf unterschiedlichen Niveaus) von der Hecke und normal zur Heckenausrichtung angeordnet sind, um im Rahmen von mehrwöchigen Messkampagnen den möglichen Heckeneinfluss und seine räumliche Ausdehnung zu erfassen. Die Messkampagnen dauerten von einigen Wochen bis zu mehrere Monate.

Die untersuchte Hecke beim Transekt Süd verläuft in Nord-Süd-Richtung (genau NNO-SSW) und ist im Bereich des Transektes etwa 8 m hoch und 6 m breit. Der Leebereich (Wind abgekehrte Seite) der Hecke liegt ostseitig, der Luvbereich (Wind zugewandte Seite) westseitig. Die Messtransekte verlaufen normal

zur Hecke in Ost-West-Richtung (genau genommen: OSO-WSW-Richtung, Abbildung 7.3-2, rechts), für einige spezielle Fragen zur Winddurchlässigkeit ausgelichteter Heckenbereiche wurden sie aber auch parallel zur Hecke eingerichtet. Bei den Transektmessungen wurden im Besonderen das horizontale und vertikale Windprofil, das horizontale Profil von Niederschlag, Strahlung, Taubildung und Verdunstung untersucht.

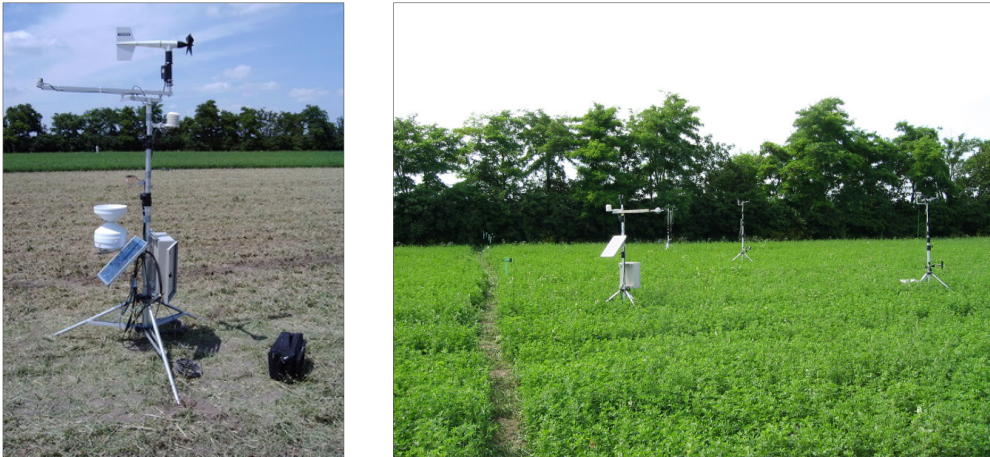


Abbildung 7.3-2: Agrarmeteorologische Dauerstation (Referenzstation) (links) und Messstationen der Transektmessungen (rechts) im Transekt Süd (Schlag 2/1).

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Ziel der Transektmessungen war es, das Mikroklima im Nahbereich einer Beispielhecke am Standort Rutzendorf zu untersuchen sowie den Einflussbereich der Hecke fest zu stellen.

Einfluss der Hecke auf die Niederschlagsverteilung

Die Regenmesser wurden symmetrisch zur Hecke in einem Abstand von 1 m, 3 m, 5 m, 8 m und 24 m installiert und wurden nach jedem Regenereignis abgelesen. Der Niederschlag ist den Messungen zufolge nur im Nahbereich der Hecke (wenige Meter) reduziert, und das hauptsächlich im Lee (ostseitig) der Hauptwindrichtung (Abbildung 7.3-3, links). Die Gesamtniederschlagsmengen unterscheiden sich im Beobachtungszeitraum nur unwesentlich und könnten durch die Ablesung der Niederschlagsskala erklärt werden (Abbildung 7.3-3, rechts).

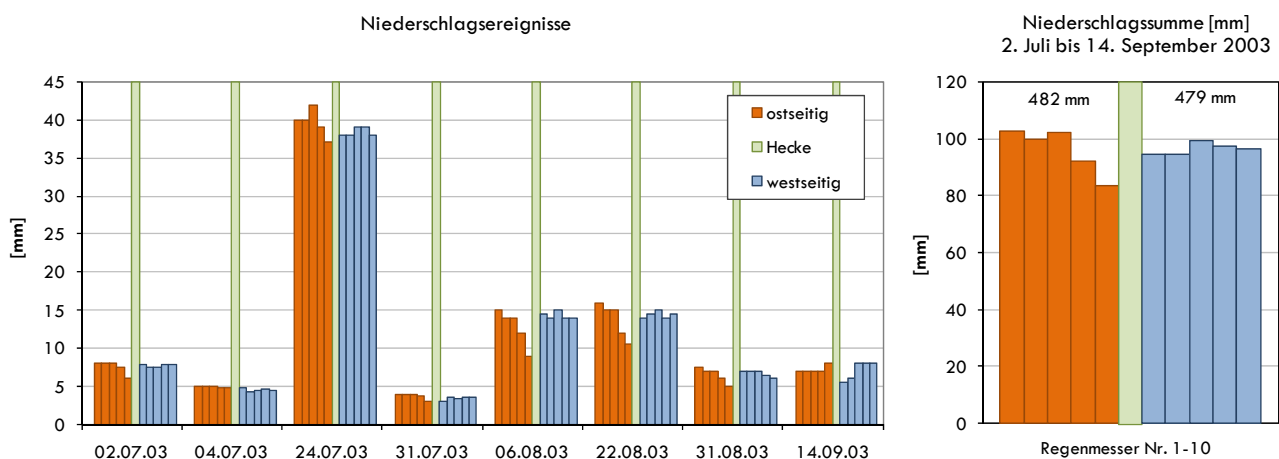


Abbildung 7.3-3: Niederschlagssummen zu beiden Seiten der Hecke im Sommer 2003 (Luv: westseitig, Lee: ostseitig). Die Gesamtsummen der einzelnen Niederschlagsereignisse zeigen ähnliche Werte.

Der Februar und März 2005 haben einen Wintereinbruch mit viel Schnee und niedrigen Temperaturen gebracht. Als Folge waren starke Schneewehen entlang der Hecken zu beobachten. Die Ergebnisse von Schneeprofilmessungen bis jeweils 20 m Entfernung auf beiden Seiten der Hecke sind in Abbildung 7.3-4 zu sehen.

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 fette Kurve stellt die gemittelten Werte aller 6 Schneeprofile dar. Westseitig (Luv) zeigt sich ein eher gleichmäßiger Anstieg der Schneedeckenhöhe zur Hecke hin, während ostseitig, im Lee, die Schneewächten eine Höhe bis zu 80 cm und in Abhängigkeit von der Heckenstruktur eine Länge von bis zu 10 m erreichten.

Das Wasseräquivalent dieser Schneewächten ist in Bezug auf die jährliche Niederschlagsmenge beträchtlich. So wurde im Nahbereich der Hecke bis zu 30 % (ca. 160 mm) des mittleren Jahresniederschlags eingebracht, was auch einen deutlich sichtbaren Ertragseffekt im Nahbereich der Hecke im Jahr 2005 ergab. Da diese Schneewächten durch Schneeverfrachtungen entstehen, kann deren Wasseräquivalent als zusätzliche Niederschlagspende betrachtet werden. Inwieweit dieses Wasseräquivalent letztlich pflanzenverfügbar wird oder den Ertrag beeinflusst, hängt u.a. vom Niederschlagsverlauf der darauffolgenden Wachstumsperiode, der Schneeschmelze, den Untergrundbedingungen (Bodenfrost) und auch vom Bodenzustand ab.

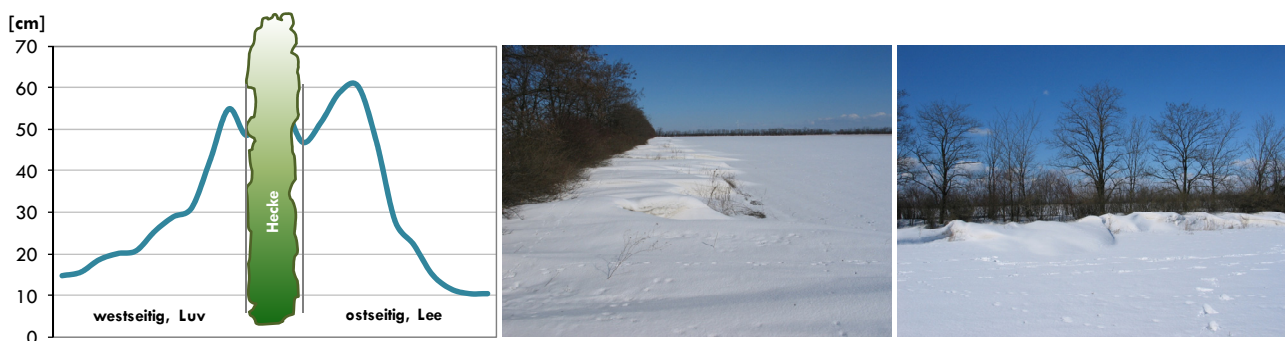


Abbildung 7.3-4: Schneeprofile vom 10. März 2005 im Lee der Hecke (ostseitig). Der Einbruch unmittelbar nach der Hecke auf der O-Seite (Lee) ist durch die Heckenbepflanzung (Bäume) bedingt.

Die Schneeablagerungen reichten westseitig der Hecke (im Luv) viel weiter in das Feld als ostseitig im Lee – mit einer deutlichen Abhängigkeit zur Dichte der Hecke. Die beobachteten signifikanten Schneewehen traten bisher selten auf, was auf eine hohe interannuale Variabilität dieses Effektes hinweist. Wichtige Informationen zur Heckengestaltung ließen sich bei weiterer näherer Analyse daraus ebenfalls ableiten.

Einfluss der Hecke auf Strahlungsverlauf, Tau und Wind

Bei der Dauer der Taubenetzung und bei der Strahlungsintensität spielen der Abstand von der Hecke und die Ausrichtung der Hecke eine bedeutende Rolle. Ein Vergleich des Tagesganges der Strahlungsintensität auf beiden Seiten der Hecke zeigt einen deutlichen Abschattungseffekt durch die Hecke: westseitig ist im Nahbereich eine deutlich geringere Strahlungsintensität erkennbar, im Vergleich mit der SO-Seite sind auch die Maximalwerte deutlich geringer.

Die Werte für die Taubildung zeigen wegen des Abschattungseffektes bzw. der dadurch bedingten geringeren Oberflächenabkühlung auf beiden Seiten ein ähnliches Bild, wobei im Abstand von 1 m nur in den Morgenstunden Tau auftritt und in größerem Abstand (ab 3 m) auch in den Abendstunden und in der Nacht. Ein Heckeneffekt zeigt sich zusätzlich dadurch, dass Tau auf der W-Seite später einsetzt und morgens länger anhält.

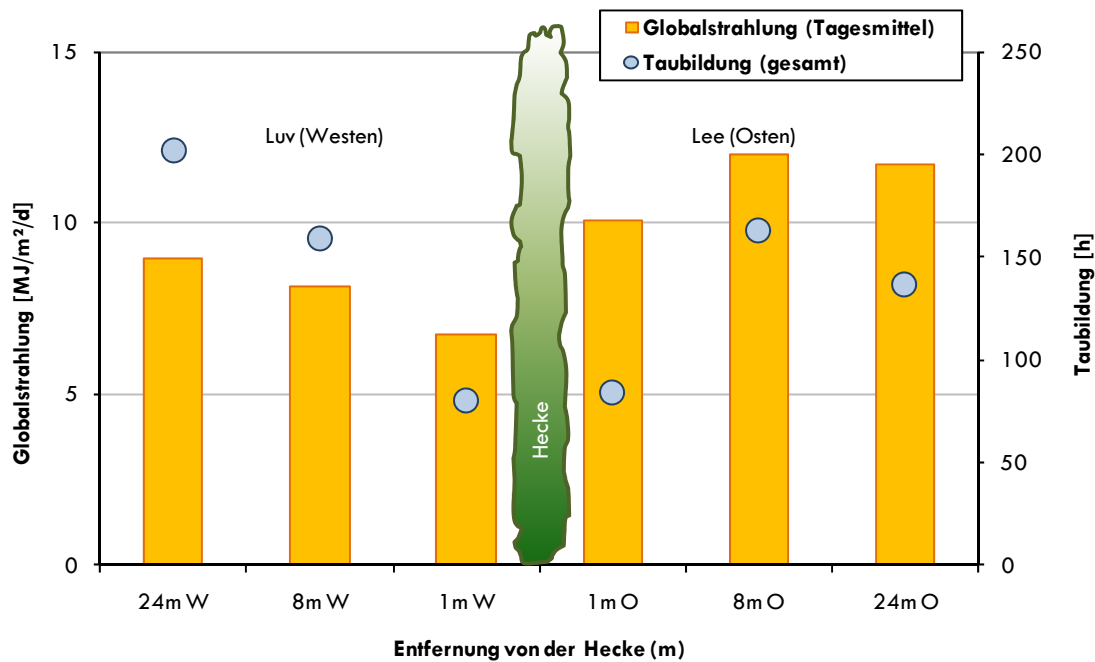


Abbildung 7.3-5: Tagesmittel der Globalstrahlung und Gesamtdauer [h] von Tauereignissen im Abstand von 1 m, 8 m und 24 m von der Hecke für den Zeitraum vom 29. August bis 16. September 2003.

Ein Vergleich der Strahlungssummen und der Gesamtdauer der Tauereignisse (Abbildung 7.3-5) über einen längeren Zeitraum (29. August bis 16. September) zeigt, dass auf der Westseite die Strahlungssummen an den einzelnen Messpunkten deutlich geringer als auf der gegenüberliegenden Seite sind. Die Säulen stellen die aufsummierten Werte für die Strahlung in jeweils 1 m, 8 m und 24 m Abstand zu beiden Seiten der Hecke dar. Deutlich ist der Abschattungseffekt der Hecke zu erkennen.

Einfluss der Hecke auf die Windverhältnisse und Verdunstung

Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen (1 m, 2 m, 5 m) an 2 Tagen zeigen den abnehmenden Heckeneinfluss mit zunehmender Distanz von der Hecke (Abbildung 7.3-6) und des Höhenniveaus der Windgeschwindigkeitsmessung (vgl. Referenzwert im „freien Feld“, RU1-80m in 2 m Höhe, mittlere Abbildungen). Bei SO-Anströmung nehmen die Windgeschwindigkeiten zur Hecke hin ab (Staueffekte), ebenso mit der Höhe.

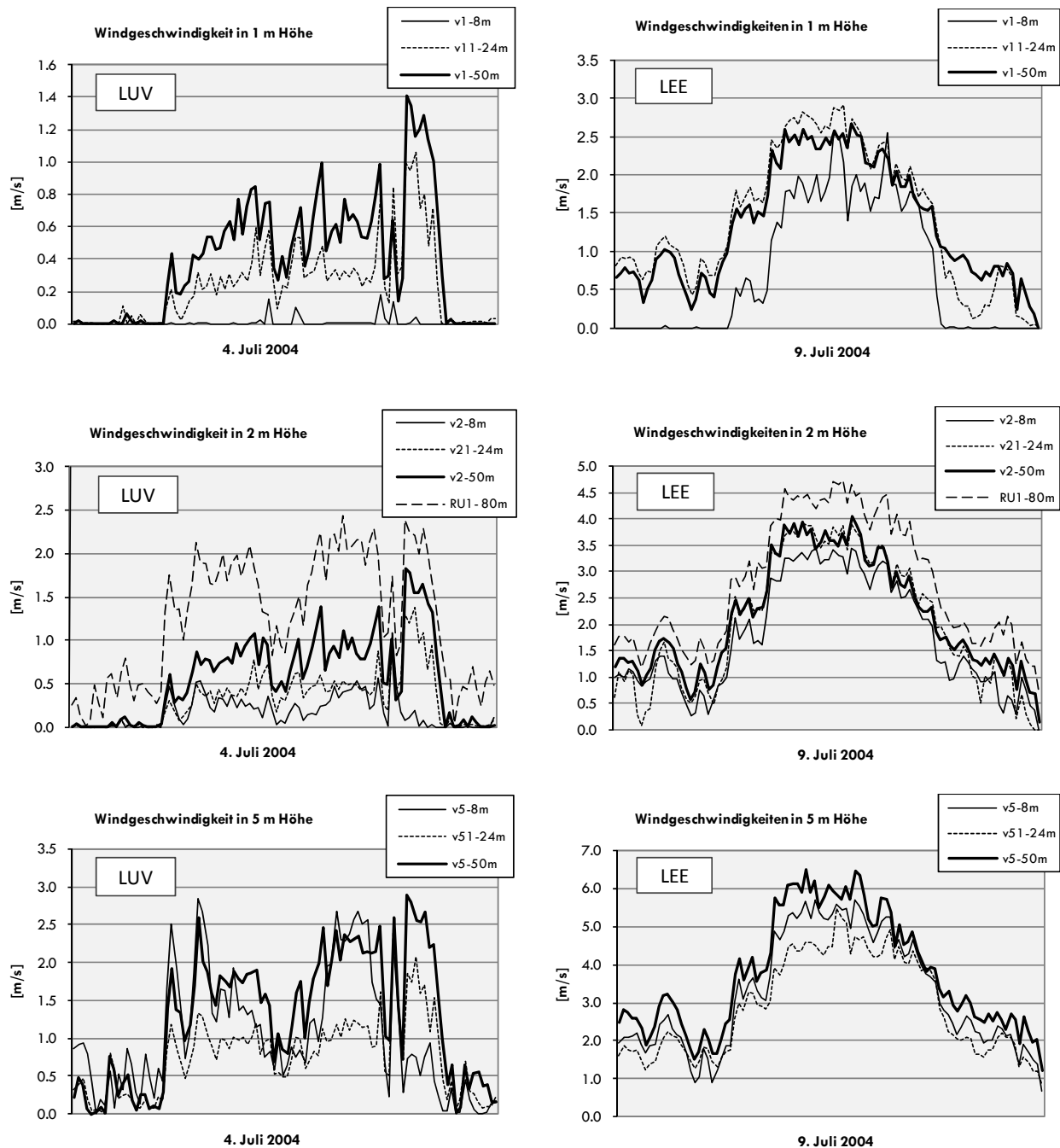


Abbildung 7.3-6: Windgeschwindigkeiten in 1, 2 und 5 Metern Höhe und in Abständen von 8, 24 und 50 Metern zur Hecke im Transekt Süd am 4. Juli bei Wind aus W (=Windmessung im Luv, Abbildungen links) und am 9. Juli bei Wind aus O (=Windmessung im Lee, Abbildungen rechts) 2004.

Der Einflussbereich der Hecke auf die Windgeschwindigkeit, der in der Literatur mit der 10-15 fachen Heckenhöhe angegeben wird, ist deutlich ersichtlich und wird hier bestätigt. Die Windgeschwindigkeit (Abbildung 7.3-6, Anströmung aus NW, 2 m Höhe, links) in 50 m Entfernung ist sichtlich geringer als in 80 m.

So wurde ermittelt, dass die windbremsende Wirkung der untersuchten Hecke (8 m Höhe) bei vertikaler (90°) Anströmung bis ca. 100 m in das Feld hineinreicht, was ebenfalls das Verdunstungspotential deutlich beeinflusste (siehe Evaporimeter-Messungen).

Um den Einfluss einer Heckenauslichtung auf die Windgeschwindigkeit zu untersuchen, wurden Transektmessungen parallel zur Hecke durchgeführt (Abbildung 7.3-7). Die Grundannahme dazu war, dass sich geringere Windgeschwindigkeiten im Feld durch verringerte Verdunstung positiv auf die Wasserbilanz bzw. die Wasserverfügbarkeit in diesem relativ trockenen Gebiet auswirken.

Im Rahmen dieser Messkampagne wurden in einem Abstand von 20 m von der Hecke 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 war eine direkte Vergleichsmöglichkeit gegeben. Für die Auswertungen wurden Windrichtung und -geschwindigkeit eingeteilt, letztere in unterschiedliche Klassen von Windstärken. Untersuchungszeitraum war die Periode vom 13. bis zum 30. September 2007, also eine Zeit, in der die Hecke noch belaubt war.

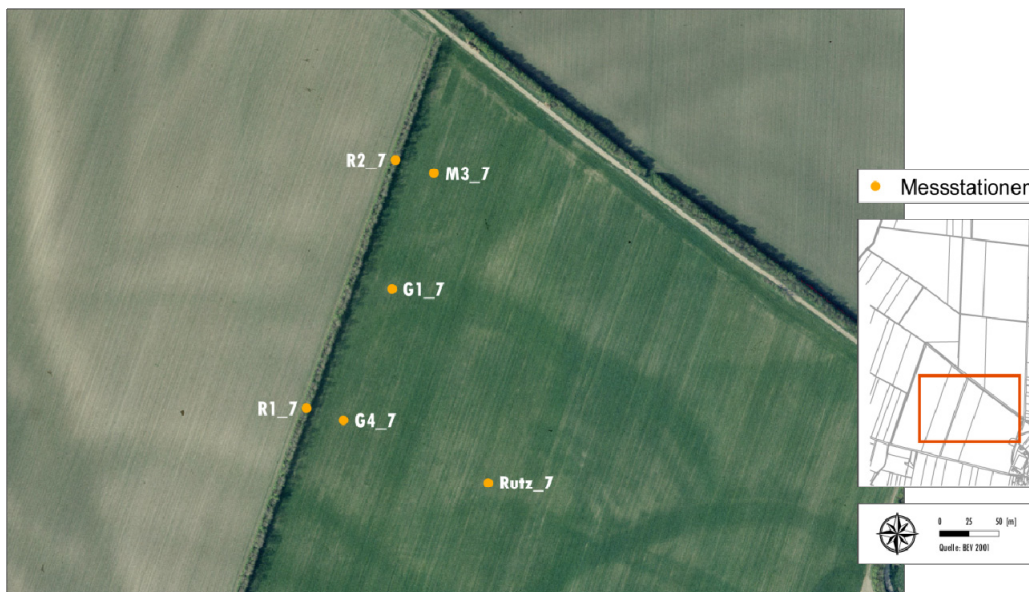


Abbildung 7.3-7: Referenzstation (Rutz_7, rechts) und Anordnung der Transektmessungen 2007 und 2008

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 der einzelnen Stationen je nach Windrichtung angegeben. In Abbildung 7.3-10 und Abbildung 7.3-11 (Anhang) sind dies die Differenzen der Windgeschwindigkeiten der Stationen G4_7 bzw. M3_7 jeweils als Prozentsatz der Windgeschwindigkeit bei der Referenzstation Rutz_7.

Im nördlichen Heckenabschnitt, der geringfügig ausgelichtet wurde, zeigte sich 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 Hecke beträgt im Mittel 34 % der Referenzstation in belaubten bzw. 49 % in unbelaubten Zustand.

Abbildung 7.3-8 zeigt die Differenz der Windgeschwindigkeiten (in %) der beiden Stationen G4 und M3, wobei G4_7 im Bereich der belassenen Hecke steht und M3_7 im Bereich der ausgelichteten Hecke platziert ist. Klar ersichtlich ist bei einer Anströmung aus NW bzw. NNW (315° bzw. $337,5^\circ$) die deutlich reduzierte Windgeschwindigkeit an der nicht ausgelichteten Hecke. Dies ist ein eindeutiges Indiz, dass die Heckengestaltung und v.a. auch Heckenpflege nicht vernachlässigt werden darf, speziell, wenn es aus lokalklimatischer Sicht um die Frage der Verdunstung geht. In der Literatur (DVL, 2006) wird auf eine optimale Windreduktionswirkung von etwa 40 % im Vergleich zum freien Feld hingewiesen.

Rutzendorf Windauswertung

Datum

Station:

G4-M3

13.09.2010 12:00:00 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 |

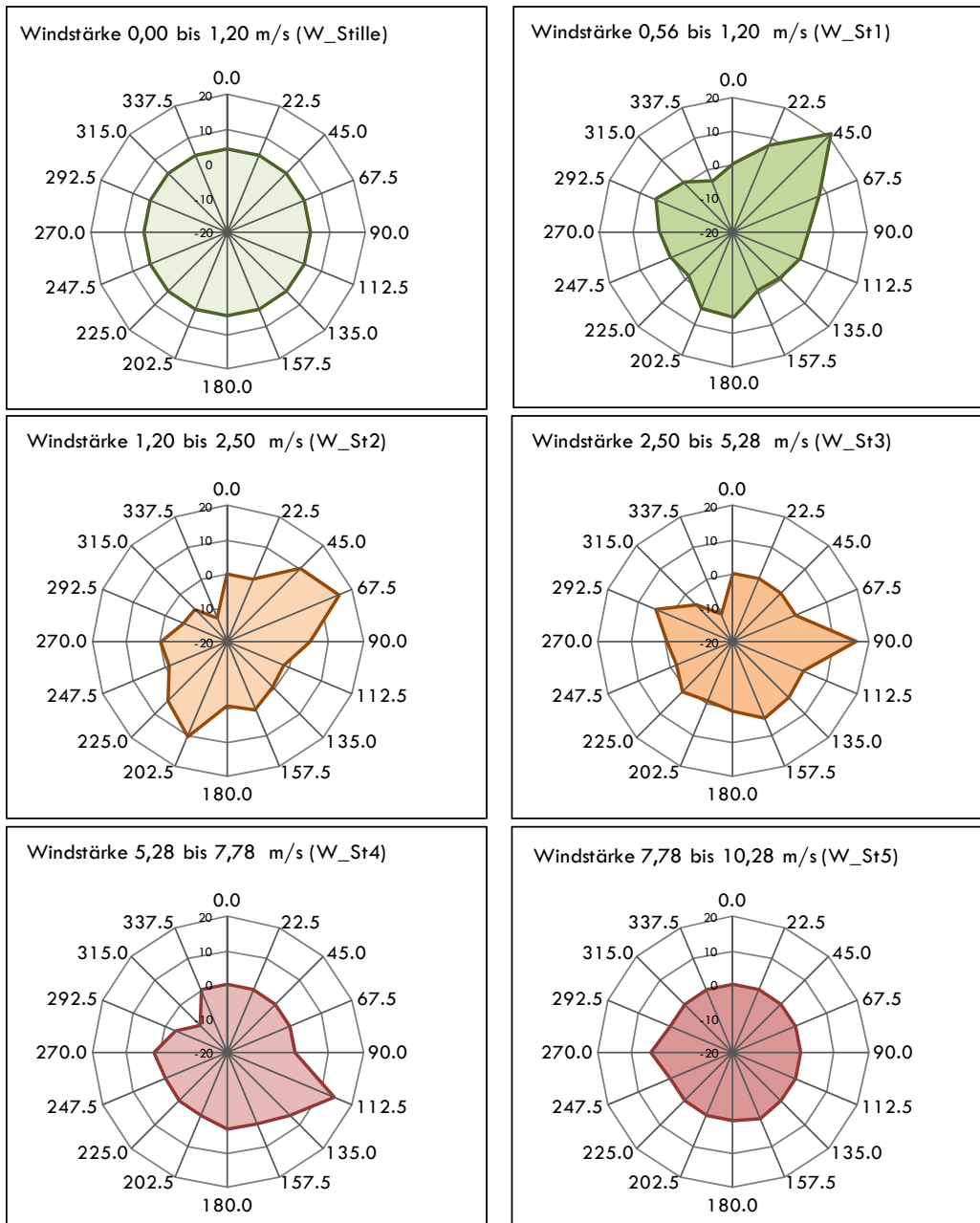


Abbildung 7.3-8: Effekt der Heckenauslichtung, dargestellt als Differenz der Windgeschwindigkeiten (in % und nach Windrichtung) zwischen der nicht ausgelichteten Station G4_7 und der ausgelichteten Station M3_7 (siehe auch Abbildung 7.3-7).

Verdunstungsmessungen- Evaporimeter

Die aktuelle Verdunstung des Pflanzenbestandes wird vom verfügbaren Bodenwassergehalt und dem Zustand der Vegetationsdecke mitbestimmt (siehe Teilprojekt 3, Bodenwasserhaushalt). Der Bodenwassergehalt wird wiederum durch die Wurzelkonkurrenz der Hecke, der Niederschlagsänderung im Nahbereich der Hecke, der Schneeablagerung entlang der Hecke und durch das Verdunstungspotential bestimmt. Derart komplexe Fragestellungen konnten im Rahmen dieses Projektes nicht behandelt werden. Um aber dennoch Referenzwerte der Verdunstung zu bestimmen, wurden drei geeichte Evaporimeter zur direkten Messung der Referenzverdunstung installiert.

Sie zeigen eine steigende Verdunstung mit zunehmender Distanz von der Hecke. Messungen im Sommer 2004 haben gezeigt, dass der Einflussbereich der Hecke im Leebereich bis zum etwa 12-fachen der Heckenhöhe (100 m) reicht und dass darüber hinaus die Bedingungen des freien Feldes repräsentativ für die Verdunstung werden. Weiters zeigte sich, dass sich der Heckeneffekt in einer um 25 % verringerten Verdunstung im Vergleich zum freien Feld zeigt (Abbildung 7.3-10).

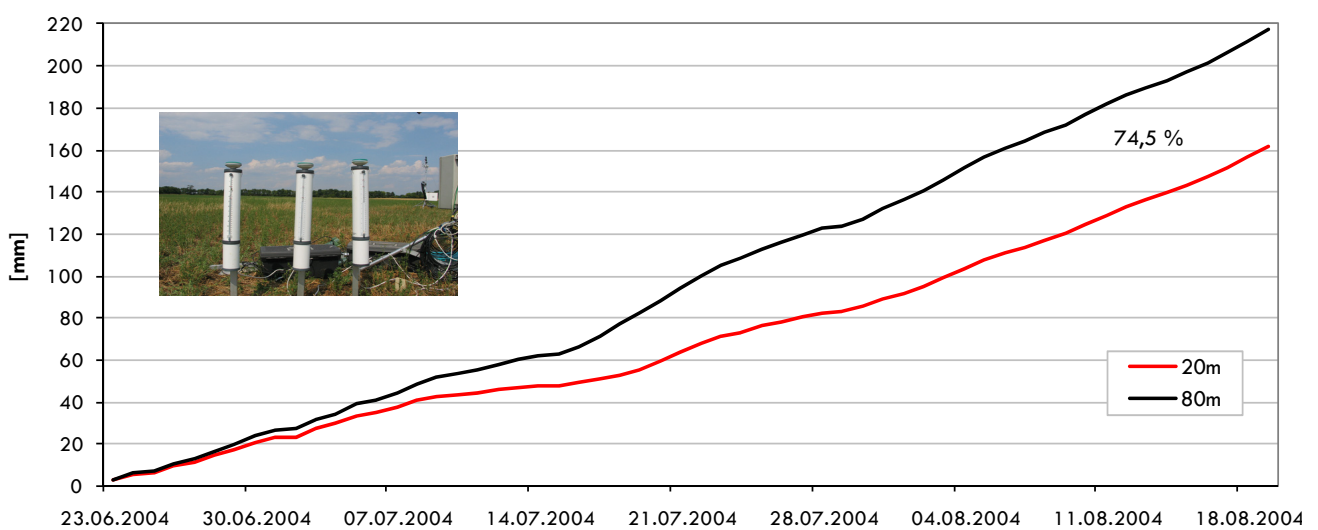


Abbildung 7.3-9: Summenlinie der Verdunstungsmengen Epot in verschiedenen Distanzen (20 m, 80 m, Leeseite) von der Hecke in der Zeit vom 6. - 14. Juli 2004 im Transekt Süd.

Die Verdunstung zeigt im untersuchten Bereich bis 80 m Entfernung von der Hecke immer noch sinkende Werte, woraus sich ableiten lässt, dass der Einflussbereich der Hecke größer als beim Wind anzunehmen ist.

Der Ertragseinfluss der Hecke - Messung und Simulation

Mit Hilfe eines für das Marchfeld validierten Pflanzenwachstumsmodells für Weizen (CERES-Wheat) (Godwin, 1989) wurden Kornerträge simuliert. Dazu wurden mehrere Grundannahmen formuliert (Szenarien), die in Tabelle 7.3-1 dargestellt und beschrieben sind. Die Simulation zeigt sowohl für Freilandbedingungen als auch für das Szenario S5 (Nahbereich der Hecke) eine leichte Unterschätzung des Ertrags im Vergleich zu den Ertragserhebungen des IFÖL (Surböck et al, 2009). Schon bei einer (angestrebten) Windreduktionswirkung der Hecke von etwa 50 % zeigt das Szenario S2 einen deutlich höheren Ertrag als unter Freilandbedingungen. Wird zudem der Betrag der Schneeschmelze als zusätzliche Niederschlagsspende hinzu gerechnet (Szenario S5), ergibt sich ein Ertrag, der grössenordnungsmäßig auch vom IFÖL erhoben wurde. Daraus lässt sich die Bedeutung des Heckeneinflusses auf die Niederschlagsverteilung (hier v.a. die Schneeverfrachtung) und die reduzierte Verdunstung erkennen.

Tabelle 7.3-1: Simulation der Erträge von Winterweizen 2005. Die gemessenen Ertragsdaten stammen vom IFÖL (Surböck et al. 2009).

| Szenarien | | Distanz [m] | mittlere gemessene Erträge [100% TM, kg/ha] | Simulation der Erträge [100% TM kg/ha] |
|-----------|---|-------------|---|--|
| S1 | 80 m, Freilandbedingungen | 80 | 2270 | 2193 |
| S2 | 8 m Entfernung, Windreduktion um 50 % | 8 | | 2983 |
| S3 | 8 m Entfernung, Windreduktion um 75 % | 8 | | 3653 |
| S4 | 8 m Entfernung und unter Berücksichtigung der Schneeschmelze 2005 | 8 | | 3048 |
| S5 | unter Berücksichtigung der Schneeschmelze aus Schneewehen und Windreduktion von 50 % unmittelbar nach der Hecke | 8 | 3220 | 3054 |

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Während der agrarmeteorologischen Untersuchungen am Standort Rutzendorf zum Thema „Einfluss der Hecken auf das Mikroklima der Umgebung“ wurden bisherige qualitative Erkenntnisse aus der Literatur bestätigt, sowie auch neue quantitative Daten zur Beschreibung des Heckeneinflusses für den pannonischem Klimaraum des Marchfeldes v.a. durch die Transektmessungen gewonnen.

- Der Einfluss der Hecke zeigt sich beim Niederschlag, der Strahlung und der Taubildung grundsätzlich in einem Abschattungseffekt, der durch die Hecke selbst verursacht wird und in erster Linie abhängig ist von der Höhe, Breite und Dichte der Hecke. Besonders bei der gemessenen Windreduktion ist die Bedeutung des Landschaftselements „Hecke“ für den lokalen Wasserhaushalt zu erkennen. Die Abschattungs- und Windreduktionseffekte wirken auf Strahlung, Tau, Wind, Niederschlag in Kombination ab einem gewissen Abstand von der Hecke (Wurzelkonkurrenz der Hecke) positiv auf die Wasserbilanz durch erhöhtes Rückhaltevermögen des Bodenwassers, oder erhöhte Taubildung und Taudauer. Vor allem die verminderte Verdunstung infolge der Reduktion der Windgeschwindigkeit beeinflusst den Wasserhaushalt im windreichen Marchfeld wesentlich positiv.
- Es hat sich gezeigt, dass der Gesamt-Wirkungsbereich der Hecke (luv- und leeseitig) etwa bis zum 15-fachen seiner Höhe reicht und dass dem verfügbarem Wasser große Bedeutung für das Ertragspotenzial der Nutzpflanzen und in weiterer Folge für die Landwirtschaft an diesem für das Marchfeld repräsentativem, trockenem Standort zukommt. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die verminderte Verdunstung durch Windschutzanlagen zu sehen.
- In Bezug auf die Wasserbilanz wurde festgestellt dass nicht nur die windbremsende Wirkung von Hecken 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 ergibt.
- Die angeführten Beispiele aus dem Transekt Süd zeigen deutlich, dass die Hecke und ihre Ausbildung (Höhe, Dichte bzw. Breite) einen wesentlichen Einfluss auf das Mikroklima der angrenzenden Flächen hat. Die sich dadurch verändernden Verhältnisse können wiederum vielfältige Auswirkungen auf Bodenverhältnisse sowie Fauna und Flora im unmittelbaren Bereich der Hecke haben, was insbesondere für landschaftsökologische Aspekte oder auch für die Ackerwildkrautflora relevant ist.

Im pannonischen und windreichen Klimaraum des Marchfeldes kommen alle Maßnahmen für eine effizientere Wassernutzung der Nutzpflanzen der Erhaltung oder Steigerung des Ertragspotenzials zugute. Hinsichtlich der Landschaftsgestaltung spielen insbesondere Windschutzhecken unter den Bedingungen deutlich zunehmender Sommertrockenheit (vor allem durch stark erhöhtes Verdunstungspotenzial in den Klimaszenarien) eine Schlüsselrolle.

Die positiven klimatischen Wirkungen von Hecken auf das Ertragspotenzial, die Ertragssicherheit und auf den regionalen Wasserhaushalt (Schutz der Grundwasserressourcen) sollten stärker in das Bewusstsein der Landwirte rücken als auch in politischen Steuerungsinstrumenten berücksichtigt werden. Bei letzterem geht es um allfällige Kosten der Implementierung und der nachfolgenden Pflegemaßnahmen. Gerade im Pannonikum werden Hecken langfristig gesehen eine zentrale Anpassungsmaßnahme zur Abpufferung von negativen klimatischen Auswirkungen im Ackerbau als auch den regionalen Wasserhaushalt für den Großraum Wien darstellen.

Als Empfehlung für die landwirtschaftliche Praxis und Beratung kann daher abgeleitet werden, dass es wünschenswert wäre, Demonstrationsanlagen einer Heckenlandschaft im Marchfeld zu installieren um entsprechende Bewusstseinsbildung bei den Landwirten und in der Beratung zu fördern.

Weiterer Forschungsbedarf ist hinsichtlich des Zusammenspiels der Art (Abstand, Höhe, Dichte usw.) und Zusammensetzung von Hecken (Art des Pflanzenmaterials) auf die Produktionsbedingungen in der Landwirtschaft zu sehen sowie das multiple Zusammenwirken von Heckeneffekten. Hierbei ist vor allem zu klären welche Landschaftsstrukturen bzw. welche Heckenarten für das Marchfeld den größten ökonomischen als auch ökologischen Nutzen bringen könnten.

LITERATUR

- Benzarti, J., 1999. Temperature and water-use efficiency by lucerne (*Medicago sativa*) sheltered by a tree windbreak in Tunisia.- *Agroforestry Systems* 43, 95-108.
- 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.
- Cleugh, H.A., 1998. Effect of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields.- *Agroforestry Systems* 41, 55-84.
- DVL (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE). (2006) Landschaftselemente in der Agrarstruktur: Entstehung, Neuanlage und Erhalt. *Landschaft als Lebensraum: Vol. 9*. Ansbach.
- 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., Kössler, Ch., 2002. Microclimatological characteristics of a miscanthus (*Miscanthus cv. Giganteus*) stand during stable conditions at night in the nonvegetative winter period. - *Theor. Appl. Climatol.* 72 (3-4), 245-257.
- FAO, 1962. *Forest influences: An introduction to ecological forestry*. FAO Forestry Series 9, FAO, Rome, ISBN 92-5-100722-5.
- FRIELINGHAUS, M., DEUMLICH, D., FUNK, R., HELMING, K., ROTH, R., THIÈRE, J., et al. (1997). Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. Bericht Nr. 27. Retrieved 28.04.2009, from <http://www.zalf.de/bfd/fr-merkb.htm>.
- Godwin, D.C., Ritchie, J.T., Singh, U. and Hunt, L., 1989, *A User's Guide to CERES Wheat-V2.10*. International Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, AL
- 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.
- McAneney, K.J., Salinger, M.J., Porteous, A.S., Barber, R.F., 1990. Modification of an orchard climate with increasing shelter-belt height.- *Agricultural and Forest Meteorology* 49, 177-189.

ANHANG

Rutzendorf Windauswertung

Datum 13.09 12:00 bis 30.09.2007 23:45

Station: G4

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 |

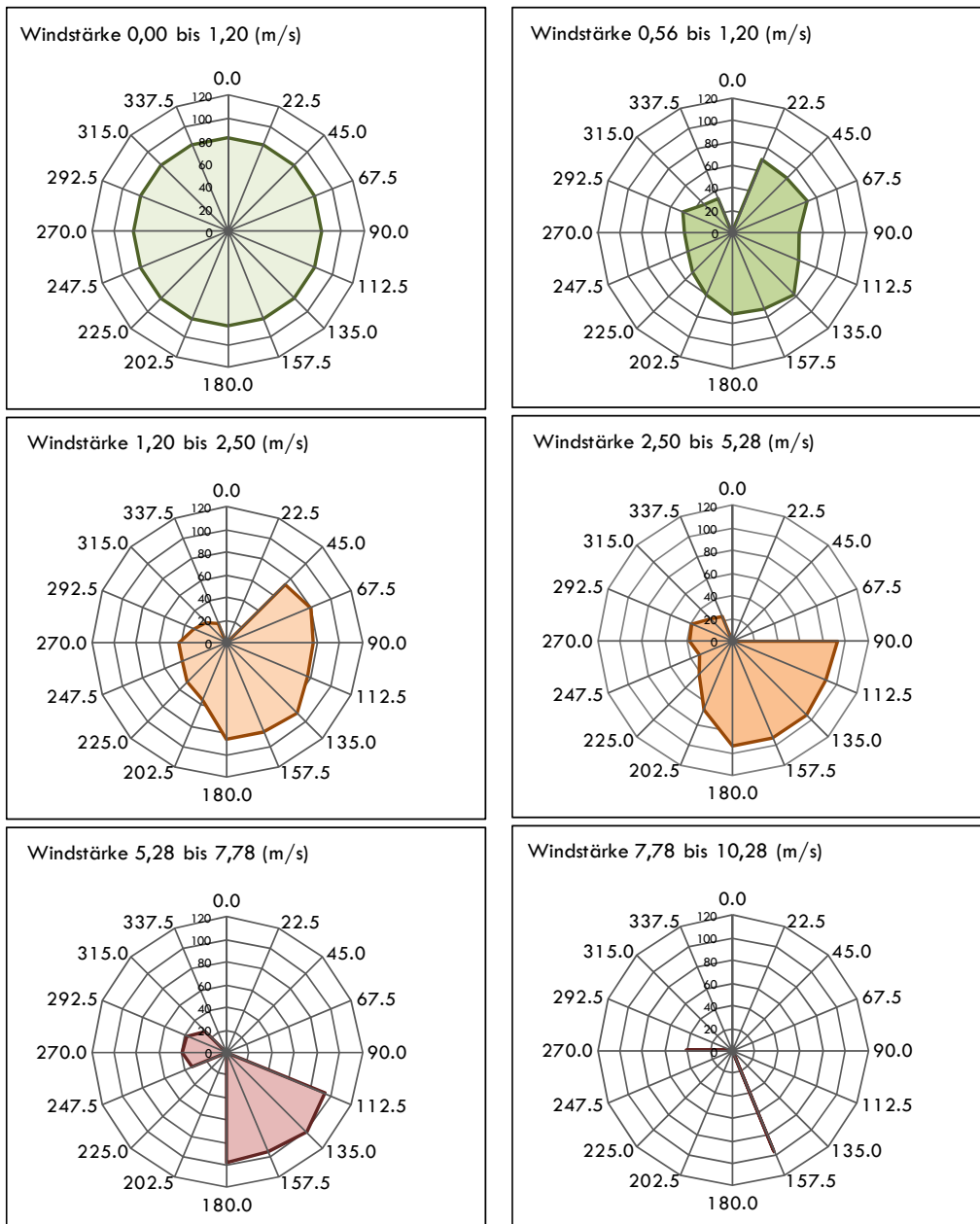


Abbildung 7.3-10: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) an der Station G4_7 im Vergleich zur Referenzstation im freien Feld als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007.

Rutzendorf Windauswertung

Datum 13.09 12:00 bis 30.09.2007 23:45

Station: **M3**

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 |

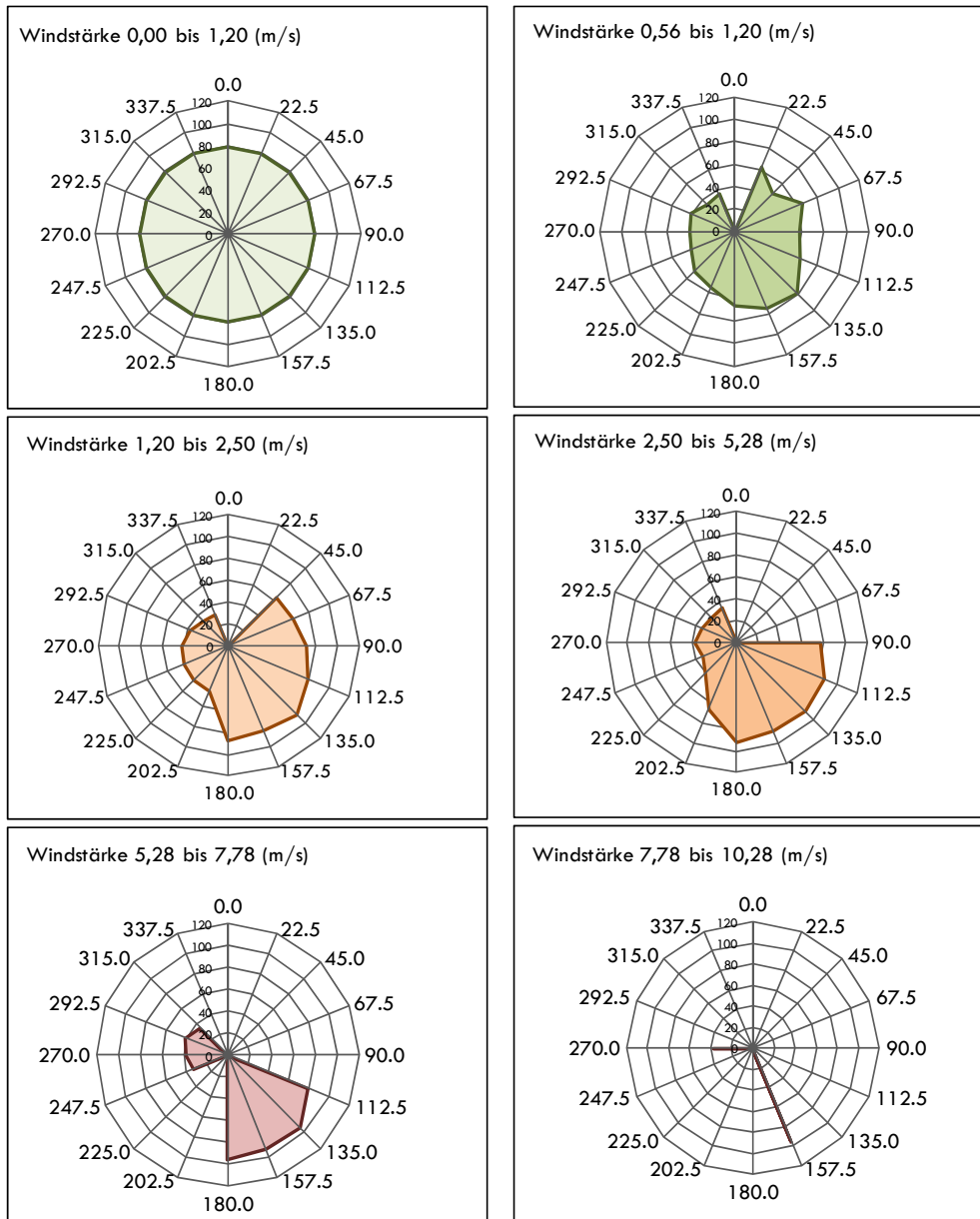


Abbildung 7.3-11: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) an der Station M3_7 im Vergleich zur Referenzstation im freien Feld als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007.

7.4 TEILPROJEKT 6: BODENTIERE

Monitoring der Bodenfauna des Biobetriebs Rutzendorf

Bearbeiter: A. Bruckner

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

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Im Rahmen dieses Langzeitmonitorings zeigt sich, dass Landschaftselemente wie Hecken und Blühstreifen wichtige refugiale Lebensräume der edaphischen Fauna in der Agrarlandschaft sind. Maßnahmen, die diese Landschaftselemente erhalten und fördern, sind daher aus bodenzoologischer Sicht positiv zu bewerten. Eine Funktion als Quelle von Arten der Ackerflächen können sie aber erst dann erfüllen, wenn die dortigen Lebensbedingungen für Bodentiere verbessert werden; hierbei spielt die Bodenbearbeitungsintensität eine Schlüsselrolle.

Neu eingerichtete Landschaftselemente brauchen jahrelang, bis sich darin eine eigenständige und artenreichere edaphische Fauna etabliert. Je länger diese Elemente bestehen dürfen, desto besser ist daher ihre Funktion als Lebensraum für die Bodenfauna.

Die edaphische Fauna entwickelt sich durch Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise zwar stetig, aber langsam und nicht unbedingt linear weiter. Das muss bei zukünftigen Maßnahmenevaluierungen berücksichtigt werden, ansonsten können kurzfristige Abweichungen vom generellen längerfristigen Trend leicht zu falschen Schlüssen führen.

Schließlich sollen Fördermaßnahmen wie ÖPUL großräumiger konzipiert werden als bisher, nämlich im betriebsübergreifenden Maßstab ganzer Landschaften. Nur so kann gewährleistet werden, dass großräumig funktionierende Prozesse der Biodiversität (hier: die Wiederbesiedlung von Ackerflächen in einer ausgeräumten Agrarlandschaft) durch die Maßnahmen in erhöhtem Ausmaß gefördert werden.

This long term monitoring shows that landscape elements like hedgerows and flowering stripes have an important role as refugia for the edaphic fauna in agricultural landscapes. Measurements to protect and develop these elements are therefore positive. They may be sources for the field fauna, but only if the living conditions are adequate there; soil cultivation intensity has a key role in this respect.

It may take years until newly established landscape elements develop a unique and diverse soil fauna. The habitat function of these elements is better, the longer they are allowed to persist.

The succession of the edaphic fauna after conversion is consistent, but slow and not necessarily linear. Future measurement assessments must take this into account, otherwise spurious deviations from long scale trends may lead to wrong conclusions.

The design of programmes such as ÖPUL may develop from farm-based to landscape scale promotion, otherwise large scale processes of biodiversity (e.g. recolonization of field soils) may be missed.

EINLEITUNG

Die Gemeinschaften bodenlebender Tiere sind außerordentlich artenreich. Auf vielen Standorten stellen sie einen sehr großen Teil der gesamten Biodiversität. Als "Faustzahl" wird in der Literatur immer wieder die (sehr konservative!) Schätzung von Anderson (1975) angeführt, wonach auf einem Quadratmeter temperaten Waldbodens mit etwa 1000 Tierarten zu rechnen ist.

Auch die Fauna landwirtschaftlicher Böden kann beeindruckend divers sein, wie etwa in Wiesen-, Weide- oder Almböden. Auf Äckern sind die Bodentiergemeinschaften dagegen häufig verarmt und treten nur in geringen Dichten auf. Die Ursachen hierfür sind gut erforscht: vor allem intensive, tiefgehende Bodenbearbeitung und die Verarmung an organischer Substanz führen zur Reduktion der edaphischen

Vielfalt (Larink & Joschko 2000; obwohl hier viele Details zu differenzieren sind, so spielt z.B. die Körpergröße eine Rolle: Postma-Blaauw et al. 2010).

Viele Maßnahmen des biologischen Wirtschaftens führen zu einer Verbesserung der Lebensbedingungen, die auch bodenlebenden Tieren zugute kommt. Reduktion der Bodenbearbeitung, Erhöhung des Anteils organischer Substanz, Vermeidung von Schwarzbrachen, Einrichtung von Blühflächen und vieles andere kann die oberirdische, aber auch die edaphische Biodiversität fördern (Larink & Joschko 2000).

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

Die grundsätzlich positiven Effekte der biologischen Landwirtschaft auf die Biodiversität der Bodenfauna sind also bekannt und viele Details sind in der Literatur beschrieben. Das bedeutet allerdings leider nicht, dass diese Kenntnisse ohne weiteres auf einzelne Betriebe und ihre spezifische Situation umgelegt werden können. Genauso wenig ist es seriös möglich, die Wirksamkeit konkreter Maßnahmen der biologischen Wirtschaftsweise für ganz Österreich zu prognostizieren. Das liegt vor allem an der Internationalität der wissenschaftlichen Forschung zum Thema; beispielsweise stammen sehr viele einschlägige bodenzoologische Arbeiten aus den USA. Was dort unter "biologischer Landwirtschaft" verstanden wird, ist etwas völlig anderes als in der Europäischen Union: in den USA geht sehr viel Forschung in Richtung pflugloses Arbeiten, das hierzulande kaum eine Rolle spielt. Andere Ergebnisse stammen aus Klimabedingungen, die den österreichischen überhaupt nicht entsprechen. Und gerade Langzeituntersuchungen, die die zeitliche Dynamik von Tiergemeinschaften und ihren Lebensräumen abbilden können, sind äußerst rar.

Müssen also konkrete Maßnahmen in einem konkreten Klimaraum evaluiert werden, wird die ursprünglich üppige Auswahl an Literatur recht bald dürftig und klare Einschätzungen werden unmöglich. In diesem Abschnitt sollen daher die Leistungen des biologischen Landbaus für die Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt der Bodenfauna anhand des realen Betriebs in Rutzendorf dargestellt werden.

Wir verstehen Biodiversität dabei als konkreten und messbaren Aspekt der Bodenqualität bzw. Bodengesundheit. Beides sind Begriffe, die ohne präzise Definition rasch mehrdeutig und beliebig werden (z.B. Kibbleswhite et al. 2008).

Der Schwerpunkt der Darstellung wird auf Elementen des Betriebs liegen, die der ÖPUL-Maßnahme "Biologische Wirtschaftsweise" entsprechen: (i) dem Landschaftselement Hecke, (ii) den Nützlings- und Blühstreifen (Blühflächen) und (iii) mit Vorbehalten (siehe unten) der Bedeutung von Luzerneflächen.

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

Bezüglich der zu evaluierenden Maßnahmen gehen wir von folgenden Hypothesen aus:

- die Maßnahmen des biologischen Landbaus bewirken eine Erhöhung der Biodiversität aller drei untersuchten Tiergruppen;
- diese Erhöhung erfolgt kontinuierlich, d.h. mit dem Zeitpunkt der Umstellung beginnend;
- diese Erhöhung ist in den Luzerneflächen besonders deutlich;
- die edaphische Diversität der Blühflächen entwickelt sich auf einem höheren Niveau als die der Ackerflächen;
- die Blühflächen wirken als Reservoir für die Fauna der Ackerflächen;
- die Hecken sind schon bei der Umstellung artenreicher als die Ackerflächen und die Heckenfauna unterscheidet sich von der Fauna der Ackerflächen;
- die Blühflächen wirken als Reservoir für die Fauna der Ackerflächen.

MATERIAL UND METHODEN

Zu Beginn jeder Vegetationsperiode (etwa Ende März) wurden die drei Düngungsvarianten (Gründüngung, Biotonnekompost, Stallmist; ab 2008 auch die neu etablierte Düngungsvariante Biogasgülle) der biologisch bewirtschafteten Kleinparzellenversuche 1 und 4 (S1M und S4M), die Hecken (H3 bis H6), Nützlings- und Blühstreifen (Blühflächen) (Ö2/1, Ö2/2, Ö5/1, Ö5/2, Ö6/1, Ö6/2) angelegt im Herbst 2003, angrenzend und entlang von Hecken und Baumreihen sowie eine konventionell bewirtschaftete Referenzfläche (SK) beprobt (alle im folgenden als "Nutzungstypen" zusammen gefasst).

Tabelle 7.4-1: Fruchtfolge in den beprobten biologisch bewirtschafteten Kleinparzellenversuchen (S1M und S4M) und der konventionell bewirtschafteten Referenzfläche (SK)

| Versuch/Jahr | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| S1M | Sommergerste | Wintergerste | Luzerne | Luzerne | Winterweizen | Körnermais |
| S4M | Körnererbse | Winterweizen | Winterroggen | Sommergerste | Luzerne | Luzerne |
| SK | Sommerdurum | Zuckerrübe | Winterweizen | Zwiebel | Winterdurum | Kartoffel |

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 (Hornmilben), Gamasinen (Raubmilben) und Collembolen (Springschwänze) wurden aussortiert, auf Artniveau bestimmt und die Abundanz jeder Art gezählt.

Die untersuchten Bodentiergruppen gehören zu Mesofauna (< 2 mm Größe). Sie haben eine große Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere für die Mineralisation toter organischer Substanz (Nährstoffumsatz), der Gefügebildung und -stabilisierung und der Steuerung mikrobieller Gemeinschaften spielen sie eine besondere Rolle.

Aus logistischen Gründen liegen die Daten der letzten beiden Jahre des Monitorings (2009, 2010) noch nicht vollständig vor. Sie können in diesem Bericht daher nicht berücksichtigt werden.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Landschaftselement Hecke

Die Hecken sind generell der artenreichste untersuchte Nutzungstyp. Sehr deutlich ist das bei den Oribatiden (Abbildung 7.4-1), bei den beiden anderen Tiergruppen erreichen die Blühflächen zumindest in manchen Jahren das Niveau der Hecken (Abbildung 7.4-3 und Abbildung 7.4-5). Bemerkenswert ist, dass die Artenzahlen der Hecken in der Untersuchungsperiode kontinuierlich zunehmen. Das kann kaum mit der Umstellung auf biologischen Landbau zu tun haben, da Maßnahmen der Heckenverbesserung erst in den allerletzten Jahren angelaufen sind und sich daher noch nicht ausgewirkt haben können.

Die Artengemeinschaften der Hecken unterscheiden sich von denen der Ackerflächen. Die Ähnlichkeit zwischen den Gemeinschaften ist bei den Oribatiden sehr gering (Abbildung 7.4-2), bei den Collembolen und vor allem bei den Gamasinen ist sie grösser (Abbildung 7.4-6). Weiters gibt es eine (ungerichtete) Variabilität zwischen den Untersuchungsjahren; die geringe Ähnlichkeit der Gemeinschaften ist aber immer klar erkennbar. Die multivariate Ordination gibt keine Hinweise darauf, dass Arten in nennenswertem Ausmaß von der Hecke in die Ackerfläche einwandern.

Von den Hecken in die Blühflächen hat dagegen durchaus eine Migration stattgefunden. Die Oribatiden- und Collembolenfaunen der Blühflächen werden im Verlauf des Monitorings denen der Hecken immer

ähnlicher (Abbildung 7.4-2 und Abbildung 7.4-4), offenbar wandern also Arten zu. Auch hier gibt es Variabilität zwischen den Jahren (2006 ist beispielweise ein "Ausreißer"), der Trend ist aber deutlich. In sehr abgeschwächter Form gilt das auch für die Gamasinen (Abbildung 7.4-6). Da diese Tiergruppe aber deutlich weniger auf einen bestimmten Nutzungstyp beschränkt ist, ist auch die Frage der Einwanderungsrichtung mit den hier vorliegenden Daten nicht zu klären. Viele Raubmilbenarten sind vergleichsweise mobile Tiere, die ihrer Beute in einem weiten Umkreis nachstellen (Köhler 1999); es ist daher plausibel, dass für die Tiere geographische Distanz mindestens so bestimmend ist wie die menschliche Nutzung.

Nützlings- und Blühstreifen (Blühflächen)

Die Biodiversität der drei Tiergruppen nimmt in den Blühflächen über die Jahre generell zu (Abbildung 7.4-1, Abbildung 7.4-3 und Abbildung 7.4-5). Bei den Oribatiden und Gamasinen brechen die Artenzahlen zwei Jahren nach Beginn des Monitorings nach unten ein und steigen dann teilweise weit über den ursprünglichen Wert hinaus an. Das lässt sich mit einer Veränderung des Artenspektrums erklären, die durch den Wechsel der Nutzung bedingt sein dürfte: Die Vergrasung/Verkrautung der Blühflächen und der dort fehlende Bodenbruch hat die ursprünglich etablierten störungstoleranten "Ackerarten" verdrängt, und es dauerte einige Jahre, bis diese von störungsempfindlichen Arten der Hecken ersetzt werden konnten.

Bemerkenswert ist, dass sich die Fauna der Blühflächen schon am Beginn des Monitorings von denen der Ackerflächen unterschieden hat. Das stimmte sowohl für die Artenzahlen als auch für die Artenzusammensetzung (Abbildung 7.4-1 bis Abbildung 7.4-6). Die Hecken hatten also offenbar schon vor der Bewirtschaftungsänderung der Blühflächen einen geringfügigen und räumlich kurz reichenden Einfluss auf die Fauna der angrenzenden Ackerfläche. Ob die Ursachen dafür in mikroklimatischen Unterschieden (z.B. Austrocknungsschutz durch die Hecke) oder in ständigen Migrationen aus der Hecke heraus liegen, ist hier nicht zu klären. Mit zunehmender Dauer des Monitorings wurden die Faunen der Blühflächen denen der Ackerflächen immer unähnlicher und denen der Hecken immer ähnlicher. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass Arten aus den Blühflächen in die Ackerfläche migrieren.

Luzerneflächen

Aufgrund des für das Monitoring gewählten Untersuchungsdesigns können die bislang vorliegenden Daten leider nur vorsichtig für eine Diskussion der Effekte von Luzerneflächen herangezogen werden, weil durch die Verwendung von Mischproben (gepoolt aus jeweils zwei Schlägen) eine parzellenscharfe Zuordnung nicht möglich ist.

Für alle drei untersuchten Tiergruppen gilt, dass die Biodiversität in den Düngungsvarianten Gründüngung, Biotonnekompost, Stallmist generell geringer ist als in der Hecke und den Blühflächen, aber höher als in der konventionellen Vergleichsfläche (Abbildung 7.4-1, Abbildung 7.4-3 und Abbildung 7.4-6). Viel wichtiger für die Einschätzung von Luzerneflächen ist aber die sprunghafte Zunahme der Dichten auf den Ackerflächen ab etwa 2006, die bei den Gamasinen und Collembolen geradezu dramatisch genannt werden kann.

Bis die Daten weiterer Monitoringjahre (in weiter wechselnder Fruchtfolge) vorliegen, kann über die Ursachen für diese Dynamik nur spekuliert werden. Drei Möglichkeiten 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 Dichten auch die Artenzahlen gestiegen sind; die Dichtezunahme betrifft also nicht nur einige wenige Arten.

Die hier interessanteste Möglichkeit betrifft die Fruchtfolge: auf den beiden untersuchten Kleinparzellen wurde 2005-06 (Schlag S1M) und 2007-08 (Schlag S4M) Luzerne gebaut. 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 das Pflügen den grössten Einfluß auf Bodentiere hat (Larink & Joschko 2000), kann auch der Luzerneanbau zum Peak der Collembolen und Gamasinen beigetragen haben.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Naturverträglicher Umgang mit Landschaftselementen

Im Einklang mit der Literatur (z.B. Alvarez et al. 2000, Kováč et al. 2001) zeigt sich in der vorliegenden Studie, dass Landschaftselemente wie Hecken eine eigenständige und meist arten- und individuenreichere Bodenfauna aufweisen als die angrenzenden Ackerflächen. Im räumlichen Maßstab ganzer Landschaften betrachtet, sind sie daher wichtige refugiale Lebensräume der edaphischen Fauna. Maßnahmen, die Landschaftselemente erhalten und fördern, sind daher jedenfalls positiv zu bewerten (Duelli & Obrist 2003).

Dieses Statement ist absichtlich allgemein formuliert, da für detaillierte Bewertungen (d.h. welche Pflegeeingriffe günstig, welche ungünstig für die Bodenfauna sind) empirische Grundlagen fehlen, die es für andere Organismengruppen zumindest ansatzweise schon gibt (Grashof-Bokdam & Langevelde 2004). Als prioritäre Handlungsempfehlung muss daher formuliert werden, das krasse Wissensdefizit auszugleichen. Leitfragen können hierbei sein:

- Gibt es Typen von Landschaftselementen, die sich besonders gut als Refugien für die Bodenfauna von agrarisch geprägten Landschaften eignen?
- Welche Eigenschaften zeichnen solche gut geeigneten Landschaftselemente aus?
- Welche Rolle spielen z.B. Heterogenität, historische und aktuelle Störungen, Alter, Verinselungsgrad der Elemente?
- Wie kann die Lebensraumfunktion realer Landschaftselemente verbessert werden?

Es gibt keinen Hinweis darauf, dass Heckenarten in nennenswertem Umfang auf die Ackerflächen migrieren und sich dort etablieren, jedenfalls nicht über den unmittelbar heckennahen Bereich hinaus. Dieser Befund widerspricht scheinbar einigen Ergebnissen anderer Studien, die teilweise beeindruckende Migrationen ausgehend von Landschaftselementen auf die Ackerflächen nachweisen konnten (z.B. Alvarez et al. 2000). Diese Migrationen gibt es wahrscheinlich auch im Rutzendorfer Betrieb; der entscheidende Punkt ist aber, dass nur wenige der einwandernden Arten sich dauerhaft auf den Ackerflächen festsetzen können, weil die Lebensbedingungen dort nach wie vor ungünstig sind.

Nützlings- und Blühstreifen (Blühflächen)

Viel des oben über Landschaftselemente Festgestellten gilt auch für Blühflächen. Auch sie sind wichtige Lebensräume für die Bodenfauna im Landschaftsmaßstab; ihre Förderung trägt zur Erhaltung einer artenreichen edaphischen Fauna bei. Die hier präsentierten Ergebnisse zeigen allerdings, dass neu eingerichtete Streifen jahrelang brauchen, bis sich eine eigenständige und artenreichere Fauna einstellt (vgl. Bessel & Schrader 1998, Pižl 1992). Je länger Blühstreifen bestehen dürfen, desto besser ist daher ihre Funktion als Lebensraum für die Bodenfauna einzuschätzen.

Auch für Blühflächen gilt, dass sie prinzipiell als Quellen für die Besiedlung von Ackerflächen dienen können; dass aber nachhaltige Besiedlung nur dann möglich ist, wenn letztere günstige Lebensbedingungen bieten. Aussagen über konkrete Maßnahmen zur Pflege der Streifen (z.B. Häckseltermine) sind aufgrund mangelnder empirischer Daten kaum möglich. Aufgrund der überwiegenden Bedeutung der Bodenbearbeitungsintensität und der Verfügbarkeit organischer Substanz

für die Bodenfauna sind diese Details vermutlich unbedeutend; sie spielen für oberirdisch lebende Tiere (z.B. Blütenbesucher) sicherlich eine große Rolle, für edaphische Tiere aber wohl kaum.

Luzerneflächen

Wie oben ausgeführt, sind die MUBIL-Ergebnisse nicht uneingeschränkt für dieses Thema verwendbar. Bei Einbeziehung der Literatur erscheint es aber zulässig festzustellen, dass Luzerneflächen einen positiven Effekt auf die Biodiversität bodenlebender Tiergemeinschaften haben können. Vor allem das Aussetzen der Bodenbearbeitung, das Brachliegen und die Anreicherung von organischem Kohlenstoff werden sich fördernd auswirken.

Die Maßnahme wird wahrscheinlich die Biodiversität der Bodentiere im Betrieb umso wirksamer fördern, je länger Luzerneflächen nicht umgebrochen werden. Es hat im Projekt MUBIL mehrere Jahre gedauert, bis die Wiederbesiedlung der (grob vergleichbaren) Blühflächen eingesetzt hat. Der Wert von nur kurzfristig angelegten Flächen (sehr vorsichtig geschätzt: weniger als 3-4 Jahre) für Bodentiere kann daher gleich Null sein. Die Begrenzung der ÖPUL-Förderung z.B. für Bodengesundheitsflächen auf maximal 2 Jahre nach dem Anlagejahr erscheint in diesem Zusammenhang kontraproduktiv.

Wenn die Andauer von nicht umgebrochenen Schlägen nicht verlängert werden soll, könnte versucht werden, die räumliche Anordnung der Flächen im Betrieb zu optimieren. Da Bodentiere langsam wandern und neu angelegte Flächen nur zögernd besiedeln, wäre es beispielsweise günstig, neue Flächen in Nachbarschaft zu bereits existierenden anzulegen und die Laufzeit der Flächen überlappen zu lassen (d.h. mindestens 3 Jahre Laufzeit, neue Fläche im Jahr 2 oder 3 der benachbarten Altfläche anlegen). Das könnte vor allem in ausgeräumten Agrarlandschaften mit wenigen "Quell-Lebensräumen" die Etablierung der Bodenfauna in neu angelegten Flächen verbessern.

Allgemeine Empfehlungen für die biologische Wirtschaftsweise

Wie die MUBIL-Ergebnisse und die vorhandene Literatur deutlich zeigen, ist die Verbesserung der Lebensbedingungen durch den biologischen Landbau für Bodentiere kaum bedeutsam, so lange die Bodenbearbeitung intensiv betrieben wird wie im konventionellen Wirtschaften. Häufige und tiefgehende Bodenbearbeitung ist für viele Bodentiere eine elementare Katastrophe, die alle anderen Bemühungen zur Verbesserung der Lebensräume regelmäßig zunichte macht. Das gilt wenig für die kleinen Größenklassen der Tiere (die so genannte Microfauna, z.B. Einzeller, Fadenwürmer), aber sicher für die größeren (Meso- und Macrofauna, z.B. Insekten und vor allem die Regenwürmer; Postma-Blaaw et al. 2010). Ganz allgemein stimmt: "Je weniger (= je seltener, je oberflächlicher), desto besser", dafür gibt es viele Befunde (Kladivko 2001, Larink & Joschko 2000). Es gibt aber zuwenig empirische Daten darüber, wo die Untergrenzen einer Bewirtschaftungsweise liegen, die Bodentiere nachhaltig integriert und fördert. Beispielsweise kann nicht seriös ausgesagt werden, wie viele und welche Bearbeitungen eine lebens- und funktionsfähige Population tiefgrabender Regenwürmer "gerade noch" verträgt. Hier besteht viel Bedarf für angewandte bodenzoologische Forschung. Und keinesfalls darf eine Reduktion der Intensität der Bodenbearbeitung mit einer Erhöhung des Herbizideinsatzes einher gehen, da viele Bodentiere auch durch diese geschädigt werden können (z.B. Edwards & Bohlen 1995).

Eine weitere allgemeine Erkenntnis aus dem Rutzendorfer Monitoring betrifft die Evaluierung der Langzeiteffekte von ÖPUL-Maßnahmen. Einerseits ist deutlich, dass die Umstellung auf ökologischen Landbau tendenziell zu einer stetigen Zunahme der Biodiversität der untersuchten Tiergruppen führt. Andererseits läuft dieser Prozess langsam und nicht als unumkehrbare Abfolge ab, sondern erstaunlich variabel. Es kommt sogar zu kurzfristigen Umkehrungen im Verlauf der Sukzession, zum Beispiel induziert durch untypischen Witterungsverlauf. Stochastische Phänomene spielen also eine recht gewichtige Rolle. Sind daher Maßnahmen zu beurteilen, so müssen die Langsamkeit und die zeitliche Variabilität der

bodenbiologischen Prozesse berücksichtigt werden, ansonsten können kurzfristige "Abweichungen" vom generellen längerfristigen Trend leicht zu falschen Schlüssen führen.

Schließlich hat sich gezeigt, dass biologisches Wirtschaften in einer monotonisierten Agrarlandschaft schwierig ist, zumindest was den Beitrag der Bodentiere zu Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität betrifft. Denn offenbar haben viele Bodentiergruppen Probleme, umgestellte Flächen in derart verarmten Landschaften neu zu besiedeln. Das weist darauf hin, Fördermaßnahmen (wie ÖPUL) in größeren räumlichen Maßstäben zu denken als bisher. Nicht die Schlagebene ist hier allein relevant und auch nicht die räumliche Ebene von Einzelbetrieben; vielmehr sollten betriebsübergreifende Konzepte verstärkt gefördert werden, die zum Beispiel auf vernetzende Landschaftselemente ("green veining", Grashof-Bokdam & Langevelde 2004) oder auf die Abstimmung der räumlichen Anordnung von Brachen, Blühflächen, Bodengesundheitsflächen und ähnlichem fokussieren. ÖPUL goes landscape!

LITERATUR

- 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.
- Anderson J.M. (1975): The enigma of soil animal species diversity. In: Vanek, J. (ed.) *Progress in Soil Zoology. Proc. 5th Int Congr Soil Zool Prague*, 51-58.
- 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.
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J. (1995): The effects of contaminants on the structure and function of soil communities. *Acta Zool Fenn* 196, 284-289.
- Grashof-Bokdam, C.J., Langevelde F. van (2004) Green veining: landscape determinants of biodiversity in European agricultural landscapes. *Landscape Ecol* 20, 417-439.
- Kibblewhite, M.G., Ritz, K., Swift, M.J. (2008): Soil health in agricultural systems. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363, 685-701.
- Koehler, H.H. (1999): Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata). *Agr Ecosyst Environ* 74, 395-410.
- Kladivko, E.J. (2001) Tillage systems and soil ecology. *Soil Till Res* 61, 61-76.
- 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.
- Pižl, V. (1992): Succession of earthworm populations in abandoned fields. *Soil Biol Biochem* 24, 1623-1628.
- Postma-Blaauw, M.B., Goede, R.G.M. de, Bloem, J., Faber, J.H., Brussaard, L. (2010): Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology* 91, 460-473.

ANHANG

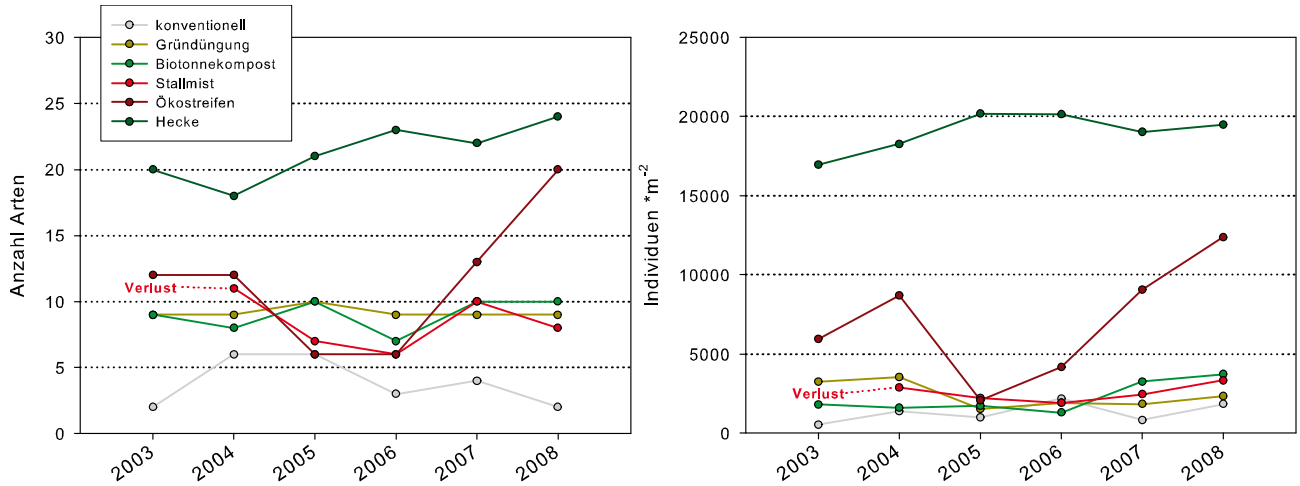


Abbildung 7.4-1: Artenzahlen und Abundanzen der Oribatiden (Hornmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben.

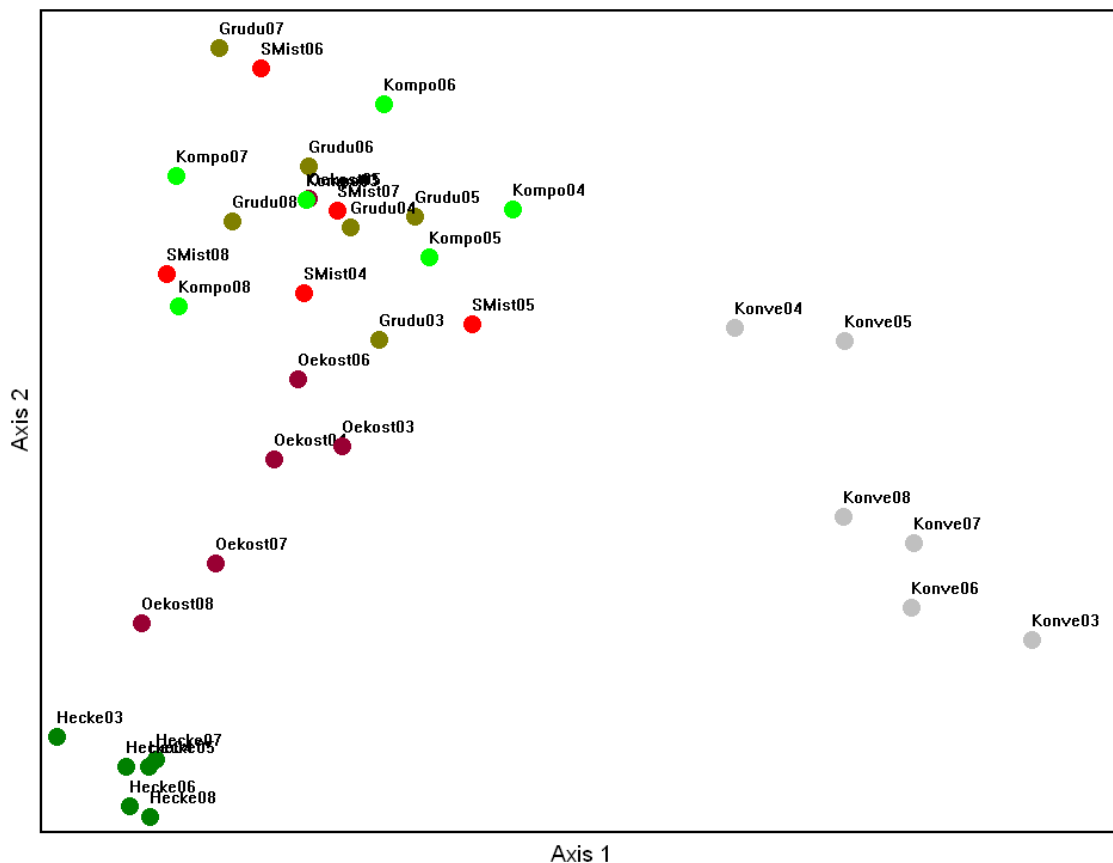


Abbildung 7.4-2: Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Oribatidengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Grudu: Gründung, Hecke: Hecke, Kompo: Biotonnekompost, Konve: konventionelle Referenzfläche, Oekost: Ökostreifen (= Blühstreifen), SMist: Stallmist. Die an die Namenskurzeln anschließenden Zahlen bezeichnen das Jahr der Besammlung.

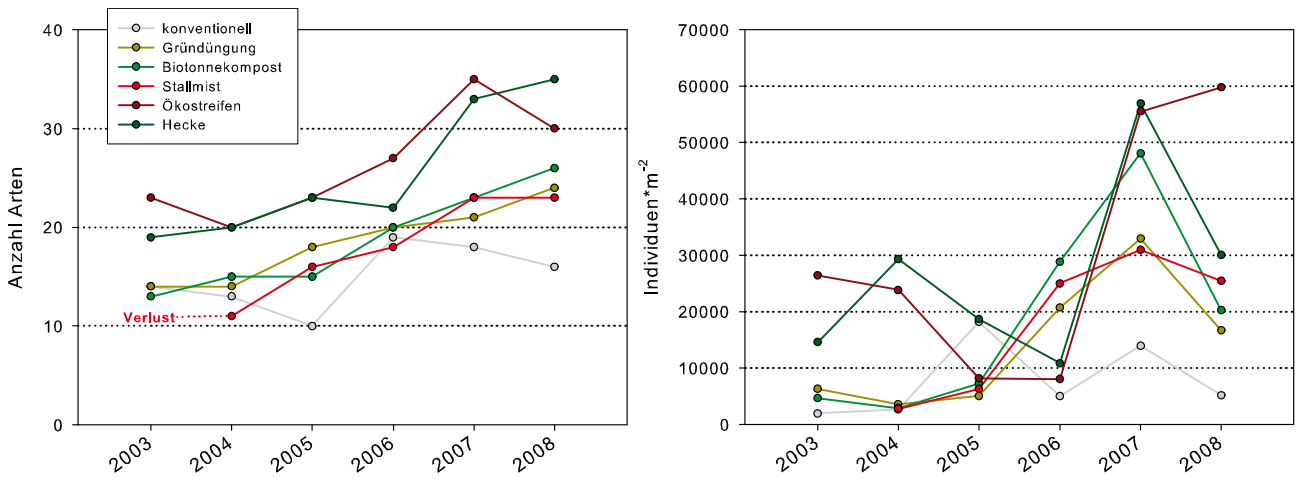


Abbildung 7.4-3: Artenzahlen und Abundanzen der Collembolen (Springschwänze) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben.

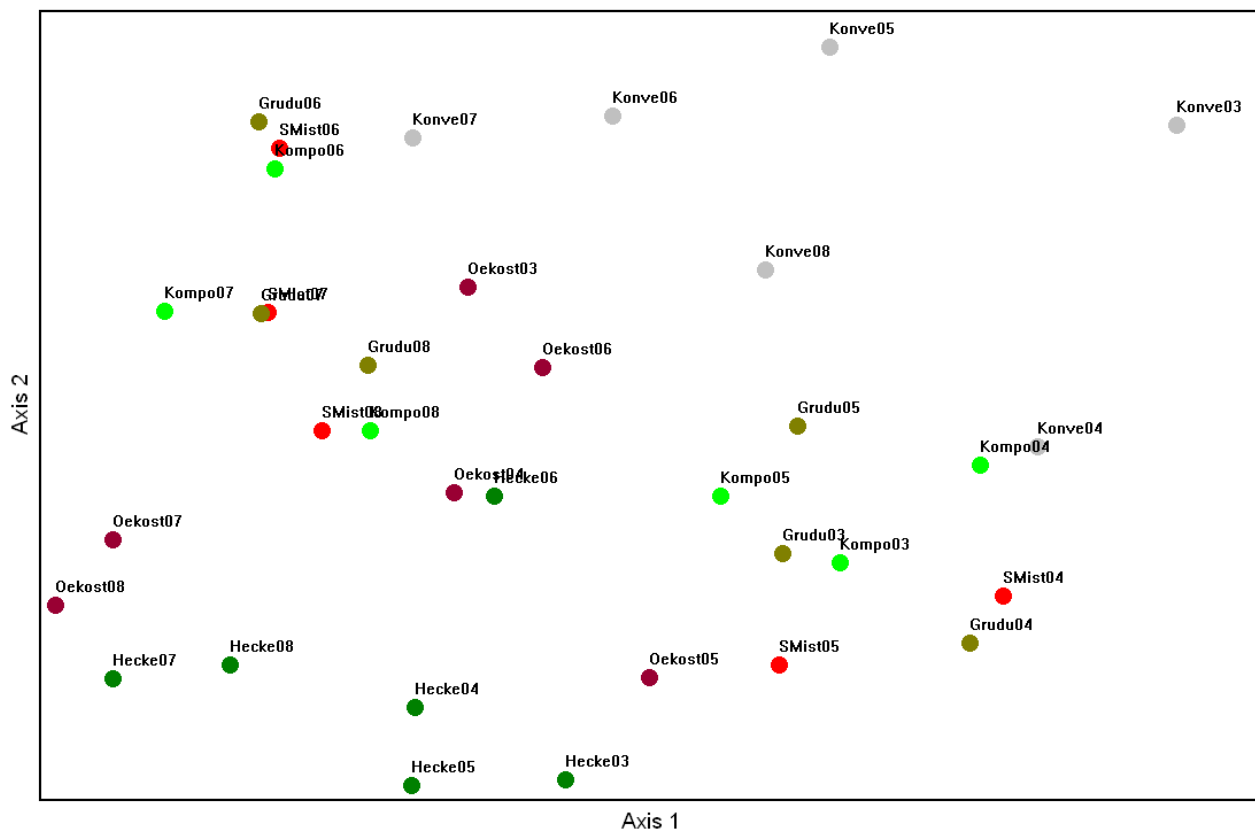


Abbildung 7.4-4: Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Collembolengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Für die Kürzel siehe Abbildung 7.4-2.

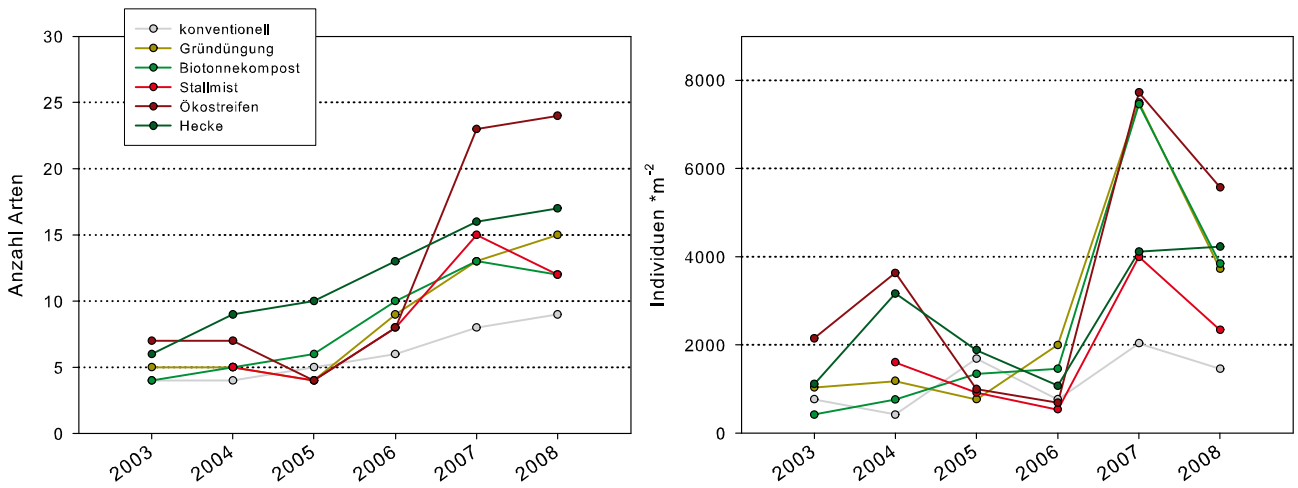
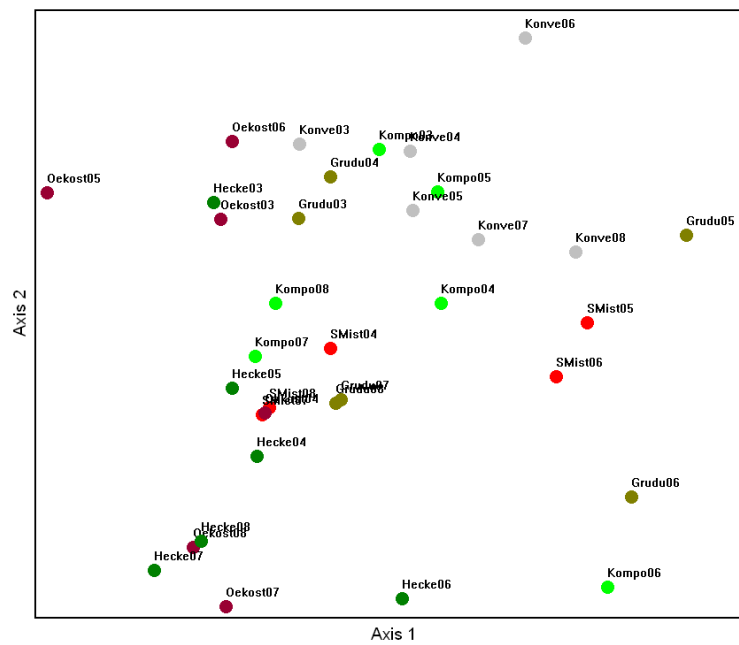


Abbildung 7.4-5: Artenzahlen und Abundanzen der Gamasinen (Raubmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben.



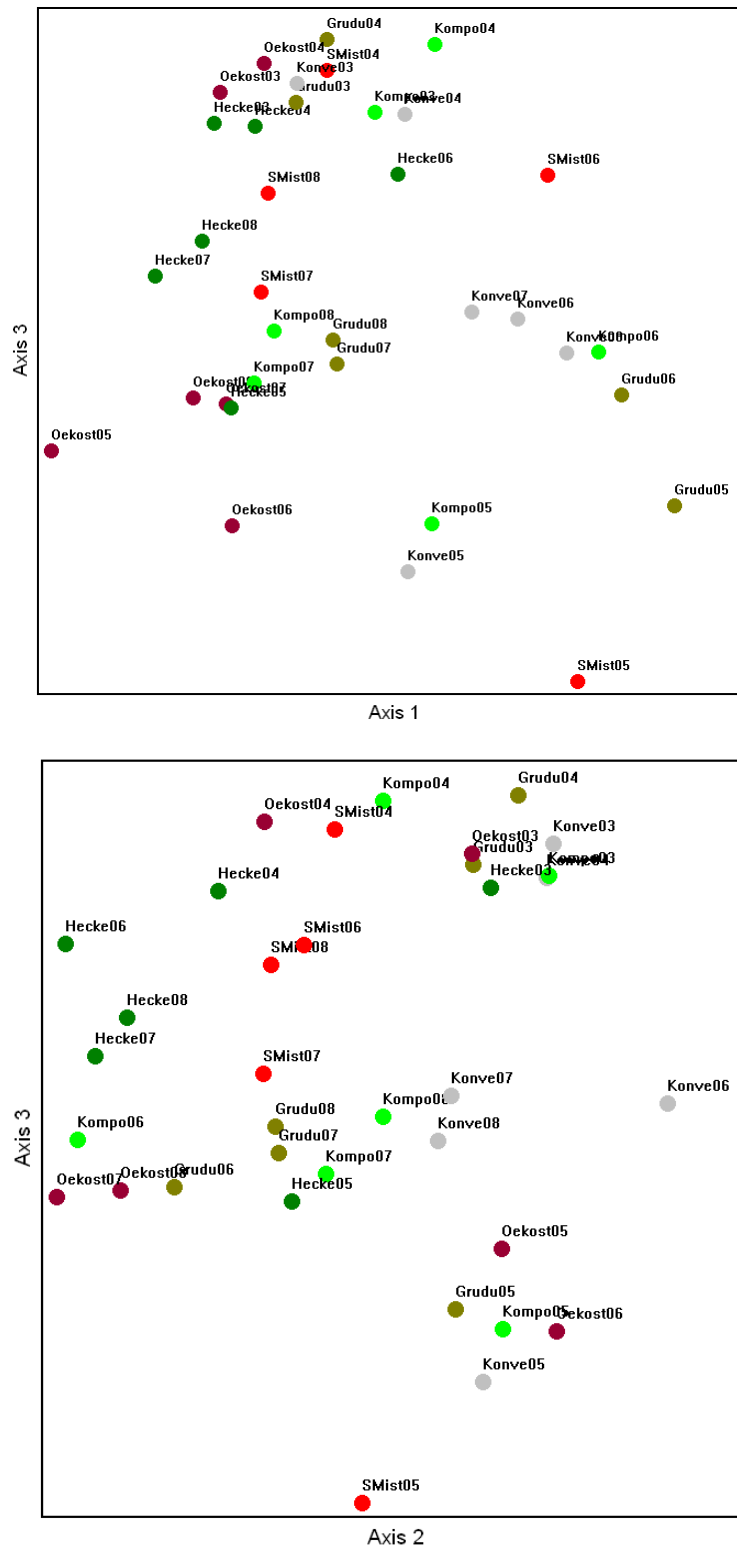


Abbildung 7.4-6: Gamasinen NMDS, Achsen 1 und 2 (oben), 1 und 3 (mittig) und 2 und 3 (unten). Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Gamasinengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Um die recht unklaren Punktwolken besser differenzieren zu können, sind drei verschiedene Ebenen des multivariaten Raums dargestellt: Achsen 1 und 2 (oben), 1 und 3 (mittig) und 2 und 3 (unten). Für die Kürzel siehe Abbildung 7.4-2.

7.5 TEILPROJEKT 8: ACKERWILDKRÄUTER UND DIASPOREN

Auswirkungen der biologischen Bewirtschaftung auf die Ackerwildkrautflora und Diasporen

BearbeiterInnen: **Bernhardt, K.-G.**, Laubhann, D., Stallegger, M.
 Institut für Botanik, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU, Wien

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Im Rahmen dieses Teilprojekts wurde untersucht, ob die Umstellung der landwirtschaftlichen Flächen auf biologische Bewirtschaftung die Ackerwildkräutervielfalt erhält und fördert. Weiters wurde der Einfluss von unterschiedlichen Düngungsvarianten auf das Aufkommen von Ackerwildkräutern und deren Diasporenbank analysiert. Seit Beginn des Projekts 2003 wurden Untersuchungen an der oberflächlichen Vegetation und dem Diasporenvorrat auf den Kleinparzellen durchgeführt. In den Jahren 2007 und 2008 wurden sie durch eine Umgebungskartierung der Vegetation rund um den Biobetrieb Rutzendorf ergänzt. Die Anzahl der Ackerwildkrautarten ist gegenüber der konventionellen Referenzfläche deutlich erhöht und steigt deutlich erst ab 2007 mit der Fortdauer der biologischen Bewirtschaftung an. Die Diasporenmengen korrelieren in ihrer Menge mit der Oberflächenvegetation und beide hängen wiederum stark von der angebauten Kulturfrucht ab. Unter Luzerne und Erbse konnten die meisten Arten gefunden werden. In den Folgejahren gehen die oberflächlichen Arten- und Diasporenzahlen jedoch wieder stark zurück, wodurch kein negativer Einfluss für die Praxis angenommen werden kann. Die Düngewarianten zeigen noch keinen Einfluss. Die Vegetationsanalyse der Umgebung zeigt keinen klaren Einfluss des Diasporeneinflugs auf die Ackerwildflora der Versuchsfelder. Der positive Einfluss der biologischen Bewirtschaftung auf die Beikräutervielfalt wurde bestätigt. Wie die Erhebungen vom Jahr 2010 andeuten, besteht ein Erhöhungspotenzial der Artenvielfalt innerhalb der Flächen vom Biobetrieb.

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 and an increase over the investigated years could be detected clearly since 2007. The number of seeds per m² 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". The positive influence of organic farming on weed diversity is confirmed and a potential of higher weed diversity exists regarding vegetation samples from 2010.

EINLEITUNG

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

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). Gleichzeitig müssen aber diese Ackerwildkräuter kontrolliert werden, um die landwirtschaftliche Produktion rentabel zu halten.

Generalziel dieses Teilprojektes ist es, einerseits die Auswirkungen der Umstellung von konventioneller auf biologische Bewirtschaftung und andererseits von verschiedenen Düngungsvarianten (Gründüngung, Biotonnekompost, Stallmist) auf die Zusammensetzung und Menge vorhandener Ackerwildkräuter zu untersuchen. Des Weiteren wird ermittelt, 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 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 (Bestandsentwicklung 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 & Poschlod, 1996). Um den Einfluss dieses Vektors abschätzen zu können, wurde eine einmalige floristische Kartierung der Umgebung (5 km Radius) durchgeführt.

Die Ergebnisse der sechs letzten Untersuchungsjahre leisten einen Beitrag zur Evaluierung des Einflusses der ÖPUL-Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ auf die Ackerwildkräuterbestände und auf die Diasporenbank des Bodens und sollen zeigen inwieweit diese Maßnahme zum Erhalt oder zur Förderung der Artenvielfalt an Ackerwildkräutern beiträgt.

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

Bisherige Untersuchungen in vergleichbaren Gebieten haben gezeigt, dass Fruchtfolgegestaltung 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 hinsichtlich der oberflächlichen Vegetation als auch in der Diasporenbank, sowie eine eventuelle Aktivierung verschollener Arten der Region, die noch lebensfähig im Boden überdauern konnten.

MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchungen der Ackerwildkräuterbestände und der Diasporenbank finden seit dem Beginn des Projekts 2003 am Biobetrieb Rutzendorf statt. 2006 konnte aufgrund organisatorischer Schwierigkeiten (finanzieller Kürzung des Teilprojektes) keine Aufnahmen durchgeführt werden. 2009 wurde nur die Diasporenbank des Bodens untersucht. Aufgrund des Projektstarts im Sommer 2003 sind aus diesem Jahr keine Frühjahrsaufnahmen vorhanden. Die Frühjahrserhebungen der Vegetationserfassung 2007 (April/Mai) konnten auf Schlag 8 wegen technischer Schwierigkeiten nicht durchgeführt werden. In den Jahren 2007 und 2008 wurden die Vegetationserhebungen durch eine Umgebungskartierung ergänzt. Die Geländeerhebungen fanden immer in der Vegetationsperiode in den Kleinparzellenversuchen S1M bis S8M und der Referenzparzelle SK statt.

2009 wurde dieses Teilprojekt von einer neuen Mitarbeiterin übernommen, so dass es zu Erfassungsunterschieden kommen kann (Deckungswerte, etc.). Die Daten von 2010 konnten aufgrund der kurzen Zeit für die Auswertung nur teilweise hinzugefügt werden.

Erfassung der oberflächlichen Vegetation

Die Geländeerhebungen fanden immer in der Vegetationsperiode in den Kleinparzellenversuchen S1M bis S8M und der Referenzparzelle SK statt. Auf den eingerichteten Kleinversuchparzellen 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: die Deckungswerte werden in Prozent angegeben, wobei + die Präsenz von mehreren Individuen und eine Deckung von weniger als 0,5 % und r die Präsenz von 1 bis 2 Individuen darstellt.

Erfassung des Diasporenvorrates im Boden

Probennahme

Zwei Kleinparzellen wurden pro Bewirtschaftungsvariante ausgesucht. Nach dem Zufallprinzip wurde für die ausgewählten Kleinparzelle ein Probequadrat von 1 m² ausgewählt und mit dem Pürckauer-Bohrer (Durchmesser 5,6 cm) jeweils 3 Bodenproben bis zu einer Tiefe von 20 cm entnommen und zu einer Mischprobe vereint (Champness, 1949; Jensen 1969; Bernhardt und Hurka, 1989). Die erste Schicht 0-10 cm wurde von der zweiten Schicht (10-20 cm) unterschieden. Man erhält pro Probequadrat zwei Proben von ca. 500 cm³. Die Entnahmetiefe von 20 cm wird gewählt, da die Ackerfläche im Mittel bis zu dieser Tiefe bearbeitet wird. Die Bodenproben wurden im Herbst (September/Oktober) entnommen, da zu diesem Zeitpunkt der Großteil der Arten die Diasporenbildung abgeschlossen hat.

Ausstreichverfahren (Keimversuch)

Von jeder Mischprobe wurden jeweils ca. 500 cm³ Boden in Ansaatschalen (30x60x6 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 wurden zuvor mit sterilem Quarzsand unterschichtet, um den heranwachsenden Keimlingen optimale Wachstumsbedingungen zu ermöglichen. Die Ansaatschalen wurden 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 konnten, wurden weiter herangezogen und spätestens in Blüte bestimmt.

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 den Vegetationsperioden 2007 und 2008 durchgeführt. Das Arteninventar der Umgebung wurde anschließend mit jenem aus den Versuchsflächen 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. Diese Arbeitseinheit wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von David Wedenig durchgeführt.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Ackerwildflora seit 2003: Artenzahl, Deckung und Diasporenmenge im Boden

Im Zeitraum 2003 bis 2010 wurden insgesamt 152 Arten auf den Untersuchungsflächen in Rutzendorf und in der Diasporenbank identifiziert (inklusive Gehölze, exklusive Arten die erhoben wurden, dennoch auf Grund des früheren Entwicklungsstadiums nicht bestimmt werden konnten). Von diesen Wildkräuterarten konnten 40 auf der oberflächlichen Vegetation sowie in der Diasporenbank erfasst werden, 83 wurden ausschließlich auf der oberflächlichen Vegetation im Acker gefunden und 29 erschienen nur in der Diasporenbank.

Im ersten Untersuchungsjahr 2003 wurden insgesamt 35 Ackerwildkräuterarten auf der oberflächlichen Vegetation notiert; diese Zahl stieg nach unregelmäßigem Wachstum auf 80 im Jahr 2010 an (Abbildung 7.5-1). Auf den Versuchsflächen lässt sich seit der Umstellung auf biologischen Landbau im Jahr 2002 eine Diversitätssteigerung über die Jahre erkennen. Diese Werte stimmen mit der Steigerung der Ackerkräutervielfalt über 5 Jahre nach einer Umstellung im biologischen Landbau im intensiv bewirtschafteten Gebiet Rheinhessen überein (Oesau 2000). Die Entwicklung der Artenzahl in der Diasporenbank seit 2003 bestätigt diese steigende Tendenz: die Zahl der Keimlingsarten ist von 20 auf 31 zwischen 2003 und 2009 gestiegen (Abbildung 7.5-1).

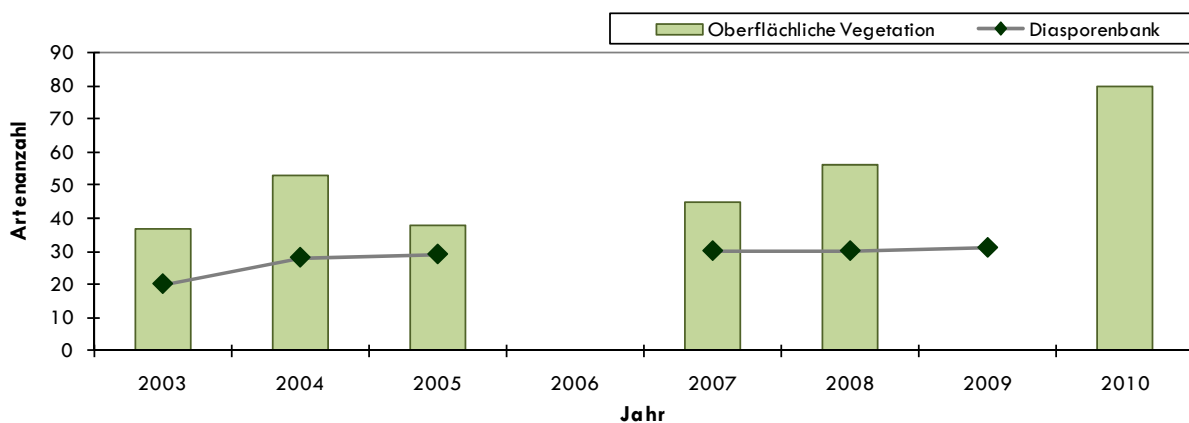


Abbildung 7.5-1: Gesamte Artenanzahl auf der oberflächlichen Vegetation und in der Diasporenbank auf den biologisch bewirtschafteten Feldern. 2006 und 2009 wurden keine Vegetationserhebungen durchgeführt

Die häufigsten Ackerunkräuter sind der Weiße Gänsefuß *Chenopodium album*, der Windenknöterich *Fallopia convolvulus*, der Grünähren Fuchsschwanz *Amaranthus powellii*, der Vogelknöterich *Polygonum aviculare* und die Vogelmiere *Stellaria media*. Diese Arten können im Acker eine Deckung über 10 % aufweisen. Die vollständige Artenliste liegt im Anhang (Tabelle 7.5-3).

Die Schwankungen der Gesamtartenzahl zwischen den einzelnen Jahren (2004, 2005, 2007) sind am wahrscheinlichsten durch klimatische Bedingungen (vgl. Lundkvist et al., 2008) zu erklären. Eine weitere Erklärung ist die Änderung des Mischungsverhältnisses der angebauten Kulturarten im Untersuchungsgebiet. Unter Luzerne und Erbse können die meisten Arten gefunden werden (Abbildung 7.5-3), weshalb auch in Jahren in denen diese Früchte auf vielen Flächen angebaut worden sind, die Artenzahlen hoch sind. Die Artensteigerung im Jahr 2010 kann zwar auf die 7-jährige biologische Bewirtschaftung zurückgeführt werden, aber auch durch die extreme Wetterbedingungen dieses Jahres (feuchter Frühling und trockener Sommer) erklärt werden: Eine deutliche Erhöhung der Ackerwildkräuter

wurde nämlich auch auf der konventionell bewirtschafteten Referenzfläche SK beobachtet (2003-2008: 0 bis 2 Arten, 2010: 6 Arten).

Bezüglich der Entwicklung der Ackerwildfloradeckung und der Diasporenmenge je m² ist keine klare Steigerungstendenz seit der Umstellung im biologischen Landbau zu erkennen (Abbildung 7.5-2). Der jährliche Deckungsdurchschnitt zwischen allen Schlägen nimmt in den ersten Jahren ab und steigt erst ab 2007 deutlicher. Die Entwicklung der Durchschnittsmenge an keimfähigen Diasporen im Boden zeigt ein starkes Gleichauf mit der Oberflächenvegetation. Die hohen Deckungswerte im Jahr 2010 könnten möglicherweise auf den Mitarbeiterwechsel und die Erfassungsunterschiede zurückgeführt werden.

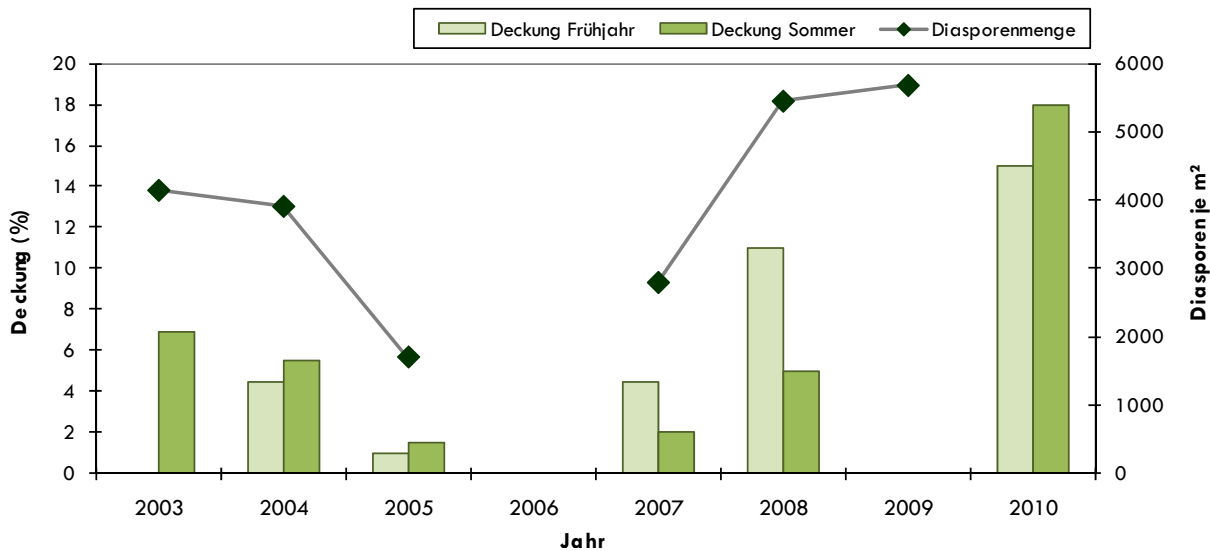


Abbildung 7.5-2: Ackerwildfloradeckung und der Diasporenmenge je m² von 2003 bis 2010. Durchschnittswerte von allen Schlägen, FJ: Frühjahr, SO: Sommer. 2006 und 2009 wurden keine Vegetationserhebungen durchgeführt.

Die Diasporenmengen im Boden sind relativ gering und entsprechen eher Werten konventionell bewirtschafteter Flächen (vgl. Lacko-Bartošová et al., 2000; Albrecht, 2005) und zeigen einen deutlichen Zusammenhang mit der Kulturart. Die höchste Diasporenmenge wurde 2010 auf dem Schlag S6M unter Luzerne erfasst (18.842 m⁻²). Im Rahmen seiner Untersuchungen in Südbayern zeugt Albrecht (2005) von einem Anstieg von 4.050 auf 17.320 m⁻² (Durchschnittswerte auf Betriebsebene) drei Jahre nach der Umstellung auf biologischen Landbau und von einem Rückgang auf 10.220 zwei Jahre später. Ein kontinuierlicher Anstieg der Diasporenmengen durch die biologische Bewirtschaftung wird von der Literatur nicht bestätigt und kann aus den momentanen Ergebnissen nicht klar abgelesen werden, wobei es eine steigende Tendenz ab dem Jahr 2007 gibt.

Bemerkenswerte Arten

Einige Arten der Roten Liste gefährdeter Pflanzen Niederösterreich (Schratt 1990) und der Roten Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs (Niklfeld 1999) waren in den Schlägen vereinzelt zu finden: die Kornrade *Agrostemma githago*, vom Aussterben bedroht, das Echte und das Unechte Tännelkraut *Kicksia elatine* und *K. spuria*, stark gefährdet und der Acker-Günsel *Ajuga chamaepytis*, Schultes' Nachtschatten *Solanum nigrum subsp. schultesii* und der Blassgelbe Klee *Trifolium ochroleucon*, gefährdet. Fünf weitere Arten sind in NÖ regional gefährdet, aber nicht besonders im Marchfeld: *Anthemis austriaca*, *Filago arvensis*, *Fumaria vaillantii*, *Lathyrus tuberosus*, *Stachys annua*, *Veronica triloba* und *Anagallis foemina*. Die Anzahl an RL-Arten schwankt von 0 in den Jahren 2003 und 2007 bis 4 im Jahr 2010 (2004: 2, 2005 und 2008:1).

Auch in der Diasporenbank traten drei gefährdeten Arten in Niederösterreich vereinzelt auf: der Graue Gänsefuß *Chenopodium glaucum*, das Flügel-Johanniskraut *Hypericum tetrapterum* und der Finger Steinbrech *Saxifraga tridactylites*.

Das Vorkommen dieser Rote Liste-Arten soll jedoch mit Vorsicht berücksichtigt werden: sie könnten ihre Existenz nicht einem spontanen Auftreten verdanken, sondern könnten auch einem in der Nähe gelegenen Nützlings- und Blühstreifen entstammen. Der Einfluss der ÖPUL-Massnahme „Biologische Bewirtschaftungsweise“ auf das Auftreten von seltenen und gefährdeten Arten kann daher nicht bestätigt werden.

Bemerkenswert ist ebenfalls das Auftreten von nicht einheimischen Arten auf der oberflächlichen Vegetation in den Äckern am Biobetrieb Rutzendorf: *Diplotaxis erucooides* und *Crambe hispanica* breiten sich seit wenigen Jahren in Niederösterreich aus (Bernhardt et al. 2008, Bernhardt & Laubhann 2006). Mit Saatgut eingeschleppt wurden voraussichtlich auch die Arten *Dinacrusa hirsuta* und *Dracocephalum moldavicum*, die im Sommer 2010 erhoben wurden.

Vergleich zum konventionell bewirtschafteten Referenzschlag

Im Vergleich zum konventionell bewirtschafteten Schlag SK ist ein deutlich höheres Artenaufkommen zu verzeichnen: im konventionell bewirtschafteten Feld wurden nämlich von 2003 bis 2008 0 bis 2 Arten aufgezeichnet, 2010 ist die Anzahl auf 6 gestiegen (Durchschnitt von 5,95 Arten pro Aufnahme in den biologisch bewirtschafteten Kleinparzellen, Durchschnitt 2010: 8,7 Arten). Diese Zahlen sollen dennoch vorsichtig interpretiert werden, weil nur eine Kleinparzelle im konventionellen Landbau untersucht wird, im Vergleich zu 8 Kleinparzellenversuchen mit je 12 bis 19 Vegetationsaufnahmen im Biobetrieb Rutzendorf. Kaar (2003) weist auf eine Artenhäufigkeit von 6-10 Arten in den meisten konventionell bewirtschafteten Flächen hin (Untersuchungen in Getreidefelder in Oberösterreich).

In den meisten Ackerwildkräuter-Untersuchungen in Europa wurde eine Steigerung der Artenvielfalt durch biologische Bewirtschaftung festgestellt (Hole et al., 2005; Kaar & Freyer 2008; Oesau 2000). Eine umfassende Analyse von 66 wissenschaftlichen Studien zeigt, dass in biologisch bewirtschafteten Flächen im Durchschnitt 30 % mehr Arten und 50 % mehr Individuen vorkommen (Bengston et al. 2005 in Pfiffner & Balmer 2009). In der Evaluierungsstudie des ÖPUL-Programms 2000-2006 von Kaar (2003), ergab der statistische Vergleich der Artenanzahlen zwischen biologischen und konventionell bewirtschafteten Flächen, dass in biologisch bewirtschafteten Wintergetreideschlägen im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Schlägen signifikant mehr Beikrautarten ($P < 0,05$) vorkommen. In dieser Untersuchung von Kaar (2003) wurden auf 59 Schlägen mit Wintergetreide auf 30 Betrieben (15 biologisch bewirtschaftete und 15 konventionell bewirtschaftete) in Oberösterreich insgesamt 109 Beikrautarten festgestellt, wobei 105 Arten auf biologisch bewirtschafteten Flächen gefunden wurden, und 54 Arten in konventionell bewirtschafteten Flächen gefunden wurden.

Dennoch gibt es auch Studien die die positive Auswirkung der biologischen Bewirtschaftung auf die Steigerung der Vielfalt an Ackerwildkräuter nicht bestätigen konnten (Weibull et al., 2003; Lundkvist et al., 2008). Zur sicheren Beurteilung der Situation in Rutzendorf scheinen jedenfalls weitere Jahre des Monitorings notwendig.

Ackerwildkräuter und Kulturfrucht

Wie schon von anderen wissenschaftlichen Studien festgestellt (Albrecht, 2005; Sjørnsen et al., 2008) ist die Ackerwildkräuterartenzahl in der oberflächlichen Vegetation wie in der Diasporenbank stark von der Kulturfrucht abhängig. Am Beispiel des Kleinparzellenversuchs S3M weist die Abbildung 7.5-3 auf die Artenvielfaltschwankung je Frucht von 2003 bis 2010. Deutlich ist der Anstieg der Artenzahlen im Jahr 2004 und 2008, wo sich die geringe Frühjahrsdeckung unter der Kulturarten Luzerne und Erbse positiv auf die Diasporenmenge auswirken dürfte.

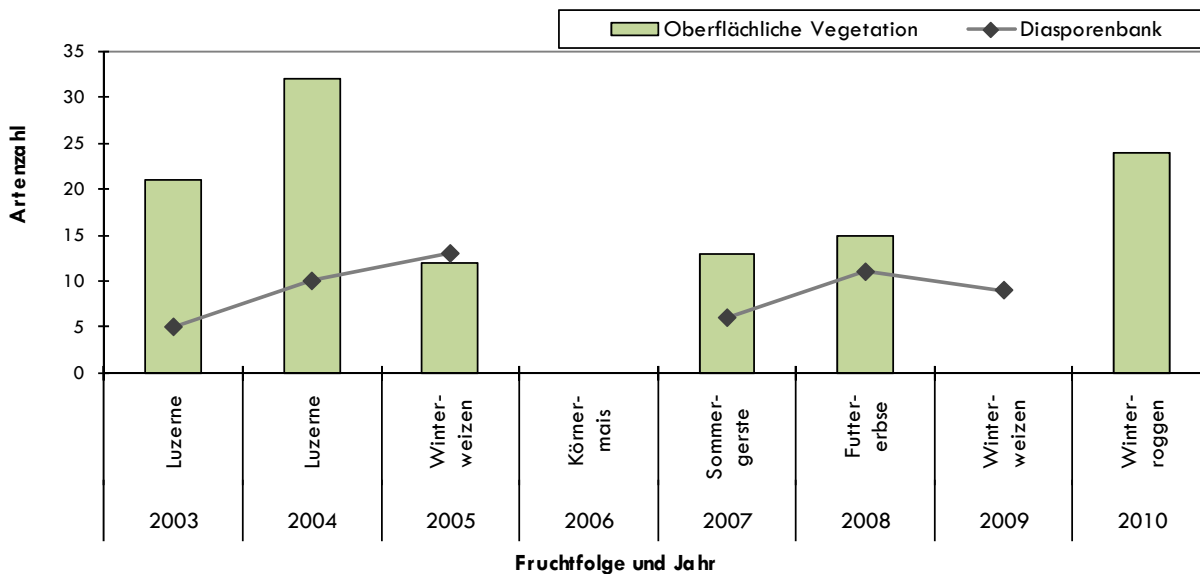


Abbildung 7.5-3: Artenzahl und Fruchtfolge am Beispiel des Kleinparzellenversuchs S3M

Generell treten in der Luzerne und in der Futtererbse mehr Arten auf (Abbildung 7.5-3 und Abbildung 7.5-4). 2010 wurde dennoch 24 Arten im Winterroggen im Schlag S3M notiert.

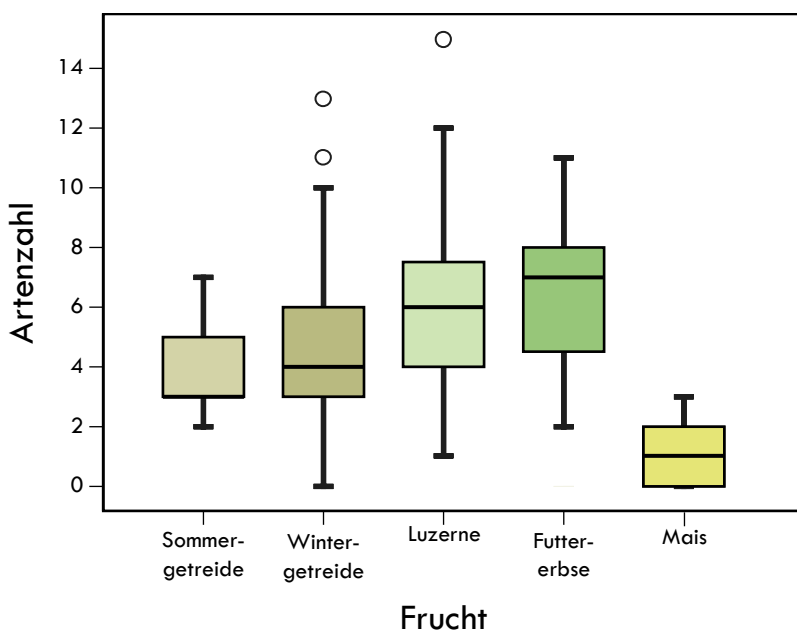


Abbildung 7.5-4: Einfluss der Kulturfrucht auf das Auftreten von Ackerwildkräutern - Artenzahl pro Vegetationsaufnahme (Kleinparzelle) auf den Flächen der verschiedenen Kulturfrüchte über die Jahre 2003 bis 2007 zusammengefasst.

Auch die Deckung der oberflächlichen Ackerwildkräutervegetation und die Diasporenmenge je m^2 hängen stark von der Kulturfolge ab. Die Abbildung 7.5-5 zeigt die Entwicklung des Beikrautdrucks und der keimfähigen Diasporenmenge im Boden für den Schlag S3M. Im Anhang fasst die Abbildung 7.5-6 die Entwicklung der Beikräuter für die Schläge S1M, S2M, S4M, S5M, S6M, S7M und S8M zusammen. Die Tabelle 7.5-2 (Anhang) stellt eine Übersicht der Frucht- und Beikrautdeckungen je Kulturfrucht in den Jahren 2003 bis 2010 dar.

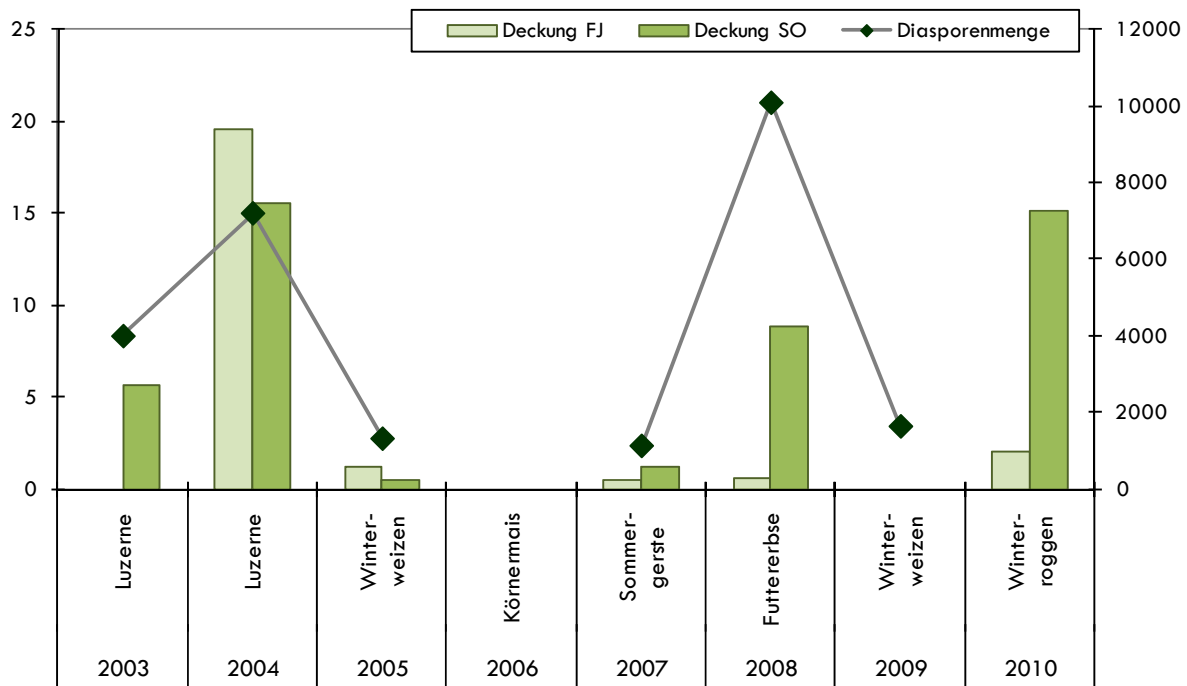


Abbildung 7.5-5: Ackerwildfloradeckung und Diasporenmenge je m² in Zusammenhang mit der Fruchtfolge am Beispiel des Kleinparzellenversuchs S3M

Unter Kulturarten, hier vor allem Luzerne und Erbse, unter welchen sich die Ackerwildkrautarten aufgrund geringerer Bodenbearbeitung bzw. geringer Fruchtdeckung im Frühjahr ausbreiten konnten, verzeichnen auch die Diasporenmengen einen Anstieg. So sind vor allem auf den Schlägen S3 (Abbildung 7.5-5) aber auch S2, und S6 im Jahr 2004 sowie S4 im Jahr 2008 (Anhang, Abbildung 7.5-6), in welchen das zweite Jahr nacheinander Luzerne standen, die Diasporenmengen deutlich angestiegen. 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. Sehr deutlich ist, dass selbst nach einem Anstieg der Diasporenmengen, diese im Folgejahr bei entsprechender Kulturart (Getreide) wieder rasch abnehmen. 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.

Generell sind die Artenzahlen und die für die Praxis interessanteren Deckungswerte der Ackerwildkräuter gering. Die höchsten Deckungen zeigen sich unter Erbse (S2, S3-2008; S7-2003), Luzerne - hier vor allem im 2. Anbaujahr (S2-2003, S3, S6-2004, S4-2008, S2-2010) - und Mais (S1-2008, S4-2010) (Tabelle 7.5-2). 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 nachfolgenden Kulturarten abgeleitet werden kann.

Ackerwildkräuter und Düngungsvarianten

Die Düngungsvarianten zeigen bislang keinen direkten Einfluss auf das Aufkommen der Ackerwildkräuter, wobei bedacht werden muss, dass bis zum Erntejahr 2010 auf allen Flächen erst jeweils ein- bis zweimal gedüngt worden ist (sechs Kleinparzellenversuche: zweimal gedüngt, zwei Kleinparzellenversuche: einmal gedüngt).

Diasporeneinflug und Umgebungsvegetation

Zu den 97 aus den Parzellenversuchen bis 2008 erfassten Pflanzenarten konnten in 323 Aufnahmen noch 226 weitere Arten in der Umgebung erfasst werden (Absatz mit den Daten von 2010 nicht aktualisiert).

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 7.5-1). Weiters kommt hinzu, dass auf den Schlägen selbst fast ausschließlich Segetalarten, das sind Wildpflanzen mit Verbreitungsschwerpunkt in Äckern, Weingärten und Gärten, 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 artenarm ist 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 Nützlings- und Blühstreifen 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 7.5-1: Ähnlichkeit des Arteninventars auf den Parzellenversuchen und in 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, Quelle: D. Wedenig, Diplomarbeit in Arbeit)

| | 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 |

Im MUBIL III-Abschlussbericht 2011 werden diese Werte mit den Untersuchungsdaten von 2010 und 2011 aus den Kleinparzellenversuchen in Rutzendorf ergänzt und aktuelle Schlussfolgerung bezüglich des Einflugs von Diasporen aus der Umgebung gezogen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Der vermutete artenanzahlerhöhende Einfluss der biologischen Bewirtschaftung in der Diasporenbank und auf der oberflächlichen Vegetation wird nach Schwankungen in den ersten Jahren der Untersuchungen erst ab 2007 deutlicher bestätigt. Ein Anstieg der Artenzahlen mit Fortdauer der biologischen Bewirtschaftung wurde festgestellt, wobei die hohe Artenzahl vom Jahr 2010 teilweise durch die extremen Klimabedingungen dieses Jahres erklärt werden könnte. Insofern hat die biologische Wirtschaftsweise zum Erhalt und zur Förderung der Artenvielfalt an Ackerwildkräutern am Biobetrieb Rutzendorf beigetragen.
- Trotz Umsetzung der ÖPUL-Maßnahme „Biologische Bewirtschaftungsweise“ ist die Artenzahl und der Beikrautdruck im Biobetrieb Rutzendorf relativ gering (meist $\leq 10\%$ Deckung). 2010 sind die Deckungswerte der Ackerwildkrautflora zwar höher, was aber auch mit dem Wechseln des Erfassers zusammenhängen kann.
- Generell ist die Ackerwildkräuterartenzahl in biologisch bewirtschafteten Flächen deutlich höher als in konventionellen Äckern, dies ist hauptsächlich auf den Verzicht auf Herbiziden zurückzuführen. Um die Maßnahme „Biologische Bewirtschaftungsweise“ auf die Vielfalt an Ackerwildkräutern besser evaluieren zu können, wäre ein Vergleich mit mehr als einer konventionell bewirtschafteten Fläche wünschenswert. Dennoch gibt es genug Vergleichsliteratur (Hole et al., 2005; Kaar & Freyer 2008; Oesau 2000, Bengston et al. 2005 in Pfiffner & Balmer 2009), die die erhöhte Artenvielfalt in biologisch bewirtschafteten Flächen im Vergleich zu konventionellen Äckern bestätigt.
- 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 vorübergehende Erhöhung der Beikräuterdeckung stellt in den nachfolgenden Kulturen, entsprechend der Fruchtfolge, kein Problem dar. Lediglich eine starke Spätverunkrautung bei Erbse in Jahren mit feuchter Witterung zur Abreife führte zu Ernteproblemen. Generell konnte ein negativer Einfluss der biologischen Wirtschaftsweise auf die Wirtschaftlichkeit der Flächen durch einen erhöhten Ackerwildkrautdruck auf die Kulturfrüchte nicht festgestellt werden. Auch das Auftreten von Wurzelunkräutern, wie die Ackerkratzdistel, war bisher gering und konnte durch die Fruchtfolge reguliert werden.
- Die unterschiedlichen Düngungsvarianten zeigten keinen Einfluss auf die Entwicklung der Ackerwildkräuter oder der Diasporenbank. Da die meisten Schläge jedoch erst ein- bis zweimal gedüngt wurden, ist zur Bearbeitung dieser zentralen Frage eine kontinuierliche Fortführung des Monitorings von entscheidender Bedeutung.
- Die Diasporenmengen im Boden sind generell gering (Durchschnitt 2009: 5.865 m^{-2}) und zeigen eine mit der Kulturfrucht bzw. Oberflächenvegetation korrelierende Schwankung. Somit ist das Beikrautartenpotential am Standort relativ gering, und die Zufuhr von Samen von außen unverzichtbar für eine erhöhte Biodiversität.
- Das Arteninventar auf den Flächen des Biobetriebs Rutzendorf ist relativ ähnlich zu jenem der Umgebung, wodurch auch kein deutlich verändernder Einfluss der Vegetation der Umgebung

(etwa durch Einfliegen neuer Arten) auf die Ackerwildkrautflora innerhalb der Versuchsflächen angenommen werden kann.

- 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. Die Vernetzung von extensiv bewirtschafteten Flächen im Marchfeld scheint unverzichtbar, um das Beikrautartenpotential zu erhöhen.
- 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.
- Der Einfluss der Einsaat von Nützlings- und Blühstreifen auf die Beikräuter innerhalb der Versuchsflächen könnte genauer analysiert werden.
- Weitere Untersuchungsjahre würden die positiven Entwicklungstrends der Ackerwildflora seit der Umstellung im biologischen Landbau bestätigen und die offenen Fragen beantworten: Einfluss der verschiedenen Düngungsvarianten, Einfluss der Umgebungsvegetation, der organischen Düngung und der Nützlings- und Blühstreifen für die Zufuhr von Samen, etc.

LITERATUR

- 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.
- Bernhardt, K.-G.; Laubhahn, D. (2006): *Crambe hispanica*, der Spanische Meerkohl (Brassicaceae) als Kulturbegleiter. *Neilreichia* 4: 121-124
- Bernhardt, K.-G.; Laubhahn, D. & Kropf, M. (2008): *Chorispra tenella*, *Diploaxis eruroides* und *Capsella rubella* (Brassicaceae) in Wien und Niederösterreich. *Neilreichia* 5: 211-216
- 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.
- Frieben, 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.
- Kaar, B. & Freyer, B. (2008): Weed species diversity and cover-abundance in organic and conventional winter cereal fields and 15 years ago. In: IFOAM, ISOFAR (eds.), 16th IFOAM Organic World Congress; *Cultivating the Future Based on Science*, Vol. 2 Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture, 16th

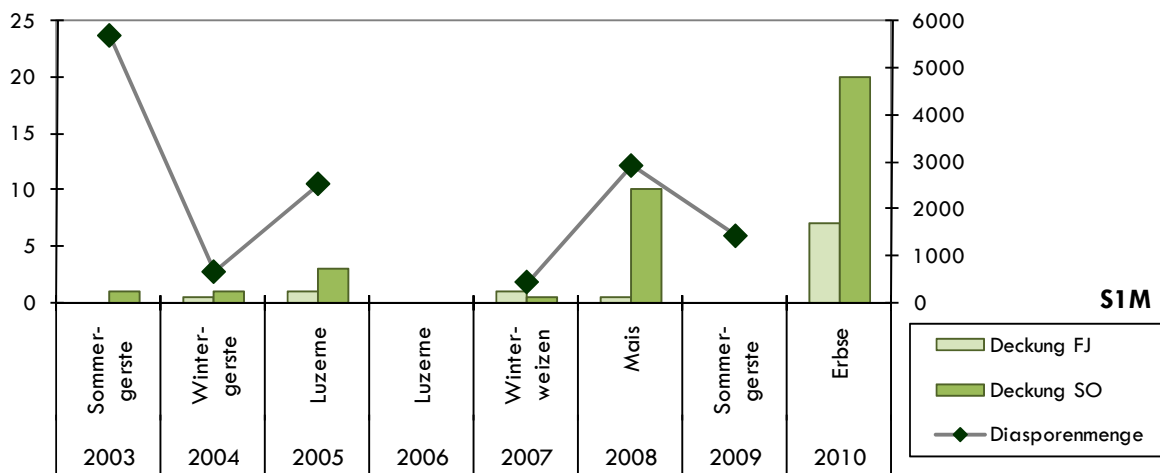
IFOAM Organic World Congress; Cultivating the Future Based on Science, 16.-20. Juni 2008, Modena
<http://orgprints.org>

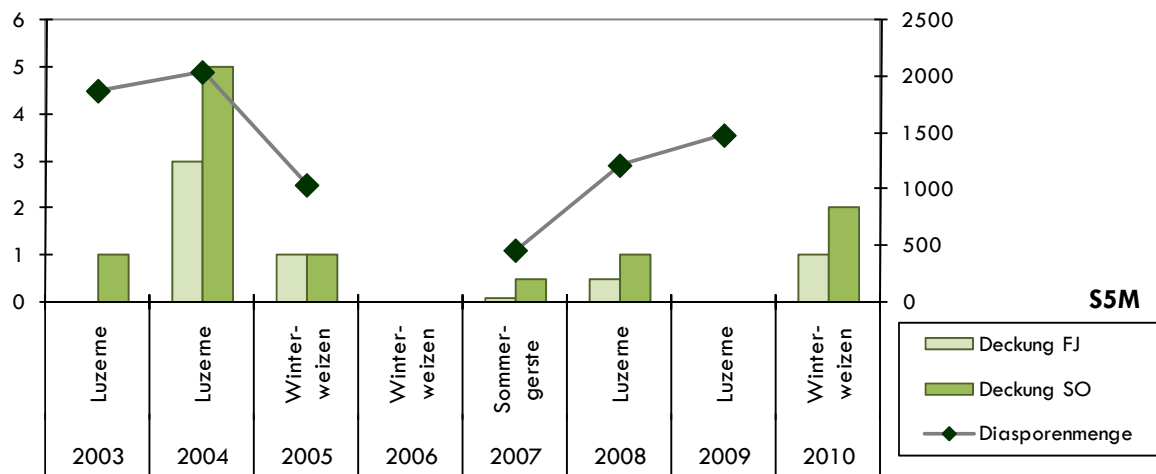
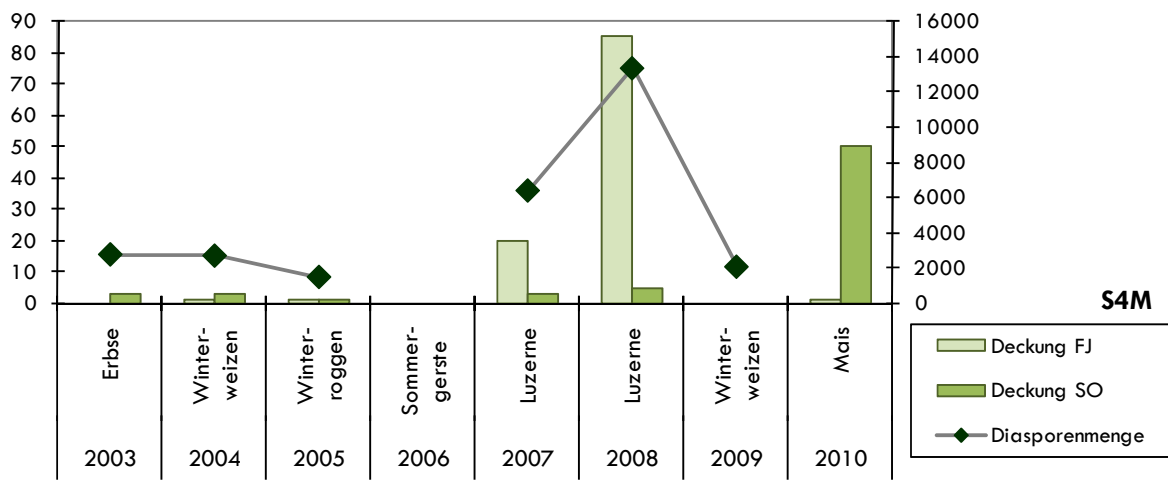
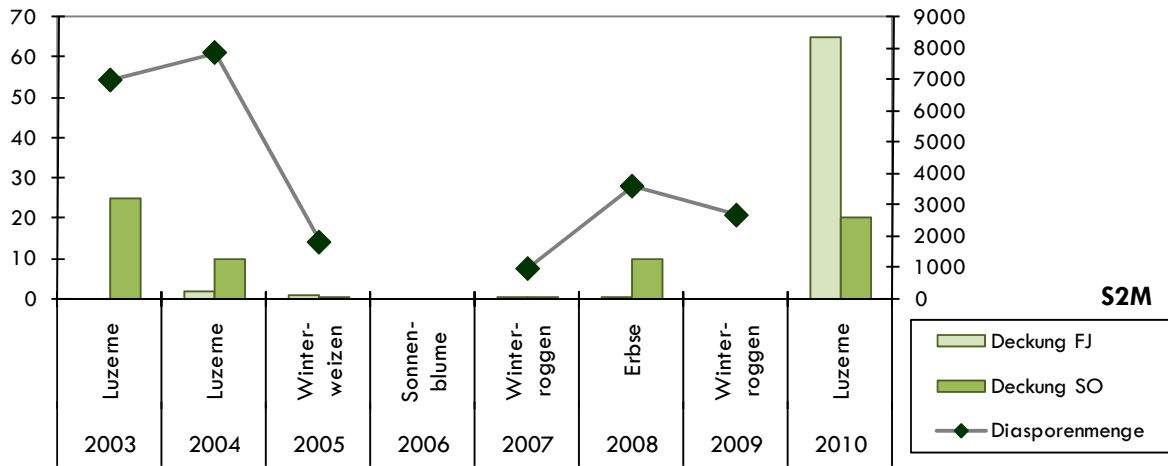
- Kaar, B. (2003): ÖPUL-Evaluierung: Erhebung der Beikrautflora in biologisch und konventionell bewirtschafteten Getreideäckern Oberösterreichs in Bezug zur Umsetzung von ÖPUL-Maßnahmen. Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Kiefer, S.; Poschlod, P. (1996): Restoration 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.
- Niklfeld, H. (1999): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Band 10.
- Oesau, A. (2000): "Ökologische Bodenbewirtschaftung" in Wörrstadt-Rommersheim 1995-2004: Zwischenbericht 2000 (preprint), in *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit: Zwischenergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung in Wörrstadt-Rommersheim (Rheinessen, Rheinland-Pfalz)*, page 47-56. Schriftenreihe der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz 13 (2002). Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz und Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim. <http://orgprints.org>
- Pfiffner, L. & Balmer, O. (2009): Biolandbau und Biodiversität. Faktenblatt. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
- 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.
- Schratt L. (1990): Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Niederösterreichs, 1. Fassung. Institut für Botanik der Universität Wien. Unpublished.
- 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.
- Sjursen, H., Brandsaeter, L.O., Seljasen, R. (2008). Change in the weed seed bank during the first four years of a five-course crop rotation with organically grown vegetables. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20. 2008. <http://orgprints.org>
- 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.

ANHANG

Tabelle 7.5-2: Deckungswerte der Kulturarten und Ackerwildkräuter in den Untersuchungsjahren 2003 bis 2008 in Prozent nach Schmidt (1974). +: mehrere Individuen aber Deckung <0,5 %.

| | | S1M | S2M | S3M | S4M | S5M | S6M | S7M | S8M | SK | |
|------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-----|
| 2010 | | <i>Erbse</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Wi-Roggen</i> | <i>Mais</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Luzerne</i> | <i>So-Gerste</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Karotte/Soja</i> | |
| | Frühjahr | Frucht | 55 | 20 | 75 | 5 | 55 | 65 | 25 | 55 | 5 |
| | | Beikraut | 7 | 65 | 2 | 1 | 1 | 45 | 1 | 1 | + |
| | Sommer | Frucht | 90 | 70 | 75 | 75 | 70 | 95 | 55 | 55 | 95 |
| | | Beikraut | 20 | 20 | 15 | 50 | 2 | 30 | 5 | 5 | + |
| 2009 | | <i>So-Gerste</i> | <i>Wi-Roggen</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Erbse</i> | <i>Wi-Durum</i> | |
| | Keine Aufnahmen | | | | | | | | | | |
| 2008 | | <i>Mais</i> | <i>Erbse</i> | <i>Erbse</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>So-Gerste</i> | <i>Kartoffel</i> | |
| | 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 | | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Wi-Roggen</i> | <i>So-Gerste</i> | <i>Luzerne</i> | <i>So-Gerste</i> | <i>Erbse</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Mais</i> | <i>Wi-Durum</i> | |
| | 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 | | <i>Luzerne</i> | <i>So-Blume</i> | <i>Mais</i> | <i>So-Gerste</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Triticale</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Zwiebel</i> | |
| | Keine Aufnahmen | | | | | | | | | | |
| 2005 | | <i>Luzerne</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Wi-Roggen</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Triticale</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Wi-Weizen</i> | |
| | 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 | | <i>W-Gerste</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Wi-Weizen</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Wi-Roggen</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Rübe</i> | |
| | 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 | | <i>So-Gerste</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Erbse</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Luzerne</i> | <i>Erbse</i> | <i>Triticale</i> | <i>Hartweizen</i> | |
| | Sommer | Frucht | 65 | 80 | 50 | 95 | 100 | 100 | 65 | 75 | 100 |
| | | Beikraut | 1 | 25 | 5 | 3 | 1 | 1 | 20 | 1 | 0 |





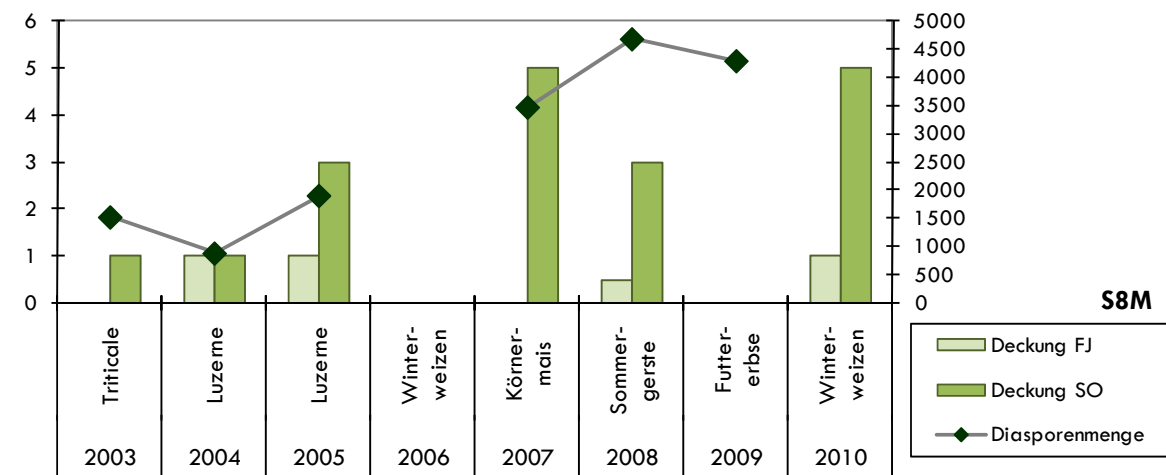
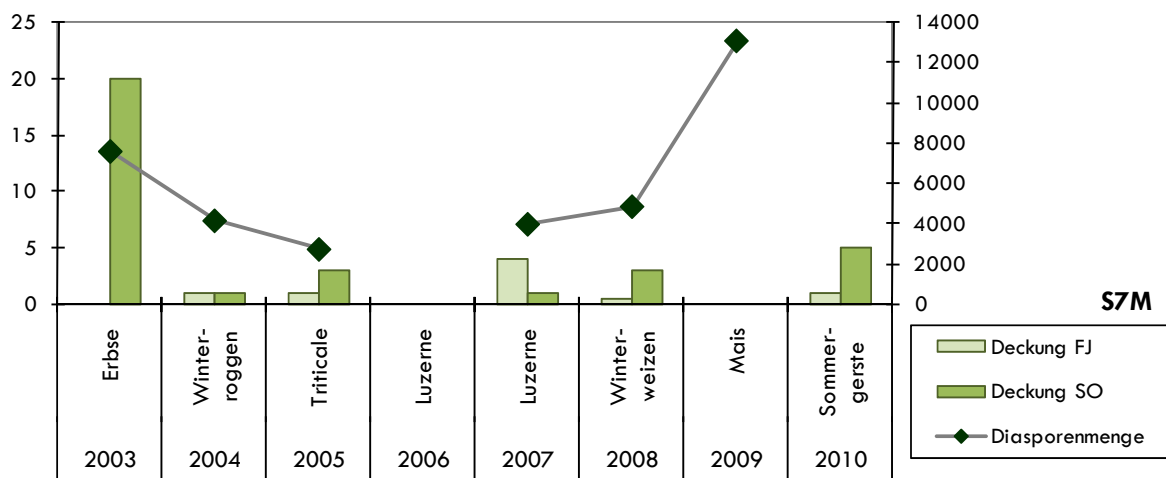
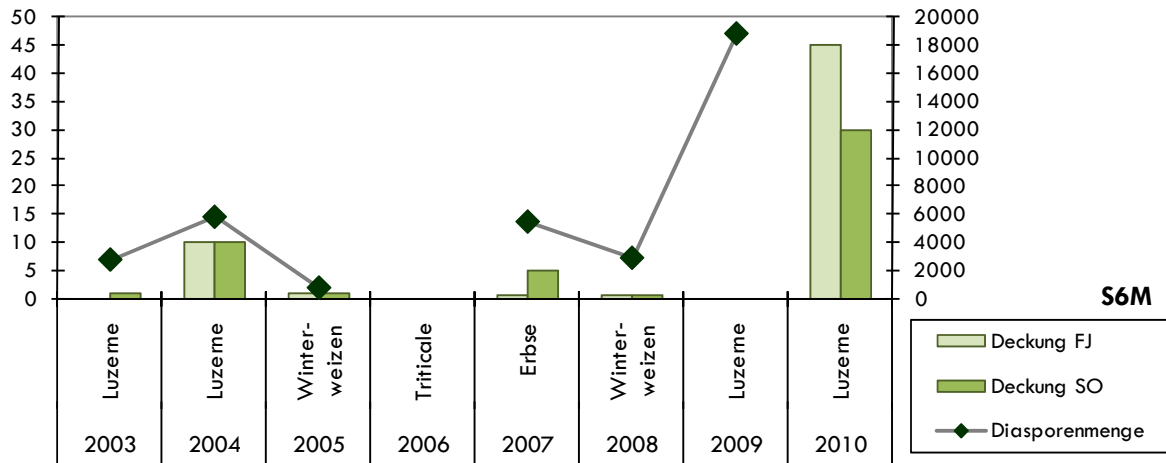


Abbildung 7.5-6: Entwicklung der Ackerwildfloradeckung und der Diasporenmenge in Zusammenhang mit der Kulturfolge für die Schläge S1M, S2M, S4M, S5M, S6M, S7M und S8M. Rechts: Deckung (%), Links: Diasporen je m². Achtung: Unterschiedliche Skala je Schlag!

Tabelle 7.5-3: Artenliste der oberflächlichen Vegetation und der Diasporenbank (2003-2010)

| Arten | OV | DB | Arten | OV | DB | Arten | OV | DB |
|---------------------------------|----|----|---------------------------------|----|----|---|----|----|
| <i>Acer negundo</i> | x | | <i>Elymus repens</i> | x | | <i>Poa sp.</i> | x | |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | x | | <i>Epilobium ciliatum</i> | | x | <i>Polygonum aviculare</i> | x | x |
| <i>Aconitum sp.</i> | x | | <i>Epilobium dodonaei</i> | | x | <i>Populus tremula</i> | x | |
| <i>Aethusa cynapium</i> | x | x | <i>Epilobium hirsutum</i> | | x | <i>Prunus mahaleb</i> | x | |
| <i>Agrostemma githago</i> | x | | <i>Epilobium parviflorum</i> | | x | <i>Raphanus sativus</i> | x | |
| <i>Agrostis capillaris</i> | | x | <i>Epilobium sp.</i> | | x | <i>Reseda lutea</i> | x | |
| <i>Ajuga chamaepitys</i> | x | | <i>Epilobium tetragonum</i> | | x | <i>Robinia pseudaccacia</i> | | x |
| <i>Amaranthus albus</i> | x | | <i>Erigeron annuus</i> | x | x | <i>Rosa sp.</i> | x | |
| <i>Amaranthus blitoides</i> | | x | <i>Eruca sativa</i> | x | | <i>Rumex conglomeratus</i> | x | |
| <i>Amaranthus deflexus</i> | x | | <i>Erucastrum gallicum</i> | x | | <i>Rumex obtusifolius</i> | x | |
| <i>Amaranthus powelli</i> | x | x | <i>Euphorbia helioscopia</i> | x | x | <i>Sambucus nigra</i> | x | |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | x | | <i>Euphorbia peplus</i> | x | x | <i>Saxifraga tridactylites</i> | | x |
| <i>Amaranthus sp.</i> | x | x | <i>Euphorbia sp.</i> | x | | <i>Scleranthus annuus</i> | | x |
| <i>Anagallis arvensis</i> | x | x | <i>Fagopyrum esculentum</i> | x | | <i>Senecio vernalis</i> | x | |
| <i>Anagallis foemina</i> | x | | <i>Fallopia convolvulus</i> | x | x | <i>Senecio vulgaris</i> | | x |
| <i>Anthemis austriaca</i> | x | | <i>Filago arvensis</i> | x | | <i>Setaria viridis</i> | x | |
| <i>Anthriscus caucalis</i> | x | | <i>Fraxinus excelsior</i> | x | | <i>Silene latifolia</i> | x | |
| <i>Arctium sp.</i> | x | | <i>Fumaria vaillantii</i> | x | x | <i>Silene noctiflora</i> | x | x |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i> | x | x | <i>Galinsoga ciliata</i> | | x | <i>Sinapis arvensis</i> | x | |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | | x | <i>Galium aparine</i> | x | | <i>Sisymbrium loeselii</i> | x | x |
| <i>Berteroa incana</i> | x | | <i>Geranium pusillum</i> | x | | <i>Sisymbrium orientale/altissimum</i> | x | |
| <i>Betula pendula</i> | | x | <i>Geranium sp.</i> | x | | <i>Sisymbrium sp.</i> | x | |
| <i>Brasica rapa</i> | x | | <i>Helianthus annuus</i> | x | | <i>Solanum nigrum</i> | x | |
| <i>Bromus sterilis</i> | x | | <i>Helminthotheca echioides</i> | x | | <i>Solanum nigrum subsp. schultesii</i> | x | x |
| <i>Bromus tectorum</i> | x | x | <i>Holcus lanatus</i> | x | | <i>Solidago canadensis</i> | | x |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | x | x | <i>Hyoscyamus niger</i> | x | | <i>Sonchus asper</i> | x | x |
| <i>Cardamine flexuosa</i> | | x | <i>Hypericum tetrapterum</i> | | x | <i>Sonchus oleraceus</i> | x | x |
| <i>Cardamine hirsuta</i> | | x | <i>Juglans regia</i> | x | | <i>Sonchus sp.</i> | x | |
| <i>Carduus acanthoides</i> | x | | <i>Kickxia elatine</i> | x | | <i>Stachys annua</i> | x | x |
| cf. <i>Buddleja davidii</i> | | x | <i>Kickxia spuria</i> | x | | <i>Stellaria media</i> | x | x |
| <i>Chenopodium album</i> | x | x | <i>Lactuca serriola</i> | x | x | <i>Taraxacum officinale</i> | x | x |
| <i>Chenopodium cf. glaucum</i> | | x | <i>Lamium amplexicaule</i> | x | x | <i>Thlaspi arvense</i> | x | |
| <i>Chenopodium hybridum</i> | x | x | <i>Lamium purpureum</i> | x | | <i>Trifolium hybridum</i> | x | |
| <i>Chenopodium polyspermum</i> | x | | <i>Lathyrus tuberosus</i> | x | | <i>Trifolium ochroleucon</i> | x | |
| <i>Cirsium arvense</i> | x | x | <i>Leontodon hispidus</i> | x | | <i>Trifolium pratense</i> | x | x |
| <i>Clematis vitalba</i> | x | | <i>Lolium perenne</i> | x | | <i>Trifolium pratense subsp. sativa</i> | | x |
| <i>Consolida regalis</i> | x | | <i>Medicago sp.</i> | x | x | <i>Trifolium repens</i> | x | |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | x | | <i>Melilotus alba</i> | x | | <i>Trifolium sp.</i> | x | |
| <i>Conyza canadensis</i> | x | x | <i>Melilotus officinalis</i> | x | | <i>Tripleurospermum inodorum</i> | x | x |
| <i>Crambe hispanica</i> | x | x | <i>Mentha piperita agg.</i> | | x | <i>Verbascum densiflorum</i> | | x |
| <i>Crepis biennis</i> | x | | <i>Mercurialis annua</i> | x | x | <i>Verbascum sp.</i> | x | |
| <i>Crepis setosa</i> | x | | <i>Microrrhinum minus</i> | x | x | <i>Veronica hederifolia</i> | x | |
| <i>Cynoglossum officinale</i> | x | | <i>Microthlaspi perfoliatum</i> | x | | <i>Veronica peregrina</i> | | x |
| <i>Dactylis glomerata</i> | x | | <i>Panicum miliaceum</i> | x | | <i>Veronica persica</i> | x | |
| <i>Datura stramonium</i> | x | x | <i>Papaver rhoeas</i> | x | x | <i>Veronica polita</i> | x | x |
| <i>Descurainia sophia</i> | x | x | <i>Persicaria sp.</i> | | x | <i>Veronica sp.</i> | x | x |
| <i>Digitaria sanguinea</i> | | x | <i>Phacelia tanacetifolia</i> | x | | <i>Veronica triloba</i> | x | |
| <i>Dinacrusa hirsuta</i> | x | | <i>Pisum sativum</i> | x | | <i>Vicia vilosa</i> | x | |
| <i>Diplotaxis erucoides</i> | | x | <i>Plantago lanceolata</i> | x | | <i>Viola arvensis</i> | x | x |
| <i>Dracocephalum moldavicum</i> | x | | <i>Plantago major</i> | x | | | | |
| <i>Echinochloa crus-galli</i> | x | | <i>Poa annua</i> | | x | | | |

7.6 TEILPROJEKT 9: AVIFAUNA

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

Bearbeiter: **Straka, U.**, Reiter, A.S.

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

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Bei in den im Zeitraum 2003-2009 im Projektgebiet Rutzendorf durchgeführten flächendeckenden Revierkartierungen wurde eine verarmte Brutvogelfauna mit Feldlerche und Fasan als dominante Arten festgestellt. Allerdings haben Artenzahl und Individuenzahl der Brutvögel 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 2003-2009 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.

EINLEITUNG

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

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

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

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

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

Bewirtschaftungsflächen, Strukturvielfalt (z.B. relative Randlinien-Länge, Anzahl verschiedener 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.

MATERIAL UND METHODEN

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte Projektgebiet des Biobetriebes Rutzendorf (ackerbaulich genutzte Fläche 143 ha) inklusive der darin eingeschlossenen AGES-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.

Ornithologische Kartierung und Auswertung

Im Untersuchungszeitraum 2003-2009 wurde alljährlich mit Ausnahme von 2004 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 Mitte März 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.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Von den während der Kartierungen in den Brutperioden 2003 und 2005-2009 im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet des Biobetriebes Rutzendorf einschließlich der nördlich angrenzenden Schottergrube) insgesamt beobachteten 117 Vogelarten (außerdem Großtrappe und Regenbrachvogel zusätzlich in der nahen Umgebung) traten 22 Arten im Projektgebiet auch als Brutvögel auf. Zum Vergleich wurden in der angrenzenden Schottergrube (ca. 25 ha) 27 Arten als Brutvögel eingestuft (Tabelle 7.6-3, Anhang). Sowohl die Anzahl der im Projektgebiet brütenden Vogelarten als auch die Anzahl der Brutreviere hat seit Projektbeginn im Jahre 2003 deutlich zugenommen (Tabelle 7.6-1, Abbildung 7.6-1).

Tabelle 7.6-1: Häufigkeit (Anzahl der Reviere) und ökologische Charakterisierung der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005-2009. 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 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Kiebitz | O | 0 | 1 | 0 | 0-1 | 2-3 | 3 |
| Rebhuhn | O | 2-4 | 3 | 3 | 5-6 | 10 | 8-11 |
| Wachtel | O | 4-7 | 6-7 | 6-7 | 5-6 | 5 | 1-2 |
| Feldlerche | O | 40 | 46-48 | 53-58 | 52-55 | 52-54 | 36 |
| Sumpfrohrsänger | O | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Grauammer | O | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Turmfalke | WO | 1-2 | 1-3 | 1-3 | 1-3 | 1-3 | 1-4 |
| Fasan | WO | 26-27 | 28-29 | 38 | 28 | 42-43 | 34-35 |
| Ringeltaube | WO | 3-5 | 3 | 2-3 | 3 | 2 | 2-3 |
| Turteltaube | WO | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Waldohreule | WO | 1-2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Grünling | WO | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Feldsperling | WO | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Elster | WO | 3-5 | 2-5 | 3-6 | 3-6 | 4-7 | 4-6 |
| Aaskrähe | WO | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1-2 |
| Amsel | W | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Singdrossel | W | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Nachtigall | W | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Mönchsgrasmücke | W | 4 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 |
| Dorngrasmücke | W | 0 | 4 | 5 | 4 | 3-4 | 4 |
| Kohlmeise | W | 0 | 2 | 3 | 2-3 | 3 | 2-3 |
| Buchfink | W | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Summe | | 84-96 | 104-113 | 126-138 | 115-127 | 139-149 | 111-124 |

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 regelmäßig Feldlerche, Wachtel, Rebhuhn und Kiebitz, in einzelnen Jahren außerdem noch Sumpfrohrsänger und Grauammer im Projektgebiet. Mit Ausnahme des Sumpfrohrsängers zählen diese Arten zu den in allen mitteleuropäischen Ländern gefährdeten bzw. im Bestand rückläufigen Vogelarten (Bauer und Berthold 1996). Auch in der aktuellen Roten Liste der Brutvögel Österreichs werden Rebhuhn, Wachtel, Kiebitz und Grauammer unter den gefährdeten Arten angeführt (Frühauf 2005a). Die Großtrappe als anspruchsvollste und am stärksten gefährdete Art dieser Gruppe (nach Raab et al. (2010) umfasste der Gesamtbestand des Marchfeldes für 2007 nur noch 2 m und 5 w), die nach eigenen Beobachtungen noch bis Anfang der 90er Jahre im Projektgebiet regelmäßig auftrat (Anlage der Windschutzhecken im Projektgebiet 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, ein Weibchen 31.7.07).

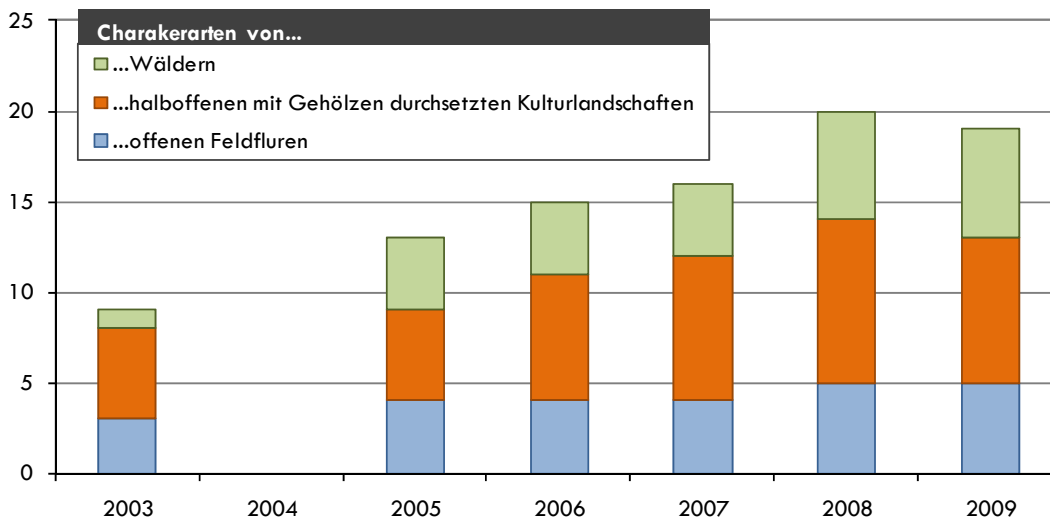


Abbildung 7.6-1: Artenzahl der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005-2009.

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, Fuchs and Saacke 2006). 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). Im Jahr 2009 erfolgte jedoch ein drastischer Bestandesrückgang auf nur 36 Reviere. 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 30 m 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 7.6-4, Anhang). Die im gesamten Untersuchungszeitraum 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 ha (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 7.6-2 wurden jene vier Ackerschläge ausgewählt, die im Zeitraum 2005-2009 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 Erbsen und Sommergerste ermittelt, allerdings ist Sommergerste 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 wie bei der Sommergerste erfolgreiche Erstbruten der Feldlerche kaum möglich. Im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung (z. B. Straka 1992) ermöglicht die geringere Wuchsdichte und Wuchshöhe von „biologischem“ Getreide zwar eine Besiedlung dieser Flächen auch zur Zweitbrut, jedoch wird hier ebenfalls ein Teil der Reviere bei fortschreitender Vegetationsentwicklung aufgegeben (vgl. in

Tabelle 7.6-4 z. B. Johannisbreite II im Jahr 2005, Junge Neurisse im Jahr 2006, Kapellenfeld im Jahr 2006).

Tabelle 7.6-2: 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 2005-2009. Futtererbse (Erb), Sommergerste (Sg), Winterweizen (Ww), Triticale (Tri), Roggen (Ro), Luzerne im ersten bzw. zweiten Jahr (Luz 1, Luz 2)

| Schlag | Mais | Erb | Sg | Ww | Tri | Ro | Luz 1 | Luz 2 |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 3,1 | - | 5,0 | 4,1 | - | - | 4,4 | 7,3 |
| 4 | - | - | 5,4 | 4,8 | - | 3,6 | 8,1 | 8,6 |
| 7 | 1,9 | - | - | 4,8 | 4,4 | - | 5,6 | 6,7 |
| 8 | 4,8 | 6,1 | 6,9 | 5,6 | - | - | - | 6,3 |
| Mittelwert | 3,3 | 6,1 | 5,8 | 4,8 | 4,4 | 3,6 | 6,0 | 7,2 |

Eine überdurchschnittliche Bedeutung der Luzerneflächen für die Ackerbrüter des Projektgebietes zeichnet sich auch bei der Wachtel ab, die im Projektgebiet alljährlich mit 2-7 Revieren (1,4-4,8 Rev./100 ha) auftrat. In den Jahren 2005-2009 waren durchschnittlich 26 % der Ackerfläche im Projektgebiet mit Luzerne bestockt. Von den in diesem Zeitraum insgesamt 27 festgestellten Wachtelrevieren befanden sich 43 % in Luzerneflächen. Auch Sommergerste wurde überdurchschnittlich genutzt (Abbildung 7.6-2). 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 & Dassow 2006).

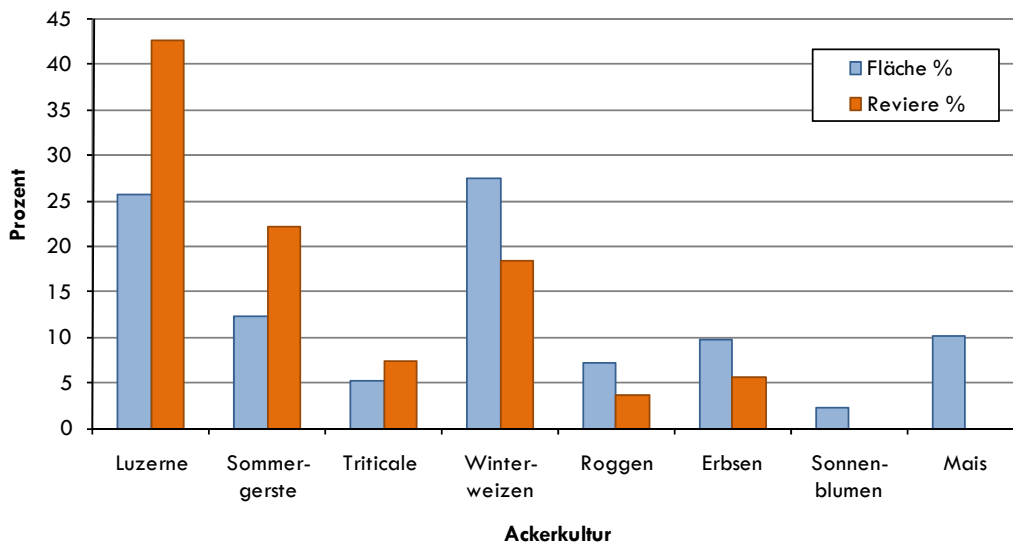


Abbildung 7.6-2: Flächenanteil verschiedener Ackerkulturen und Verteilung der Wachtelreviere (rufende Männchen, n = 27) auf die einzelnen Ackerkulturen im Projektgebiet Rutzendorf im Untersuchungszeitraum 2005-2009.

Auf den nördlich an das Projektgebiet angrenzenden teilweise mit Feldgemüse bewirtschafteten Ackerflächen existiert ein alljährlich besetztes Brutvorkommen des im Marchfeld nur lokal verbreiteten Kiebitz. Aus dem Projektgebiet liegen von dieser Vogelart mit Ausnahme von 2009 (3 Reviere, allerdings ohne Bruterfolg, in Winterweizen) nur Bruthinweise von Luzerneflächen vor. Im Jahr 2008 wurden auf der Neurisse II (24,2 ha Luzerne) neben 2-3 Kiebitzrevieren auch ein Revier der Grauammer festgestellt.

Der Brutbestand des Rebhuhns nahm von 2-4 Brutpaaren im Jahr 2003 auf 8-11 Brutpaare im Jahr 2009 zu. Im Vergleich mit den anderen Ackerbrütern erfolgten Registrierungen vor allem im Randbereich der Ackerflächen bzw. bei den im Laufe des Projektes angelegten Nützlings- und Blühstreifen. Die im Projektgebiet festgestellten Abundanzwerte (2-7 Bp./100 ha) 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).

Die Reviere des für Staudenfluren typischen Sumpfrohsängers befanden sich in einem Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) neben einem einreihigen Gehölzstreifen.

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, Aaskrähne und Elster jeweils in einzelnen oder wenigen Paaren im Gebiet vor. Die Nistplätze liegen vor allem in den mehrreihigen Baumhecken des Projektgebietes (Tabelle 7.6-5, 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 2003-2009 im Projektgebiet keine einzige Beobachtung gelang, trat der Neuntöter zumindest als seltener Durchzügler auf. 2008 und 2009 gelang in der nördlich angrenzenden Schottergrube auch jeweils ein Brutnachweis des Neuntötters.

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 2005-2009 traten zusätzlich noch Kohlmeise, Dorngrasmücke und Buchfink als regelmäßige Brutvögel und Amsel, Singdrossel und Nachtigall als unregelmäßige Brutvögel auf (Tabelle 7.6-1 und Tabelle 7.6-5).

Die für niedere Gebüsch- 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 seit 2005 insgesamt 20 festgestellten Revieren befanden sich 15 in durch die Anlage begleitender Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) aufgewerteten Hecken (Tabelle 7.6-5, 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 7.6-5). Eine Ausnahme bildet der Ost-West-verlaufende Gehölzstreifen (14 gegenüber 4-7 Brutvogel-Arten), der sich durch eine Reihe von Merkmalen, wie z.B. Einbindung alter Landschaftselemente (einzelne Altbäume, breiter vergraster Wegrain), vorgelagerte Einzelsträucher, mehrere Kreuzungspunkte mit anderen Gehölzstreifen oder Exposition, von den übrigen Gehölzstreifen unterscheidet.

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, Frühauf 2005 b, 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.

Eine aktuelle Studie über die Bestandsentwicklung typischer Vogelarten des Kulturlandes in Österreich ergab bei der Mehrzahl der untersuchten Vogelarten, darunter auch bei den im Projektgebiet als Brutvögel vorkommenden Arten Feldlerche, Rebhuhn, Turteltaube, Sumpfrohrsänger und Grauammer im Zeitraum 1998-2008 signifikant rückläufige Bestände (Teufelbauer 2010). Im Projektgebiet Rutzendorf zeigte die Brutvogelfauna gegenüber dem Projektbeginn im Jahre 2003 eine deutliche Zunahme der Artenzahl und Siedlungsdichte. Die Höchstwerte wurden im Jahre 2008 mit 20 Brutvogelarten (+122 %) und 149 Brutrevieren (+55 %) erreicht.

Biologische Wirtschaftsweise

Die Artenzusammensetzung und Siedlungsdichte der Brutvögel von Agrarflächen werden vor allem durch die Landschaftsstruktur (z.B. Anteil und Verteilung von Gehölzen und anderen nicht ackerbaulich genutzten Flächen), die Größe und Strukturvielfalt der Bewirtschaftungsflächen (z.B. relative Randlinienlänge, Anzahl verschiedener Feldfrüchte), die Art der Feldkultur sowie die Art und Weise ihrer Bewirtschaftung bestimmt. Ungünstige Änderungen dieser bestimmenden Faktoren haben in den letzten Jahrzehnten in ganz Europa zu rückläufigen Beständen aller überwiegend auf Ackerflächen lebenden Vogelarten geführt. Durch spezielle Förderprogramme wird bei einzelnen Vogelarten versucht eine Trendwende zu erreichen (z.B. Reiter 2000, Morris 2009).

Ein grundlegendes Problem mit dem in Ackerlebensräumen lebende Tierarten konfrontiert sind, ist der auf konventionell bewirtschafteten Ackerflächen noch immer steigende Einsatz von Bioziden mit ihren direkten und indirekten Auswirkungen (z.B. Boatman et al 2004). Insbesondere hat der im konventionellen Ackerbau übliche flächendeckende und bei manchen Ackerkulturen mehrfache (Anbau, Kulturpflege, Ernte) Einsatz von Herbiziden zu einer dramatischen Verarmung der Ackerbegleitflora und der davon abhängigen Tierarten geführt. Die auf biologisch bewirtschafteten Flächen bestehenden Vorteile der Biozidfreiheit werden allerdings im Fall bodenbrütender Vogelarten durch die mechanische Bestandespflege deutlich gemindert. So sind zum Beispiel bei der Feldlerche durch das Striegeln der Getreideschläge bis Mitte Mai erfolgreiche Erstbruten praktisch auszuschließen. Auf Hackfruchtschlägen können durch die Bodenbearbeitung höchstens Spätbruten erfolgreich verlaufen. Andererseits weist biologisch bewirtschaftetes Getreide gegenüber konventionellem Getreide durch geringere Wuchshöhe und Bestandesdichte eine für bodenlebende Vogelarten günstigere Vegetationsstruktur auf. Dies zeigt sich im Projektgebiet im Fall der Feldlerche durch hohe Siedlungsdichten. Außerdem können biologische im Gegensatz zu konventionellen Wintergetreideflächen im Regelfall über die gesamte Brutzeit genutzt werden, während Reviere auf konventionellen Wintergetreideflächen meist schon nach Mitte Mai verlassen werden.

Luzerneflächen

Im Projektgebiet erwies sich das Vorhandensein von Luzerne in der Fruchtfolge (ca. 25 % der Ackerfläche) für die charakteristischen Bodenbrüter der Agrarlandschaft als besonders wichtig. Daher sollten bei der Bewirtschaftung dieser Kultur neben pflanzenbaulichen auch naturschutzfachliche Aspekte verstärkt berücksichtigt werden.

Eine erfolgreiche Brut der Bodenbrüter ist nur bei ausreichend großem Abstand zwischen den Häckselterminen möglich. Im Fall der Feldlerche ist ein bearbeitungsfreier Zeitraum von mind. 40 Tagen (6 Wochen) erforderlich. Meist erfolgen zwei Jahresbruten, wobei mit der Zweitbrut ab Mitte Mai zu rechnen ist. Die Feldhühner (Fasan, Wachtel und Rebhuhn) benötigen einen bearbeitungsfreien Zeitraum von mind. 70 Tagen (10 Wochen). Es erfolgt nur eine Jahresbrut. Bei Bearbeitung der Luzerne ab Mitte Mai ist mit massiven Gelegeverlusten zu rechnen. Frühe Gelegeverluste können allerdings meist noch durch Nachgelege kompensiert werden (vgl. Teufelbauer und Zuna-Kratky 2005, Fuchs and Saacke 2006).

Nützlings- und Blühstreifen

Blühstreifen können aus naturschutzfachlicher Sicht bei vergleichsweise geringem Flächenbedarf zu einer wesentlichen Bereicherung strukturarmer Agrarlebensräume führen (z. B. Nentwig 2000).

Im Projektgebiet wurden zur Aufwertung der teilweise strukturarmen Hecken gehölzbegleitende Wildkrautstreifen (ab Herbst 2003 ca. 1,7 ha, ab 2007 ca. 2,1 ha) angelegt, die auch positive Auswirkungen auf die Brutvogelfauna (Ansiedlung von Dorngrasmücke und Sumpfrohrsänger,

Bestandszunahme beim Rebhuhn) zeigten. Mit der Anlage zusätzlicher Blühstreifen zwischen den Ackerschlägen wurde erst ab 2007 begonnen. Vor allem bei großflächigen Ackerschlägen können diese zu einer wesentlichen Habitatverbesserung (Brut- und Nahrungshabitat) der in den Ackerflächen brütenden Vogelarten führen. Bei spät im Frühjahr bestellten Ackerschlägen (z.B. Mais) ermöglichen mehrjährige Blühstreifen auch eine Reviergründung auf sonst ungeeigneten Flächen.

Zur Erhöhung des Strukturangebotes sollten diese Flächen überwiegend als Dauerbrachen bewirtschaftet werden. Abschnittsweise Bestandspflege erhöht die Strukturvielfalt. Auch abgestorbene Vegetationsreste stellen wesentliche Strukturelemente (Deckung, Jagdwarten, Nistmöglichkeit) dar.

Landschaftselemente

Die Mehrzahl der in der Ackerlandschaft lebenden Vogelarten ist in hohem Maße von der Ausstattung mit nicht ackerbaulich genutzten Landschaftselementen (im Projektgebiet ca. 4,5 km Gehölzstreifen – Hecken und Baumreihen) abhängig. Von den im Projektgebiet nachgewiesenen 22 Brutvogelarten sind 15 Arten (68 %) bezüglich ihrer Brut an das Vorhandensein von Gehölzen gebunden. Das Spektrum reicht von für frühe Sukzessionsstadien der Waldentwicklung typischen Gebüschbewohnern bis zu Höhlenbrütern als Charakterarten älterer Baumbestände. Bei vier weiteren Arten können sie ebenfalls wichtige Habitatelemente darstellen. Mit der Anlage gehölzbegleitender Nützlings- und Blühstreifen (siehe oben) wurden im Projektgebiet bereits erste Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt, Vorschläge für weitere Verbesserungen (zielartenorientierte Pflege und Umbau der Gehölze, Anlage von Nützlings- und Blühstreifen abseits der Gehölze) liegen vor, wurden bis zum Berichtszeitpunkt aber erst teilweise umgesetzt.

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.
- Boatman, N. G., N. W. Brickle, J. D. Hart, T. P. Milsom, A. J. Morris, A. W. A. Murray, K. A. Murray and P. A. Robertson (2004): Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis* 146, 131-143.
- 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.
- 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.
- Frühauf, J. (2005a): Rote Liste der Brutvögel (Aves) Österreichs. In Zulka, K. P. (Hrsg.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Grüne Reihe des Lebensministeriums, Band 14/1. Böhlau Verlag. Wien. 63 - 165.
- Frühauf, J. (2005b): Einfluss des biologischen und konventionellen Landbaus sowie verschiedener Raumparameter auf bodenbrütende Vögel und Niederwild in der Ackerbaulandschaft: Problemanalyse - praktische Lösungsansätze. Teil II: Raumbezogener Einfluss von Flächennutzung, Bewirtschaftung und ÖPUL auf Feldhase, Rebhuhn, Wachtel, Feldlerche sowie die Vogelartenvielfalt. Bericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Distelverein, Deutsch-Wagram. 329 pp. + Anhang.

- Fuchs, S. and 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 and Meyer). 203-215.
- Hermann, M. and 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 and Meyer). 194-203.
- Hermann, M. and 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 and Meyer). 183-194.
- Hötter, H. (2004): Vögel der Agrarlandschaft. Bestand, Gefährdung, Schutz. NABU Naturschutzbund Deutschland, 45 pp.
- Morris, T. (2009): Hoffnung im Getreidefeld: Feldlerchenfenster. Der Falke 56, 310-315.
- Nentwig W. (Ed.), 2000. Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft. Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder. Verlag Agrarökologie, Bern, 275 p.
- O'Connor, R.J. and M. Shrubbs (1986): Farming and Birds. Cambridge University Press, Cambridge.
- Raab, R., H.P. Kollar, H. Winkler, S. Farago, P. Spakovszky, J. Chavko, B. Maderic, V. Skorpikova, E. Patak, H. Wurm, E. Julius, S. Raab und C. Schütz (2010): Die Bestandsentwicklung der westpannonischen Population der Großtrappe, *Otis tarda* Linnaeus 1758, von 1900 bis zum Winter 2008/2009. *Egretta* 51, 74-99.
- Reiter, A. S. (2000): Großtrappe (*Otis t. tarda* L.) in Österreich - ihre Gefährdungsursachen sowie Maßnahmen zur Verbesserung ihrer Habitatsituation insbesondere im westlichen Weinviertel. Diplomarbeit BOKU Wien. 174 pp.
- Semrad, J. (2002): Besiedlung agrarökologisch bedeutsamer Landschaftselemente durch Goldammer (*Emberiza citrinella*) und Neuntöter (*Lanius collurio*) in Münichsthal (Niederösterreich). *Egretta* 45, 59-90.
- Straka, U. (1992): Brutbestandserhebungen in einem Ackerbaugebiet im südlichen Weinviertel (Niederösterreich) in den Jahren 1985 bis 1991. *Egretta* 35, 154-172.
- Straka, U. (1995): Verbreitung und Häufigkeit von Goldammer, Grauammer, Ortolan und Rohrammer in einem Ackerbaugebiet im südlichen Weinviertel im Jahr 1994. *Vogelkd. Nachr. Ostöstr.* 6, 1-4.
- Straka, U. (1996): Verbreitung und Häufigkeit ausgewählter Kulturlandvögel in einem Ackerbaugebiet im südlichen Weinviertel (NÖ) im Jahre 1994. *Vogelkd. Nachr. Ostöstr.* 7, 65-69.
- Teufelbauer, N. (2010): Der Farmland Bird Index für Österreich - erste Ergebnisse zu Bestandsentwicklung häufiger Vogelarten des Kulturlandes. *Egretta* 51, 35-50.
- 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.

ANHANG

Tabelle 7.6-3: Im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet Rutzendorf und nördlich angrenzende Schottergrube) in den Jahren 2003 und 2005-2009 beobachtete Vogelarten und ihr Status. Brutvogel im Projektgebiet (BP), Brutvogel in der Schottergrube (BS), Brutvogel in der Umgebung (BU), Nahrungsgast (NG), Durchzügler (D)

| Vogelart | Status | Vogelart | Status |
|---|--------|--|--------|
| Haubentaucher (<i>Podiceps cristatus</i>) | BS | Feldlerche (<i>Alauda arvensis</i>) | BP |
| Kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>) | D | Uferschwalbe (<i>Riparia riparia</i>) | NG, D |
| Zwergdommel (<i>Ixobrychus minutus</i>) | BS | Rauchschwalbe (<i>Hirundo rustica</i>) | NG, BU |
| Silberreiher (<i>Casmerodius albus</i>) | D | Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>) | NG, BU |
| Graureiher (<i>Ardea cinerea</i>) | NG | Baumpieper (<i>Anthus trivialis</i>) | D |
| Purpureiher (<i>Ardea purpurea</i>) | D | Wiesenpieper (<i>Anthus pratensis</i>) | D |
| Schwarzstorch (<i>Ciconia nigra</i>) | D | Schafstelze (<i>Motacilla flava</i>) | D |
| Weißstorch (<i>Ciconia ciconia</i>) | D | Bachstelze (<i>Motacilla alba</i>) | BS, NG |

| | | | |
|--|--------|--|--------|
| Krickente (<i>Anas crecca</i>) | D | Zaunkönig (<i>Troglodytes troglodytes</i>) | D |
| Stockente (<i>Anas platyrhynchos</i>) | BS, NG | Rotkehlchen (<i>Erithacus rubecula</i>) | D |
| Spießente (<i>Anas acuta</i>) | D | Nachtigall (<i>Luscinia megarhynchos</i>) | BP |
| Knäkente (<i>Anas querquedula</i>) | D | Hausrotschwanz (<i>Phoenicurus ochruros</i>) | NG, BU |
| Kolbenente (<i>Netta rufina</i>) | D | Gartenrotschwanz (<i>Phoenicurus phoenicurus</i>) | D |
| Löffelente (<i>Anas clypeata</i>) | D | Schwarzkehlchen (<i>Saxicola torquata</i>) | D |
| Tafelente (<i>Aythya ferina</i>) | D | Braunkehlchen (<i>Saxicola rubetra</i>) | D |
| Reiherente (<i>Aythya fuligula</i>) | D | Steinschmätzer (<i>Oenanthe oenanthe</i>) | D |
| Schwarzmilan (<i>Milvus migrans</i>) | NG | Amsel (<i>Turdus merula</i>) | BP |
| Rotmilan (<i>Milvus milvus</i>) | D | Wacholderdrossel (<i>Turdus pilaris</i>) | D |
| Seeadler (<i>Haliaeetus albicilla</i>) | NG | Singdrossel (<i>Turdus philomelos</i>) | BP, BS |
| Rohrweihe (<i>Circus aeruginosus</i>) | D | Sumpfrohrsänger (<i>Acrocephalus palustris</i>) | BP, BS |
| Kornweihe (<i>Circus cyaneus</i>) | D | Drosselrohrsänger (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>) | BS |
| Wiesenweihe (<i>Circus pygargus</i>) | D | Gelbspötter (<i>Hippolais icterina</i>) | D, BU |
| Habicht (<i>Accipiter gentilis</i>) | D | Klappergrasmücke (<i>Sylvia curruca</i>) | D, BU |
| Sperber (<i>Accipiter nisus</i>) | NG, BU | Dorngrasmücke (<i>Sylvia communis</i>) | BP, BS |
| Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>) | BS, NG | Mönchsgasmücke (<i>Sylvia atricapilla</i>) | BP,BS |
| Fischadler (<i>Pandion haliaetus</i>) | D | Gartengrasmücke (<i>Sylvia borin</i>) | D |
| Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>) | BP,BS | Zilpzalp (<i>Phylloscopus collybita</i>) | D |
| Rotfußfalke (<i>Falco vespertinus</i>) | D | Fitis (<i>Phylloscopus trochilus</i>) | D |
| Baumfalke (<i>Falco subbuteo</i>) | NG, D | Wintergoldhähnchen (<i>Regulus regulus</i>) | D |
| Würgfalke (<i>Falco cherrug</i>) | NG, BU | Waldlaubsänger (<i>Phylloscopus sibilatrix</i>) | D |
| Rebhuhn (<i>Perdix perdix</i>) | BP,BS | Sommergoldhähnchen (<i>Regulus ignicapillus</i>) | D |
| Wachtel (<i>Coturnix coturnix</i>) | BP | Grauschnäpper (<i>Muscicapa striata</i>) | D |
| Fasan (<i>Phasianus colchicus</i>) | BP,BS | Tannenmeise (<i>Parus ater</i>) | D |
| Teichhuhn (<i>Gallinula chloropus</i>) | BS | Blaumeise (<i>Parus caeruleus</i>) | D, BU |
| Bläuhuhn (<i>Fulica atra</i>) | BS | Kohlmeise (<i>Parus major</i>) | BP, BS |
| Goldregenpfeifer (<i>Pluvialis apricaria</i>) | D | Kleiber (<i>Sitta europaea</i>) | D |
| Kiebitz (<i>Vanellus vanellus</i>) | BP | Beutelmeise (<i>Remiz pendulinus</i>) | BS |
| Bekassine (<i>Gallinago gallinago</i>) | D | Pirol (<i>Oriolus oriolus</i>) | BS |
| Uferschnepfe (<i>Limosa limosa</i>) | D | Neuntöter (<i>Lanius collurio</i>) | BS |
| Großer Brachvogel (<i>Numenius arquata</i>) | D | Raubwürger (<i>Lanius excubitor</i>) | D |
| Bruchwasserläufer (<i>Tringa glareola</i>) | D | Eichelhäher (<i>Garrulus glandarius</i>) | D |
| Flußuferläufer <i>Actitis hypoleucos</i> | D | Elster (<i>Pica pica</i>) | BP,BS |
| Lachmöwe (<i>Larus ridibundus</i>) | D, NG | Dohle (<i>Corvus monedula</i>) | D |
| Sturmmöwe (<i>Larus canus</i>) | D | Saatkrähe (<i>Corvus frugilegus</i>) | D |
| Weißkopfmöwe (<i>Larus cachinnans</i>) | D, NG | Aaskrähe (<i>Corvus corone</i>) | BP, BS |
| Straßentaube (<i>Columba livia f. domestica</i>) | NG | Kolkrabe (<i>Corvus corax</i>) | D |
| Hohltaube (<i>Columba oenas</i>) | D, NG | Star (<i>Sturnus vulgaris</i>) | NG, BU |
| Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>) | BP,BS | Hausperling (<i>Passer domesticus</i>) | NG, BU |
| Türkentaube (<i>Streptopelia decaocto</i>) | NG, BU | Feldsperling (<i>Passer montanus</i>) | BP, BS |
| Turteltaube (<i>Streptopelia turtur</i>) | BP, BS | Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>) | BP, BS |
| Kuckuck (<i>Cuculus canorus</i>) | BS, NG | Bergfink (<i>Fringilla montifringilla</i>) | D |
| Waldohreule (<i>Asio otus</i>) | BP, BS | Girlitz (<i>Serinus serinus</i>) | NG, BU |
| Waldkauz (<i>Strix aluco</i>) | NG | Grünling (<i>Carduelis chloris</i>) | BP |
| Mauersegler (<i>Apus apus</i>) | D, NG | Stieglitz (<i>Carduelis carduelis</i>) | NG, BU |
| Wiedehopf (<i>Upupa epops</i>) | D | Bluthänfling (<i>Carduelis cannabina</i>) | NG, BU |
| Bienenfresser (<i>Merops apiaster</i>) | D, NG | Kernbeißer (<i>Coccothraustes coccothraustes</i>) | D |
| Grünspecht (<i>Picus viridis</i>) | NG, BU | Goldammer (<i>Emberiza citrinella</i>) | D |
| Buntspecht (<i>Dendrocopos major</i>) | NG, BU | Rohrammer (<i>Emberiza schoeniclus</i>) | BS |
| | | Graumammer (<i>Miliaria calandra</i>) | BP |

Tabelle 7.6-4: Abundanz der Feldlerche (Reviere/10 ha) zur Erstbrut (Anfang April bis Mitte Mai) und Zweitbrut (Ende Mai bis Anfang Juli) auf den Teilflächen des Projektgebietes Rutzendorf in den Jahren 2005 bis 2009.

| Jahr | Feldtafel (Schlag) | Erstbrut [Reviere/10 ha] | Zweitbrut [Reviere/10 ha] |
|--|--|-----------------------------|------------------------------|
| Johannisbreite I (Schlag 1 + 2/1 + Grünbrache), 26 ha | | | |
| 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 |
| 2009 | Sommergerste (17 ha) + Roggen (7,6 ha) + Saumstreifen (0,4 ha) + Luzerne-GBR (1 ha) | 3,1 | 3,5 |
| Johannisbreite II (Schlag 2/2 + 3), 26 ha | | | |
| 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 |
| 2009 | Roggen (8,6 ha) + Winterweizen (16,5 ha) + Saumstreifen (0,8 ha) | 3,1 | 1,2 |
| Junge Neurisse (Schlag 6/2 + 8), 27 ha | | | |
| 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 |
| 2009 | Luzerne (8,8 ha) + Erbsen (18 ha) + Saumstreifen (0,2 ha) | 2,6 | 5,3 |
| Kapellenfeld (Schlag 5/1 + AGES Fläche), 14,2 ha | | | |
| 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 |
| 2009 | Luzerne (12,4 ha) + Saumstreifen (0,1) + Erbsen/Luzerne/Brache (1,7 ha) | 2,7 | 3,5 |
| Alte Neurisse I (Schlag 6/1 + 7), 27,5 ha | | | |
| 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 |
| 2009 | Luzerne 8,8 ha) + Mais (18 ha) + Brachstreifen (0,3 ha) + Saumstreifen (0,3 ha) | 2,2 | 2,2 |
| Alte Neurisse II (Schlag 4 + 5/2 + Grünbrache), 24,5 ha | | | |
| 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 |
| 2009 | Winterweizen (17 ha) + Luzerne (4,7 ha) + Luzerne/Brache (2,5 ha) + Saumstreifen (0,3 ha) | 4,4 | 4,1 |

Tabelle 7.6-5: Brutvögel (ohne Fasan und Rebhuhn) der Gehölzstreifen des Projektgebietes Rutzendorf in den Jahren 2005 bis 2009. Angegeben ist die Artenzahl und die Anzahl der Brutreviere und die Artenzahl der Brutvögel in verschiedenen Strukturtypen.

| Vogelart | Jahr | Gehölzstreifen | | | | |
|-----------------|------|-------------------------------------|--|--|--|--|
| | | einreihig (B3 u. B5, 1.275 m) | einreihig + Saumstreifen (B4 u. B6, 969 m) | mehreihig, ab 2007 + Saumstreifen (H4, 789 m) | mehreihig + 2 Saumstreifen (H3, 619 m) | mehreihig mit Altbäumen + Grasstreifen (H5 u. H6, 901 m) |
| Turmfalke | 2005 | 1 | 1 | - | - | 1 |
| | 2006 | 1 | 1 | - | - | 1 |
| | 2007 | 1 | 2 | - | - | - |
| | 2008 | 1 | 1 | - | - | 1 |
| | 2009 | 1 | 1 | 1 | - | 1 |
| Ringeltaube | 2005 | - | - | 1 | - | 2 |
| | 2006 | - | - | 1 | 1 | 1 |
| | 2007 | 1 | - | - | - | 2 |
| | 2008 | - | - | - | - | 2 |
| | 2009 | - | - | 1 | - | 2 |
| Turteltaube | 2005 | - | - | - | - | 1 |
| | 2006 | - | - | - | - | 1 |
| | 2007 | - | - | - | - | 1 |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | 1 |
| Waldohreule | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | - |
| | 2007 | - | - | - | - | - |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | - |
| Nachtigall | 2005 | - | - | 1 | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | - |
| | 2007 | - | - | - | - | - |
| | 2008 | - | - | - | - | - |
| | 2009 | - | - | 1 | - | - |
| Amsel | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | - |
| | 2007 | - | - | - | - | - |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | - |
| Singdrossel | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | - |
| | 2007 | - | - | - | - | - |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | 1 |
| Mönchsgrasmücke | 2005 | - | - | 1 | 2 | 3 |
| | 2006 | - | - | 2 | 2 | 3 |
| | 2007 | - | - | 2 | 1 | 3 |
| | 2008 | - | - | 2 | 1 | 3 |
| | 2009 | - | - | 2 | 2 | 3 |
| Dorngrasmücke | 2005 | 1 | 1 | - | 1 | 1 |
| | 2006 | 2 | 1 | - | 2 | - |
| | 2007 | 1 | 1 | - | 2 | - |
| | 2008 | - | 2 | - | 2 | - |
| | 2009 | - | 2 | 1 | 1 | - |
| Sumpfrohrsänger | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | 1 | - | - | - |
| | 2007 | - | - | - | - | - |
| | 2008 | - | - | - | - | - |

| | | | | | | |
|---------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2009 | - | 2 | - | - | - |
| Kohlmeise | 2005 | - | - | - | - | 2 |
| | 2006 | - | - | 1 | - | 2 |
| | 2007 | - | - | 1 | - | 2 |
| | 2008 | - | - | 1 | - | 2 |
| | 2009 | - | - | 1 | - | 2 |
| Buchfink | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | 1 |
| | 2007 | - | - | - | - | 1 |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | 1 |
| Grünling | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | 1 |
| | 2007 | - | - | - | - | 2 |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | 1 |
| Feldsperling | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | 1 |
| | 2007 | - | - | - | - | 1 |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | 1 |
| Elster | 2005 | 1 | 1 | - | 1 | 2 |
| | 2006 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 2007 | 1 | 2 | 1 | - | 1 |
| | 2008 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| | 2009 | 1 | 2 | 1 | - | 2 |
| Aaskröhe | 2005 | - | - | - | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - | - |
| | 2007 | - | - | - | - | 1 |
| | 2008 | - | - | - | - | 1 |
| | 2009 | - | - | - | - | 2 |
| Summe Reviere | | 15 | 23 | 24 | 20 | 75 |
| Artenzahl | | 4 | 4 | 7 | 4 | 14 |

7.7 TEILPROJEKT 11: NATURSCHUTZBIOLOGIE /WILDBIENEN

Auswirkungen der Umstellung auf den biologischen Landbau und der Anlage von Blühstreifen auf die Vegetation und die Wildbienenfauna

BearbeiterInnen: Pachinger, B., Holzner, W., Böhmer, K., Prochazka, B.

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

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Im Zuge der Umstellung wurden 6 m breite Brachestreifen (Nützlings- und Blühstreifen) entlang der bestehenden Gehölzstrukturen (im Jahr 2003) sowie zwischen Ackerflächen (im Jahr 2007 und 2009/10) angelegt. Ein größerer Teil davon blieb der natürlichen Sukzession überlassen (Nullvarianten). In die anderen Teilflächen wurden Samen von autochthonen (einheimischen) Wildpflanzenarten eingesät, von denen sich 113 Arten bei der letzten Bestandsaufnahme im August 2008 noch vorhanden waren. Die Nullvarianten blieben hingegen artenarm. Hier breiteten sich dafür vor allem Quecke und Trespen-Arten aus den Windschutzstreifen aus. Ein nennenswerter Unkrautdruck auf die angrenzenden Äcker konnte nicht festgestellt werden.

Von Seiten der Wildbienenfauna zeigten eingesäte, dreijährige, besonnte Wildkrautstreifen die höchste Diversität. Auf den älteren Streifen konnten zwar weniger, jedoch in Hinblick auf die Pollenfutterpflanzen als auch auf die Wahl ihres Nisthabitats anspruchsvollere Arten festgestellt werden. Bemerkenswert für das Jahr 2009 war dabei der Fund der sehr seltenen *Anthidium septemspinosum*. Die im Zuge des Projektes untersuchten Ackerflächen selbst, erwiesen sich hingegen wegen ungeeigneter Kulturpflanzen oder Bewirtschaftung als nicht förderlich für die Artendiversität der Wildbienen.

Along hedgerows and between fields, 6 m broad “eco-stripes” were established in 2003 and 2007. Partly they were sown with seeds of autochthonous wild plant species, while the other part was left to natural succession. 113 of the sown plant species could establish and were recorded again in 2008. In the plots left to natural succession, however, a low floristic diversity was recorded. Although *Agropyron repens* is dominating here, a noteworthy weed-pressure into the adjacent fields has not been observed.

Analysis of the wild bee fauna displayed high species diversity in sunny three year old “eco-stripes” which were sown with the seed mixture mentioned above. Older stripes showed less diversity, but promoted species with particular requirements concerning pollen-plants and nesting habitats. Thus, the rare *Anthidium septemspinosum* was recorded in 2009.

The cultivated fields investigated did not contribute to bee diversity, due to crop plants not attractive for wild bees and management.

EINLEITUNG

Zu Projektstart 2003 zeigten sich nicht nur die Ackerflächen, sondern auch Saum- und Rainflächen eintönig und artenarm. Da Landschaftselemente wie Hecken, Säume oder Blühstreifen einen Schlüsselfaktor für den Artenreichtum in der Landschaft darstellen (z.B. Duelli 1997, Thies & Tscharrntke 1999), wurden zur Förderung der Biodiversität im Rahmen von MUBIL I und MUBIL II Blühstreifen sowohl entlang von Hecken und Baumreihen als auch zwischen den Schlägen direkt in der Ackerfläche angebaut. MUBIL III setzt nun die Anlage zusätzlicher Ökostreifen inmitten der Ackerschläge fort. Mit der damit erreichten Vernetzung der einzelnen Blühstreifen untereinander und zum Umland soll ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Biodiversität in der intensiv genutzten Landschaft geleistet werden.

Für die Entwicklung artenreicher Blühstreifen ist neben anderen Faktoren die Entfernung zu naturnahen Flächen, aus denen geeignete Pflanzenarten zuwandern können, entscheidend. Am Biobetrieb Rutzendorf ist diese Entfernung zu groß; Einsaat mit Saatgut aus der Umgebung ist an diesem Standort die einzige Möglichkeit für eine Erhöhung der Pflanzenvielfalt. Im Rahmen dieses Projektes wurden Versuche zur

Erhöhung der Pflanzenvielfalt und des Blühangebotes durchgeführt. Als Erfolgskontrolle wird neben der Diversität der Wildkräuter und dem Auftreten seltener Arten die Bewertung der Blühstreifen als Lebensraum für Wildbienen herangezogen.

Die Praxistauglichkeit der Blühstreifen war bei der Anlage und der Bewirtschaftung ein wichtiger Aspekt. Die Zusammenarbeit mit den Bewirtschaftern ist daher grundlegende Voraussetzung für das Gelingen.

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 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 Blühstreifen in Hinblick auf die Schaffung eines geeigneten Lebensraumes für die Wildbienenfauna als wichtige Vertreter der Bestäuber.

Mit den Ergebnissen der Erhebungen soll gezeigt werden inwieweit die Anlage und Pflege von Nützlings- und Blühstreifen zum Erhalt oder zur Förderung von Lebensräumen und der Artenvielfalt an Wildpflanzen und Wildbienen beiträgt.

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.

Mit der Vernetzung der einzelnen Blühstreifen zueinander und zum Umland soll ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Biodiversität in der agrarisch intensiv genutzten Landschaft (Sotherton 1998, Nentwig 2000, Bürger 2004) geleistet werden.

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 Blühstreifen 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 Blühstreifen von einer Erhöhung der Diversität durch das zusätzlich entstehende Angebot diverser Pollenfutterpflanzen und Nisthabitats angenommen.

MATERIAL UND METHODEN

Vegetation

Anlage und Management der Nützlings und Blühstreifen

Im Rahmen dieses Teilprojektes von MUBIL wurden die Anlage und das Management von sechs Meter breiten Blühstreifen für die Arten- und Nützlingsförderung durchgeführt (Herbst 2003: 1,72 ha; Frühjahr

2007: 0,81 ha und Herbst 2009/Frühjahr 2010: 1,25 ha). Die Anforderungen an die Blühstreifen wurden in Kooperation mit den Bewirtschaftern und den relevanten Teilprojekten von MUBIL erarbeitet. Die Schaffung einer blühenden Landschaft, von Lebensräumen für seltene Pflanzen und Tiere und die Akzeptanz der Bewirtschafter (Unkrautunterdrückung und Nützlingsförderung!) waren dabei gleichrangige Einflussfaktoren.

Für die Zusammenstellung der Blühmischungen wurden anhand von Literaturrecherchen erhoben, welche Pflanzen im Untersuchungsgebiet früher etabliert waren. Die Umgebung wurde nach artenreichen Lebensräumen, von wo eine Einwanderung dieser Arten möglich wäre bzw. von wo geeignetes Samenmaterial entnommen werden könnte, erkundet. Speziell berücksichtigt wurden Pflanzengruppen, die für Nützlinge, insbesondere Wildbienen, wichtig sind. Folgende Blühmischungen wurden angebaute:

Tabelle 7.7-1: Angebaute Mischungen in den Blühstreifen

| Mischung | Beschreibung | Bezeichnung | Lage | Anbau | Wildbienen |
|---|--|-------------|---|-----------------------------|------------|
| Wildkrautmischung | für stillgelegte Ackerflächen, die mindestens 10 Jahre bestehen bleiben | Ö2/1-W WK | Blühstreifen entlang der Hecke H3 (je einmal östlich bzw. westlich) | Dezember 2003 | + |
| | | Ö2/2-O WK | | | + |
| | | Ö6/1-W WK | Blühstreifen entlang Baumreihe B6 (östl. bzw. westl.) | Dezember 2003 | + |
| | | Ö5/2-O WK | | | + |
| Nützlingsmischung | kurzlebige und ausdauernde Pflanzen, die Wildbienen und andere nützliche Insekten anlocken | Ö2/1-W NÜ | Blühstreifen entlang der Hecke H3 (östl. bzw. westl.) | Dezember 2003 | + |
| | | Ö2/2-O NÜ | | | + |
| | | Ö6/2-W NÜ | Blühstreifen entlang Baumreihe B4 (östl. bzw. westl.) | Dezember 2003 | + |
| | | Ö5/1-O NÜ | | | + |
| Spontane Sukzession | Kontrollfläche | Ö2/1-W SS | Blühstreifen entlang der Hecke H3 (östl. bzw. westl.) | Anlage 2003 | + |
| | | Ö2/2-O SS | | | + |
| | | Ö5/2-O SS | Blühstreifen entlang der Baumreihe B6 (östl. bzw. westl.) | Anlage 2003 | + |
| | | Ö6/1-W SS | | | + |
| Kurzlebige Blühmischung | Für fünfjährige Ackerrand- und Zwischenstreifen (mit Kulturpflanzen) | Ö3-W BL | Blühstreifen entlang der Hecke H4 (Breite: 3 m) | März 2007 | + |
| | | Ö6/1-O BL | Blühstreifen zwischen Ackerfläche 6/1 und 7 | März 2007 | + |
| Wildkrautmischung | s.o. | Ö1-W WK | Blühstreifen auf Schlag 1 angrenzend zu Schlag 2/1 | Dezember 2009 | |
| | | Ö8-W WK | Blühstreifen auf Schlag 8 angrenzend zu Schlag 6/2 | | |
| Wildkrautmischung/ Wildäusungsmischung | s.o./in der Praxis häufig angebaute Vergleichsmischung (nur Kulturpflanzen) | Ö3-O WK | Blühstreifen auf Schlag 3 angrenzend zu Schlag 2/2 | Dezember 2009 April 2010 | |
| | | Ö3-O WÄ | | | |
| | | Ö5/2-W WK | Blühstreifen auf Schlag 5/2 angrenzend zu Schlag 4 | Dezember 2009 April 2010 | |
| | | Ö5/2-W WÄ | | | |

Zusätzlich wurden an entsprechenden Standorten innerhalb der Blühstreifen folgende Mischungen ausgebracht:

Tabelle 7.7-2: Angebaute Mischungen II

| Mischung | Beschreibung | Lage | Anbau |
|---|--|---|----------------------------|
| Seltene und gefährdete Ackerwildkräuter. | nur einjährige Pflanzen | 100 m ² auf Ö2/1W NÜ | Dezember 2003 |
| Saumpflanzenmischung | ausdauernde Pflanzen für den Heckenrand | 3 m breiter Streifen entlang der Hecke H4 und 30 cm breiter Streifen entlang der Hecke H3 und der Baumreihen B4 und B6 | Dezember 2003 März 2007 |
| Trockenwiesenmischung | ausdauernde Pflanzen für Weg- und Heckenränder, die auch gemäht werden können; auf ehemaliger Nullvariante | 1 m breiter Streifen entlang des Saums auf Blühstreifen mit Wildkraut- und Nützlingsmischung, 3 m breiter Streifen entlang der Baumreihe B6, Nachsaat zu spontaner Sukzession | Dezember 2003 März 2007 |
| Feuchtstellenmischung | vernässte Stelle im Blühstreifen | 50 m ² auf Ö6/2-W NÜ | März 2003 |

Die Lage der Blühstreifen ist im Übersichtsplan (Abbildung 3.1-2) im Methodenteil des Gesamtberichts dargestellt.

Die Saatbeetbereitung für die Blühstreifen wurde von der BVW durchgeführt. Das Saatgut für die Blühstreifen wurde bis auf die Wildäsungsmischung, die von der BVW maschinell ausgebracht wurde, von DI Karin Böhmer per Hand angebaut.

Das Management der Nützlings- und Blühstreifen wurde bei gemeinsamen Begehungen mit Mitgliedern der Projektleitung, der Teilprojekte 7 (Nützlinge) und 11 (Naturschutzbiologie / Wildbienen) und der Bewirtschafter festgelegt. Als Maßnahme wurde das patch- bzw. streifenförmige Häckseln in Bereichen unerwünschter Vegetationsentwicklung vor allem in den Abschnitten der spontanen Sukzession durchgeführt.

Aufnahmen Vegetation

Die botanische Aufnahme der bisherigen Dauerflächen und die Erfassung der Säume und Blühstreifen erfolgt nach der im Vorprojekt verwendeten Schätzmethode (Braun-Blanquet). Aufnahmen erfolgten in den Jahren 2004-2008.

Wildbienen

Die Untersuchungen der Wildbienenfauna wurde entlang der bereits im Rahmen von MUBLI I und MUBIL II erfassten Aufnahmestrecken und auf den neu angelegten Blühstreifen durchgeführt. Die Untersuchungsstellen für die Blühstreifen sind in Tabelle 7.7-1 angeführt. Weiters wurden Aufnahmen an folgenden Untersuchungsstellen durchgeführt.

Tabelle 7.7-3: Wildbienenaufnahmen außerhalb der Blühstreifen

| | | | |
|-----|--|------------------------------|---|
| 5 | Hecke und angrenzender Saum 5 | Dichter Grasbestand | + |
| 6/1 | Ackerfläche 6/1 | | + |
| 2/2 | Ackerfläche 2/2 | | + |
| Br | Brache | Brache, Glatthafer dominiert | + |
| R | Randbereich der Schottergrube "Referenzfläche" | Spontane Sukzession | + |

Die Erfassung der Wildbienenfauna erfolgte im Untersuchungsjahr 2009 in Transekten mittels Sichtfang mit Hilfe eines Käschers während vergleichbarer Zeiteinheiten. Die Aufnahmen erfolgen an sieben

Terminen zwischen Mitte April und Anfang September 2009. Die gefangenen Bienen wurden mittels Essigäther abgetötet, präpariert und determiniert.

Die im Herbst 2008 abgebauten Nisthilfen wurden eingenetzt und die während der Vegetationsperiode 2009 geschlüpften Wildbienen gezählt und determiniert.

Im April 2009 wurden neue Nisthilfen an den Standorten MUBIL II aufgestellt und dokumentiert.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Vegetation

Begehungen im Jahr 2009 bestätigten 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.

Auf den 2007 eingesäten Flächen dominiert zurzeit die zweite Besiedlungswelle mit überwinternd-einjährigen und zweijährigen Arten.

Die vor sieben Jahren angesäten Trockenrasen wurden von Jahr zu Jahr dichter. Schwingel (*Festuca ovina* agg.) sind dominant. Dazwischen wachsen Steppenarten wie Steppen-Salbei (*Salvia nemorosa*), Gelbe Skabiose und Steppen-Flockenblume (*Centaurea stoebe*).

Bei den zur gleichen Zeit angelegten Säumen ist der mittlerweile auf viele hundert Exemplare angewachsene Bestand des in NÖ sehr selten gewordenen Andorns (*Marrubium peregrinum*), sowie einiger anderer schön blühender Saum-Arten (*Lavatera thuringiaca*, *Nepeta cataria*, *Linum hirsutum*,...) aus naturschutzfachlicher Sicht besonders erwähnenswert. Eine gelungene Wiederansiedlung stellt auch der an einer feuchten Senke etablierte und 2008 besonders gut entwickelte Bestand des Greiskrautes (*Senecio sarracenicus*) dar.

Die Flächen, auf denen 2003 eine Wildkrautmischung für stillgelegte Ackerflächen eingesät wurde, werden zunehmend von ausdauernden 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. Dies ist aber zurzeit wegen der Sorge der Bewirtschafter vor einer Verunkrautung nicht möglich. Die übermannshohen Kardenbestände, die zwar keine Bedrohung für die Äcker darstellen, sondern im Gegenteil die bodenbürtige Unkrautarten (auch die Ackerdistel) unterdrücken, aber Akzeptanzprobleme verursachen, haben sich gelichtet und werden weiter zurückgehen und ausdauernden Arten weichen.

Die Nützlingsmischung (Anlage 2003) 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.

Nach wie vor konnte auf keiner Probefläche der Brachestreifen eine Flora festgestellt werden, welche eine Gefahr für die angrenzenden Äcker darstellen könnte. Eine Ausnahme bildet diesbezüglich anscheinend die Ackerdistel (*Cirsium arvense*), die auf mehreren Stellen zugenommen hat, was einerseits mit der für sie günstigen Witterung des heurigen Jahres zusammenhängen dürfte. Andererseits muss berücksichtigt werden, dass diese Zunahme zumindest teilweise auf den stark vermehrten Austrieb nach Häckseln – statt einem Trieb kommen mehrere – zurückzuführen ist. Außerdem dürfte die Distel vom Acker in die Streifen einwandern, nicht umgekehrt. Dies wird dadurch bestätigt, dass in den erst im Dezember

2009 angelegten Streifen die Distel vor allem in den leichten Muldenlagen bereits recht vital entwickelt ist.

Wildbienen

Im Rahmen der Projekte MUBIL I, II und III konnten im Untersuchungsgebiet insgesamt 140 verschiedene Wildbienenarten nachgewiesen werden. Die in Pachinger & Prochazka (2009) publizierte Artenliste wird hier um die Arten *Anthidium septemspinosum* (Ö6/1-W WK), *Lasioglossum albipes* (6), *Hylaeus cardioscapus* (Ö2/2-O SS) und *Andrena wilkella* (Ö6/1-O BL) ergänzt. Das entspricht rund 23 % der in Niederösterreich und Wien bekannten Arten (Schwarz et al. 2005). Dieser Prozentanteil ist insbesondere für die Lage des Untersuchungsgebietes mitten im agrarisch intensiv genutzten Marchfeld sehr hoch (Pachinger & Prochazka 2009).

Junge Blühstreifen

Die Erhebungen der Wildbienen im Untersuchungsjahr 2009 zeigen die hohe Bedeutung der Landschaftselemente am Biobetrieb Rutzendorf auf. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Untersuchungen im Rahmen von MUBIL I und MUBIL II wurde die höchste Artenvielfalt nicht mehr auf Transekt 5, einer Hecke mit vorgelagertem Grasstreifen, erzielt, sondern auf einem 2007 angebauten Blühstreifen (Ö6/1-O BL), wo 25 Arten nachgewiesen werden konnten. Hier ist das Zusammenfallen kurzlebiger und ausdauernder Pflanzenarten im dritten Jahr nach Aussaat für ein reichhaltiges Futterpflanzenangebot verantwortlich das zahlreiche Wildbienenarten auf den Blühstreifen lockt.

Alte Blühstreifen

Die 2003 angebauten Blühstreifen, die jeweils ost- und westseitig einer Hecke- bzw. Baumreihe angelegt wurden, unterschieden sich, wie schon in den vorangegangenen Untersuchungsjahren festgestellt, nach ihrer Lage. In fast allen ostseitig (Leeseite) einer Hecke / Baumreihe mit Nützlings- oder Wildkrautmischung angebauten Blühstreifen konnten signifikant höhere Artenzahlen nachgewiesen werden als in den westseitigen. Als Ursache dafür ist die bessere Entwicklung der Blühstreifen und damit ein höheres Blütenangebot für die Wildbienen zu nennen.

Konnte in den ersten Untersuchungsjahren auf den 2003 angebauten Blühstreifen lediglich ein Artenrepertoire mit geringen Lebensraumansprüchen beobachtet werden, so wurden im Rahmen von MUBIL II und auch im Untersuchungsjahr 2009 (MUBIL III) hier vermehrt Spezialisten in Hinblick auf ihr Pollensammelverhalten oder auf ihr Nisthabitat nachgewiesen. Das Auftreten seltener und anspruchsvoller Arten in den Blühstreifen aus den MUBIL I und MUBIL II wie etwa *Eucera pollinosa* und *Chelostoma ventrale* oder *Lasioglossum griseolum* (Pachinger & Prochazka 2009) konnten im Untersuchungsjahr 2009, im siebenten Jahr nach Ansaat, wiederum bestätigt werden.

Als neu und bemerkenswert ist für diese Blühstreifen der Nachweis von *Anthidium septemspinosum* zu nennen. Ein Weibchen dieser Art schlüpfte 2009 aus einer eingenetzten Nisthilfe, die im Herbst 2008 auf Untersuchungsstelle Ö6/1-W WK abgebaut wurde. Über die Biologie und Ökologie dieser auffälligen gelb-schwarzen Art ist nur äußerst wenig bekannt. In Österreich ist sie lediglich aus den Bundesländern Steiermark (Hausl-Hofstätter 1995) und Niederösterreich (Schwarz et al. 1999) mit sehr wenigen Fundorten nachgewiesen.

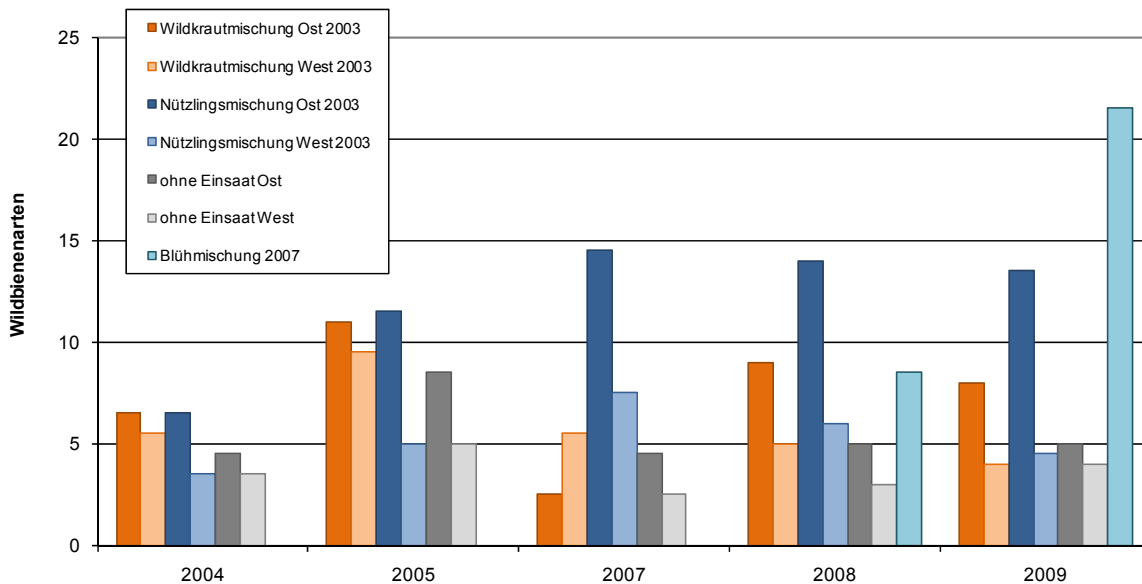


Abbildung 7.7-1: Mittelwert der Wildbienenarten auf den untersuchten Blühstreifen im Vergleich der Jahre 2004, 2005, 2007, 2008, 2009.

Beim Vergleich der 2003 angebauten Mischungen (Wildkrautmischung, Nützlingsmischung, spontane Sukzession) zeigt sich wie auch schon in den vergangenen drei Jahren die Nützlingsmischung als artenreichste Ansaat.

Als bemerkenswerte Wildbienenart, die 2009 erstmals im Blühstreifen mit Nützlingsmischung nachgewiesen werden konnte sei *Camptopoeum frontale* erwähnt. Die kleine Buntbiene wurde in den ersten Jahren der Untersuchungen in Rutzendorf in der angrenzenden Schottergrube, die als Referenzfläche dient, gefunden. In den letzten Jahren konnte sie dort nicht mehr nachgewiesen werden, denn *Centaurea stoebe* (Rispen-Flockenblume), die einzige Pollenfutterpflanze, die von dieser Bienenart genutzt werden kann, ist aufgrund häufiger Mahd des Weges, auf dem sie im Hochsommer blühte, nun verschwunden. Die Blühstreifen sind damit zum einzigen Habitat im Gebiet geworden.

Beispiele für von Wildbienen oft frequentierte Pollenfutterpflanzen in den Blühstreifen sind: verschiedene Arten gelb blühender Kreuzblütler wie Wiener Rauke (*Sisymbrium loeselii*), Barbarakraut (*Barbarea vulgaris*) oder Schotendotter (*Erysimum diffusum*, *E. marschallianum*, *E. cheiranthoides*), unter den Doldenblütler die Strahlendolde (*Orlaya grandiflora*) (diese Pflanze wurde nicht nur von den Wildbienen gerne besucht, sondern ist darüber hinaus auch als stark gefährdet eingestuft) und später im Jahr die Wilde Möhre (*Daucus carota*), unter den Schmetterlingsblütlern Echter Steinklee (*Melilotus officinalis*) und die Wegdistel (*Carduus acanthoides*) unter den Korbblütlern.

Ackerflächen - Biologische Wirtschaftsweise

Auf den zwei untersuchten Ackerflächen konnten im Untersuchungsjahr 2009 wie in den vorangegangenen Jahren nur sehr geringe Artenzahlen und ausschließlich euryöke Arten nachgewiesen werden. Dies ist einerseits auf für Wildbienen nicht nutzbare Kulturarten, wie Winterroggen und Winterweizen auf den Versuchsflächen, zurückzuführen.

Von Wildbienen nutzbare Kulturarten, wie etwa Luzerne, verblieben oft nicht einmal bis zum Blühzeitpunkt auf den Ackerflächen. Im Prinzip geeignete Pflanzen sind somit bedingt durch die Bewirtschaftungsweise nur eingeschränkt nutzbar.

Auf biologische Wirtschaftsweise im Sinne des Düngemittelverzichtes ist im Rahmen dieser Untersuchungen keine Aussage möglich. Verschiedene Studien an Wild- und Honigbienen weisen jedoch auf das spezielle Risiko beim Einsatz von Pestiziden auf diese Bestäubergruppe hin (z.B. Desneux et al. 2007, Brittain et al. 2010). Morandin & Winston (2005 & 2006) zeigen auf, dass biologische Wirtschaftsweise positiv mit

Wildbienenabundanzen korreliert und im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung höchste Abundanzen hervorbringen kann.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Folgende allgemeine Empfehlungen können aus den bisherigen Untersuchungen abgeleitet werden:

Ansaat in ausgeräumten Landschaften

In ausgeräumten, strukturarmen Agrarlandschaften empfiehlt sich eine Ansaat der Blühstreifen, da die Flora sonst artenarm bleibt, denn es gibt keine geeigneten Samenspenderflächen (Raine, Trockenböschungen, Wiesen, etc.) in der Umgebung, von denen Arten einwandern könnten. Die Streifen bleiben damit nicht nur arten- und damit auch blütenarm, sondern bieten auch eher Überlebenschancen für problematische Unkrautarten. Eine Selbstbegrünung der Blühstreifen ist daher nicht zu empfehlen.

Anlage der Blühstreifen - Mischungen

Hochwüchsige, konkurrenzstarke Wildkrauteinsaaten zeigen eine ausgeprägte Konkurrenzwirkung gegen bodenbürtige Unkrautarten. Einjährige Rote-Liste-Arten konnten nur kurzfristig angesiedelt werden. Wohl aber gelang die Ansiedelung einiger sehr seltener, bzw. stark bedrohter Ausdauernder. Entlang der Hecke wurde ein Kräutersaumstreifen etabliert, ein für die Biodiversität sowie die Optik in Agrarlandschaften besonders wichtiger Lebensraum.

Die Anlage von Nützlings- und Blühstreifen ist für die Wildbienenfauna an einem Standort wie Rutzendorf in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft förderlich. Für eine diverse Wildbienenfauna ist die Ausstattung der Blühstreifen mit einem vielfältigen, lang blühenden Pollenfutterpflanzenangebot von Bedeutung. Artenreiche Ansaaten mit einer Mischung aus Kreuzblütlern, Korbblütlern, Doldenblütlern und Schmetterlingsblütlern bieten vielen Wildbienenarten, darunter auch seltenen, ausreichend Pollenfutterquellen.

Pflege der Blühstreifen

Zur Beibehaltung der Biodiversität auf Dauer wird empfohlen, einen Anteil an jungen Sukzessionsflächen durch entsprechende Maßnahmen zu erhalten. Es wird vorgeschlagen etwa 1/3 der Blühstreifen als kurzlebige Flächen (4-5 Jahre) vorzusehen und durch Umbruch im Herbst immer wieder neu zu starten. Ein jährlicher Umbruch kann nicht empfohlen werden, da eine hohe Diversität der Wildbienen auf den Streifen erst zwei- bis drei Jahre nach deren Anlage erreicht wird.

Zur Unterdrückung von Gehölzen und zur Verbesserung der Akzeptanz beim Bewirtschafter soll die Entwicklung zu einmal jährlich gemähter Trockenrasen- bzw. Wiesenvegetation vor allem bei den Blühstreifen mit hohem Gehölzdruck angestrebt werden. Die Blühstreifen Ö2/1-W und Ö2/2-O wären durch ihre Lage direkt neben einer Hecke, von der Gehölze einwandern (und weil dort das Versuchsdesign von Teilprojekt 6 - Bodentiere einen Flächenumbruch nicht vorsieht) dafür geeignet. Mahd oder Häckseln im Hoch- und Spätsommer führt zu wiesenartiger Vegetation. Daher müssten die Säume dabei aber ausgespart bleiben (etwa 1 m Abstand von der Hecke halten). Um auch ihre Verbuschung zu verhindern, müssten sie allerdings extra, spät im Jahr oder alle 2-3 Jahre - bei geringem Gehölzdruck sind auch längere Abstände möglich - gepflegt werden. Einstweilen empfehlen wir das Häckseln der ganzen Fläche im Herbst.

Bei Pflegemaßnahmen dürfen nicht alle Flächen zur gleichen Zeit gemäht oder gehäckselt werden. Partiiell gestaffelte Eingriffe sind anzustreben. So sollen etwa Teile der Blühstreifen auch über den Winter stehen bleiben, um in Stängeln nistenden Wildbienenarten die Möglichkeit zu geben, ihren Entwicklungszyklus abzuschließen.

LITERATUR

- Brittain, C.A., M. Vighi, R. Bommarco, J. Settele, S.G. Potts (2010): Impacts of pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 11: 106-115.
- 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.
- Desneux, N., A. Decourtye, J.-M. Delpuech (2007): The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Duelli, P. (1997): Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. *Agric Ecosyst Environ* 62, 81-91.
- Hausl-Hofstätter, U. (1995): Zur Bienenfauna der Steiermark I. *Trachusa* Panz. Und *Anthidium* Fabr. (Hym., Apoidea, Megachilidae). *Mitt. Abt. Zool. Landesmus. Joanneum* 49: 15-22.
- 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. (2008): Der Hohlweg am Johannesberg (Wien, Unterlaa) - Lebensraum und Trittstein für Wildbienen (Hymenoptera: Apidae). *Beiträge zur Entomofaunistik* 8, 69-83.
- Pachinger, B. & Prochazka, B. (2009): Die Wildbienen (Hymenoptera: Apidae) in Rutzendorf (Niederösterreich) - ein Refugium mitten im Marchfeld. *Beiträge zur Entomofaunistik* 10, 31-47.
- 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.
- Schwarz, M., Gusenleitner, F. & K. Mazzucco (1999): Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs III (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 20 (31): 461-524.
- Schwarz, M., Gusenleitner, F. & T. Kopf (2005): Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs sowie Beschreibung einer neuen *Osmia*-Art. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs VIII (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 26 (8): 117-164.
- Thies, C. and Tschardt T. (1999): Landscape structures and biological control in agroecosystems. *Science* 285, 893-895.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS (GESAMTBERICHT)

| | |
|--|----|
| Abbildung 3.1-1: Übersichtskarte Rutzendorf mit Versuchsflächen, Düngungsvarianten und Aufnahmestrecken (Transekte) | 6 |
| Abbildung 3.1-2: Übersicht über die Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) in Rutzendorf | 10 |
| Abbildung 3.1-3: Hecken und Baumreihen in Rutzendorf | 12 |
| Abbildung 3.2-1: Mittlere Temperatur- und Niederschlagsverteilung der Station Groß-Enzersdorf in der Periode 1971-2000 (Datenquelle: ZAMG) | 15 |
| Abbildung 3.2-2: Lufttemperaturen (Tair) und Niederschlagssummen (Psum) 2003-2009 auf Jahresbasis sowie für die Monate März-April-Mai (MAM) | 15 |
| Abbildung 6.1-1: Biodiversität der Laufkäfer im Betrieb Rutzendorf (1 Falle pro Fangtransekt, 4 einwöchige Fangperioden) im Vergleich der Jahre 2003, 2004, 2007 und 2008 | 39 |
| Abbildung 6.1-2: 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. | 40 |
| Abbildung 6.1-3: Anzahl an 8 Boniturterminen zwischen 27. April und 26. Juli 2004 entlang der verschiedenen Aufnahmestrecken beobachteten Schwebfliegen. | 41 |
| Abbildung 6.2-1: Pflanzenverfügbare Phosphorkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 0-30 cm am Schlag S1M mit den vier Düngungsvarianten DV1-DV4; S1G; SK. 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). | 45 |
| Abbildung 6.2-2: Pflanzenverfügbare Kaliumkonzentrationen nach der CAL-Methode in der Tiefenstufe 0-30 cm am Schlag S1M mit den vier Düngungsvarianten DV1-DV4; S1G; SK. 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). | 45 |
| Abbildung 7.1-1: Vergleich der Druschfruchterträge in den Erhebungspartellen (DV1) mit den Erträgen auf den entsprechenden Großschlägen (2003 bis 2009, n = Anzahl der Ertragsaufnahmen, Korrelation nach Spearman). | 53 |
| Abbildung 7.1-2: Flächenbezogenes Treibhausgaspotential in Abhängigkeit des Energieeinsatz vom Biobetrieb Rutzendorf (DV1 bis DV3, mit und ohne Berücksichtigung der C-Sequestrierung) und Praxisbetrieben aus Deutschland, n=102 (Quelle: Schmid 2010, unveröffentlicht) | 57 |
| Abbildung 7.1-3: Bewertung der ökologischen Indikatoren der Fruchtfolgeszenarien FF2 und FF3 im Vergleich zur Standardvariante bei der DV1 | 62 |
| Abbildung 7.1-4: Bewertung Bilanzsalden des bestehenden Betriebs DV1-DV3 (Jahre 2005-2009). Die Bilanzsalden werden zwischen 0 und 1 bewertet, wobei 0 die ungünstigste, 1 die günstigste Situation (nachhaltige Entwicklung) darstellt. (Quelle: Christen et al. 2009) | 71 |
| Abbildung 7.2-1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Profilwassermengen (0-60 cm) der untersuchten Varianten während der Messperioden in den Untersuchungsjahren (unten) sowie mittlere Erträge der S1M und S1G Parzellen (oben). Jahresmittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$) | 77 |
| Abbildung 7.2-2: Mittlere tägliche aktuelle Evapotranspirationsraten für die untersuchten Düngungsvarianten | 77 |
| Abbildung 7.2-3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trockendichte für die unterschiedlichen Untersuchungsflächen und die beiden untersuchten Bodentiefen | 79 |
| Abbildung 7.2-4: Mittelwerte und Standardabweichungen der k-Werte für die unterschiedlichen Untersuchungsflächen und die beiden untersuchten Bodentiefen | 81 |
| Abbildung 7.2-5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Aggregatstabilität der unterschiedlichen Untersuchungsflächen | 82 |
| Abbildung 7.2-6: Jahresmittlere Profilwassermengen über die Messzeiträume (und Standardabweichungen) für 0-90 cm Bodentiefe im Transekt Süd (TS) in Abhängigkeit des Abstandes von der Bodenschutzanlage | 83 |
| Abbildung 7.2-7: Mittlere Relativerträge in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage im Vergleich zum Ertrag in 80 m Entfernung zur Hecke (=100 %) | 83 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 7.2-8: Zusammenhang zwischen Änderung der Profilwassermenge (in %) und dem Relativertrag (in %) im Vergleich zum Ertrag außerhalb des windberuhigten Lee-Bereiches (>80 m Abstand) | 84 |
| Abbildung 7.2-9: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge bei den unterschiedlichen Düngungsvarianten (2004-2008) | 87 |
| Abbildung 7.2-10: Zeitlicher Verlauf der Profilwassermenge in Abhängigkeit des Abstandes von der Hecke beim Transekt Süd, 2003-2009 (0-90 cm Bodentiefe) | 87 |
| Abbildung 7.2-11: Mittlere Profilwassermengen im Transekt Süd in unterschiedlichen Abständen zur Bodenschutzanlage (Mittelwerte 2005 bis 2010). Die Daten bei 80 m Abstand sind Mittelwerte von 2008-2010. | 87 |
| Abbildung 7.2-12: Vergleich der Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung der Untersuchungsflächen zwischen 2003 und 2009. (a) S1M 10-15cm, (b) S1M 25-30cm, (c) S1G 10-15cm, (d) S1G 25-30cm, (e) SK 10-15cm, (f) SK 25-30cm. | 88 |
| Abbildung 7.3-1: Klimaschutzwirkung einer Landschaftsstruktur mit mehrjährigen verholzenden Pflanzen (Quelle: Frielinghaus et al.,1997) | 90 |
| Abbildung 7.3-2: Agrarmeteorologische Dauerstation (Referenzstation) (links) und Messstationen der Transektmessungen (rechts) im Transekt Süd (Schlag 2/1). | 91 |
| Abbildung 7.3-3: Niederschlagssummen zu beiden Seiten der Hecke im Sommer 2003 (Luv: westseitig, Lee: ostseitig). Die Gesamtsummen der einzelnen Niederschlagsereignisse zeigen ähnliche Werte. | 91 |
| Abbildung 7.3-4: Schneeprofile vom 10. März 2005 im Lee der Hecke (ostseitig). Der Einbruch unmittelbar nach der Hecke auf der O-Seite (Lee) ist durch die Heckenbepflanzung (Bäume) bedingt. | 92 |
| Abbildung 7.3-5: Tagesmittel der Globalstrahlung und Gesamtdauer [h] von Tauereignissen im Abstand von 1 m, 8 m und 24 m von der Hecke für den Zeitraum vom 29. August bis 16. September 2003. | 93 |
| Abbildung 7.3-6: Windgeschwindigkeiten in 1, 2 und 5 Metern Höhe und in Abständen von 8, 24 und 50 Metern zur Hecke im Transekt Süd am 4. Juli bei Wind aus W (=Windmessung im Luv, Abbildungen links) und am 9. Juli bei Wind aus O (=Windmessung im Lee, Abbildungen rechts) 2004. | 94 |
| Abbildung 7.3-7: Referenzstation (Rutz_7, rechts) und Anordnung der Transektmessungen 2007 und 2008 | 95 |
| Abbildung 7.3-8: Effekt der Heckenauslichtung, dargestellt als Differenz der Windgeschwindigkeiten (in % und nach Windrichtung) zwischen der nicht ausgelichteten Station G4_7 und der ausgelichteten Station M3_7 (siehe auch Abbildung 7.3-7). | 96 |
| Abbildung 7.3-9: Summenlinie der Verdunstungsmengen Epot in verschiedenen Distanzen (20 m, 80 m, Leeseite) von der Hecke in der Zeit vom 6. - 14. Juli 2004 im Transekt Süd. | 97 |
| Abbildung 7.3-10: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) an der Station G4_7 im Vergleich zur Referenzstation im freien Feld als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007. | 100 |
| Abbildung 7.3-11: Tatsächliche Abschwächung der Windgeschwindigkeit (in %) an der Station M3_7 im Vergleich zur Referenzstation im freien Feld als Folge der Auslichtung der Hecke nach Windstärken und Windrichtung im Zeitraum 13.-30. September 2007. | 101 |
| Abbildung 7.4-1: Artenzahlen und Abundanzen der Oribatiden (Hornmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben. | 109 |
| Abbildung 7.4-2: Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Oribatidengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Grudu: Gründüngung, Hecke: Hecke, Kompo: Biotonnekompost, Konve: konventionelle Referenzfläche, Oekost: Ökostreifen (= Blühstreifen), SMist: Stallmist. Die an die Namenskürzel anschließenden Zahlen bezeichnen das Jahr der Besammlung. | 109 |
| Abbildung 7.4-3: Artenzahlen und Abundanzen der Collembolen (Springschwänze) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben. | 110 |
| Abbildung 7.4-4: Multivariate Ordination (nonmetric multidimensional scaling) der Collembolengemeinschaften des Biobetriebs Rutzendorf. Für die Kürzel siehe Abbildung 7.4-2. | 110 |
| Abbildung 7.4-5: Artenzahlen und Abundanzen der Gamasinen (Raubmilben) der sechs Nutzungstypen des Biobetriebs Rutzendorf. Punkte sind Mittelwerte aus Aliquots von Mischproben. | 111 |
| Abbildung 7.4-6: Gamasinen NMDS, 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 | 112 |

multivariaten Raums dargestellt: Achsen 1 und 2 (oben), 1 und 3 (mittig) und 2 und 3 (unten). Für die Kürzel siehe Abbildung 7.4-2.

| | |
|--|-----|
| Abbildung 7.5-1: Gesamte Artenanzahl auf der oberflächlichen Vegetation und in der Diasporenbank auf den biologisch bewirtschafteten Feldern. 2006 und 2009 wurden keine Vegetationserhebungen durchgeführt | 116 |
| Abbildung 7.5-2: Ackerwildfloradeckung und der Diasporenmenge je m ² von 2003 bis 2010. Durchschnittswerte von allen Schlägen, FJ: Frühjahr, SO: Sommer. 2006 und 2009 wurden keine Vegetationserhebungen durchgeführt. | 117 |
| Abbildung 7.5-3: Artenanzahl und Fruchtfolge am Beispiel des Kleinparzellenversuchs S3M | 119 |
| Abbildung 7.5-4: Einfluss der Kulturfrucht auf das Auftreten von Ackerwildkräutern - Artenzahl pro Vegetationsaufnahme (Kleinparzelle) auf den Flächen der verschiedenen Kulturfrüchte über die Jahre 2003 bis 2007 zusammengefasst. | 119 |
| Abbildung 7.5-5: Ackerwildfloradeckung und Diasporenmenge je m ² in Zusammenhang mit der Fruchtfolge am Beispiel des Kleinparzellenversuchs S3M | 120 |
| Abbildung 7.5-6: Entwicklung der Ackerwildfloradeckung und der Diasporenmenge in Zusammenhang mit der Kulturfolge für die Schläge S1M, S2M, S4M, S5M, S6M, S7M und S8M. Rechts: Deckung (%), Links: Diasporen je m ² . Achtung: Unterschiedliche Skala je Schlag! | 127 |
| Abbildung 7.6-1: Artenzahl der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005-2009. | 132 |
| Abbildung 7.6-2: Flächenanteil verschiedener Ackerkulturen und Verteilung der Wachtelreviere (rufende Männchen, n = 27) auf die einzelnen Ackerkulturen im Projektgebiet Rutzendorf im Untersuchungszeitraum 2005-2009. | 134 |
| Abbildung 7.7-1: Mittelwert der Wildbienenarten auf den untersuchten Blühstreifen im Vergleich der Jahr 2004, 2005, 2007, 2008, 2009. | 149 |

TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Tabelle 2.2-1: Übersicht Teilprojekte und Untersuchungsgegenstand MUBIL Evaluation | 4 |
| Tabelle 2.2-2: Übersicht Teilprojekte und Untersuchungsgegenstand (ergänzende Beiträge) | 5 |
| Tabelle 3.1-1: Zielfruchtfolge am Biobetrieb Rutzendorf | 7 |
| Tabelle 3.1-2: Fruchtfolge der einzelnen Schläge am Biobetrieb Rutzendorf der Jahre 2003 bis 2010 (S1M-S8M: Kleinparzellenversuche, S1G und SK: Referenzparzellen, DV...Düngungsvarianten, MD...Mineraldünger, Kultur...die Kultur wurde im Kleinparzellenversuch (ab Erntejahr 2004) und in den Düngestreifen auf den Großschlägen (ab Erntejahr 2006) mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt | 8 |
| Tabelle 3.2-1: Struktur und Entwicklung der Gesamtbetriebe im Marchfeld in den Jahren 2003, 2006 und 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2003, 2006 und 2009) | 18 |
| Tabelle 3.2-2: Struktur und Entwicklung der Marktfruchtbetriebe im Marchfeld in den Jahren 2003, 2006 und 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2003, 2006 und 2009) | 18 |
| Tabelle 3.2-3: Kulturartenverteilung der biologischen und konventionellen Marktfruchtbetriebe (MFB) im Marchfeld und des Biobetriebs Rutzendorf im Jahr 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2009) | 19 |
| Tabelle 3.2-4: Teilnahme an ausgewählten ÖPUL-Maßnahmen der biologischen und konventionellen Marktfruchtbetriebe im Marchfeld im Jahr 2009 (Quelle: BMLFUW, INVEKOS-Daten 2009) | 20 |
| Tabelle 3.3-1: Übersicht über die Erhebungsflächen | 21 |
| Tabelle 3.3-2: Übersicht Unterscheidung Düngungsvarianten | 22 |
| Tabelle 3.3-3: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) - Mittelwerte aus 12 Düngungen | 23 |
| Tabelle 7.1-1: Bewertung der Ökologischen Indikatoren | 50 |
| Tabelle 7.1-2: Standort- und Bewirtschaftungsdaten für das Modell REPRO | 50 |
| Tabelle 7.1-3: Übersicht Szenarien Fruchtfolge (FF): | 51 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 7.1-4: Mittelwerte und Spannbreiten der Erträge der Druschfrüchte in den Kleinparzellenversuchen der Jahre 2003 bis 2009 in Abhängigkeit der Düngungsvariante (n = Anzahl der zusammengefassten Jahre). | 52 |
| Tabelle 7.1-5: Vergleich der Hektarerträge am Biobetriebe Rutzendorf (Großschläge) mit Hektarerträgen von Biomarktfruchtbetrieben (Quelle: Grüner Bericht 2006 und 2009) | 53 |
| Tabelle 7.1-6: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der am Biobetrieb geprüften Düngungsvarianten 1 bis 3 (Jahre 2005 bis 2009 und 2003 bis 2009) | 54 |
| Tabelle 7.1-7: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren des Kleinparzellenversuchs S1M und den Referenzflächen S1G und SK (Schlagebene, Jahre 2003 bis 2009). | 58 |
| Tabelle 7.1-8: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Zwischenfrucht (ZF) und Luzernenutzung (LN) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV1 (Gründüngung). | 60 |
| Tabelle 7.1-9: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Fruchtfolge (FF) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV1 (Gründüngung). | 61 |
| Tabelle 7.1-10: Berechneter Ertragseinfluss einer 8 Meter hohen Bodenschutzhecke auf verschiedene Kulturen in der angrenzenden Ackerfläche | 63 |
| Tabelle 7.1-11: Qualitätsparameter von Winterweizen (Sorte Capo) in Abhängigkeit von Düngungsvariante, Vorfrucht und Düngung (n = Anzahl der zusammengefassten Jahre). | 67 |
| Tabelle 7.1-12: Vergleich Humusbilanzverfahren (Kleinparzellenversuch S1M-DV1, konventionelle Referenzparzelle SK, Jahre 2003 bis 2009) | 68 |
| Tabelle 7.1-13: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Zwischenfrucht (ZF) und Luzernenutzung (LN) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV2 (Gründüngung + Biotonnekompost). | 68 |
| Tabelle 7.1-14: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Fruchtfolge (FF) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV2 (Gründüngung + Biotonnekompost). | 69 |
| Tabelle 7.1-15: Ertragsniveau und Intensitäts-Indikatoren der Szenarien Zwischenfrucht (ZF) und Fruchtfolge (FF) im Vergleich zur Standardvariante bei der DV3 (Futternutzung + Stallmist). | 70 |
| Tabelle 7.2-1: Korngrößenverteilung der untersuchten Varianten | 75 |
| Tabelle 7.2-2: Angebaute Kulturen bei den untersuchten Varianten sowie Dauer der Messperioden und Niederschlagssummen (BB...Bodenbearbeitung; ZF...Zwischenfrucht) | 76 |
| Tabelle 7.2-3: Porenanteile, Wassergehalte bei Feldkapazität (FK) und bei permanentem Welkepunkt (PWP) sowie pflanzennutzbare Kapazität (nK) für die untersuchten Varianten und beiden Bodentiefen | 78 |
| Tabelle 7.2-4: Einstufung der Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden (AG Boden, 1994) | 80 |
| Tabelle 7.2-5: Dauer und Niederschlagssummen der Messperioden beim Transekt Süd (TS) sowie mittlere Mehrerträge innerhalb des 80 m windberuhigten Lee-Bereich | 83 |
| Tabelle 7.3-1: Simulation der Erträge von Winterweizen 2005. Die gemessenen Ertragsdaten stammen vom IFÖL (Surböck et al. 2009). | 98 |
| Tabelle 7.4-1: Fruchtfolge in den beprobten biologisch bewirtschafteten Kleinparzellenversuchen (S1M und S4M) und der konventionell bewirtschafteten Referenzfläche (SK) | 104 |
| Tabelle 7.5-1: Ähnlichkeit des Arteninventars auf den Parzellenversuchen und in 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, Quelle: D. Wedenig, Diplomarbeit in Arbeit) | 121 |
| Tabelle 7.5-2: Deckungswerte der Kulturarten und Ackerwildkräuter in den Untersuchungsjahren 2003 bis 2008 in Prozent nach Schmidt (1974). +: mehrere Individuen aber Deckung <0,5 %. | 125 |
| Tabelle 7.5-3: Artenliste der oberflächlichen Vegetation und der Diasporenbank (2003-2010) | 128 |
| Tabelle 7.6-1: Häufigkeit (Anzahl der Reviere) und ökologische Charakterisierung der Brutvögel im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003 und 2005-2009. Ökologische Gruppe: Charakterarten der offenen Feldflur (O), Charakterarten der halboffenen mit Gehölzen durchsetzten Kulturlandschaft (WO). Charakterarten von Wäldern (W). | 131 |
| Tabelle 7.6-2: 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 2005-2009. Futtererbse (Erb), Sommergerste (Sg), Winterweizen (Ww), Triticale (Tri), Roggen (Ro), Luzerne im | 133 |

ersten bzw. zweiten Jahr (Luz 1, Luz 2)

| | |
|--|-----|
| Tabelle 7.6-3: Im Untersuchungsgebiet (Projektgebiet Rutzendorf und nördlich angrenzende Schottergrube) in den Jahren 2003 und 2005-2009 beobachtete Vogelarten und ihr Status. Brutvogel im Projektgebiet (BP), Brutvogel in der Schottergrube (BS), Brutvogel in der Umgebung (BU), Nahrungsgast (NG), Durchzügler (D) | 138 |
| Tabelle 7.6-4: Abundanz der Feldlerche (Reviere/10 ha) zur Erstbrut (Anfang April bis Mitte Mai) und Zweitbrut (Ende Mai bis Anfang Juli) auf den Teilflächen des Projektgebietes Rutzendorf in den Jahren 2005 bis 2009. | 140 |
| Tabelle 7.6-5: Brutvögel (ohne Fasan und Rebhuhn) der Gehölzstreifen des Projektgebietes Rutzendorf in den Jahren 2005 bis 2009. Angegeben ist die Artenzahl und die Anzahl der Brutreviere und die Artenzahl der Brutvögel in verschiedenen Strukturtypen. | 141 |
| Tabelle 7.7-1: Angebaute Mischungen in den Blühstreifen | 145 |
| Tabelle 7.7-2: Angebaute Mischungen II | 146 |
| Tabelle 7.7-3: Wildbienenaufnahmen außerhalb der Blühstreifen | 146 |