

MUBIL V ABSCHLUSSBERICHT



Langzeit-Monitoring der Auswirkungen einer
Umstellung auf den biologischen Landbau

MUBIL V

Forschungsprojekt Nr. 101026

Langzeit-Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau

Abschlussbericht

Wien, 2015

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,
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)



Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich
Doblhoffgasse 7/10, A-1010 Wien



Mit **Beiträgen** von Gabriele Bassler, Bernhard Freyer, Josef Eitzinger, Jürgen K. Friedel, Markus Heinzinger,
Wolfgang Holzner, Monika Kriechbaum, Doris Meisinger, Bärbel Pachinger, Barbara Prochazka, Thomas
Schauppenlehner, Margit Seiberl, Agnes Schweinzer, Andreas Surböck.

Umschlagfoto:

DI Markus Heinzinger

Das Projekt wurde mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft (BMLFUW) durchgeführt.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	4
2	ZUSAMMENFASSUNG	7
3	DATENGRUNGLAGEN	11
3.1	BIOBETRIEB RUTZENDORF	11
3.2	ERHEBUNGSFLÄCHEN UND VERSUCHSKONZEPT.....	13
3.3	ERLÄUTERUNG DÜNGUNGSSYSTEME (-VARIANTEN).....	17
3.4	KLIMAVERHÄLTNISSE.....	19
4	BERICHTE DER TEILPROJEKTE.....	21
4.1	TEILPROJEKT 1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT	21
4.2	TEILPROJEKT 11: WILDBIENEN / NATURSCHUTZBIOLOGIE.....	49
5	VERZEICHNISSE	66

1 EINLEITUNG

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

Gehölzstrukturen mit ihrer Doppelfunktion einerseits zur Förderung der Artenvielfalt und Nützlinge und andererseits zur Minderung der Winderosion und Austrocknung der Böden, sowie Blühstreifen und eine artenreiche Fruchtfolge zur Förderung der Nützlinge bzw. Minderung des Krankheits-, Schädlings- und Unkrautdrucks vervollständigen das Konzept eines biologischen Ackerbaus.

Die Betriebsform viehloser biologischer Ackerbau hat in Österreich in den zurückliegenden Jahren stark zugenommen. Viele dieser Betriebe liegen in Ostösterreich, einer Region mit geringen Niederschlägen und einer großräumig geprägten Landnutzung und Landschaftsstruktur. Vergleichbare Agrarräume sind in Osteuropa anzutreffen. Die Nachhaltigkeit dieser biologischen Anbausysteme in Bezug auf Bodenfruchtbarkeit, Humus- und Nährstoffhaushalt, Artenvielfalt und Wirtschaftlichkeit ist bislang kaum untersucht. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist der Erhalt und die Verbesserung der untersuchten Eigenschaften mit Fortdauer der biologischen Bewirtschaftung.

Auf dem Bio-Betrieb Rutzendorf im Marchfeld in Niederösterreich, einem Teilbetrieb der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften (BVW) GmbH, wird seit dem Jahr 2003 eine umfassende Langzeituntersuchung zur Dokumentation und Entwicklung des biologischen Landbaus und agrarökologischer Begleitmaßnahmen durchgeführt.

Erfasst wurden die Wirkungen der Umstellung und der langfristigen biologischen Bewirtschaftung auf Bodenkennwerte, den Nährstoff-, Humus- und Wasserhaushalt, die Pflanzengesellschaften, das Ertragspotential und die Qualität der Kulturpflanzen, die Wirtschaftlichkeit sowie die Fauna anhand ausgewählter Indikatoren. Ausgehend von einer einheitlichen Fruchtfolge und unterschiedlichen Bodenbonitäten wurden mit dem Ziel der Schließung der Nährstoffkreisläufe insgesamt vier organische Düngungssysteme untersucht und mit konventionellen Referenzflächen verglichen. Auf Ackerflächen des Betriebes wurden Nützlings- und Blühstreifen mit unterschiedlichen Blühmischungen neu angelegt. Bestehende Hecken und Baumreihen wurden kartiert und abschnittsweise gepflegt. Der Beitrag dieser ökologischen Begleithabitate zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt am Betrieb wurde erhoben. Über einige Jahre wurde die Auswirkung einer Bodenschutzhecke auf Kleinklima, Bodenwassergehalt und Ertrag in der angrenzenden Ackerfläche untersucht.

Die Untersuchungen finden auf Betriebs-, Schlag- und Parzellenebene statt. Die Versuchsanstellungen sind langfristig ausgerichtet. Das Forschungsprojekt liefert insofern solche Erkenntnisse, die nur über langfristiges Monitoring wissenschaftlich ermittelbar sind, bzw. in kurzfristig laufenden Versuchsanlagen nicht erkennbar werden.

Wie aus anderen Langzeitversuchen bekannt, können die Auswirkungen einer gravierenden Umstellung des Anbausystems (wie sie in diesem Versuch über den Systemwechsel konventionell-bio vorliegen) auf den Bodenhaushalt, Ertrag und Qualität der Pflanzen sowie agrarökologische Parameter nur über mehrere Fruchtfolgeperioden festgestellt werden. Die Langfristigkeit der Untersuchungen dient demnach der Überprüfung der Nachhaltigkeit des Gesamtsystems und der Ermittlung von notwendigen Anpassungsmaßnahmen. Der Systemvergleich dient der Agrarpolitik als Gradmesser für Agrar- und Umweltprogramme im Ackerbauggebiet, der Wissenschaft zur Identifikation von Stärken und Schwächen des Systems „Biologischer Ackerbau“ in Bezug auf agronomische, agrarökologische und klimarelevante Entwicklungen, und der Beratung und Praxis als Orientierung an geeigneten Maßnahmen für eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Betriebsführung.

Das Projekt wird vom Institut für Ökologischen Landbau der BOKU geleitet, der Ackerbaubetrieb wird als Biobetrieb Rutzendorf von der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH bewirtschaftet. Im Rahmen des Projekts haben bisher insgesamt 16 Forschungsinstitutionen, davon 10 BOKU Institute von 6 Departments und die Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf sowie fünf externe Partner im Rahmen von 15 Teilprojekten an den verschiedenen Fragestellungen gearbeitet.

In der Projektphase MUBIL V wurden im Jahr 2014 spezifische Themen aus dem Gesamtmonitoring ausgewählt und fortgeführt. Für diese sollten die Zeitreihen erhalten werden, um damit bisherige Ergebnisse und bereits festgestellte Trends und die Interpretation dieser Entwicklungen weiter wissenschaftlich abzusichern.

Das Projekt MUBIL V umfasste 3 Teilleistungen (Teilprojekte), die von insgesamt sechs Institutionen bearbeitet wurden (Tabelle 1-1). Die Nummerierung und Bezeichnung der Teilprojekte entstammt den Vorprojekten MUBIL I bis MUBIL IV. Da der Großteil der Teilprojekte in der laufenden Projektphase nicht fortgeführt wurde, ist eine durchgehende Nummerierung der Teilprojekte nicht gegeben. Die ursprüngliche Nummerierung wurde aber zur Wahrung der Kontinuität und für eine einfachere Zuordnung für das Projekt MUBIL V beibehalten.

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

TP Nr.	Name des Teilprojektes	Forschungseinrichtung	Teilprojektleiter
1	Gesamtprojektkoordination, Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit	Institut für Ökologischen Landbau ¹ Forschungsinstitut für biologischen Landbau	Univ.Prof. Dipl.Agr.Biol. Dr. Bernhard Freyer
11	Wildbienen / Naturschutzbiologie	Institut für Integrative Naturschutzforschung ²	Dr. Bärbel Pachinger
14	Leitung und Bewirtschaftung Gesamtbetrieb	Landwirtschaftliche Bundesversuchswirtschaften (BVW) GmbH	Dr. Gerhard Draxler
	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung ³	Dr. Thomas Schauppenlehner
	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf ⁴	Ass.Prof. Dr. Helmut Wagentristl

¹Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien

²Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU Wien

³Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien

⁴Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, BOKU Wien

Die übergeordneten **Ziele des Projektes** waren:

- Wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse über das Ausmaß und die Geschwindigkeit von Veränderungen der pflanzenbaulichen Entwicklung mit der längerfristigen biologischen Bewirtschaftung zu erhalten.
- Erkenntnisse über die Auswirkungen unterschiedliche Düngungssysteme des biologischen Landbaus mithilfe pflanzenbaulicher Untersuchungen über vergleichende Versuchsanstellungen zu erlangen.
- Erkenntnisse über die Wirkungen von Blühstreifen mit unterschiedlichen Ansaatmischungen und Pflegemaßnahmen auf die Wildbienen zu dokumentieren.
- Die Bewirtschaftung des Betriebes, die Betreuung der Versuchsflächen und die Koordination der Arbeitsschritte zwischen allen Projektpartnern in optimaler Weise zu gewährleisten. (Diese Zielsetzung dient als Grundlage für die Erhebungen und Auswertungen im vorliegenden Forschungsprojekt.)
- Die Verbreitung der Erkenntnisse aus dem MUBIL Projekt und den Diskurs darüber weiterzuführen.

2 ZUSAMMENFASSUNG

Die Zusammenfassung ist nach den übergeordneten Zielen des Forschungsprojektes MUBIL V strukturiert. Die Erhebungen aus dem Jahr 2014 werden zusammen mit den bisherigen Ergebnissen dargestellt und diskutiert.

Projektziel: Wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse über das Ausmaß und die Geschwindigkeit von Veränderungen der pflanzenbaulichen Entwicklung mit der längerfristigen biologischen Bewirtschaftung zu erhalten.

- Die acht-feldrige Zielfruchtfolge besteht aus einer zweijährigen Luzerne und den nachfolgenden Marktfrüchten Winterweizen, Körnermais, Sommergerste, Körnererbse, Winterweizen und Winterroggen, sowie Zwischenfrüchten in drei von acht Jahren.
- Aufgrund der guten Witterungsbedingungen konnten im Jahr 2014 vor allem bei Körnermais, aber auch bei den anderen Marktfrüchten der Zielfruchtfolge, hohe Erträge erreicht werden. Der Gesamtertrag der Marktfrüchte dieses Jahres war damit gemeinsam mit dem Jahr 2011 der Höchste der letzten sechs Jahre.
- Im Mittel der Jahre kann das Ertragsniveau der Marktfrüchte am Biobetrieb Rutzendorf als mittel bis hoch eingestuft werden (im Vergleich zu Erträgen repräsentativer biologischer Marktfruchtbetriebe, Ergebnisse Grüner Bericht). Als Hauptgrund dafür wird die Fruchtfolge mit entsprechendem Leguminosenanteil (25,0 % Luzerne, 12,5 % Körnererbse) und damit Stickstoff- und Kohlenstoffinput angesehen. Körnermais und Winterweizen waren die ertragreichsten und auch ökonomisch wichtigsten Kulturen. Die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die gesamte Fruchtfolge kann positiv beurteilt werden. Voraussetzung für das Ausschöpfen des Ertragspotentials in den einzelnen Jahren war jedoch eine ausreichende Wasserversorgung der Kulturen, auf einem Standort, der durch eine hohe Variabilität der jährlichen Niederschlagsverteilung geprägt ist.
- Der Wert der Futterleguminose Luzerne liegt in der Stickstoffversorgung der Gesamtfuchtfolge, dem Erhalt und dem Aufbau der Bodenfruchtbarkeit und der Beikrautregulierung. Daneben ist der hohe Anteil an Zwischenfrüchten von 37,5 % mit deren multifunktionalen Wirkungen ein wesentlicher Bestandteil des Anbausystems. Die Erbse unterstrich aufgrund der guten Erträge des nachfolgenden Winterweizens ihren hohen Vorfruchtwert. Die Körnererbse selbst unterlag jedoch aufgrund der Witterung und häufig hohem Krankheits-, Schädlings- und Beikrautdruck starken Ertragsschwankungen. Als Alternative zu Erbsen in dieser Fruchtfolgestellung bietet sich der Anbau von Sojabohnen an.

Projektziel: Erkenntnisse über die Auswirkungen unterschiedliche Düngungssysteme des biologischen Landbaus mithilfe pflanzenbaulicher Untersuchungen über vergleichende Versuchsanstellungen zu erlangen.

Die untersuchten Düngungssysteme bzw. -varianten (DV) unterscheiden sich in viehlose (DV 1, DV 2 und DV 4) bzw. viehhaltende Systeme (DV 3), in der Nutzungsform der Luzerne und in der Zufuhr organischer Dünger: DV 1: nur Gründüngung (GD) mittels Luzernemulch; DV 2: GD + Biotonnenkompost zugeführt (äquivalent dem P-Entzug der Marktfrüchte); DV 3: Luzerne und Stroh abgeführt + Stallmist zugeführt (äquivalent zu Raufutter- und Strohentzug); seit 2008, jedoch nur in einer Versuchsanlage: DV 4: Luzerne

abgeführt + Agrogasgülle zugeführt (äquivalent zu Raufutterentzug). Die organische Düngung erfolgte zweimal innerhalb einer Fruchtfolgerotation zu Körnermais und zu Winterweizen nach Körnererbse. Die Fruchtfolge inklusive der Zwischenfrüchte und die Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurden in allen Systemen gleich gestaltet.

Die Auswirkungen der Systeme auf die Ertragsentwicklung wurde im vorliegenden Bericht schwerpunktmäßig für die Jahre 2009 bis 2014 zusammenfassend dargestellt, da ab 2009 die Zielfruchtfolge (siehe oben) auf allen Schlägen vollständig umgesetzt war.

- In DV 3 führte die Luzerneabfuhr zu signifikant geringeren Kornerträgen und Proteingehalten des nachfolgenden Winterweizens gegenüber der DV 1 und DV 2 mit Luzernemulch. Über den Stickstofftransfer mit der Stallmistdüngung innerhalb der Fruchtfolge wurden aber deutliche Ertragssteigerungen beim Winterweizen nach Körnererbse und dem anschließendem Winterroggen in einer weniger bevorzugten Stellung in der Fruchtfolge erzielt. Der Proteingehalt des Winterweizens nach Körnererbse konnte durch die Stallmistdüngung nicht signifikant beeinflusst werden. Insgesamt lag der Gesamtertrag der Marktfrüchte in DV 3 um 2 % (nicht signifikant) über dem Ertrag der DV 1.
- In DV 2 wurden über den Biotonnekompost zusätzlich Stickstoff (im Mittel ca. 42 kg je Hektar und Jahr) und organische Substanz (im Mittel ca. 1150 kg je Hektar und Jahr) in den Betriebskreislauf gebracht. Damit konnte der Gesamtertrag der Marktfrüchte dieser Variante um 3 % (signifikant, $P < 0,05$) gegenüber der DV 1 gesteigert werden. Der Großteil des Düngerstickstoffs aus dem Biotonnekompost wurde jedoch in den Humusvorrat des Bodens eingebunden und diente zum Aufbau und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit.
- Auch der Fruchtfolgeertrag der Marktfrüchte in DV 1 (nur Gründüngung) war hoch und lag nur geringfügig unter den Erträgen in DV 2 und DV 3, was generell auf die nachhaltige Fruchtfolge als Basis für alle Systeme mit entsprechendem Leguminosenanteil (25,0 % Luzerne, 12,5 % Körnererbse) und damit hohem Stickstoffinput zurückgeführt wird.

Projektziel: Erkenntnisse über Wirkungen von Blühstreifen mit unterschiedlichen Ansaatmischungen und Pflegemaßnahmen auf die Wildbienen zu dokumentieren.

Seit Projektbeginn 2003 wurden im Rahmen des TP 11 - Wildbienen / Naturschutzbiologie kontinuierlich Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) mit unterschiedlichen Blühmischungen in 6 m breiten Streifen in den Ackerschlägen angelegt. Ein Teil dieser Blühstreifen blieb der natürlichen Sukzession überlassen. In die anderen Teilflächen wurden verschiedene Saatgutmischungen mit regional heimischen Wildpflanzenarten und eine in der Landwirtschaft üblichen Blühmischung (Wildäsungsmischung) eingesät. Im Gegensatz zu den Wildkrautmischungen blieben die Flächen mit spontaner Sukzession bezüglich der Pflanzenarten als auch der Wildbienen über lange Zeit artenarm.

- Beim Vergleich zweier Blühmischungen (Wildkraut- und Wildäsungsmischung) zeigten die Streifen mit der Wildkrautmischung eine höhere Pflanzendiversität. Dieser Umstand hatte auch positive Auswirkungen auf die Wildbienen mit signifikant höheren Artenzahlen und Häufigkeiten in der Fläche mit Wildkrautmischung.
- In einem mehrjährigen Blühstreifen wurden die Auswirkungen verschiedener Pflegemaßnahmen (Bodenbearbeitung, Nachsaat, keine Bodenbearbeitung) untersucht. Die Pflegemaßnahmen zeigten im dritten Jahr nach Versuchsstart keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Artendiversität der Wildbienen. Bei der Variante ohne Bodenbearbeitung war jedoch eine leichte Verschiebung hin zu konkurrenzstarken Pflanzenarten zu beobachten.

Zusammenfassend lassen sich aus den Projektergebnissen folgende allgemeine Empfehlungen für die Anlage von Blühstreifen mit Wildkrautmischungen ableiten:

- Die Anlage von Nützlings- und Blühstreifen ist für die Wildbienenfauna in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft förderlich. Für eine diverse Wildbienenfauna ist die Ausstattung der Blühstreifen mit einem vielfältigen, lang blühenden Pollenfutterpflanzenangebot von hoher Bedeutung. Artenreiche Ansaatmischungen mit Vertretern möglichst vieler Pflanzenfamilien werden empfohlen.
- Langlebige Blühstreifen sind zu bevorzugen, da eine hohe Diversität der Wildbienen erst zwei bis drei Jahre nach der Anlage der Streifen erreicht wird. Aus vegetationskundlicher Sicht entwickeln die fünfjährigen Blühstreifen eine hohe Diversität mit hohem Blütenreichtum. Zur Beibehaltung der Biodiversität auf Dauer wird jedoch empfohlen, einen Anteil an jungen Sukzessionsflächen durch entsprechende Maßnahmen zu erhalten.
- Bei Pflegemaßnahmen dürfen nicht alle Flächen zur gleichen Zeit gemäht oder gehäckselt werden. Zeitlich und räumlich differenzierte Eingriffe sind anzustreben und Teile der Blühstreifen sollen auch über den Winter stehen bleiben.

Projektziel: Die Bewirtschaftung des Betriebes, die Betreuung der Versuchsflächen und die Koordination der Arbeitsschritte zwischen allen Projektpartnern in optimaler Weise zu gewährleisten. (Diese Zielsetzung dient als Grundlage für die Erhebungen und Auswertungen im vorliegenden Forschungsprojekt.)

Wichtig bei der Umsetzung dieses Zieles war einerseits die Bewirtschaftungsarbeiten entsprechend der praktischen pflanzenbaulichen Anforderungen bestmöglich durchzuführen und andererseits die Erhebungen für die Forschung gemäß ihren Notwendigkeiten optimal in diesen Ablauf zu integrieren. Die langjährige Erfahrung und Zusammenarbeit im Projekt mit den Projektpartnern waren hier ein wesentlicher Eckpfeiler für die erfolgreiche Abwicklung der Koordinationsaufgaben.

Projektziel: Die Verbreitung der Erkenntnisse aus dem MUBIL Projekt und den Diskurs darüber weiterzuführen.

Dem Ziel, über das Projekt MUBIL und den daraus gewonnenen Erkenntnissen zu informieren und darüber zu diskutieren, wurde im Jahr 2014 im Rahmen von MUBIL V auf unterschiedliche Weise Rechnung getragen:

- Die jährliche Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. fand im Jahr 2014 von 16. bis 18. September an der Universität für Bodenkultur in Wien statt. Im Rahmen der Tagung wurde gemeinsam mit der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf eine Exkursion zum Thema „Pflanzenbauliche Dauerversuche“ in das Marchfeld organisiert. Den interessierten TeilnehmerInnen wurden dabei der Bio-Betrieb Rutzendorf, das Projekt MUBIL mit ausgewählten Ergebnissen vorgestellt.
- Gemeinsam mit dem BMLFUW wurde am 30. Oktober 2014 zu einer Präsentation zum Thema „Monitoring der langfristigen Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau“ in die Marxergasse, 1030 Wien geladen. Die Gesamtergebnisse aus dem MUBIL Projekt wurden mit insgesamt 15 Postern von allen bisherigen Projektpartnern präsentiert. Nach einer Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse und dem Aufzeigen von Forschungsperspektiven wurden diese im Plenum mit allen TeilnehmerInnen (Multiplikatoren aus Administration, Verbänden, Beratung, Ministerien, Kammern, Umweltorganisationen sowie Landwirtinnen und Landwirten) diskutiert.

- Am Ackerbautag der BIO AUSTRIA Bauertage am 28.01.2015 wurden von Ao. Univ.Prof. Dr. Jürgen K. Friedel praxisrelevante Ergebnisse zu Bodenqualität und Artenvielfalt aus MUBIL und weiteren Forschungsprojekten präsentiert.
- Auf der MUBIL Homepage „www.mubil.boku.ac.at“ ist das Gesamtprojekt ausführlich beschrieben und es können alle Abschlussberichte und Unterlagen zu MUBIL Veranstaltungen heruntergeladen werden. Eine weitere Vernetzung mit MUBIL gibt es im Rahmen des Bildungsprojektes „BIONET Österreich“ unter „www.bio-net.at“.

Der Versuchsstandort Rutzendorf und die langjährige Datenbasis aus dem Projekt MUBIL wurden auch im Jahr 2014 für Forschungsk Kooperationen genutzt:

- Das Institut für Meteorologie der BOKU Wien nutzte Daten aus dem bisher laufenden Monitoring (z.B. Erhebung pflanzenbaulicher Parameter) zur Kalibrierung von Wasserhaushaltsmodellen bzw. Pflanzenwachstumsmodellen in den Projekten EQ4Water und AUVAM (in Kooperation mit Czech Globe, Tschechien). Da derartige qualitativ gesicherte und vor allem langjährige Datensätze in Österreich und insbesondere für diesen semiariden Klimaraum einzigartig sind, stellen diese eine wertvolle Grundlage für die aktuellen Auswertungen und bei Fortführung des Monitorings auch für zukünftige Forschungsfragen besonders im Zusammenhang mit dem rasch fortschreitenden Klimawandel dar.
- Der Kleinparzellenversuch SIM mit unterschiedlichen Düngungssystemen wurde als ein Prüfstandort einer neu entwickelten, einfachen Methode im Rahmen eines internationalen Projekts (Tea Bag Index Project, www.decolab.org/tbi) genutzt. Herkömmliche Teebeutel dienen dabei als Gefäß zur Messung der Abbaurate von organischem Material im Boden - einem Parameter zur Beurteilung der Bodengesundheit.

3 DATENGRUNDLAGEN

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.

Lage:	Ortschaft Rutzendorf, 8 km östlich der Wiener Stadtgrenze, Kleinproduktionsgebiet Marchfeld, Hauptproduktionsgebiet Östliches Flach- und Hügelland
Betriebsform:	Viehloser Marktfruchtbetrieb
Bewirtschaftung:	seit Herbst 2001 organisch biologisch nach den Richtlinien der Bio Austria
Klimadaten:	9,8°C, 520 mm (Pannonisches Trockengebiet)
Bodendaten:	meist Tschernoseme (Schwarzerden), lehmiger Schluff bis Lehm C _{org} : 1,89 %, N _{tot} : 0,16 %, pH-Wert: 7,6
Zielfruchtfolge:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jahr: Luzerne 2. Jahr: Luzerne 3. Jahr: Winterweizen + <i>Zwischenfrucht</i> 4. Jahr: Körnermais 5. Jahr: Sommergerste + <i>Zwischenfrucht</i> 6. Jahr: Körnererbse + <i>Zwischenfrucht</i> 7. Jahr: Winterweizen 8. Jahr: Winterroggen

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.

In den Jahren 2003 und 2004 in der Umstellungsphase war der Luzerneanteil deutlich erhöht. Die Schläge weisen einen unterschiedlichen Einstieg in die 8-feldrige Zielfruchtfolge auf. Die Tabelle 3.1-1 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 Düngerstreifen auf den Großschlägen (ab Erntejahr 2006) mit Biotonnekompost und Stallmist gedüngt wurden. Der mittlere Zwischenfruchtanteil an der Ackerfläche der Jahre 2003 bis 2014 liegt bei 37,5 %. Die Zwischenfrüchte waren Sommerzwischenfrüchte, die nach Ernte der Hauptfrucht als Stoppelsaat angebaut wurden (siehe auch Teilprojekt 1, Tabelle 4.1-13 im Anhang). Im Jahr 2009 wurde die Zielfruchtfolge erstmals auf allen Schlägen vollständig umgesetzt.

Tabelle 3.1-1: Fruchtfolge der einzelnen Schläge am Biobetrieb Rutzendorf der Jahre 2003 bis 2014 (S1M-S8M: Kleinparzellenversuche, S1G und SK: Referenzparzellen, DV...Düngungsvarianten, MD...Mineraldünger, ZF...Zwischenfrucht, Kultur unterstrichen...die Kultur wurde im Kleinparzellenversuch (ab Erntejahr 2004) und in den Düngestreifen auf den Großschlägen (ab Erntejahr 2006) mit Biotonnekompost (DV2) und Stallmist (DV3) gedüngt. Im KPV S1M erfolgte ab 2008 zusätzlich eine Düngung mit pflanzlicher Agrogasgülle (DV4).

Erntejahr Versuch	Bewirt- schung	Boden- bonität	DV	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
S1M	biol.	mittel	1-4	SOMMER- GERSTE ZF	WINTER- GERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROGGEN	LUZERNE	LUZERNE
S2M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN ZF	SOMMEN- BLUMEN	WINTER- ROGGEN	ERBSE	WINTER- ROGGEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN ZF	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE
S3M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROGGEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS
S4M	biol.	mittel	1-3	ERBSE	ZWEIFELN	WINTER- ROGGEN ZF	SOMMER- GERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROGGEN
S5M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	WINTER- WEIZEN	SOMMER- GERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- ROGGEN
S6M	biol.	mittel	1-3	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	TREIBICALE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	ERBSE	ERBSE
S7M	biol.	mittel	1-3	ERBSE	WINTER- ROGGEN ZF	TREIBICALE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROGGEN	LUZERNE
S8M	biol.	mittel	1-3	TREIBICALE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROGGEN	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	WINTER- WEIZEN
S1G	biol.	gering	1	SOMMER- GERSTE ZF	WEGERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROGGEN	LUZERNE	LUZERNE
SK	konv.	mittel	MD	SOMMER- DURUM	ZUCKER- RÜBE	WINTER- WEIZEN ZF	ZWEIFEL	WINTER- DURUM	KAR- TOFFEL	WINTER- DURUM	SPEISSOJA, FRÜH- KARTOFFEN	WINTER- DURUM	ZWEIFEL	WINTER- DURUM	KAR- TOFFEL

3.2 ERHEBUNGSFLÄCHEN UND VERSUCHSKONZEPT

In der Versuchsanordnung sind die Auswirkungen von spezifischen Abstufungen im Anbausystem (Düngungssysteme bzw. -varianten) innerhalb einer einheitlichen Fruchtfolge und bei gleicher Bodenbearbeitung, unterschiedlichen Bodenbonitäten, dem Vergleich mit konventionell bewirtschafteten Referenzflächen sowie dem Zeitfaktor, berücksichtigt.

In den verschiedenen Düngungssystemen werden optimierte Nährstoffkreisläufe viehloser biologischer Bewirtschaftung unter Einbeziehung von Biotonnekompost (DV2: Gründüngung + Biotonnekompost) und Verwertung von Luzerne über eine Agrogasanlage, die pflanzliche „Agrogasgülle“ liefert (DV4: Pflanzliche Agrogasgülle, ab 2008), mit einem viehlosen System mit alleiniger Luzernegründüngung (DV1: nur Gründüngung) und einem viehhaltenden System mit Stallmist (DV 3: Abfuhr von Luzerne und Stroh, statt dessen Zufuhr von Rindermist) verglichen.

Die Düngungsvarianten 1 bis 3 werden sowohl in allen acht Schlägen des Betriebes angelegten Kleinparzellenversuchen (auf mittlerer Bodenbonität) als auch in zwei Hektar großen Düngerstreifen je Variante und Schlag untersucht. Die Düngungsvariante 4 ist nur in den Kleinparzellenversuch S1M im Schlag 1 eingebunden. Referenzflächen dazu sind die Kleinparzelle S1G mit geringer Bodenbonität, angelegt auf dem biologisch bewirtschafteten Schlag 1 des Biobetriebes, und die Kleinparzellen SK und SK1, angelegt auf konventionell bewirtschafteten Flächen mit mittlerer Bodenbonität unmittelbar neben den Flächen des Biobetriebes.

Die konventionell bewirtschaftete Referenzfläche (SK) mit gleicher mittlerer Bodenbonität wie am Biobetrieb dient vor allem der vergleichenden Beobachtung der Veränderungen der Bodenkennwerte bei beiden Systemen im Zeitverlauf. Bei annähernd gleicher Ausgangssituation zu Beginn der Erhebungen in beiden Systemen können die Veränderungen im biologischen System dadurch kontrolliert und besser eingeschätzt werden. Im Jahr 2013 wurde eine zusätzliche konventionelle Referenzfläche (SK1) eingerichtet, um mit einer größeren Streuung die konventionelle Referenz abzusichern und die Vergleichbarkeit zu verbessern.

Im Rahmen von MUBIL V wurden pflanzenbauliche Untersuchungen (Ertragsleistung und Qualitätsparameter) in den Kleinparzellenversuchen und Referenzflächen sowie den Düngerstreifen durchgeführt. Bodenparameter wurden im Jahr 2014 nicht erhoben.

Seit Projektbeginn wurden kontinuierlich Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) mit unterschiedlichen Blümmischungen als 6 m breite Bracheflächen in den Ackerschlägen angelegt:

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. 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 weitere vier Blühstreifen (Ö1-W, Ö3-O, Ö5/2-W und Ö8-W) zwischen Ackerschlägen mit einer Gesamtfläche von 1,25 ha eingesät.

Im Rahmen von MUBIL IV wurden im Herbst 2011/Frühjahr 2012 zwei Blühstreifen im Schlag 5/1 mit einer Gesamtfläche von 0,39 ha angelegt (Ö5/1-N und Ö5/1-S). Die letzten drei Blühstreifen mit einer Gesamtfläche von 0,92 ha wurden im Herbst 2012 in den Schlägen 7, 8 und 4 ausgesät.

Die Gesamtfläche der bisher angelegten Nützlings- und Blühstreifen beträgt 5,10 ha, das entspricht 3,56 % der gesamten biologisch bewirtschafteten Ackerfläche des Betriebes. Der Betrieb ist weiterst mit schon länger bestehenden Felder-begrenzenden Gehölzstrukturen mit einer Gesamtlänge von 6034 m, davon 3113 m Baumreihen und 2921 m Hecken ausgestattet.

In den Blühstreifen wurde die Vegetationsentwicklung erhoben und die Wildbienenfauna untersucht. Der Schwerpunkt der Erhebungen in MUBIL V lag auf den Blühstreifen Ö6/1-O, Ö3-O und Ö5/2-W. Diese sind entweder mit unterschiedlichen Blümmischungen angelegt oder es wurden verschiedene Pflegemaßnahmen zur Aufrechterhaltung ihrer Biodiversitätsfunktion durchgeführt. Die einzelnen Maßnahmen wurden jeweils in mehreren Wiederholungen innerhalb eines Blühstreifens angelegt. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Ansaaten und Pflegemaßnahmen auf die Vegetationsentwicklung der Blühstreifen und die Wildbienenfauna wurden untersucht.

Die Teilprojekte arbeiten in Abhängigkeit ihrer Forschungsfrage auf unterschiedlichen Erhebungsflächen und Untersuchungsebenen am Betrieb (Tabelle 3.2-1). Die Schläge, Erhebungsflächen, Blühstreifen sowie Hecken und Baumreihen sind im Übersichtsplan (Abbildung 3.2-1) bzw. im Detailplan (Abbildung 3.2-2) dargestellt.

Tabelle 3.2-1: Übersicht über die Erhebungsflächen (Projekt MUBIL V - Forschung)

Ort der Probenahme	Auswahlkriterien	Anzahl/Code	Unter-suchungen
Kleinparzellenversuch (KPV): 12 PDF, 3 DV, 4 WH	7 Schläge; mittlere Bodenbonität	7 KPV/ S2M-S8M	Pflanzen
Kleinparzellenversuch (KPV): 16 PDF und 16 BDF 3 DV bzw. 4 DV, 4 WH	1 Schlag; mittlere Bodenbonität	1 KPV/ S1M	Pflanzen
Kleinparzelle (KP): 1 PDF und 1 BDF; (Referenzfläche bio., 1 DV)	1 Schlag; geringe Bodenbonität	1 KP/ S1G	Pflanzen
Kleinparzellen (KP): 2 PDF und 2 BDF, (Referenzflächen konv.)	2 konventionell bewirtschaftete Schläge; mittlere Bodenbonität	2 KP/ SK und SK1 (SK1 ab 2013)	Pflanzen
Düngerstreifen	8 Schläge	3 Düngerstreifen/ Schlag S1-0-DV1, ...	Pflanzen
Ackerflächen Gesamtbetrieb	8 Schläge (3 Schläge davon bestehen aus jeweils 2 Teilschlägen)	Schlag 1- Schlag 8	Bewirtschaftung Pflanzen
Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen)	Zwischen Ackerschlägen und entlang von Hecken und Baumreihen	3 Blühstreifen/ Ö3-O, Ö5/2-W, Ö6/1-O, ...	Vegetation Wildbienen

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;

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

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



Abbildung 3.2-1: Übersichtskarte Bio-Betrieb Rutzendorf mit Schlägen, Versuchsflächen und Nützlings- und Blühstreifen.

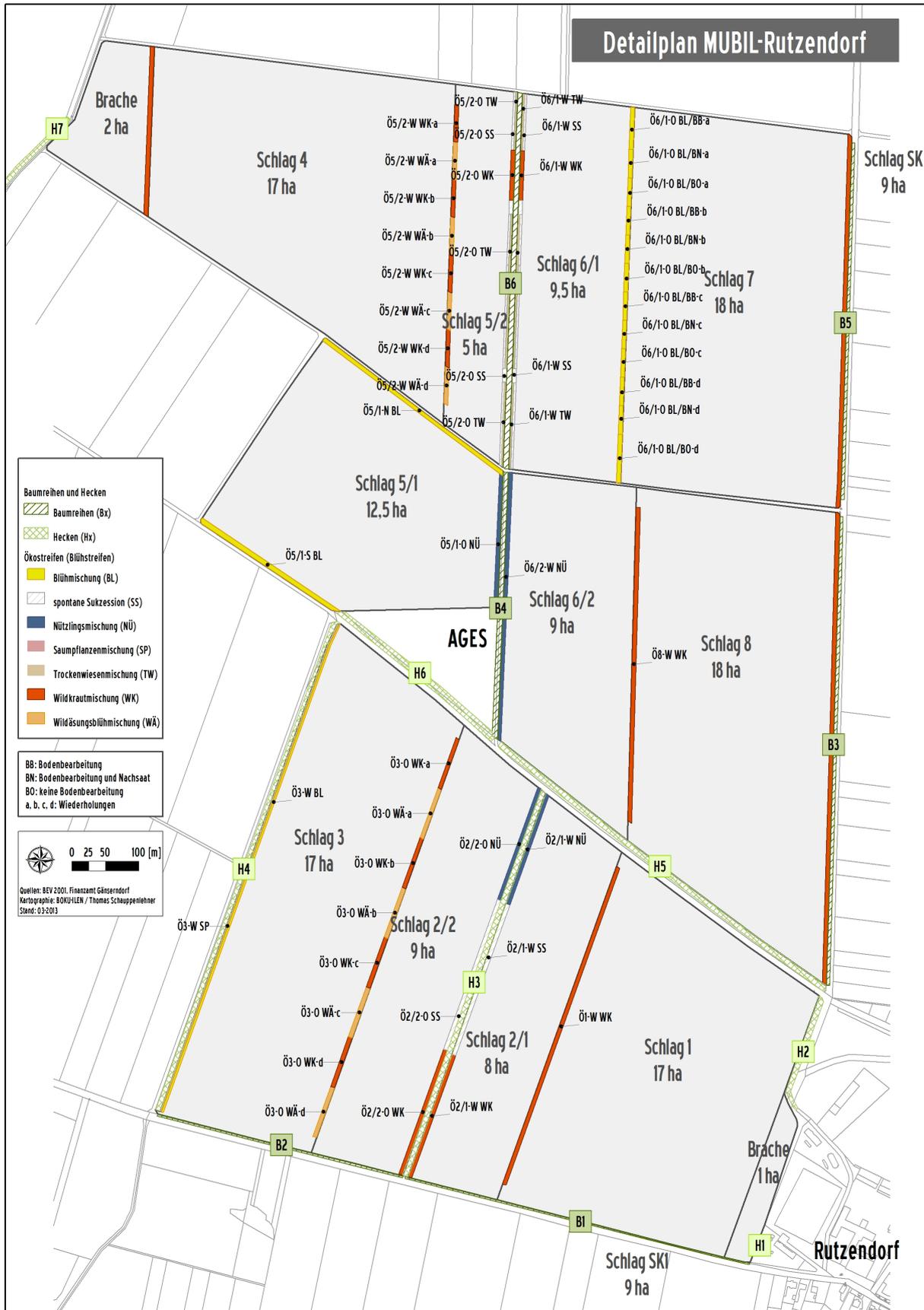


Abbildung 3.2-2: Detailplan Rutzendorf mit Übersicht über die Nützlings- und Blühstreifen, Hecken und Baumreihen

3.3 ERLÄUTERUNG DÜNGUNGSSYSTEME (-VARIANTEN)

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. Bis auf die Ernte und die Düngung wird auch im Bereich der Parzellen die betriebsübliche Bewirtschaftung durch die BVW GmbH durchgeführt.

- **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 Leitfruchtfolge, 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 werden von den Parzellen dieser Düngungsvariante abgefahren. Der berechnete Mistanfall (Rottemist) wird jährlich auf zwei Parzellenversuche aufgeteilt.
- **Düngungsvariante 4 (D 4) „Futternutzung + Pflanzliche Agrogasgülle“:** 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 Agrogasgülle durch anaerobe Fermentation abgefahren. Die dafür eingesetzten Luzernemengen sind an der DV3 „Stallmist“ orientiert. Dem Entzug äquivalente Mengen der Agrogasgülle werden als Dünger auf die Flächen zurückgebracht.

Tabelle 3.3-1: Übersicht Unterscheidung Düngungsvarianten

Düngungsvariante (DV)	Luzernenutzung	Strohnutzung	Org. Düngung	Zwischenfrüchte
DV 1	Gründüngung	Düngung	keine	Gründüngung
DV 2	Gründüngung	Düngung	Biotonnekompost	Gründüngung
DV 3	Futternutzung*	Abfuhr	Stallmist	Gründüngung
DV 4	Futternutzung*	Düngung	Agrogasgülle	Gründüngung

*Schnitt und Abfuhr von Luzerne

Tabelle 3.3-2: Zielfruchtfolge und Aufteilung der organischen Dünger

Zielfrucht- folge:	D V	Luzerne	Luzerne	Winter- weizen	Körner- mais	Sommer- gerste	Erbse	Winter- weizen	Winter- roggen
Organische Düngung:	1	Mulch	Mulch		-			-	
	2	Mulch	Mulch		Biotonnekompost			Biotonnekompost	
	3	Abfuhr	Abfuhr		Stallmist			Stallmist	
	4	Abfuhr	Abfuhr		Agrogasgülle			Agrogasgülle	

DV...Düngungsvariante

3.4 KLIMAVERHÄLTNISSE

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

Die Station Groß-Enzersdorf liegt am östlichen Ortsrand von Groß-Enzersdorf auf dem Gelände der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien. Abbildung 3.4-1 zeigt die langjährigen Mittel der Temperatur bzw. die Niederschlagssummen in der Periode 1971 bis 2000. Das mittlere Jahresmittel beträgt $9,8\text{ °C}$, die mittlere Niederschlagssumme beträgt $520,5\text{ mm}$. Der Jänner ist mit $-0,4\text{ °C}$ der kälteste, der Juli mit 20 °C der wärmste Monat. Mit $67,5\text{ mm}$ 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.

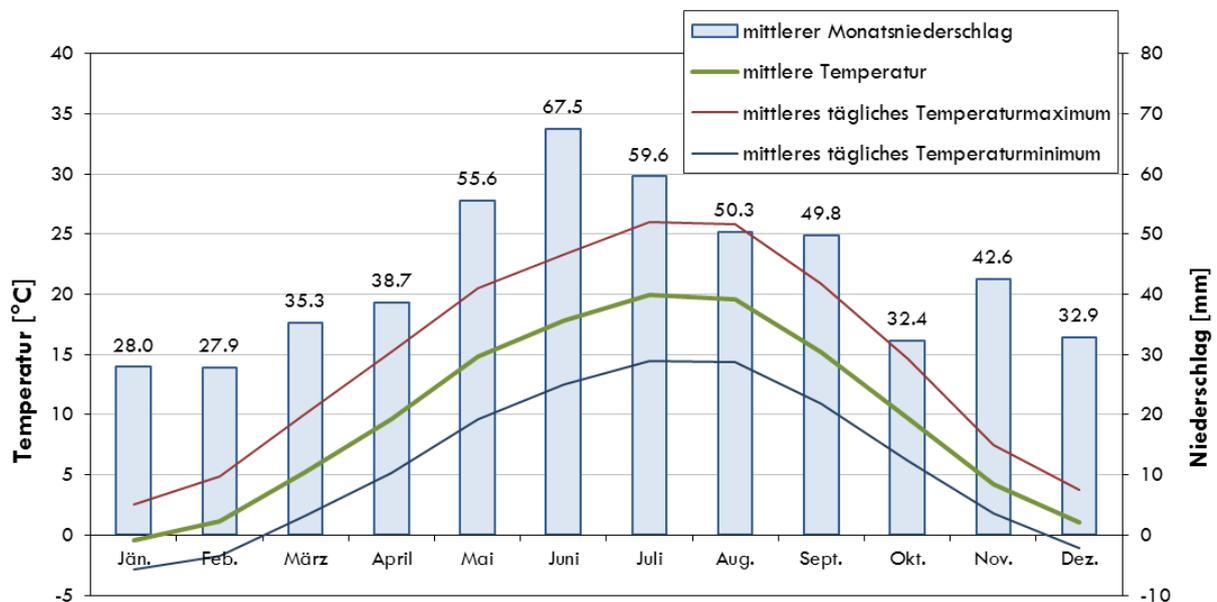


Abbildung 3.4-1: Mittlere Temperatur- und Niederschlagsverteilung der Station Groß-Enzersdorf in der Periode 1971-2000 (Datenquelle: ZAMG)

In den Jahren 2003-2014 liegen die mittlere Jahrestemperatur am Standort Rutzendorf bei $10,7\text{ °C}$ und die mittlere Jahresniederschlagssumme bei $511,1\text{ mm}$. Allgemein gesehen stellen sich die jährlichen Witterungsverhältnisse am Untersuchungsstandort Rutzendorf seit 2003 sehr unterschiedlich dar (Abbildung 3.4-2).

Die Jahresmitteltemperatur bewegt sich zwischen $9,8\text{ °C}$ (2005) und $11,8\text{ °C}$ (2014), die Frühjahrstemperaturen bewegen sich zwischen $9,7\text{ °C}$ (2004) und $12,2\text{ °C}$ (2014). Die wärmsten Frühjahre (März-Mai) sind mit ca. 12 °C Temperaturmittel in den Jahren 2007, 2009, 2012 und 2014 aufgetreten. Die kühlest Frühjahre traten mit knapp unter 10 °C in den 2004, 2005, 2006 und 2010 mit zudem vergleichsweise hohen Frühjahrsniederschlägen auf.

Vor allem aber zeigen sich bei den Jahresniederschlägen große Unterschiede. Sie schwanken seither von 325 mm (2011) bis 690 mm (2007). 2011 betrug der Jahresniederschlag damit nur rund 50 % von 2007. Vergleicht man die interannuelle Variabilität und hier vor allem die Frühjahrswerte, so zeigt das Jahr 2007 mit dem größten Jahresniederschlag die zweitgeringste Niederschlagssumme in den Frühjahrsmonaten im Zeitraum 2003-2014. Die Niederschlagssummen im Frühjahr schwanken extrem: von rund 50 mm (2012) bis zu etwa 180 mm (2006), das entspricht der 3,5-fachen Niederschlagsmenge im selben Zeitraum. Die letzten Jahre fallen hinsichtlich der geringen Niederschläge auf, 2011 aufgrund der geringsten Jahressumme und 2012 aufgrund der geringsten Frühjahrssumme seit Projektbeginn. Im Jahr 2014 waren sowohl die Niederschlagsmengen im Frühjahr als auch im Gesamtjahr sehr hoch.

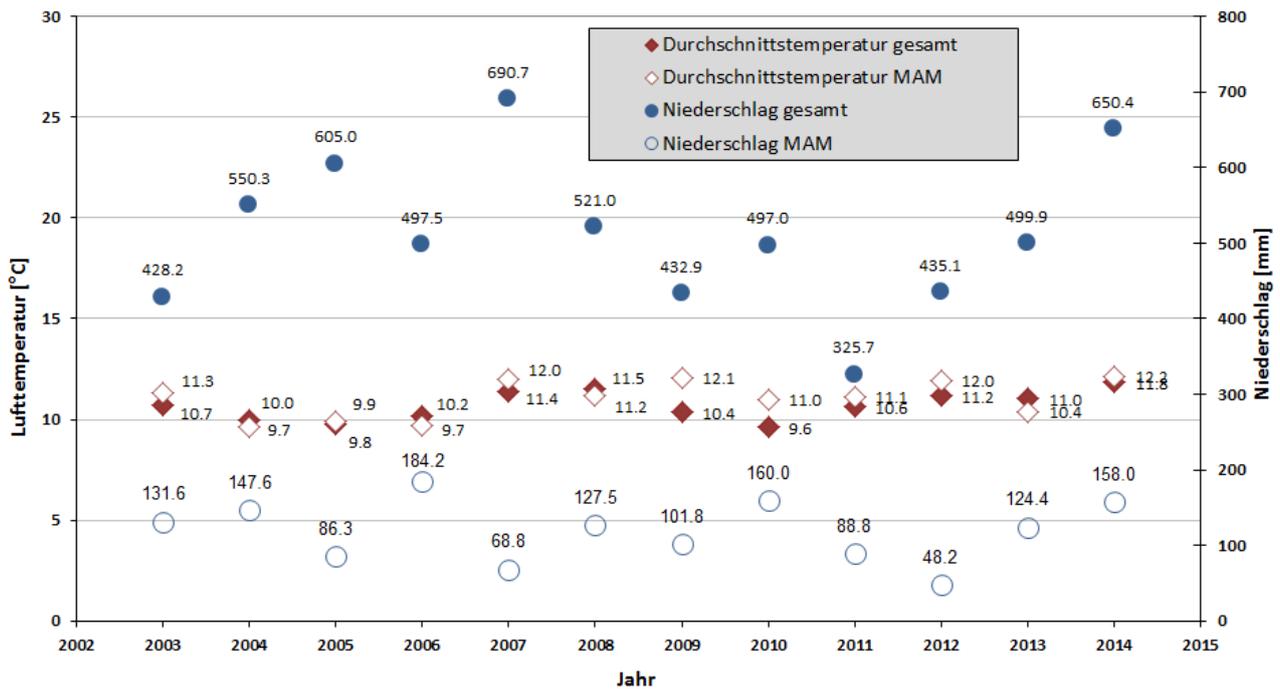


Abbildung 3.4-2: Lufttemperaturen und Niederschlagssummen 2003-2014 auf Jahresbasis sowie für die Monate März-April-Mai (MAM), agrarmeteorologische Messstation Standort Rutzendorf (ergänzt mit Daten der ZAMG).

4 BERICHTE DER TEILPROJEKTE

4.1 TEILPROJEKT 1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT

Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im biologischen Landbau auf pflanzenbauliche Parameter

BearbeiterInnen: A. Surböck, M. Heinzinger, J.K. Friedel, A. Schweinzer, D. Meisinger, B. Freyer
 Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien.
 Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Im Rahmen der Langzeituntersuchung werden seit dem Jahr 2003 die Auswirkungen der biologischen Bewirtschaftung und verschiedener Düngungssysteme bzw. -varianten (DV 1: nur Gründüngung (GD) mittels Luzernemulch; DV 2: GD + Biotonnekompost zugeführt (äquivalent dem P-Entzug der Fruchtfolge); DV 3: Luzerne und Stroh abgeführt + Stallmist zugeführt (äquivalent zu Raufutter- und Strohentzug); seit 2008: DV 4: Luzerne abgeführt + Agrogasgülle zugeführt (äquivalent zu Raufutterentzug) auf Ertrag und Qualität der Kulturpflanzen und auf Bodenkennwerte geprüft. Die Auswirkungen der Systeme auf die Ertragsentwicklung wurde im vorliegenden Bericht schwerpunktmäßig für die Jahre 2009 bis 2014 zusammenfassend dargestellt, da ab 2009 die Zielfruchtfolge auf allen Schlägen vollständig umgesetzt war.

In DV 3 führte die Luzerneabfuhr zu signifikant geringeren Kornerträgen und Proteingehalten des nachfolgenden Winterweizens gegenüber der DV 1 und DV 2. Aufgrund des Stickstofftransfers mit der Stallmistdüngung innerhalb der Fruchtfolge wurden aber deutliche Ertragssteigerungen beim Winterweizen nach Körnererbse und dem anschließenden Winterroggen in einer weniger bevorzugten Stellung in der Fruchtfolge erzielt. Die Proteingehalte des Winterweizens konnte durch die Stallmistdüngung nicht signifikant beeinflusst werden. Insgesamt lag der Gesamtertrag der Marktfrüchte in DV 3 um 2 % (nicht signifikant) über dem Ertrag der DV 1. In DV 2 wurden mit dem Biotonnenkompost zusätzlich Stickstoff (im Mittel ca. 42 kg je Hektar und Jahr) und organische Substanz in den Betriebskreislauf gebracht. Damit konnte der Gesamtertrag der Marktfrüchte dieser Variante um 3 % (signifikant, $P < 0,05$) gegenüber der DV 1 gesteigert werden. Der Großteil des Düngerstickstoffs aus dem Biotonnekompost wurde jedoch in den Humusvorrat des Bodens eingebunden und dient damit zum Aufbau und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit. Aber auch der Fruchtfolgeertrag der Marktfrüchte in DV 1 (nur Gründüngung) war ansprechend und lag nur geringfügig unter den Erträgen in DV 2 und DV 3, was generell auf die nachhaltige Fruchtfolge als Basis für alle Systeme mit entsprechendem Leguminosenanteil (25,0 % Luzerne, 12,5 % Körnererbse) und damit Stickstoffinput zurückgeführt wird.

The effects of different organic fertilisation systems (variant 1: green manure by mulching Lucerne; variant 2: green manure plus communal compost; variant 3: removal of lucerne crop and cereal straw plus farmyard manure; since 2008: variant 4: removal of lucerne plus agrogas slurry) on crop yield and quality and soil properties have been examined at the biofarm "Rutzendorf" since the year 2003. The present report illustrates the yield effect of different fertilization systems from 2009 to 2014; because the targeted crop rotation was complied on each field from 2009 on.

In variant 3, compared to variant 1 and 2, lucerne was removed, resulting in a lower grain yield and protein content of the following winter wheat. On the contrary the grain yield of winter wheat after pea was clearly increased due to the N transfer by farmyard manuring. Also the subsequent winter rye showed high grain yields. However, the protein content of winter wheat could not be significantly affected by farmyard manure. In variant 3 the total crop yield of all cash crops was 2 % higher than in variant 1 (not statistically confirmed). The fertilization with compost in variant 2 supplies the soil with

extra Nitrogen (about 42 kg per hectare and year) and organic matter resulting in a 3 % higher crop yield of the cash crops in variant 2 (statistically confirmed) compared to variant 1. Nevertheless the bigger part of nitrogen deriving from compost was used for humus accumulation and served for the structure and maintenance of soil fertility. The total crop yield of all cash crops in variant 1 was also high and slightly fell below the values of variant 2 and 3 as a result of the generally sustainable crop rotation due to the high proportion of legumes (25,0% Lucerne, 12,5% pea).

EINLEITUNG

Im biologischen Landbau werden aufgrund des geringen Betriebsmittelinputs Ertrag und Qualität der Pflanzen über spezifische innerbetriebliche acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen gesteuert. Fruchtfolge und Leguminosenanteil sowie organische Düngung müssen so aufeinander abgestimmt werden, dass die Bodenfruchtbarkeit erhalten und gefördert wird, und die verfügbaren Nährstoffe optimal genutzt werden.

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

In dieser Untersuchung werden das Ausmaß und die Dynamiken einer langfristigen biologischen Bewirtschaftung auf das System Boden-Pflanze überprüft und beurteilt.

Die Mehrzahl der biologisch wirtschaftenden Betriebe in der Untersuchungsregion Marchfeld, die als repräsentativ für das ostösterreichische Trockengebiet betrachtet wird und in der der Versuchsbetrieb liegt, wirtschaftet viehlos bzw. vieharm. Um die langfristigen Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien auf Boden, Pflanzen und Nährstoffkreisläufe zu verstehen und um die biologische Bewirtschaftung nachhaltig zu optimieren, wurden vier Düngungsvarianten (DV), auch als Düngungssysteme bezeichnet, verglichen. Die Düngungssysteme werden dabei sowohl in statistisch auswertbaren Kleinparzellenversuchen als auch im großen Maßstab auf Betriebsebene für einen konkreten Praxisbezug geprüft.

Die Projektkonzeption umfasst daher Untersuchungen auf der betrieblichen Ebene (Schlag und Gesamtbetrieb) und auf der Ebene von Feldversuchspartellen.

Betriebliche Ebene:

- Planen und dokumentieren der biologischen Bewirtschaftung des Betriebes in Zusammenarbeit mit der BVW GmbH.
- Ermitteln des Aufwuchses / Abfuhr der Luzerne, der Stoffeinträge über die organische Düngung und Stoffabfuhr über die Ernteprodukte sowie von Erträgen und Qualitäten der Ernteprodukte in drei Düngungssystemen (-varianten).

Ebene Feldversuch:

- Ermitteln des Aufwuchses / Abfuhr der Luzerne, der Stoffeinträge über die organische Düngung und Stoffabfuhr über die Ernteprodukte sowie von Erträgen und Qualitäten der Ernteprodukte in vier Düngungssystemen (-varianten). Statistische Auswertung der erhobenen Daten zur Prüfung der Unterschiede zwischen den Varianten.

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

Nach Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung wurden aufgrund geänderter Fruchtfolgen (v.a. Futterleguminosenanbau, Zwischenfruchtbau) und einer organischen Düngewirtschaft (v.a. tierische Dünger) positive Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit (z.B. Qualität der organischen Bodensubstanz, den Humushaushalt und die Bodenstruktur) beobachtet (Herrmann und Plakolm, 1993; Fließbach und Mäder, 2000; Fließbach et al., 2000b).

Da in viehlosen Systemen keine tierischen Dünger zur Verfügung stehen, fehlen deren zusätzlichen positive Effekte auf die Bodenstruktur, auf das Bodenleben und die Mobilisierung von Bodennährstoffvorräten. Mittel- bis langfristig sind daher Unterschiede bei der Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit, der Wasserspeicherfähigkeit der Böden, den Erträgen sowie der Qualität der Ernteprodukte zwischen Systemen mit dem Einsatz von unterschiedlichen organischen Düngern (Biotonnekompost, Stallmist) und einem nur auf eine Gründüngung aufgebautem System zu erwarten.

MATERIAL UND METHODEN

Betriebliche Ebene

Die gesamte Ackerfläche ist in acht annähernd gleich große Schläge mit einer Schlaggröße von jeweils ca. 17 ha (S1 – S8) geteilt. Drei dieser Schläge sind noch einmal zweigeteilt, wobei die kleinste Teilschlagfläche ca. 5 ha umfasst. Von den 3 Düngerstreifen pro Schlag – mit jeweils zwei Hektar je Düngungsvariante (DV 1, DV 2, DV 3) – wurde nur bei der Düngungsvariante 3 (DV 3 = Stallmist) maschinell Luzerne und Stroh abgefahren. Auf den beiden anderen Düngungsvarianten (DV 1, DV 2) wird die Luzerne gemulcht bzw. bleibt auch das Getreidestroh gehäckselt liegen. Genau das Gleiche geschieht in den Kleinparzellenversuchen (KPV). Die Düngermengen sind auf die Ausbringungsmengen je ha der Kleinparzellenversuche (KPV) abgestimmt bzw. hochgerechnet. Die Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) auf den Düngerstreifen erfolgte maschinell mit einem Miststreuer. Die Düngungsvariante 4 (DV 4 = Pflanzliche Agrogasgülle) wird nur im Kleinparzellenversuch S1M auf dem Schlag 1 und nicht auf den Düngerstreifen umgesetzt. Bis 2009 wurden von jedem Düngerstreifen mittig nur eine Mähdescherschnittbreite geerntet und durch Wiegung der Erntemenge und Umlegung auf die geerntete Fläche, auf 2 ha hochgerechnet. Ab dem Jahr 2010 erfolgte die Ertragsfeststellung durch Ernte und Wiegung der Erntemenge der gesamten zwei Hektar eines Düngerstreifens. Die Einheitlichkeit in der Bodengüte der drei Düngerstreifen je Schlag wurde über die Berechnung einer mittleren Ackerzahl je Düngerstreifen geprüft (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Flächenanteile je Ackerzahl) und dabei nur eine geringe Streuung zwischen den Düngerstreifen je Schlag festgestellt.

Ebene Feldversuch

Das Monitoring wird seit 2003 auf den 8 Schlägen mit 8 Kleinparzellenversuchen (KPV: S1M – S8M) mit drei Düngungsvarianten (DV 1, DV 2, DV 3) und den zwei Referenzparzellen (KP: S1G und SK) durchgeführt. Seit 2013 gibt es eine neue Referenzparzelle KP SK1, wobei die beiden konventionellen Referenzparzellen SK und SK1 nicht zum Biobetrieb und auch nicht der BVW GmbH gehören. Im Hauptversuch S1M wurde ab dem Jahr 2008 eine vierte Düngungsvariante (DV 4: Pflanzliche Agrogasgülle) angelegt.

Gemäß der Zielfruchtfolge wurden Winterweizen nach Erbse und Körnermais mit Biotonnekompost (DV 2) bzw. Stallmist (DV 3) gedüngt. Die Ausbringung der Dünger auf den Kleinparzellenversuchen erfolgte für beide Kulturen im Herbst (bei Winterweizen unmittelbar vor seinem Anbau, bei Körnermais zum Umbruch der Zwischenfrucht vor Mais) händisch, parzellengenau und gleichmäßig auf die jeweiligen Parzellen verteilt. Der Stallmist und der Biotonnekompost werden unmittelbar nach der Düngung mit einem Flügelschar-Grubber in den Boden eingearbeitet. Die erste Düngung mit Agrogasgülle (DV 4) erfolgte im

Jahr 2008 zu Körnermais, die zweite Düngung im Jahr 2011 zu Winterweizen. Die Agrogasgülle wurde im Frühjahr jeweils in zwei Düngergaben händisch und gleichmäßig verteilt auf den Parzellen ausgebracht und in Folge oberflächlich mit einem Hackstriegel (Winterweizen), mit einer Saatbettkombination (bei Ausbringung zum Maisanbau) und einem Hackgerät (bei Ausbringung nach Maisanbau) in den Boden eingearbeitet. Zur Ausbringung wurden Düngerproben gezogen und die Nährstoffgehalte der Dünger analysiert (Durchführung: AGES). Bis auf die Ernte und die Düngung erfolgte auch auf den Parzellen die schlagbezogene betriebsübliche Bewirtschaftung durch die BVW GmbH.

Die Bestandsentwicklung beim Getreide ist über die Aufnahme der Bestockung, der Bestandsdichte, der Bestandshöhe und der Lagerung und beim Körnermais durch Aufnahme der Bestandsdichte und Bestandshöhe dokumentiert.

Getreide und Erbse wurden mit einem Parzellenmährescher (1,5 m Schnittbreite) auf den vorgesehenen Erntestreifen (1,5 m Breite) in jeder Parzelle geerntet. Beim Mais wurden die Kolben am Feld händisch geerntet und anschließend getrocknet. Die Maiskörner werden von der Maisspindel mit einem Maisrebler getrennt und anschließend der Kornertrag festgestellt. Die Erntefläche je Parzelle betrug bei Körnermais 20,0 m², bei Getreide und Erbse ca. 13,5 m² und im Hauptversuch KPV S1M wurde bei Getreide und Erbse eine Fläche von ca. 22,5 m² geerntet. Die Längen der Erntestreifen können arbeitstechnisch etwas variieren, wobei diese Unterschiede bei der Ertragsberechnung berücksichtigt werden. Die jährlichen Ertragserhebungen bei Luzerne werden in allen Parzellen aller Düngungsvarianten durch Quadratmeterernten jeweils zu 3 Schnitterminen bestimmt. Je Schnittermin wurden händisch 2 m² je Parzelle, auf den dafür vorgesehenen Erntestreifen mit Scheren in einer Schnitthöhe von 10 bis 15 cm, geerntet. Nach der Quadratmeterernte wurde auf allen DV 3 Parzellen die Luzerne vollständig abgemäht und abgefahren. Die Luzerne auf den Parzellen der DV 1 und DV 2 wird immer gemulcht. Im Hauptversuch S1M wurde die Luzerne von den Parzellen der DV 3 und DV 4 (DV 4: nur zwei Schnitte) nach der Quadratmeterernte abgemäht und von der Fläche gebracht. Die Menge der oberirdischen Biomasse der Zwischenfrüchte wurde ebenfalls mittels Quadratmeterernten festgestellt und anschließend bei allen Düngungsvarianten gemulcht. In den DV 3 Parzellen wird das Getreidestroh der gesamten Parzellenfläche händisch abgeführt, auf den anderen Düngungsvarianten bleibt das gehäckselte Stroh liegen. Die abgeführten Mengen, an Luzerne als Futter und Getreidestroh als Einstreu, wird gemäß des Bedarfs einer Mutterkuhherde mit 0,5 GVE/ha bei einer ganzjährigen Haltung im Tieflaufstall mit Auslauf berechnet.

Für Getreide, Mais, Erbse, Luzerne und die Zwischenfrucht wurde die Trockenmasse festgestellt (Trocknung bei 105 °C) und die jeweilige Ertragsleistung je Parzelle mit einheitlichen Trockensubstanzgehalten je Kultur auf Dezitonnen pro Hektar hochgerechnet. Je nach Kultur wurden für das Getreide, die Körnererbse und den Körnermais analysiert: Tausendkorngewicht (TKG), Hektolitergewicht, Fallzahl, Vollgerstenanteil und Rohproteingehalt. Die Bestimmung von Stickstoff und Kohlenstoff erfolgte mittels eines CN-Analyzers (Elementanalysator), wobei die Proben zuvor einheitlich bei 60 °C getrocknet und anschließend entsprechend fein gemahlen wurden. Die Analyseergebnisse werden u.a. für die Ermittlung der Rohproteingehalte (über den N-Gehalt) verwendet.

Die Kleinparzellenversuche sind randomisierte komplette Blockanlagen mit drei bzw. im Versuch S1M mit vier verschiedenen Düngungsvarianten in vierfacher Wiederholung. Die Messergebnisse der KPV in den einzelnen Erntejahren wurden mit statistischen Tests (2-faktorielle ANOVA – paarweiser Mittelwertvergleich nach Tukey, $p < 0,05$) auf signifikante Unterschiede geprüft und in Tabellen dargestellt. Die gemeinsame Auswertung der Daten aus allen Kleinparzellenversuchen (3 Düngungsvarianten, 4 Wiederholungen) über mehrere Jahre wurde in einem allgemeinen, linearen Modell mit univariater Varianzanalyse mit der Düngungsvariante als fixer Faktor und das Jahr und die

Wiederholung als zufällige Faktoren durchgeführt (Tukey-Test, $p < 0,05$). Die Berechnungen erfolgten mit der Statistiksoftware SPSS (IBM SPSS Statistics 21).

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Daten zu den Erträgen und Qualitäten der Kulturen wurden in allen Schlägen des Bio-Betriebes auf betrieblicher Ebene in großflächigeren Düngerstreifen und in Kleinparzellenversuchen mit mehreren Wiederholungen erhoben. Von der BVW GmbH wurden die Erträge von den Gesamtschlägen und die Bewirtschaftungsmaßnahmen dokumentiert.

Der Einstieg in die Zielfruchtfolge orientiert sich an der jeweils schlagspezifischen Fruchtfolgegeschichte. Ab dem Jahr 2009 war in allen Schlägen die Zielfruchtfolge vollständig umgesetzt und damit ab diesem Zeitpunkt jedes Fruchtfolgeglied in jedem Jahr vertreten. Die Darstellung der Erträge der einzelnen Kulturen konzentriert sich daher vor allem auf die Zeitperiode 2009 bis 2014. Darüber hinaus werden einzelne Ergebnisse der Dünungssysteme über die Gesamtlaufzeit dargestellt und das Erhebungsjahr 2014 näher betrachtet.

Betriebliche Ebene

Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen

Alle Maßnahmen und Erträge der einzelnen Schläge der Jahre 2013 und 2014 sind in der Tabelle 4.1-12 im Anhang zusammengefasst. Die Erträge auf den Großschlägen liegen in den einzelnen Jahren vor allem aufgrund der Einbeziehung der Schlagränder und des Vorgewendes mit geringeren Erträgen meist etwas unter dem Ertragsniveau der Düngerstreifen und Kleinparzellenversuche (vergleiche Abbildung 4.1-2 und 4.1-5).

Für die Grundbodenbearbeitung vor den Marktfrüchten kam der Pflug (ca. 30 cm Bodentiefe) zum Einsatz. Aufgrund eines starken Durchwuchs des Winterroggens in der nachfolgenden Luzerne bei Bearbeitung nur mit dem Flügelschar-Grubber, wurde die Grundbodenbearbeitung vor dem Luzerneanbau im Sommer ab dem Jahr 2013 ebenfalls mit dem Pflug durchgeführt. In den Jahren davor wurde vor dem Luzerneanbau nur gegrubbert. Für alle Kulturen wurde zertifiziertes Saatgut verwendet. Vor Körnermais wurde ein Zwischenfruchtgemenge aus Körnerleguminosen und Nicht-Leguminosen und vor Körnererbse ein Gemenge aus Nicht-Leguminosen angebaut. Die Ausfallerbse vor Winterweizen als Zwischenfrucht wurde durch den Anbau eines Zwischenfruchtgemenges (Leguminosen und Nicht-Leguminosen) ergänzt (siehe Tabelle 4.1-13 im Anhang). Der Anbau der Zwischenfrüchte erfolgte jeweils als Stoppelsaat Mitte August mit einer Mulchsaatmaschine nach ein- bis zweimaligen Einsatz des Flügelschar-Grubbers. Die Bearbeitung der Zwischenfrüchte (Mulchen/Umbruch) wurde vor dem Winterweizenanbau bzw. im Herbst des Anlagejahres durchgeführt. Die Beikrautregulierung wurde bei Getreide und Erbse mittels ein- bis zweimaligem Striegeln und bei Körnermais mittels ein- bis zweimaligem Hacken durchgeführt. Am Biobetrieb Rutzendorf erfolgt keine Beregnung der Kulturen.

Die acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen haben sich über die Erhebungsjahre nicht wesentlich geändert. Die dargestellten Maßnahmen der letzten beiden Jahre können daher als repräsentativ für die bisherige Bewirtschaftung am Bio-Betrieb angesehen werden.

Marktfruchterträge

In der Tabelle 4.1-1 sind die mittleren Marktfruchterträge der Großschläge am Biobetrieb Rutzendorf der Jahre 2008 bis 2013 bzw. 2009 bis 2013 bei Winterroggen den Erträgen von Biomarktfruchtbetrieben (Quelle: Grüner Bericht 2014) im gleichen Zeitraum gegenübergestellt. Im Vergleich zu den Biomarktfruchtbetrieben konnten vor allem bei Getreide hohe Erträge erzielt werden. Der mittlere Körnermaisenertrag ist ebenfalls höher, der relative Unterschied zum Ertrag der Marktfruchtbetriebe ist aber wesentlich geringer als bei den Getreidearten. Bei Körnererbse sind die Unterschiede bei einem generell sehr niedrigen Ertragsniveau nur gering.

Tabelle 4.1-1: Vergleich der Hektarerträge am Biobetriebe Rutzendorf (Großschläge) mit Hektarerträgen von Biomarktfruchtbetrieben (Quelle: Grüner Bericht 2014)

Kultur	Winterweizen	Winterroggen	Sommergerste	Körnermais	Körnererbse
Ertrag in dt/ha Biobetrieb Rutzendorf*	44,8	35,5	35,5	72,5	13,7
Ertrag in dt/ha Biomarktfruchtbetriebe*	33,8	23,8	19,5	61,8	11,3

*Mittelwerte der Erträge aus den Jahren 2008 bis 2013, Winterroggen nur 2009 bis 2013

Ebene Feldversuch (Kleinparzellenversuche)

Düngungssysteme – Luzernenutzung

Der Luzerneaufwuchs der Düngungsvariante 3 (Stallmist) wurde geschnitten und von den Parzellen abgefahren. Die Abbildung 4.1-1 zeigt die Biomasseerträge und den darin enthaltenen Stickstoff (Summe aus zwei bis drei Schnitten) dieser Variante der Kleinparzellenversuche mit zweijährigem Luzerneanbau. Im Mittel der Jahre 2004 bis 2014 wurden 79 dt/ha/Jahr Trockenmasse an oberirdischer Biomasse (entspricht 3527 kg C/ha/Jahr) der Luzerne geerntet. Der mittlere Stickstoffertrag in der oberirdischen Luzernebiomasse der Jahre 2004 bis 2014 war 248 kg/ha/Jahr, das mittlere C/N-Verhältnis betrug 14,2.

Grundsätzlich wiesen die Luzerneerträge je nach Witterungsverlauf und dadurch bedingtem Wasserangebot starke Schwankungen zwischen den Erntejahren auf. So wurden hohe Erträge bei ausreichenden Niederschlägen in der Vegetationszeit, wie z.B. in den Jahren 2011 und 2013 erreicht. Die unterdurchschnittlichen Erträge im zweiten Luzernejahr der Jahre 2005, 2007 und 2012 waren vor allem auf die ausgeprägte Frühjahrstrockenheit in diesen Jahren zurückzuführen.

Im ersten Jahr muss sich der Luzernebestand erst etablieren. Der Anbau der Luzerne erfolgte in den letzten Jahren als Blanksaat im Sommer vor dem ersten Hauptnutzungsjahr. In den Jahren 2009 bis 2012 war der Luzernebestand im Frühjahr schwach und ungleich entwickelt und hatte teilweise starke Konkurrenz durch Roggendurchwuchs. Auf diesen Schlägen wurde daher der erste Schnitt bei allen Düngungsvarianten als Schröpfschnitt ohne Abfuhr der Luzernebiomasse durchgeführt bzw. am Schlag 6 (KPV S6M) die Luzerne im Frühjahr nochmals angebaut. Aufgrund des Fehlens des ertragreichen ersten Schnittes war die Gesamtabfuhr in diesen Jahren mit jeweils unter 40 dt/ha Luzernetrockenmasse sehr gering. Im Jahre 2013 (KPV S1M) wurde hingegen mit 99,3 dt/ha auch im ersten Luzernejahr mit drei Schnitten wieder ein hoher Trockenmasseertrag erreicht. Die Gründe dafür liegen in der guten Entwicklung des Luzernebestandes schon im Herbst des Ansaatjahres und den optimalen Wachstumsbedingungen mit ausreichenden Niederschlägen im ersten Luzernejahr, welche hohe Erträge

bei den ersten zwei Luzerneschnitten ermöglichten. Auch im Jahr 2014 war der Luzerneertrag im ersten Anbaujahr mit 93,3 dt/ha Trockenmasse sehr hoch (KPV S7M, siehe Tabelle 4.1-10 im Anhang).

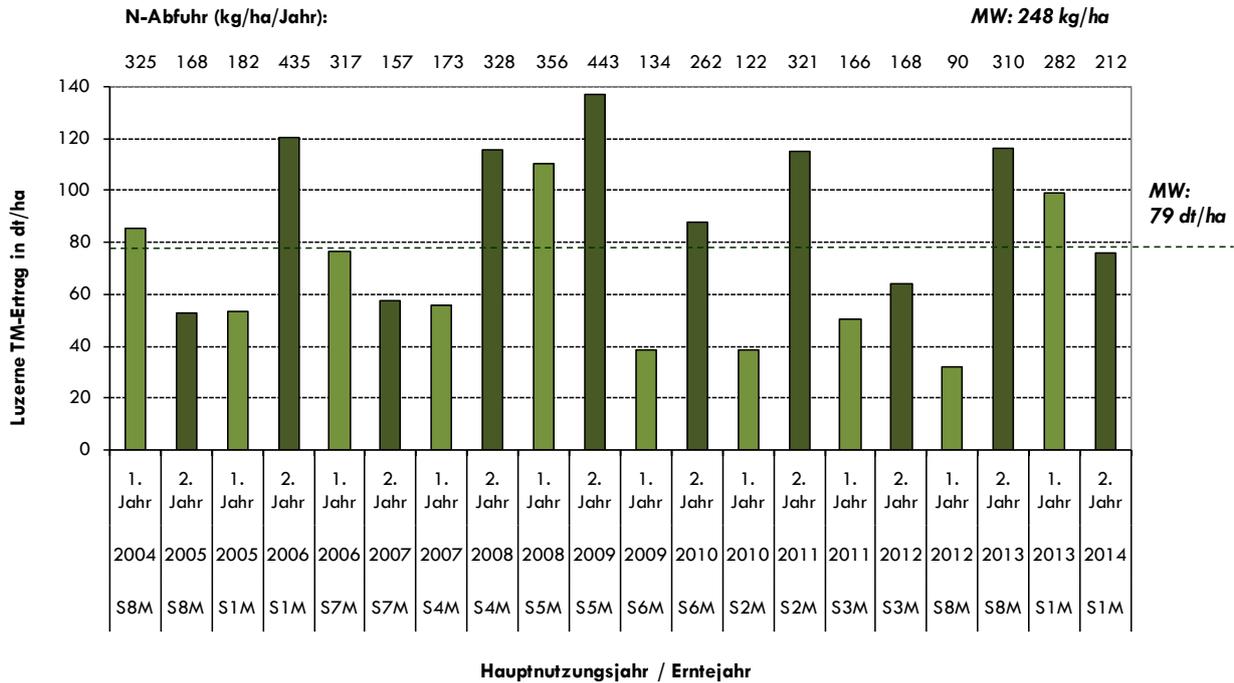


Abbildung 4.1-1: Luzerne-Trockenmasseertrag bei Schnittnutzung (DV 3) in Abhängigkeit des Erntejahres (MW...Mittelwert)

Bei den Düngungsvarianten 1 (Gründüngung) und 2 (Gründüngung + Biotonnekompost) wurde die Luzerne gemulcht und die oberirdische Biomasse als Gründüngung am Feld belassen. Die Aufwuchsmengen (Mittel der Jahre 2004 bis 2014) dieser Varianten lagen im gleichen Zeitraum mit 81 dt/ha/Jahr (254 kg N/ha/Jahr, 3588 kg C/ha/Jahr, CN-Verhältnis: 14,1) bei der DV1 und mit 83 dt/ha/Jahr (261 kg N/ha/Jahr, 3692 kg C/ha/Jahr, CN-Verhältnis: 14,1) bei der DV2 nur geringfügig über den Mengen der DV3 mit Schnitt und Abfuhr der Luzerne. Die Erträge der Schröpschnitte über alle drei Düngungsvarianten wurden in die Ertragsberechnungen nicht miteinbezogen. Die Biomassemengen waren jedoch aufgrund der schwachen Luzerneentwicklung und des zeitlich früheren Mulchtermins vergleichsweise gering.

Tabelle 4.1-2 zeigt den Einfluss der Luzernenutzung im Mittel der Jahre 2009 bis 2014 getrennt für das erste und zweite Luzernejahr. Auffällig ist der große Ertragsunterschied zwischen den beiden Anbaujahren, was wie oben beschrieben, mit dem Fehlen des ersten ertragreichen Schnittes im ersten Luzernejahr in vier der sechs Jahre zu erklären ist. Die mittleren Luzerneerträge der DV 1 und DV 3 waren in beiden Luzernejahren annähernd gleich, die mittleren Erträge der DV 2 lagen in beiden Jahren ca. 4 bis 6% über den Erträgen dieser beiden Varianten.

Sowohl im ersten als auch im zweiten Luzernejahr wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede im Trockenmasseertrag zwischen den Düngungsvarianten und damit zwischen Schnittnutzung und Abfuhr der Luzerne (DV 3) und reiner Mulchnutzung der Luzerne (DV 1 und DV 2) festgestellt. Der Stickstoffertrag wurde aus den TM-Erträgen und den N-Gehalten der Luzerne berechnet. Im ersten Luzernejahr wies die

DV 2 im Vergleich zur DV 3 einen signifikant höheren N-Ertrag auf, im zweiten Luzernejahr traten keine Unterschiede im N-Ertrag zwischen den Düngungsvarianten auf.

Tabelle 4.1-2: Trockenmasse- und Stickstoffertrag der Luzerne in Abhängigkeit der Nutzungsform der Luzerne (Ertrag aus zwei- bis dreimal Mulchen bzw. Schneiden pro Jahr, Mittel der Jahre 2009 bis 2014)

Luzernejahr:	1. Luzernejahr		2. Luzernejahr	
	TM- Ertrag, dt/ha	N- Ertrag, kg/ha	TM- Ertrag, dt/ha	N- Ertrag, kg/ha
DV 1: Mulchnutzung	58,9 a	171 ab	100,3 a	289 a
DV 2: Mulchnutzung	62,2 a	184 a	103,9 a	303 a
DV 3: Schnittnutzung	58,8 a	165 b	99,5 a	286 a
Mittel	60,0	173	101,2	293

Mulchnutzung: Mulchen und Belassen der oberirdischen Biomasse als Gründüngung am Feld. Schnitt- bzw. Futternutzung: Schnitt und Abfuhr der oberirdischen Biomasse als Grünfutter vom Feld.

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

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

Vergleichbare Untersuchungen zur Mulch- versus Schnittnutzung von Klee gras bzw. Luzerne wurden meist mit einjährigen Beständen durchgeführt. Bei als Mulch genutzten Klee gras- und Luzernebeständen kann durch Freisetzung von mineralisiertem Stickstoff die Fixierungsleistung von Luftstickstoff reduziert werden und es kann zu Stickstoffverlusten aus dem Mulchmaterial kommen. In einem Dauerfeldversuch unter ähnlichen Standortbedingungen (Schwarzerdegebiet Sachsen-Anhang, NS: 480 mm, ØT: 8,9 °C) lagen die Trockenmasseerträge bei Klee-Luzerne-Gras unter Schnittnutzung im viehhaltenden System statistisch gesichert im Mittel um 5,5 % über denen der Mulchnutzung im viehlosen System. Das mittlere Ertragsniveau war mit etwa 117 dt Trockenmasse je ha und Jahr sehr hoch. Im Futterbausystem wurden im Mittel etwa 15 kg N je ha und Jahr mehr fixiert als bei Mulchnutzung (Reinicke und Christen 2007). Der Vergleich Mulch/Schnitt von einjähriger Luzerne in Reinsaat führte unter Bedingungen mit höheren Jahresniederschlägen in Norddeutschland (NS: 750 mm je Jahr, ØT: 8,5°) zu keinen unterschiedlichen Luzernetrockenmasseerträgen (im Mittel 100 dt TM je ha und Jahr), jedoch zu einer deutlich geringeren Stickstofffixierung im Mulchsystem (Loges et al. 1999).

Im Trockengebiet gelten die geringen Niederschläge als begrenzender Faktor für die Stickstoffmineralisation aus dem Luzernemulch. Bei Versuchen im Marchfeld in den Jahren 2000 und 2001 traten bei jeweils trockenen Bedingungen und einem mittleren Ertragsniveau von 81 dt/ha und Jahr in beiden Erhebungsjahren keine Unterschiede im Trockenmasse- und Stickstoffertrag der oberirdischen Biomasse der Luzerne zwischen Mulch- und Schnittnutzung auf (Pietsch et al. 2007). Die Nutzungsform hatte bei diesen trockenen Bedingungen keinen Einfluss auf die Stickstoffbindungsleistung der Luzerne. Die gasförmigen Stickstoffverluste aus dem Mulchmaterial wurden auf 15-30 kg N/ha geschätzt, was einen Verlust von Stickstoff an der insgesamt fixierten N-Menge von ca. 10 – 20 % bedeutet.

Düngungssysteme – Organische Düngung

Bis in das Erntejahr 2014 waren zwei Kleinparzellenversuche (KPV) zweimal und sechs KPV dreimal mit Biotonnekompost bzw. Stallmist gedüngt. In DV4 („Pflanzliche Agrogasgülle“) im Kleinparzellenversuch S1M wurde bisher zweimal gedüngt, 2008 zu Körnermais und 2011 zu Winterweizen. Die

Ausbringungsmengen lagen bei 37 m³/ha (170 kg N/ha) bzw. 45 m³ (131 kg N/ha) Agrogasgülle (Tabelle 4.1-3).

Die mit Biotonnekompost und Stallmist ausgebrachten Nährstoffe Stickstoff und Phosphor und die Menge an organischer Substanz und Gesamtkohlenstoff liegen im Mittel auf einem ähnlichen Niveau. Mit Stallmist wurde hingegen mehr als das Dreifache an Kalium gegenüber dem Biotonnekompost ausgebracht (Tabelle 4.1-3). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass über die Variante Biotonnekompost zusätzlich zur Gründüngung Nährstoffe und organische Substanz von außen zugeführt werden: bei zweimaliger Düngung innerhalb der Zielfruchtfolge ca. 42 kg Stickstoff, 8 kg Phosphor, 29 kg Kalium und 659 kg Kohlenstoff je Hektar und Jahr.

Bei der Düngungsvariante Stallmist handelt es sich um einen simulierten innerbetrieblichen Kreislauf mit Abfuhr von Luzerne und Stroh und Rückfuhr von Nährstoffen und organischer Substanz über den Rindermist, der von einem Partnerbetrieb aus der Region mit ähnlicher Fruchtfolge wie am Biobetrieb Rutzendorf bezogen wird. Der Mist wird nach der Entnahme aus dem Tiefstall und kurzer Zwischenlagerung mit dem Miststreuer auf eine Miete gesetzt, dann nochmals umgesetzt und als Rottemist auf die Flächen gebracht. Über die Tierhaltung und bei der Lagerung und Aufbereitung des Stallmistes kommt es zu Kohlenstoff- und Nährstoffverlusten (Stickstoff). Über den Stallmist werden daher geringere Mengen an Nährstoffen und Kohlenstoff auf die Flächen zurückgeführt.

Die in Tabelle 4.1-3 angegebenen Werte sind die ermittelten Nährstoffmengen an Hand der Analysewerte der organischen Dünger bei Probenahme zum Zeitpunkt der Düngung. Die Nährstoffgehalte und -mengen der organischen Dünger unterliegen jährlichen Schwankungen (Tabelle 4.1-3). Der mittlere N-Gehalt des in den Kleinparzellenversuchen gedüngten Stallmistes lag mit annähernd 1,0 % sehr hoch. In Stein-Bachinger et al. (2004) ist für Rottemist ein mittlerer Nährstoffgehalt von 0,5 % mit einer Variationsbreite von 0,2 – 1,0 % angeführt. Der hohe Stickstoffgehalt im Stallmist wird vor allem auf die Futtergrundlage Luzerne und auf das Stallsystem Tiefstall zurückgeführt. Bedingt durch den im Tiefstallmist enthaltenen Urin weist der Mist auch sehr hohe Kaliumgehalte auf.

Tabelle 4.1-3: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) - Mittelwerte aus 22 Düngungen (DV2 und DV3) bzw. 2 Düngungen (DV4).

Düngung für Erntejahre	Düngungsvariante (DV)	Aufwandmengen (FM)	Gesamstickstoff (N)	Gesamphosphor (P)	Gesamkalium (K)	Organische Substanz	Gesamtkohlenstoff (C)	C/N Verhältnis
		dt/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
2004 - 2014	DV2: Biotonnekompost	180	168	32	118	4602	2635	15,7
	Variationsbreite	147 - 260	110 - 208	23 - 51	93 - 137	3376 - 7176	1792 - 3796	11 - 25
2004 - 2014	DV3: Stallmist	189	175	46	388	4619	2519	13,9
	Variationsbreite	165 - 252	126 - 232	25 - 97	203 - 772	2933 - 6487	1558 - 3773	9 - 24
2008 und 2011	DV 4: Agrogasgülle	41*	150	15	249	1569	881	5,7

*Angabe Agrogasgülle in m³/ha

Der mit Biotonnekompost und Stallmist zugeführte Stickstoff ist zum überwiegenden Teil organisch gebunden, wird zum großen Teil in den Bodenstickstoffvorrat eingebunden und nur langsam pflanzenverfügbar. So stehen den Pflanzen nur ca. 5 – 10 % des Gesamtstickstoffs aus dem Biotonnekompost und ca. 5 – 20 % des Gesamtstickstoffs aus dem Rottemist im Anwendungsjahr zur Verfügung und in den Folgejahren liegen die Werte darunter. Mit wiederholten organischen Düngergaben wird jedoch pflanzenverfügbare Düngestickstoff im Boden angereichert und den Pflanzen erhöhte N-Mengen zur Verfügung gestellt. Bei langjähriger organischer Düngung nutzen die Pflanzen neben dem Stickstoff aus dem ersten Jahr der Düngung auch Stickstoff aus dem aufgebauten Dünger-N-Pool im Boden. (Gutser et al. 2005). Langfristig sind 40 bis 70 % des Gesamtstickstoffs der Dünger verfügbar (Bidlingmaier, 2000; Stein-Bachinger et al., 2004).

Düngungssysteme – Auswirkungen auf die Marktfruchterträge

In Abbildung 4.1-2 sind die Kornerträge der Marktfrüchte der Fruchtfolge über die Jahre 2009 bis 2014 in Abhängigkeit der Düngungsvariante dargestellt.

Der Winterweizen nach Luzerne der DV 1 und DV 2 mit Mulchnutzung erreichte annähernd gleich hohe Erträge. Bei der DV 3 mit Luzerneabfuhr wurde hingegen statistisch gesichert im Mittel um 589 kg/ha weniger Weizen geerntet. Bei Schnittnutzung und Abfuhr der Luzernebiomasse wird ein wesentlicher Teil an organischer Substanz und Stickstoff von der Fläche exportiert, was im Mittel zu den geringeren Erträgen dieser Variante in der ersten Luzernenachfrucht führte.

Wie bei den Untersuchungen zur Luzernenutzung liegen auch zur Frage der Wirkung von Klee gras bzw. Luzerne auf den nachfolgenden Winterweizen vor allem Ergebnisse von einjährigen Futterleguminosenbeständen vor: Bei einer Untersuchung in Norddeutschland unter niederschlagsreicheren Standortbedingungen als im Marchfeld (NS: 670 mm a⁻¹) wurde eine signifikante Ertragsminderung im Mittel über drei Getreidearten (Winterweizen, Sommerweizen, Hafer) bei Schnittnutzung gegenüber einer Mulchnutzung von einjährigen Klee grasbeständen als Vorfrucht festgestellt (Dreymann et al. 2003). Bei Versuchen im Marchfeld in den Jahren 2001 bis 2003 zeigte eine einjährige Schnitt- gegenüber Mulchnutzung von Luzerne keine negativen Auswirkungen auf Erträge und Proteingehalte von nachfolgendem Winterweizen (De Kruijff et al. 2008). Die Erträge und Proteingehalte der zweiten Folgefrucht Winterroggen waren jedoch bei Schnittnutzung verringert.

Körnermais als zweite Nachfrucht nach Luzerne wurde mit Biotonnekompost (DV 2) bzw. Stallmist (DV 3) gedüngt. Es zeigten sich zwar höhere Erträge in den Varianten mit Düngung gegenüber der DV 1 ohne organische Düngung, diese Unterschiede waren aber statistisch nicht signifikant. Die Kornerträge der weiteren Fruchtfolgekulturen Sommergerste und Körnererbse waren ca. auf gleichem Niveau und unterschieden sich nicht zwischen den Düngungsvarianten. Deutliche Auswirkungen hatte die Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist zu Winterweizen nach Körnererbse. Bei bereits hohem mittleren Ertragsniveaus des Weizens in dieser Fruchtfolgestellung konnte der Ertrag durch den zusätzlichen Stickstoffinput noch um 228 kg/ha (DV 2) bzw. 331 kg/ha (DV 3) gegenüber der DV 1 gesteigert werden. Auch der Winterroggen als letztes Fruchtfolgeglied profitierte noch von der organischen Düngung mit signifikant höherem Kornertrag der DV 3 (+354 kg/ha) im Vergleich zur DV 1.

Bei Reinicke und Christen (2007) wurde Wintergerste, welche in der Fruchtfolge im dritten Jahr nach dem einjährigen Klee-Luzerne-Gras stand, im viehhaltenden System mit Stallmist gedüngt und erzielte damit im Mittel einen um mehr als 10 dt/ha höheren Kornertrag als Wintergerste im viehlosen System ohne Stallmistdüngung.

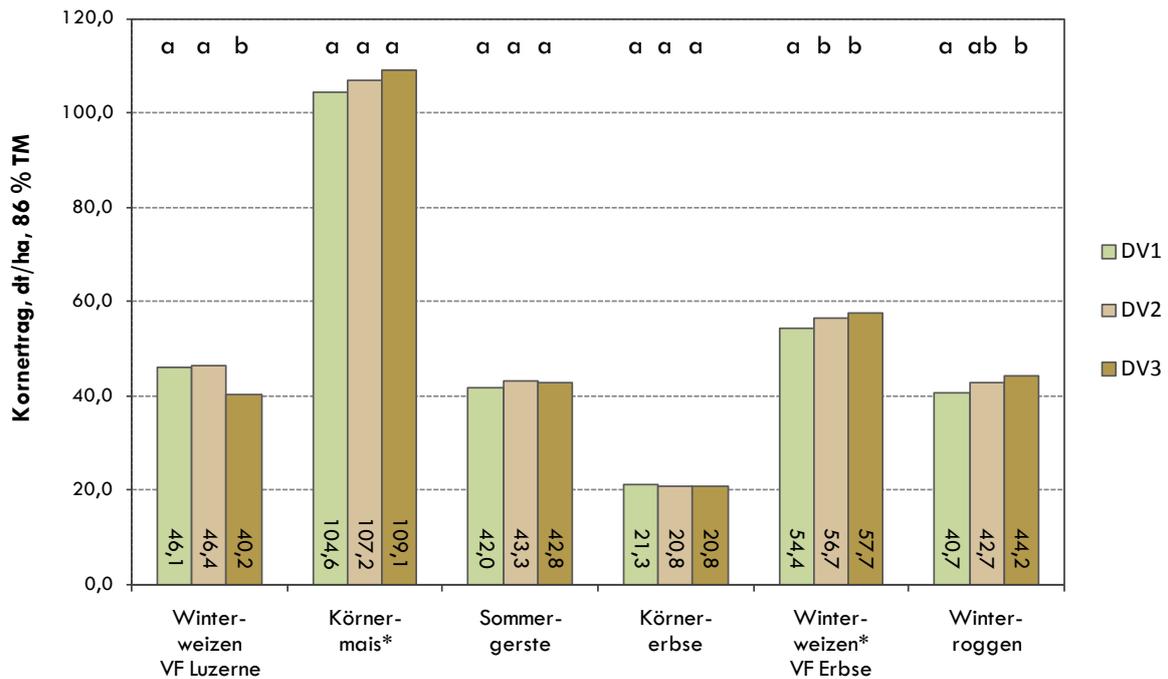


Abbildung 4.1-2: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante

DV: Düngungsvariante: DV 1: nur Gründüngung, DV 2: GD + Biotonnekompost, DV 3: Stallmist; VF...Vorfrucht; Kultur*...die Kultur wurde vor dem Anbau mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) gedüngt

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

Die Tabelle 4.1-4 zeigt die Ertragsverhältnisse der DV 2 und DV 3 zur DV 1. Die Ertragsreduktion aufgrund der Luzerneabfuhr in der DV 3 lag bei 13%. Die Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) zum Anbau von Körnermais und Winterweizen führte bei diesen Kulturen zu Ertragssteigerungen zwischen zwei und sechs Prozent, mit jeweils höheren Steigerungen bei Stallmistdüngung. Die größten Ertragszuwächse aufgrund der organischen Düngung waren am Ende der Fruchtfolge in Winterroggen mit +5% bei DV2 und +9% bei DV3 im Vergleich DV1 zu verzeichnen.

Tabelle 4.1-4: Verhältnis in % der mittleren Kornerträge (Jahre 2009 bis 2014) der Marktfrüchte der DV 2 und DV 3 zum Ertrag der DV 1 (= 100 %) in den Kleinparzellenversuchen.

DV	Einheit	Winter-Weizen VF Luzerne	Körner- <u>mais</u>	Sommer-gerste	Körner-erbse	Winter-Weizen VF Erbse	Winter-roggen
DV 1	100 %	100	100	100	100	100	100
DV 2	% zu DV1	101	102	103	97	104	105
DV 3	% zu DV1	87	104	102	97	106	109

In Abbildung 4.1-3 ist die Entwicklung der Erträge der Marktfrüchte der DV 1 (nur Gründung) in den Kleinarzellenversuchen in den Jahren 2009 bis 2014 dargestellt. Der Körnermais erreichte in allen Jahren die höchsten Körnerträge und zeigte trotz schon hohem Ertragsniveau einen ansteigenden Ertragstrend. Die Erträge der Kulturen unterliegen jährlichen Schwankungen, welche vor allem auf die Witterungsbedingungen, hier ins besonders auf das Wasserangebot in der Vegetationszeit, zurückzuführen sind. Das Jahr 2012 war geprägt durch eine lange Zeitperiode mit nur geringen Niederschlägen. Bereits beginnend mit November 2011 und andauernd bis Juni 2012 lagen die Niederschlagssummen deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt (Tabelle 4.1-5). Diese Bedingungen führten im Jahr 2012 zu einem Totalausfall bei der Körnererbse und einem sehr geringen Ertrag des Winterweizens nach Luzerne. Auch im Jahr 2011 waren die Niederschläge vor allem in den ersten Monaten aber auch im weiteren Frühjahr unterdurchschnittlich. Die Niederschläge fielen jedoch zum richtigen Zeitpunkt und in ausreichender Menge in den wichtigsten Wachstumsphasen, was zu einem hohen Ertragsniveau im Jahr 2011 bei allen Kulturen, ausgenommen Winterroggen, führte. Winterroggen legt sein Ertragspotential schon früh in der Vegetationsperiode an, demnach war das geringe Wasserangebot zu Beginn der Vegetationsperiode für die Entwicklung des Winterroggens ungünstig.

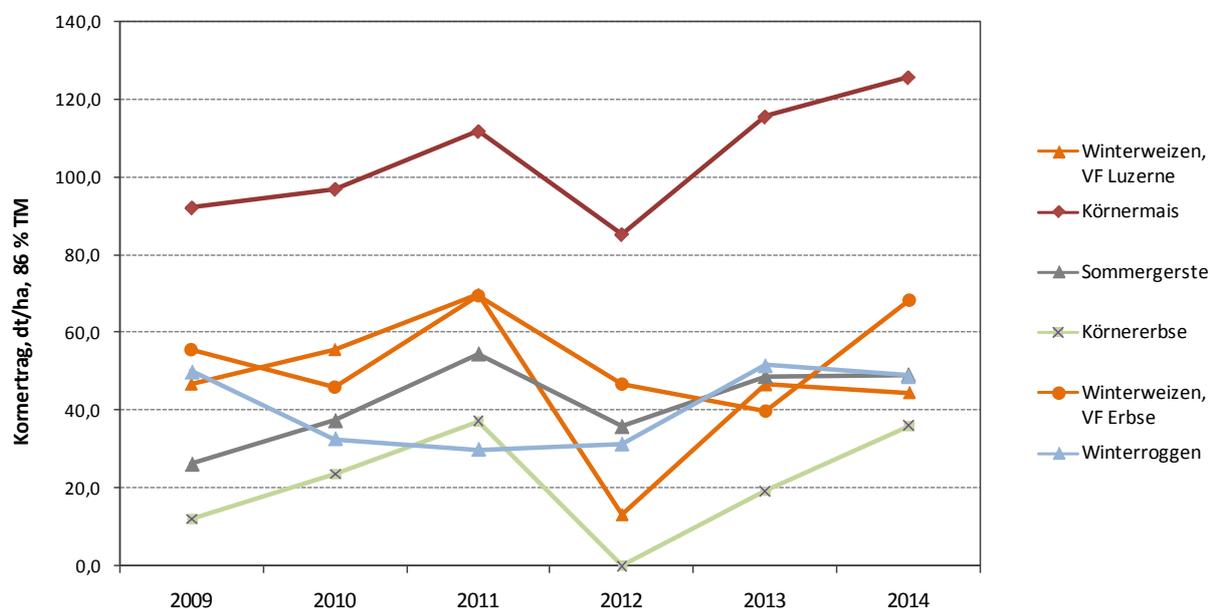


Abbildung 4.1-3: Körnerträge der DV 1 (nur Gründung) der Marktfrüchte der Zielfruchtfolge der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinarzellenversuchen.

Tabelle 4.1-5: Niederschlag in mm der Jahre 2009 bis 2014: Jahressummen und Niederschlagssummen in den einzelnen Jahresquartalen (Quelle: Agrarmeteorologische Messstation Rutzendorf, BOKU-Met, J. Eitzinger).

Jahre	2009	2010	2011	2012	2013	2014	MW 2009-14	MW 2003-14
Jänner - März	117	60	30	52	101	42	67	78
April - Juni	166	216	112	86	202	190	162	163
Juli - September	107	149	124	221	150	335	181	189
Oktober - Dezember	43	72	59	77	47	84	64	81
Jahressumme	433	497	326	435	500	650	474	511

Aus Abbildung 4.1-2 (siehe oben) ist ersichtlich, dass die Winterweizenerträge nach Vorfrucht Körnererbse im Mittel über die Jahre 2009 bis 2014 in allen drei Düngungsvarianten höher sind als die Weizenerträge nach Vorfrucht Luzerne. Bei Betrachtung der einzelnen Jahre liegen die Weizenerträge nach Körnererbse in der DV 1 in drei der sechs Jahre über den Erträgen nach Luzerne und in einem Jahr auf gleichem Niveau (Abbildung 4.1-3, siehe oben). Das wird vor allem darauf zurückgeführt, dass die Luzerne den Wurzelraum sehr effektiv entwässern kann. Bei Herbsttrockenheit nach dem Luzerneumbruch und auch geringen Niederschlägen im darauf folgenden Frühjahr kann es aufgrund der geringen Wasserversorgung zu einer deutlichen Ertragsminderung des Winterweizens, wie im Erntejahr 2012, kommen. Mehrjährige Futterleguminosen, wie Luzerne, weisen darüberhinaus ein höheres C/N-Verhältnis im Wurzelsystem auf, was die Stickstoffnachlieferung im Frühjahr zeitlich verzögern kann.

Düngungssysteme – Auswirkungen auf Qualitätskennzahlen beim Winterweizen

Im Gegensatz zum Ertrag waren die mittleren Rohproteingehalte über die Jahre 2009 bis 2014 in allen drei Düngungsvarianten bei Winterweizen nach Luzerne höher als nach der Vorfrucht Körnererbse (Tabelle 4.1-6). Gründe dafür sind das grundsätzlich höhere Stickstoffangebot nach zweijähriger Luzerne und die kontinuierliche Nachlieferung des Stickstoffs aus den Ernterückständen der Luzerne vor allem in den späteren Entwicklungsphasen des Winterweizens.

Die höheren Proteingehalte nach der Vorfrucht Luzerne waren über die Erhebungsjahre weitgehend konstant, wie aus Abbildung 4.1-4 mit Darstellung der Proteingehalte des Weizens in der DV 1 hervorgeht. Mit beiden Vorfrüchten wurde bis auf wenige Ausnahmen der Mindestwert für Bioqualitätsweizen von 12 % erreicht. Nur bei der Vorfrucht Erbse im Jahr 2009 (DV 1 und DV 2) und im Jahr 2014 (DV 3), als auch einmal bei Vorfrucht Luzerne im Jahr 2011 (DV 3) lagen die Weizenproteingehalte unter 12 %. Die Hektolitergewichte und die Fallzahlen lagen hingegen immer über den geforderten Mindestwerten für Bioqualitätsweizen (AGES, 2014).

Bei Winterweizen nach Luzerne zeigte sich bei den Proteingehalten wie beim Ertrag der Einfluss der Luzernenutzung. Der mittlere Proteingehalt der DV 3 mit Abfuhr der Luzerne war signifikant geringer als bei der DV 1 und der DV 2 (Tabelle 4.1-6). Bei Winterweizen nach Erbse traten hingegen keine signifikanten Unterschiede im Proteingehalt zwischen den Düngungssystemen auf. Beim N-Ertrag des Winterweizens, der sich aus Kornertrag und den N-Gehalt der Weizenkörner berechnet, wurden ein signifikanter Einfluss der Luzernenutzung und der Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist festgestellt.

Die Unterschiede im Kornertrag des Winterweizens zwischen den Düngungssystemen wurden auch durch die Werte der Ertragsparameter Bestandsdichte und Tausendkorngewicht mit geringeren Werten in der DV 3 bei Vorfrucht Luzerne bzw. höheren Werten bei DV 2 und DV 3 bei Vorfrucht Körnererbse bestätigt (Tabelle 4.1-6).

Tabelle 4.1-6: Mittlere Ertrags- und Qualitätsparameter von Winterweizen der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante und der Vorfrucht.

Kultur	DV	Rohprotein, %	N-Ertrag, kg/ha	Bestandsdichte, Pflanzen/m ²	TKG, g 86% TS
Winterweizen VF Luzerne	DV 1	14,4 a	96 a	363 a	38,3 a
	DV 2	14,4 a	97 a	362 a	38,4 a
	DV 3	13,7 b	79 b	318 b	37,7 a
	MW DV	14,2	91	348	38,1
Winterweizen VF Erbse + org. Düngung	DV 1	12,8 a	104 a	376 a	41,3 a
	DV 2	13,0 a	110 b	394 a	41,6 a
	DV 3	12,9 a	112 b	391 a	42,3 b
	MW DV	12,9	109	387	41,7

DV: Düngungsvariante: DV 1: Gründüngung, DV 2: GD + Biotonnekompost, DV 3: Stallmist; VF...Vorfrucht; TKG...Tausendkorngewicht

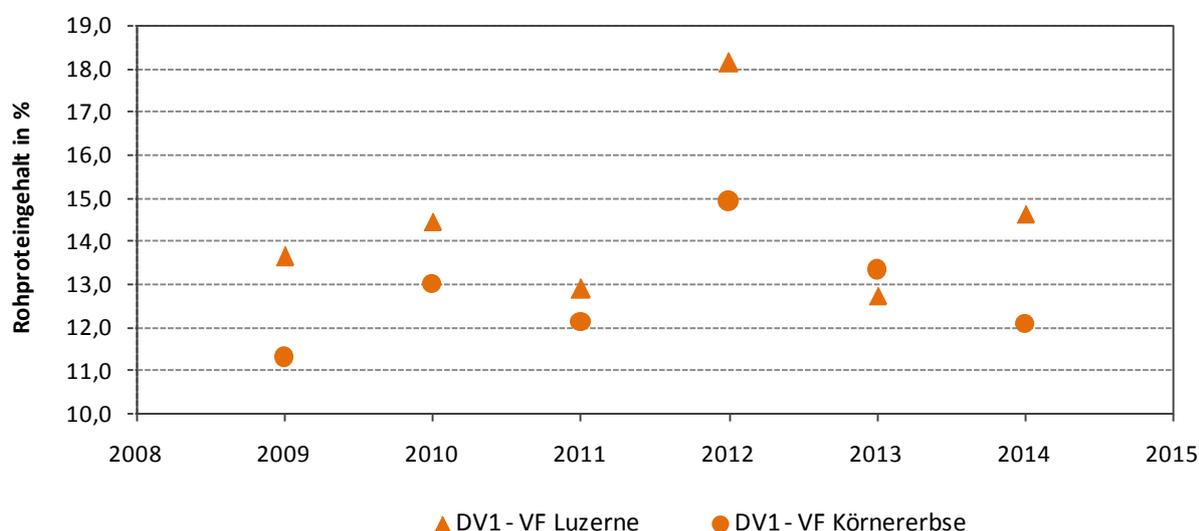


Abbildung 4.1-4: Rohproteingehalte in Winterweizen der DV 1 (nur Gründüngung) der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Vorfrucht.

Düngungssysteme – Auswirkungen auf die Fruchtfolgeerträge

Die Gesamtwirkung der Düngungssysteme wird ersichtlich, wenn man die Erträge aller Marktfrüchte eines Jahres zu einem Fruchtfolgeertrag zusammenfasst (Abbildung 4.1-5). Der Gesamtertrag wurde in Getreideeinheiten (BMELV 2011) berechnet. Bei dieser Auswertung werden die Ertragseffekte der Luzernenutzung und der organischen Düngung sowohl im ersten Jahr nach der Luzerne bzw. im Erntejahr der gedüngten Kulturen als auch in den Folgejahren miteinbezogen und die Ertragswirkung der Akkumulation von organischen Kohlenstoff und Stickstoff im Boden in Abhängigkeit der Düngungssysteme bewertet.

Die mittleren Erträge der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2014 lagen bei der DV 2 (Biotonnekompost) mit 3 % (signifikant, $P < 0,05$) und bei der DV 3 (Stallmist) mit 2 % (nicht signifikant) geringfügig über den Gesamterträgen der DV 1, die nur auf Gründüngung beruht. Wird der Erhebungszeitraum von 2004 bis

2014 betrachtet, ergibt sich ein ähnliches Bild mit ausgeglichenen Erträgen über die DV 2 und 3 und leichten Ertragsvorteilen (jeweils +2 %) dieser Systeme gegenüber der DV 1. Bei der Stallmistvariante können innerhalb der Fruchtfolge die Ertragsverluste des Winterweizens nach Luzerne aufgrund der Luzerneabfuhr durch die Ertragseffekte der Stallmistdüngung zu später in der Fruchtfolge stehenden Druschfrüchten aufgehoben werden. Berner et al. (1997) sprechen vor allem Rottemist eine gute Stickstoffwirkung (Mineralisierungseigenschaft) zu, was bedeutet, dass ein hoher Anteil des mit dem Rottemist gedüngten Stickstoffs von den Pflanzen aufgenommen und damit ertragswirksam wird.

Werden die Einzeljahre 2009 bis 2014 betrachtet, ist ersichtlich, dass die DV 2 mit Biotonnekompost immer konstant einen höheren Fruchtfolgeertrag zwischen 1 und 5 % gegenüber der DV 1 erreichte. Bei der DV 3 mit Stallmist war die Streuung höher. Hier lagen die Fruchtfolgeerträge in zwei von sechs Jahren mit jeweils 1 % unter den Erträgen der DV 1. Die Ertragsverluste des Weizens nach Luzerne konnten durch die Düngung in diesen Jahren nicht ausgeglichen werden. In den weiteren vier Jahren waren die Fruchtfolgeerträge der DV 3 zwischen 2 und 5 % höher als bei der DV 1.

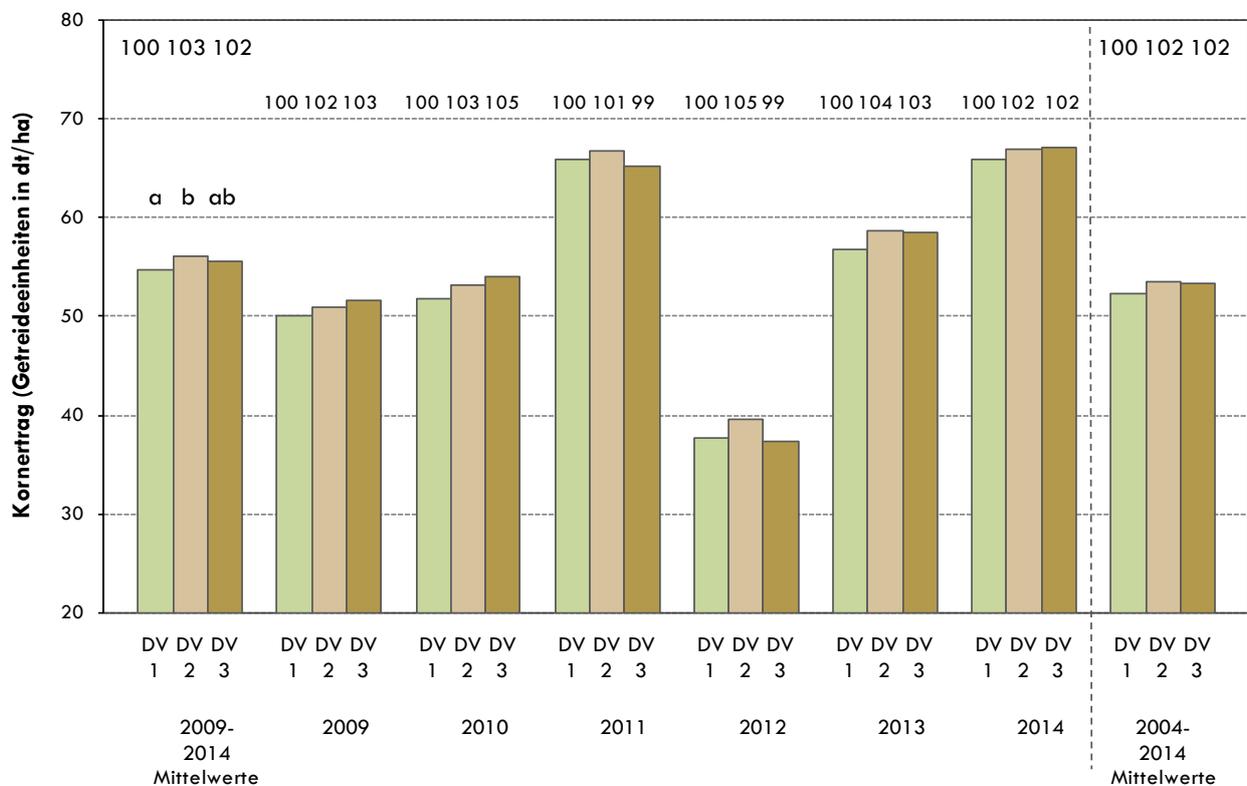


Abbildung 4.1-5: Mittlere Fruchtfolgeerträge in Getreideeinheiten der Marktfrüchte in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante

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

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

In einem Langzeitversuch in Bayern (Versuchsstation Viehhausen, NS: 786 mm je Jahr, $\varnothing T$: 7,8°) wurden verschiedene Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser biologischer Bewirtschaftung verglichen. Drei Fruchtfolgen davon bestehen jeweils aus einjährigem Klee gras sowie Kartoffeln und Winterweizen. Bei zwei Fruchtfolgen wird das Klee gras geschnitten und abgefahren und dafür mit Gülle bzw. Stallmist gedüngt. Bei einer Fruchtfolge wird das Klee gras gemulcht. Den höchsten Fruchtfolgeertrag (ohne

Kleegras) erzielte das viehlose System mit dem gemulchten Kleegras. Die Unterschiede der Behandlungen waren jedoch nicht signifikant. Bei dieser kurzen Fruchtfolge kommen anscheinend die Vorteile der Düngung und damit Umverteilung der Nährstoffe innerhalb der Fruchtfolge nicht zum tragen (Schneider et al. 2013).

Marktfrüchte – Bestandesentwicklung, Ertrag und Qualität (Jahr 2014)

Die Erträge und verschiedene Parameter zur Qualität und zur Bestandesentwicklung der Marktfrüchte des Jahres 2014 sind in den Tabellen 4.1-10 und 4.1-11 im Anhang dargestellt. Das Jahr 2014 zeichnete sich generell durch hohe Erträge bei allen Marktfrüchten aus.

Entsprechend den Ergebnissen der Vorjahre war auch im Jahr 2014 der Ertrag des Winterweizens nach Luzerne in der DV 3 mit Luzerneabfuhr geringer als die Erträge der DV 1 und DV 2, bei denen die Luzerne gemulcht wurde und als Gründüngung am Feld blieb. Die Unterschiede waren aber nicht statistisch gesichert. Der Rohproteingehalt des Weizens der DV 3 (12,8 %) lag hingegen mit 1,8 Prozentpunkten signifikant unter den Gehalten der DV 1 und DV 2 (jeweils 14,6 %). Bei Winterweizen nach Körnererbse konnten im Jahr 2014 im Gegensatz zu den vergangenen Jahren keine Ertragssteigerungen mit der Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) im Vergleich zur DV 1 ohne Düngung erzielt werden. Bei Winterroggen waren die Erträge der DV 2 um 708 kg/ha und der DV 3 um 883 kg/ha im Vergleich zur DV 1 erhöht, die Unterschiede waren aber nicht signifikant. Bei Körnermais, Sommergerste und Körnererbse konnten ebenfalls keine signifikanten Ertragsunterschiede festgestellt werden.

Der Schaderregerbefall der Maispflanzen im Jahr 2014 war mit einem mittleren Anteil von Pflanzen mit Beulenbrand von 0,1 % und einem mittleren Maiszünslerbefall von 1,9 % (jeweils über alle Düngungsvarianten gerechnet) sehr gering.

Beim Versuch S1M wurden im Jahr 2013 und 2014 bei der DV 3 (Stallmist) alle drei Luzerneschnitte, bei der DV 4 (Agrogasgülle) hingegen jeweils nur die ersten beiden Schnitte von der Fläche abgefahren. Daher sind die in der Tabelle 4.1-10 im Anhang angeführten Luzernemengen der DV 4 im Vergleich zur DV 3 geringer. In der DV 4 gibt es im Vergärungsprozess und bei der anschließenden Lagerung der Agrogasgülle nur geringe Stickstoffverluste, im Stallmistsystem der DV 3 sind die Stickstoffverluste dagegen deutlich höher. Um mit der Düngung ähnliche hohe Stickstoffmengen in beiden Systemen rückführen zu können, wurde daher bei der DV 4 der dritte Schnitt nicht geerntet. Darüber hinaus sind die Aufwuchsmengen der Luzerne beim dritten Schnitt meist sehr gering, was den wirtschaftlichen Druck vor allem bei der Nutzung in einer Biogasanlage erhöht.

Auf den konventionellen Referenzschlägen waren im Jahr 2014 Kartoffeln (SK) und Zuckerrüben (SK1) angebaut. Es wurden Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel eingesetzt und die Flächen beregnet. Die Erträge wurden mittels händischer Quadratmeterernte in den Referenzparzellen festgestellt. Aufgrund der guten Witterungsbedingungen und der verlustfreien Handernte waren die Erträge mit 702,7 dt/ha Kartoffeln (Rohware) bei SK und 1347,7 dt/ha Zuckerrüben bei SK1 sehr hoch. Die Erträge auf den Großschlägen lagen aufgrund von Verlusten bei der maschinellen Ernte und Randeffekten ca. 20 bis 30 Prozent unter diesen Werten.

Betriebliche Ebene – Düngerstreifen

In der Abbildung 4.1-6 sind die mittleren Kornerträge in den Düngerstreifen über die Jahre 2009 bis 2014 der einzelnen Marktfrüchte der Zielfruchtfolge in Abhängigkeit der Düngungsvarianten dargestellt. Die Verteilung der Erträge zwischen den Jahren ist aus der Tabelle 4.1-9 im Anhang ersichtlich. Beim Körnermaisertrag der DV 3 im Jahr 2014 ist zu berücksichtigen, dass es zu einer Ertragsminderung durch großflächige Fehlstellen von Maispflanzen im Bestand kam. Diese Fehlstellen wurden vermutlich durch Drahtwürmer verursacht. Es wird angenommen, dass die Drahtwürmer vom nahe gelegenen Blühstreifen einwanderten. Diese markanten Fehlstellen waren in den anderen Düngerstreifen des Schrages nicht festzustellen.

Die Höhe der Erträge in den Düngerstreifen stimmt bei allen Getreidearten und bei der Körnererbse gut mit den Ergebnissen aus den Kleinparzellenversuchen überein. Beim Körnermais waren die Erträge in den Kleinparzellenversuchen hingegen aufgrund der gegenüber der Mähdruschernte in den Düngerstreifen weitgehend verlustfreien Handernte wesentlich höher.

Grundsätzlich zeigen auch die Erträge in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvarianten die gleichen Tendenzen wie in den Kleinparzellenversuchen. Das Ausmaß des Einflusses der Düngungsvarianten unterscheidet sich jedoch vor allen in der DV3 von den Ergebnissen der Kleinparzellenversuche. Die Gründe dafür liegen in Unterschieden in der Art der Luzerneabfuhr und der Rückfuhr von Stickstoff über die Stallmistdüngung in der DV 3.

So war auch in den Düngerstreifen der Winterweizenertrag nach zweijähriger Luzerne in der DV 3 mit Luzerneabfuhr geringer als bei Mulchnutzung in der DV 1 und der DV 2. Die Differenz zur DV1 betrug jedoch nur 290 kg/ha bzw. 6% (Tabelle 4.1-7). Die Luzerneabfuhr in DV 3 auf den Düngerstreifen erfolgte maschinell vorwiegend als Heu nach Bodentrocknung. Die Erträge und Stickstoffgehalte waren daher aufgrund höherer Ernteverluste (vor allem Bröckelverluste stickstoffreicher Luzerneblätter) wesentlich geringer als in den Kleinparzellenversuchen mit Luzerneernte als „Grünfutter“. So wurden bei der DV 3 im Mittel pro Jahr nur 50 dt/ha Luzernetrockenmasse mit 98 kg/ha Stickstoff vom Feld abgefahren. Zusätzlich erfolgte in dieser Variante eine Abfuhr von Stickstoff und organischer Substanz mit dem Getreidestroh. Die Werbungsverluste liegen nach Stein-Bachinger et al. (2004) in Abhängigkeit der Art der Futterwerbung bei Grünfutter zwischen 5-10 %, bei Anwelksilage zwischen 15-30 % und bei Heu in Bodentrocknung zwischen 25-50 %.

Mit dem Stallmist wurden deshalb auch geringere Mengen an Stickstoff auf die Flächen rückgeführt. Im Mittel wurden je Düngung 182 dt/ha Stallmist mit 101 kg N/ha ausgebracht. Die mittleren Ausbringungsmengen je Düngung beim Biotonnekompost (DV 2) lagen bei 184 dt/ha mit 169 kg N je ha, was weitgehend den ausgebrachten Düng- und Stickstoffmengen der Parzellenversuche entsprach. Mit dem Biotonnekompost wurden damit zusätzlich ca. 42 kg Stickstoff pro ha und Jahr in den Boden eingebracht. Die Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) zeigte beim Körnermais einen geringfügigen Ertragszuwachs. Deutlich positive Wirkung auf den Kornertrag hatte die Düngung bei Winterweizen nach Körnererbse mit Ertragszuwächsen von 8% in DV 2 und 16% in DV 3 im Vergleich zu DV 1. Im Gegensatz zu den Ergebnissen in den Kleinparzellenversuchen waren in den Düngerstreifen die Düngewirkungen auf den nachfolgenden Winterroggen mit 1 bis 2% Ertragszuwachs aber sehr gering (Tabelle 4.1-7).

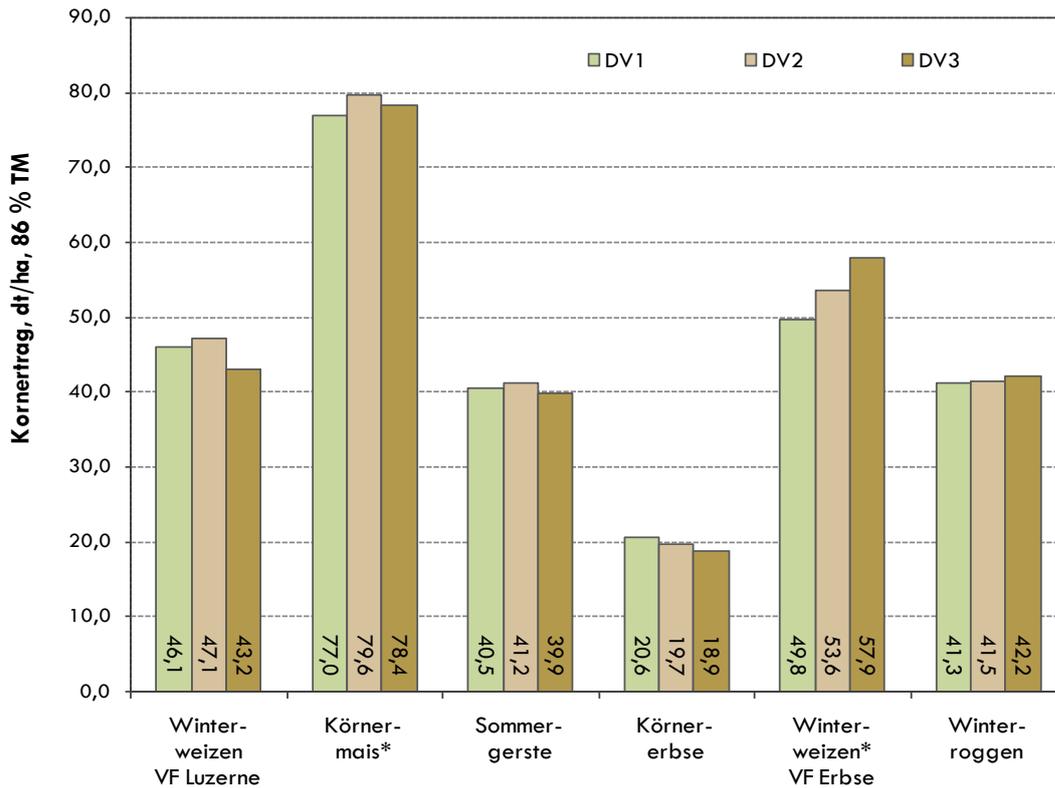


Abbildung 4.1-6: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2014 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante.

DV: Düngungsvariante: DV 1: nur Gründüngung, DV 2: GD + Biotonnekompost, DV 3: Stallmist; VF...Vorfrucht; Kultur*...die Kultur wurde vor dem Anbau mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) gedüngt

Tabelle 4.1-7: Verhältnis in % der mittleren Kornerträge (Jahre 2009 bis 2014) der Marktfrüchte der DV 2 und DV 3 zum Ertrag der DV 1 (= 100 %) in den Düngerstreifen.

DV	Einheit	Winter-Weizen VF Luzerne	Körner- <u>mais</u>	Sommer-gerste	Körner-erbse	Winter-Weizen VF Erbse	Winter-roggen
DV 1	100 %	100	100	100	100	100	100
DV 2	% zu DV1	102	103	102	96	108	101
DV 3	% zu DV1	94	102	99	92	116	102

Wie beim Kleinpflanzenversuch wurden die Erträge der Marktfrüchte der Düngerstreifen in Getreideeinheiten umgerechnet und der Fruchtfolgeertrag (mittlerer Ertrag aller Marktfrüchte) ermittelt. Der mittlere Fruchtfolgeertrag der Jahre 2009 bis 2014 in der DV 2 war um 2,8 % und in der DV 3 um 2,0 % höher als der Fruchtfolgeertrag der DV 1. Die Ergebnisse in den Düngerstreifen stimmten damit weitgehend mit den Ergebnissen in den Kleinpflanzenversuchen überein.

Die Rohproteingehalte des Weizens in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvarianten entsprachen weitgehend den entsprechenden Werten aus den Kleinparzellenversuchen (Tabelle 4.1-8). Nur der mittlere Proteingehalt der DV 3 beim Winterweizen nach Luzerne lag deutlich über dem Wert aus den Parzellenversuchen. Ausschlaggebend dafür war wie beim Kornertrag die geringere Abfuhr von Stickstoff über die Luzerne in den Düngerstreifen. Mit Ausnahme bei Winterweizen nach Erbse in den Jahren 2011 (DV 1 und DV 3) und 2014 (DV 1 und DV 2) wurde immer ein Rohproteingehalt über dem marktüblichen Mindestwert von 12 % für Bioqualitätsweizen erreicht. Die weiteren Qualitätsparameter Hektolitergewicht und Fallzahl lagen sowohl nach Vorfrucht Luzerne als auch nach Erbse bei allen drei Düngungsvarianten und in allen Jahren über den geforderten Mindestwerten (AGES, 2014).

Tabelle 4.1-8: Mittlere Ertrags- und Qualitätsparameter von Winterweizen der Jahre 2009 bis 2014 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante und der Vorfrucht

Kultur	DV	Rohprotein, %	Hektoliter- gewicht, kg	Fallzahl, sec.	TKG, g 86% TS
Winterweizen VF Luzerne	DV 1	14,6	82,6	420	36,4
	DV 2	14,3	82,4	414	37,6
	DV 3	14,1	82,6	410	36,0
	MW DV	14,4	82,5	415	36,7
Winterweizen VF Erbse + org. Düngung	DV 1	12,4	83,6	374	39,4
	DV 2	12,8	83,8	366	40,2
	DV 3	12,7	83,9	378	40,2
	MW DV	12,6	83,8	372	39,9

DV: Düngungsvariante: DV 1: nur Gründüngung, DV 2: GD + Biotonnekompost, DV 3: Stallmist; VF...Vorfrucht;
TKG...Tausendkorngewicht

SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Bei allen drei Dünungssystemen (DV 1 – DV 3) konnte mit der Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung eine Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften über eine Erhöhung der Aggregatstabilität und des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts festgestellt werden. Gleiche Entwicklungen bei allen Systemen zeigten auch die Gehalte der mikrobiellen Biomasse mit weitgehend gleichbleibenden Werten und die pilzliche Biomasse mit stark ansteigenden Werten. Die hohe Investition in die Bodenfruchtbarkeit über die Leguminosenanteile in der Fruchtfolge wird hier als der entscheidende Einflussfaktor angesehen.
- Wesentliche Unterschiede zwischen den Dünungssystemen traten bisher vor allem bei der Entwicklung der C_{org} -Gehalte (Humus) auf. Entscheidend dafür war die Menge und Qualität der zugeführten organischen Substanz. Während der C_{org} -Gehalt in der DV1 weitgehend konstant blieb, war im viehhaltenden System der DV 3 eine leicht steigende Tendenz und in der DV 2 aufgrund der Kompostdüngung eine deutliche Steigerung des C_{org} -Gehalts zu verzeichnen. Die Auswirkungen auf die Humusqualität wurden nicht untersucht. Bei den weiteren Bodeneigenschaften hat die erwartete Differenzierung der Dünungssysteme bisher noch nicht stattgefunden. Auch die unterschiedliche Nährstoffversorgung in den Systemen war bisher in den Gehalten an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium im Boden nicht ersichtlich.
- Am Standort konnten mit der viehlosen biologischen Bewirtschaftung wie in DV 1 (nur Gründüngung) gute Marktfruchterträge und Qualitäten über die gesamte Fruchtfolge erzielt und dabei die Bodenfruchtbarkeit weitgehend erhalten werden. Grundlage dafür ist der hohe Kohlenstoff- und Stickstoffinput über die umgesetzte Fruchtfolge mit entsprechendem Leguminosen-Anteil, vor allem der Futterleguminose Luzerne, und der Zwischenfruchtanbau. Offen ist die Frage der Entwicklung der pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumgehalte im Boden und einer zukünftigen Versorgung dieser Nährstoffe von außen, da diese mit den Marktfrüchten abgeführt (Entzug von 11 kg P/ha/Jahr und 16 kg K/ha/Jahr) und nicht ausgeglichen werden. Die sehr geringe Bodenverwitterungsrate an diesem Standort lässt entsprechend eine nur sehr geringe Nachlieferung dieser Nährstoffe aus dem Bodenvorrat erwarten.
- In der DV 2 wurden mit der Biotonnekompostdüngung zusätzlich Kohlenstoff und Nährstoffe zugeführt. Damit konnte der Gesamtertrag der Marktfrüchte erhöht werden. Die Steigerung zur DV 1 war bisher aber noch gering, da der Großteil der zugeführten organischen Substanz und des Stickstoffs in den Bodenvorrat eingebunden wurde. Die zusätzlichen Kosten über den Zukauf und die Ausbringung von Kompost brachten eine schlechtere wirtschaftliche Bewertung im Vergleich zur DV 1. Diese Variante ist vor allem als eine Investition in die Zukunft mit der Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, dem Schließen von Nährstoffkreisläufen über den Ausgleich der negativen Bilanzen und damit längerfristigen Sicherung der Erträge zu sehen.

Der Einsatz von Biotonnekompost kann viehlosen Marktfruchtbetrieben mit negativen Phosphor-Bilanzen und/oder intensiveren Fruchtfolgen (hohen Hackfrucht- und/oder Feldgemüseanteilen und abnehmenden Anteilen an (Futter-)Leguminosen) zum Ausgleich ihrer Phosphor- und Humus-Bilanzen empfohlen werden. Grundlage der Bewirtschaftung sollte aufgrund ihrer vielfältigen Wirkungen jedoch immer der Anbau von Futterleguminosen sein. Auch kann diese Strategie nicht in allen landwirtschaftlichen Betrieben realisiert werden, da die Vorräte an Biotonnekompost regional begrenzt sind.

- In der DV 3 (Luzerne- und Strohabfuhr, stattdessen Düngung mit Stallmist) wurde ebenfalls eine geringfügige Steigerung des Gesamtertrages der Marktfrüchte im Vergleich zur DV 1 erzielt. In dieser Variante kommt es zwar zu Verlusten von Kohlenstoff und Stickstoff über die Tierhaltung und Stallmistbehandlung, eine Wirkung auf den Ertrag besteht jedoch, wobei hier erst einmal von der Summe aller Qualitäten eines Stallmistes zu sprechen ist.

Aufgrund des Materialtransfers innerhalb der Fruchtfolge hatte die DV 3 auch den größten Einfluss auf die Erträge der einzelnen Marktfrüchte. Den geringeren Winterweizenerträgen nach Luzerne stehen höhere Erträge vor allem von Winterweizen und Winterroggen am Ende der Fruchtfolge gegenüber. Diese Ergebnisse sprechen für eine teilweise Umverteilung des organischen Düngers aus Luzerne zu Kulturen mit einer weniger bevorzugten Stellung in der Fruchtfolge. Ergebnisse aus der Stickstoffbilanzierung zeigten auch eine höhere Stickstoffausnutzung dieser Variante und damit effizientere Umsetzung des vorhandenen Stickstoffs in Ertrag. Da die Abfuhr von Nährstoffen mit der Luzerne jedoch bereits auf die ersten Folgefrüchte der Luzerne Einfluss hat, sollte diese Umverteilung behutsam mit einer Kombination aus Mulchnutzung und Schnittnutzung mit Abfuhr der Luzerne erfolgen.

Eine Möglichkeit in viehlosen Betrieben Futterleguminosen zu verwerten und gezielt organischen Dünger einzusetzen, ist die Kooperation mit einem viehhaltenden biologischen Betrieb über den Tausch von Luzerne gegen Stallmist. Weitere Möglichkeiten der Umverteilung des Leguminosenaufwuchses sind die direkte Einbringung der Grünmasse auf einem anderen Schlag oder eine vorherige Kompostierung. Beides ist jedoch mit höherem Aufwand und höheren Kosten verbunden.

- Die Möglichkeit der Nutzung des Futterleguminosenaufwuchses über Vergärung in einer Agrogasanlage und Rückführung des Gärrests wurde ab dem Jahr 2008 in der DV 4 geprüft. Der leicht verfügbare Stickstoff aus der Agrogasgülle hatte positive Auswirkungen auf Ertrag und Qualität (Proteingehalt) der gedüngten Kulturen, was höhere Deckungsbeiträge erbrachte. Für eine Gesamtbeurteilung dieses Systems sind jedoch der gesamte Fruchtfolgedeckungsbeitrag und die Entwicklung der Bodenparameter, vor allem der C_{org} -Gehalte, mit einzubeziehen. Hierzu liegen noch keine gesicherten Ergebnisse vor.
- Die mehrmalige Düngung mit Biotonnekompost und Stallmist hat sich bisher auf Bodeneigenschaften und Pflanzenertrag noch wenig ausgewirkt, was nach etwas mehr als einer Fruchtfolgerotation und geringen Düngungsmengen auch nicht zu erwarten war.
- Umfassendere Untersuchungen der Auswirkungen der Systeme auf die Produktqualität und die Pflanzengesundheit wurden mit Ausnahme des Weizens nicht durchgeführt. Diesbezüglich wären in Zukunft detaillierte Qualitätsuntersuchungen und Untersuchungen zur Pflanzengesundheit von Bedeutung.
- Die Winterweizenerträge nach Vorfrucht Luzerne waren im Mittel deutlich geringer als nach Vorfrucht Körnererbse, was vor allem auf den hohen Wasserentzug durch die Luzerne zurückgeführt wird. Mit der Luzernevorfrucht konnten jedoch höhere Proteingehalte erreicht werden, die beständig über den für Bioqualitätsweizen geforderten Mindestwert von 12 % lagen.
Hier besteht noch Optimierungsbedarf im Management des Luzerneumbruchs. Ein frühzeitiger Umbruch der mehrjährig angebauten Luzerne trägt dazu bei, den Wasserverbrauch über die Sommermonate zu reduzieren. Bei niederschlagsreicheren Bedingungen ist jedoch zusätzlich ein Zwischenfruchtanbau zu empfehlen, um das Stickstoffauswaschungsrisiko nach Luzerneumbruch zu verringern. In wieweit durch die Humusaufbauleistung der Luzerne die Wasserspeicherfähigkeit des

Bodens erhöht und dadurch der hohe Wasserverbrauch der Luzerne teilweise ausgeglichen werden kann, kann nur über einen Langzeitversuch geklärt werden.

Der hohe Vorfruchtwert der Körnererbse wird allgemein auf die Verbesserung der Bodenstruktur und die Fixierung und Freisetzung von Stickstoff aus den Ernterückständen der Erbse und der nachfolgenden Zwischenfrucht zurückgeführt. Die Körnererbse selbst wies jedoch starke Ertragsschwankungen bedingt durch die Witterung und den häufig hohen Krankheits-, Schädlings- und Beikrautdruck auf. Insofern handelt es sich hier teilweise eher um einen Bracheeffekt. Als Alternative zu Erbsen in dieser Fruchtfolgestellung bietet sich der Anbau von Sojabohnen an.

- Dass Effekte auf Erträge und Bodenfruchtbarkeit bei Prüfung verschiedener Systeme im biologischen Landbau nach etwas mehr als einer Fruchtfolgerotation noch gering sein können, ist auch aus anderen Langzeituntersuchungen bekannt (vgl. Reinicke und Christen 2007, Schulz et al. 2013) und bestätigt die Notwendigkeit der Untersuchung eines weiteren Fruchtfolgedurchlaufes.
- Die Ergebnisse der Düngungsvarianten in den Kleinparzellenversuchen werden weitgehend durch die Erhebungen in den Düngerstreifen bestätigt. Da die Düngerstreifen großflächig bewirtschaftet und alle Maßnahmen maschinell durchgeführt werden, ist hier eine bessere Vergleichbarkeit mit der Praxis gegeben.

LITERATURVERZEICHNIS

- AGES (2014): Österreichische beschreibende Sortenliste 2014, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2014. ISSN 1560-635X. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hrsg.), Wien.
- Berner, A., Scherrer, D., Alföldi, T. (1997): Stickstoffeffizienz von unterschiedlich aufbereiteten Misten in einer Ackerfruchtfolge auf Lösslehm. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 3.-4. März 1997 an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Bidlingmaier, W. (2000): Biologische Abfallverwertung. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- BMELV (2011): Statistisches Jahrbuch Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2010. NW-Verlag, ISBN 978-3-86918-098-4
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014): Grüner Bericht 2014. Bericht über die Situation der Österreichischen Land- und Forstwirtschaft. 55. Auflage, Wien 2014.
- de Kruijff, R., Pietsch, G., Freyer, B., Friedel, J.K. (2008): Pre-crop effects of alfalfa management systems on inorganic soil nitrogen and cereals in organic farming under pannonian site conditions. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 171, 1-4.
- Dreymann, S.; Loges, R. und Taube, F. (2003) Einfluss der Klee gras-Nutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte. In: Kauter, D.; Kämpf, A.; Claupein, W. und Diepenbrock, W. (Hrsg.) *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Verlag Günter Heimbach Stuttgart, 15, S. 83-86.
- Fließbach, A., Hany, R., Rentsch, D., Frei, R., & Eyhorn, F. (2000b): DOC trial: soil organic matter quality and soil aggregate stability in organic and conventional soil. Alföldi, T., Lockeretz, W., and Niggli, U. (Eds.). S. 11. *Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference*.
- Fliessbach, A., Mäder, P., Pfiffner, L., Dubois, D. und Gunst, L. (2000): Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt. Erkenntnisse aus 21 Jahren DOK-Versuch. FiBL Dossier Nr. 1, 3. Auflage. Hrsg.: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- Gutser, R., Ebertseder, Th. Weber, A., Schraml, M. und Schmidhalter, U. (2005): Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. of Plant Nutrition and Soil Science.* 168, 439-446.
- Herrmann, G. und Plakolm, G. (1993): Ökologischer Landbau, Grundwissen für die Praxis. Verlagsunion Agrar.
- Loges, R., Kaske, A. and Taube, F. (1999): Dinitrogen fixation and residue nitrogen of different managed legumes and nitrogen uptake of subsequent winter wheat. In: Olesen, J.E., Elton, R., Gooding, M.J., Jensen, E.S. and Köpke, U. (Eds.): *Designing and testing crop rotations for organic farming. DARCOF Report Nr. 1*, 181-190. Lehrstuhl für Grünland und ökologischen Landbau, Universität Kiel.
- 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.
- Reinicke, F. and Christen, O. (2007): Leistung und langfristige Wirkung auf Humus- und Nährstoffhaushalt verschiedener Anbausysteme des Ökologischen Landbaus - Ergebnisse der 1. Rotation eines Dauerfeldversuches. Zikeli, S., Claupein, W., Dabbert, S., Kaufmann, B., Müller, T., and Valle Zárate, A. Band 1, 97-100. Berlin, Verlag Dr. Köster. *Zwischen Tradition und Globalisierung - Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.* 20-3-2007.
- Schneider, R., Salzeder, G., Schmidt, M., Wiesinger, K. und Urbatzka, P. (2013): Einfluss verschiedener Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser Systeme auf Ertrag und Produktivität: Ergebnisse eines Dauerfeldversuches. In: D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke (Hrsg.): *Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5.-8. März 2013, S54-57*, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- 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.
- Schulz, F., Brock, C. und Leithold, G. (2013): Viehhaltung im Ökologischen Landbau - ja oder nein? Effekte auf Bodenfruchtbarkeit, N-Bilanzen und Erträge. In: D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke (Hrsg.): *Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5.-8. März 2013, S54-57*, Verlag Dr. Köster, Berlin.

ANHANG

Tabelle 4.1-9: Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2014 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante

Kultur		Winterweizen VF Luzerne		Körnermais		Sommergerste		Körnererbse		Winterweizen VF Erbse		Winterroggen	
Jahr	DV	S	dt/ha	S	dt/ha	S	dt/ha	S	dt/ha	S	dt/ha	S	dt/ha
2009	DV1	S4	49,6	S7	94,8	S1	31,4	S6	10,6	S3	50,2	S2	49,5
	DV2	S4	50,6	S7	76,6	S1	31,3	S6	10,1	S3	56,9	S2	51,4
	DV3	S4	46,6	S7	82,2	S1	29,6	S6	9,6	S3	59,4	S2	51,8
2010	DV1	S5	51,7	S4	68,5	S7	36,4	S1	28,6	S8	51,3	S3	38,7
	DV2	S5	54,1	S4	88,9	S7	40,7	S1	23,3	S8	55,0	S3	40,6
	DV3	S5	51,2	S4	100,9	S7	40,8	S1	23,2	S8	53,6	S3	39,9
2011	DV1	S6	64,3	S7	85,1	S4	51,8	S7	35,4	S1	64,9	S8	35,9
	DV2	S6	64,5	S7	97,2	S4	57,7	S7	33,8	S1	68,8	S8	36,9
	DV3	S6	58,4	S7	96,2	S4	54,7	S7*	34,6	S1	84,8	S8	40,2
2012	DV1	S2	20,3	S6	32,7	S5	18,9	S4	0,0	S7	40,9	S1	30,2
	DV2	S2	20,1	S6	40,6	S5	22,1	S4	0,0	S7	40,3	S1	28,3
	DV3	S2	17,9	S6	39,8	S5	24,8	S4	0,0	S7	42,6	S1	29,8
2013	DV1	S3	49,0	S2	71,4	S6	46,5	S5	20,3	S4	42,1	S7	44,6
	DV2	S3	51,9	S2	67,6	S6	45,3	S5	17,7	S4	46,1	S7	45,5
	DV3	S3	45,8	S2	67,5	S6	44,2	S5	17,5	S4	47,3	S7	45,9
2014	DV1	S8	41,4	S3	109,8	S2	58,0	S6	28,3	S5	49,4	S4	48,9
	DV2	S8	41,4	S3	106,9	S2	50,4	S6	33,4	S5	54,3	S4	46,6
	DV3	S8	39,1	S3**	83,6	S2	45,4	S6	28,4	S5	59,9	S4	45,8
MW Jahre und DV			45,4		78,4		40,6		19,7		53,8		41,7

DV...Düngungsvariante, VF...Vorfrucht

*keine Ertragsaufnahme in diesem Düngerstreifen, daher Ertrag der DV3 als Mittelwert aus der DV 1 und 2 berechnet.

** Minderertrag aufgrund von Fehlstellen.

Tabelle 4.1-10: Erträge in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit des Erntejahres (2009 bis 2014), der Fruchtfolge und der organischen Düngung

Erntejahr		2009						2010						2011						2012						2013						2014					
KPV	DV	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)			Stroh/ Luze: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)			Stroh/ Luze: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)			Stroh/ Luze: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)			Stroh/ Luze: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)	Kultur	Ertrag Korn (dt/ha, 86 % TM)			Stroh/ Luze: Bearb. bzw. Abfuhr (dt/ha, TM)											
			Ertrag Korn	Stabw	Stroh/Luze			Ertrag Korn	Stabw	Stroh/Luze			Ertrag Korn	Stabw	Stroh/Luze			Ertrag Korn	Stabw	Stroh/Luze			Ertrag Korn	Stabw	Stroh/Luze		Ertrag Korn	Stabw	Stroh/Luze								
S1M	DV 1	SG	26,3	a	3,5	H	KE	23,6	a	2,3	H	WW	69,7	a	1,8	H	WR	31,3	a	7,5	H	LUZ				M	LUZ				M						
	DV 2		27,9	a	1,2	H		26,4	a	1,6	H		71,8	a	1,5	H		33,4	a	4,1	H		M	M													
	DV 3		25,7	a	2,9	21,8		25,3	ab	4,5	H		71,2	a	2,4	42,2		32,2	a	5,1	29,2		99,3	76,3													
	DV 4		25,1	a	2,9	H		30,0	b	3,1	H		71,4	a	2,2	H		34,1	a	3,2	H		84,1	59,8													
S1G	DV 1			27,6		5,2	H			24,0			H			54,6			H											M			M				
S2M	DV 1	WR	50,0	a	2,3	H	LUZ			M	LUZ			M	WW	13,2	ab	2,6	H	KM	115,6	a	6,5	H	SG	49,1	a	2,5	H								
	DV 2		50,1	a	6,2	H				M				M		14,8	a	0,8	H		118,0	a	6,8	H		50,1	a	1,3	H								
	DV 3		52,1	a	0,9	54,2				38,8				115,3				10,2	b		1,4	8,0	119,2	a		4,9	H	49,9	a	1,4	19,0						
S3M	DV 1	WW	55,9	a	2,3	H	WR	32,7	a	2,3	H	LUZ			M	LUZ			M	WW	46,6	a	2,3	H	KM	125,7	a	5,9	H								
	DV 2		58,6	a	2,3	H		34,1	a	2,1	H				M		48,2	a	3,1		H	127,0	a	5,2		H											
	DV 3		57,3	a	7,6	36,3		36,8	b	1,0	36,2				50,6				64,0				39,6	b		2,1	25,3	131,5	a	8,0	H						
S4M	DV 1	WW	46,8	a	3,3	H	KM	96,9	a	9,6	H	SG	54,4	a	2,5	H	KE	0,0			H	WW	39,8	a	3,9	H	WR	48,8	a	5,6	H						
	DV 2		49,0	a	2,9	H		98,6	a	7,6	H		57,7	a	3,4	H		0,0			H		45,4	ab	4,1	H		55,9	a	3,8	H						
	DV 3		39,2	b	4,2	31,0		99,9	a	8,9	H		56,1	a	3,5	20,3		0,0			H		49,2	b	4,9	28,7		57,6	a	1,6	48,4						
S5M	DV 1	LUZ			M	WW	55,7	a	1,3	H	KM	111,8	a	3,1	H	SG	35,9	a	3,0	H	KE	19,2	a	5,1	H	WW	68,4	a	3,2	H							
	DV 2				M		54,7	a	2,9	H		114,7	a	4,6	H		36,7	a	5,2	H		19,6	a	1,0	H		67,4	ab	2,2	H							
	DV 3				137,3		52,9	a	2,6	27,6		114,6	a	5,8	H		35,6	a	5,5	16,3		17,1	a	1,6	H		66,3	b	1,9	48,6							
S6M	DV 1	LUZ			M	LUZ			M	WW	69,9	a	2,8	H	KM	85,3	a	11,0	H	SG	48,7	a	2,0	H	KE	36,0	a	3,0	H								
	DV 2				M				M		68,4	ab	0,2	H		90,7	a	7,7	H		49,5	a	2,9	H		35,6	a	3,1	H								
	DV 3				38,5				87,9				62,8	b		4,0	37,8	83,1	a		9,4	H	51,2	a		4,1	27,3	38,2	a	3,4	H						
S7M	DV 1	KM	92,1	a	6,0	H	SG	37,4	a	2,7	H	KE	37,2	a	1,8	H	WW	46,9	a	1,2	H	WR	51,6	a	1,6	H	LUZ				M						
	DV 2		94,0	a	6,0	H		37,8	a	1,9	H		34,3	a	2,7	H		47,7	ab	2,0	H		51,8	a	5,4	H		M									
	DV 3		106,1	a	4,9	H		38,2	a	1,3	25,1		33,3	a	3,3	H		50,0	b	0,7	29,6		55,7	a	2,0	42,5		93,3									
S8M	DV 1	KE	12,1	a	2,0	H	WW	46,0	a	4,0	H	WR	29,9	a	5,4	H	LUZ			M	LUZ				M	WW	44,6	a	3,7	H							
	DV 2		8,6	a	2,4	H		49,4	ab	3,2	H		31,0	a	4,4	H		M				M	43,6	a	4,2		H										
	DV 3		10,9	a	2,8	H		52,5	b	3,9	32,9		31,2	a	2,3	31,3				32,1				116,1					36,7	a	4,3	28,8					

Legende:

DV...Düngungsvariante, KPV...Kleinparzellenversuch, Stabw...Standartabweichung;

DV 1: Gründüngung: nur Gründüngung mittels Luzernemulch (GD)
DV 2: GD + Biotonnekompost: zusätzlich zur Gründüngung wird Biotonnekompost zugeführt
DV 3: Stallmist: Luzerne- und Strohabfuhr, stattdessen Zufuhr von Stallmist
DV 4: Pflanzliche Agrogasgülle: Luzerneabfuhr, stattdessen Zufuhr von pflanzlicher Agrogasgülle

WW...Winterweizen, WR...Winterroggen, SG...Sommergerste, LUZ...Luzerne, KE...Körnererbse, KM...Körnermais

Kultur...die Kultur wurde vor dem Anbau mit Biotonnekompost und Stallmist bzw. im KPV S1M im Frühjahr 2011 mit Agrogasgülle gedüngt
H...das Stroh wurde gehäckselt und auf den Parzellen belassen; M...die Luzerne wurde gemulcht und das Mulchmaterial auf den Parzellen belassen.

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

Tabelle 4.1-11: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen des Erntejahres 2014

DV	KPV	Kultur	Bestandeshöhe, cm		Bestandesdicke, Pfl./m ²		TKG, g 86%TS		Hektolitergewicht, kg		Rohprotein, %		Fallzahl, sec.		Vollgerstenanteil, % (Sortierung > 2,5 mm)	
			Stabw		Stabw		Stabw		Stabw		Stabw		Stabw		Stabw	
DV 1	S2M	SG	57,9	a 0,8	469	a 62	48,2	a 1,1	69,0	a 0,2	10,7	a 0,5			94,7	a 0,7
DV 2	S2M	SG	57,9	a 0,8	473	a 68	48,4	a 0,5	69,0	a 0,6	10,4	a 0,2			94,5	a 0,9
DV 3	S2M	SG	58,3	a 1,6	456	a 44	48,4	a 1,3	69,0	a 0,5	10,9	a 0,7			94,3	a 1,4
DV 1	S3M	KM	228	a 8	5,9	a 0,0	360	a 7			7,7	a 0,1				
DV 2	S3M	KM	230	a 7	5,8	a 0,2	364	a 8			7,6	a 0,2				
DV 3	S3M	KM	236	a 19	6,1	a 0,2	363	a 10			7,9	a 0,3				
DV 1	S4M	WR	142	a 3,9	191	a 35	29,8	a 0,4	75,8	a 0,2	8,0	a 0,9				
DV 2	S4M	WR	145	a 2,3	245	b 31	29,2	a 1,1	75,8	a 0,4	8,1	a 0,3				
DV 3	S4M	WR	148	a 1,4	170	a 13	28,5	a 0,2	75,3	a 0,7	7,8	a 0,4				
DV 1	S5M	WW	109	a 1,2	415	a 8	45,1	a 1,1	85,0	a 0,2	12,1	a 0,3	365	a 6		
DV 2	S5M	WW	110	a 1,1	406	a 42	45,2	a 1,4	84,9	a 0,4	12,4	a 0,1	371	a 17		
DV 3	S5M	WW	109	a 0,5	434	a 45	44,9	a 0,6	84,9	a 0,1	11,9	a 0,3	370	a 10		
DV 1	S6M	KE					217	a 12			20,1	a 0,4				
DV 2	S6M	KE					212	a 21			19,9	a 0,4				
DV 3	S6M	KE					215	a 18			20,2	a 0,5				
DV 1	S8M	WW	98	a 4,4	333	a 27	35,0	a 2,4	80,2	a 1,0	14,6	a 0,6	430	a 9		
DV 2	S8M	WW	97	a 3,4	337	a 25	35,7	a 1,5	78,8	a 2,9	14,6	a 0,4	428	a 10		
DV 3	S8M	WW	96	a 1,3	298	a 29	33,7	a 1,7	79,4	a 1,5	12,8	b 0,2	421	a 9		

Legende: DV...Düngungsvariante, KPV...Kleinparzellenversuch; WW...Winterweizen, WR...Winterroggen, SG...Sommergerste, KM...Körnermais; KE...Körnererbse; Stabw...Standartabweichung; Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Tukey-Test: $P < 0,05$).

Tabelle 4.1-12: Produktionsmaßnahmen und Erträge der Jahre 2013 und 2014 auf den Großschlägen des Biobetriebes Rutzendorf (Quelle: BVW GmbH)

Schlag	KPV	Hauptfrucht 2012	Hauptfrucht 2013	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflege- maß- nahmen	Ertrag Schlag (dt/ha) FM Ernte	Hauptfrucht 2014	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflege- maß- nahmen	Ertrag Schlag (dt/ha) FM Ernte
1	S1M S1G	Winterroggen	Luzerne	La-bella-camp.-bea	29	16.08.2012	Mehrmaliges Mulchen (4x)		Luzerne				Mehrmaliges Mulchen (3x)	
2	S2M	Winterweizen	Körnermais	Samanta	1,7 Pkg/ha	24.04.2013	2 x Maschinenhacke	76,9	Sommergerste	Zarasa	191	13.03.2014	1 x Hackstriegel	49,8
3	S3M	Luzerne	Winterweizen	Energo	198	23.10.2012	1 x Hackstriegel	54,5	Körnermais	Chapalu	1,5 Pkg/ha	18.04.2014	1 x Maschinenhacke	96,2
4	S4M	Körnererbse	Winterweizen	Energo	198	23.10.2012	1 x Hackstriegel	37,0	Winterroggen	Elego	152	1.10.2013	1 x Hackstriegel	43,5
5	S5M	Sommergerste	Körnererbse	Alvesta	253	11.04.2013	1 x Hackstriegel	18,1	Winterweizen	Capo	189	25.10.2013	1 x Hackstriegel	47,9
6	S6M	Körnermais	Sommergerste	Evelina	184	11.04.2013	1 x Hackstriegel	38,5	Körnererbse	Alvesta	251	03.04.2014	1 x Hackstriegel	27,8
7	S7M	Winterweizen	Winterroggen	Elego	169	5.10.2012	1 x Hackstriegel	41,8	Luzerne	Giulia	23	30.08.2013	Mehrmaliges Mulchen (4x)	
8	S8M	Luzerne	Luzerne				Mehrmaliges Mulchen (3x)		Winterweizen	Capo	189	25.10.2013	1 x Hackstriegel	46,5

Tabelle 4.1-13: Zwischenfruchtgemenge: Mischungspartner und angestrebte Aussaatmengen

Fruchfolgestellung:	vor Körnermais	vor Körnererbse	vor Winterweizen nach Körnererbse
Mischungspartner	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Sommerwicke	30	-	50
Platterbse	70	-	
Ölrettich	3	-	
Senf	3	4	
Phacelia	4	4	3
Leindotter	-	4	
Buchweizen	-	20	15
Saatmenge Gesamt:	110	32	68

4.2 TEILPROJEKT 11: WILDBIENEN / NATURSCHUTZBIOLOGIE

Auswirkung von Blühstreifen auf die Vegetation und Wildbienenfauna

BearbeiterInnen: B. Pachinger, G. Bassler, B. Prochazka, M. Seiberl, M. Kriechbaum, W. Holzner
 Institut für Integrative Naturschutzforschung, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU Wien.

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Ziel des Projektes war die Untersuchung von am Biobetrieb Rutzendorf angelegten Blühstreifen in Hinblick auf die Vegetation und Wildbienenfauna. Ein Teil dieser Blühstreifen blieb der natürlichen Sukzession überlassen. In die anderen Teilflächen wurden verschiedene Saatgutmischungen mit regional heimischen Wildpflanzenarten und eine in der Landwirtschaft übliche Blühmischung (Wildäsungsmischung) eingesät. Im Gegensatz zu den Wildkrautmischungen blieben die Flächen mit spontaner Sukzession sowohl von Seiten der Flora als auch von Seiten der Wildbienenfauna über lange Zeit artenarm.

Beim Vergleich der Wildkraut- mit der Wildäsungsmischung zeigten sich die Wildkrautstreifen von Seiten der Flora artenreicher, bei den Erhebungen der Wildbienenfauna konnten ebenfalls in der Variante Wildkrautmischung signifikant höhere Artenzahlen und Häufigkeiten festgestellt werden.

Die Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Pflegemaßnahmen (Bodenbearbeitung, Nachsaat, keine Bodenbearbeitung) zeigten im dritten Jahr nach Versuchsstart keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Artendiversität der Wildbienen. Bei der Variante ohne Bodenbearbeitung war jedoch eine leichte Verschiebung hin zu konkurrenzstarken Pflanzenarten zu beobachten.

Flowering field strips were established during the project. Partly they were sown with regional wild plant species, partly with mixtures commonly used in agriculture. Other parts were left to natural succession. In contrast to wild plant mixtures, in plots left to natural succession a low floristic diversity and only few wild bee species were documented for a long time.

Wild plant strips compared to commonly used strips showed higher plant diversity with rare species in wild plant stripes. Also diversity and number of wild bees per transect were significantly higher in these strips. Looking at the different management of the flowering field strips, diversity of vegetation and wild bee fauna did not show any significant difference, but a slight increase of highly competitive plants was observed in management without tilling.

EINLEITUNG

Um dem Verlust der Biodiversität in den Europäischen Agrarlandschaften entgegen zu wirken, wurden in verschiedenen europäischen Ländern Agrar-Umweltprogramme ins Leben gerufen. Die Effektivität dieser Streifen ist sowohl in Hinblick auf eine Verbesserung der Phytodiversität als auch für Wildbienen als wichtige Bestäuber eine bedeutende Frage.

Zu Projektstart 2003 zeigten sich nicht nur die Ackerflächen, sondern auch Saum- und Rainflächen eintönig und artenarm. Da Landschaftselemente wie Hecken, Säume oder Blühstreifen Schlüsselfaktoren für den Artenreichtum in der Landschaft darstellen (z.B. Thies & Tschardt 1999, Haaland & Bersier 2011), wurden zur Förderung der Biodiversität im Rahmen von MUBIL I-III Blühstreifen (Ökostreifen) sowohl entlang von Hecken und Baumreihen als auch zwischen den Schlägen direkt in der Ackerfläche angelegt. MUBIL IV setzte die Neuanlage zusätzlicher Blühstreifen 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, wenn möglich 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 wurde neben der Diversität der Wildkräuter und dem Auftreten seltener Arten die Bewertung der Blühstreifen als Lebensraum für Wildbienen herangezogen.

THEMA UND ZIELE DER ARBEIT

Ziele:

- Erhöhung der Pflanzenvielfalt in ausgewählten Landschaftselementen, Etablierung seltener Pflanzenarten
- Förderung der Bestäuber mittels Blühstreifen, Verbesserung des Lebensraumes für Wildbienen
- Hintanhaltung von bereits vorhandenen Problemunkräutern
- Schaffung „herzeigbarer“ Blühstreifen zur Verbesserung der Akzeptanz unter den Landwirten und in der Bevölkerung
- Dokumentation der Veränderung der Wildbienenfauna und der Vegetation infolge der Ansaaten von Blühstreifen und deren Pflege

Folgende Forschungsfragen werden gestellt:

- Welchen Beitrag können Blühstreifen zur Erhöhung der Biodiversität der Flora und der Wildbienenfauna am Standort Rutzendorf leisten?
- Von welchen Faktoren ist eine effektive Förderung der Wildbienenfauna mittels Blühstreifen abhängig?
- Wie wirken sich die Blühstreifen auf die Diversität der Ackerwildkräuter aus?
- Welche Bedeutung hat das Alter der Blühstreifen?
- Welche Bedeutung kommt der Zusammensetzung der unterschiedlichen Blühmischungen zu?
- Durch welche Pflegemaßnahmen kann auf Blühstreifen eine möglichst hohe Artenvielfalt erhalten werden?

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

Zahlreiche Autoren zeigen das Ansteigen der Diversität sowohl der Flora als auch der Wildbienenfauna durch die Schaffung von naturnahen Habitaten in der agrarisch genutzten Landschaft (z.B. Bürger 2004, Albrecht et al. 2007, Potts et al., 2010) auf. Blühstreifen können als solche Rückzugsräume fungieren (Haaland et al. 2011, Pachinger 2013).

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 als Blühstreifen angelegten Flächen sehr viel arten- und blütenreicher und Problemunkräuter werden in ihrem Wachstum wesentlich eingeschränkt. Von Seiten der Wildbienen wird gerade durch die Anlage der Blühstreifen eine Erhöhung der Diversität durch das zusätzlich entstehende Angebot diverser Pollenfutterpflanzen und Nisthabitate angenommen.

MATERIAL UND METHODEN

Anlage und Management der Blühstreifen

Im Rahmen dieses Teilprojektes 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, Herbst 2011: 0,35 ha, Herbst 2012: 0,92 ha (siehe Tabelle 4.2-1). 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 Kriterien. Es wurden verschiedene Saatgutmischungen mit regional heimischen Wildpflanzenarten für eine mehrjährige Bestandesdauer (Ausnahme Wildäsungsmischung) der Blühstreifen verwendet.

Tabelle 4.2-1: Angebaute Mischungen in den Blühstreifen mit Angaben zur Zahl der angebauten Pflanzenarten und enthaltenen Rote Liste (RL)-Arten.

Mischung	Beschreibung	Bezeichnung	Lage	Anbau	Wildbienen
Wildkrautmischung (35 Arten/5 RL-Arten)	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 (28 Arten/3 RL-Arten)	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 (Nullvarianten)	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			
Blühmischung (43 Arten/12 RL-Arten)	Für fünfjährige Ackerrand- und Zwischenstreifen (mit Kulturpflanzen)	Ö3-W BL	Die östliche Hälfte des Blühstreifen entlang der Hecke H4 (Breite: 3m)	März 2007	+
		Ö6/1-O BL	Blühstreifen zwischen Ackerfläche 6/1 und 7	März 2007	+
Wildkrautmischung (87 Arten/17 RL-Arten)	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 (87 Arten/17 RL-Arten) / Wildäsungsmischung (10 Arten/0 RL-Arten)	s.o./in der Praxis häufig angebaute Vergleichsmischung (nur Kulturpflanzen)	Ö3-O WK	Blühstreifen auf Schlag 3 angrenzend zu Schlag 2/2	Dezember 2009	+
		Ö3-O WÄ		April 2010	+
		Ö5/2-W WK	Blühstreifen auf Schlag 5/2 angrenzend zu Schlag 4	Dezember 2009	+

		Ö5/2-W WÄ		April 2010	+
Blütmischung (40 Arten/14 RL-Arten)	s.o.	Ö5/1-S-BL	Blühstreifen auf Schlag 5/1	November 2011/April 2012	
		Ö5/1-N-BL	Blühstreifen auf Schlag 5/1 angrenzend zu Schlag 4 und 5/2		
Wildkrautmischung (77 Arten/18 RL-Arten)	s.o.	Ö7-O-WK	Blühstreifen auf Schlag 7 entlang Baumreihe 5	November 2012	
		Ö8-O-WK	Blühstreifen auf Schlag 8 entlang Baumreihe 3		
		Ö4-W-WK	Blühstreifen auf Schlag 4 angrenzend Brache		

Die im April 2010 mit Wildäsungsmischungen angebauten Abschnitte der Blühstreifen (Ö3-O-WÄ und Ö5/2-W-WÄ) konnten sich auf Grund geringer Niederschläge nach der Aussaat in diesem Jahr nicht wie erwünscht etablieren. Im April 2011 wurden die Wildäsungsmischungen daher nochmals angebaut.

Zusätzlich wurden an entsprechenden Standorten innerhalb der Blühstreifen folgende Mischungen ausgebracht (Tabelle 4.2-2):

Tabelle 4.2-2: Zusatzmischungen

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 30cm 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, 3m 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

Auf dem im März 2007 angebauten Blühstreifen Ö6/1-O BL wurden zur Frage, welche Pflegemaßnahmen empfohlen werden können, verschiedene Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Pflegemaßnahmen in vierfacher Wiederholung (a-d) angelegt. Mit diesen Pflegemaßnahmen sollte die Pflanzenentwicklung im dem mehrjährigen Blühstreifen „neu gestartet“ werden, um seine Biodiversitätsfunktion über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Dafür wurde Ende November 2011 die gesamte Fläche gemulcht (Ö6/1-O BL). Der Abschnitt BB (Bodenbearbeitung) wurde zweimal, der Abschnitt BN (Bodenbearbeitung und Nachsaat) viermal, mit einer Scheibenegge (unmittelbar hintereinander) 10 – 12 cm tief bearbeitet. Auf dem Abschnitt BO (keine Bodenbearbeitung) blieb der Boden unbearbeitet (Tabelle 4.2-3) Auf BN erfolgte zusätzlich eine Nachsaat.

Tabelle 4.2-3: Pflegevarianten

Bearbeitung	Bezeichnung	Lage	Nachsaat	Wildbienen
Bodenbearbeitung	Ö6/1-O BL/BB	Blühstreifen zwischen Ackerfläche 6/1 und 7	November 2011/ April 2012	+
Bodenbearbeitung und Nachsaat	Ö6/1-O BL/BN			+
Keine Bodenbearbeitung	Ö6/1-O BL/BO			+

Die Lage der Blühstreifen ist im Übersichtsplan (Abbildung 3.2-2) im Kapitel 3.2 im Methodenteil des Gesamtberichts dargestellt.

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

Erhebungen Vegetation

Die Vegetation in den Säumen und Blühstreifen wurde nach der in den Vorprojekten verwendeten Methode (Braun-Blanquet, 1964) erhoben. Der Schwerpunkt der Untersuchungen in MUBIL V lag dabei auf dem Bearbeitungsvariantenversuch auf Blühstreifen Ö6/1-O BL und dem Ansaatversuch auf Blühstreifen Ö3-O WK/WÄ.

Die Nomenklatur richtet sich weitgehend nach Adler et al. (1994). Der Gefährdungsgrad der Rote Liste-Arten ist Niklfeld et al. (1999) entnommen. Zur Einschätzung der Diversität wurde die Artenzahl pro Aufnahme verwendet. Den einzelnen Pflanzenarten wurden Strategietypen zugewiesen. Dabei steht c für konkurrenzkräftige Arten (z. B. mehrjährige krautige Arten oder Bäume), die in den Endstadien der Sukzession überwiegen. Ruderalarten (r-Strategen) sind durchwegs einjährig und haben die Fähigkeit neue Standorte schnell zu besiedeln, werden aber im Zuge der Sukzession schnell wieder verdrängt. Zu diesen Arten gehören einjährige Ackerunkräuter. „S“ steht für Arten, die Stress z. B. in Form von Dürre, Überstauung oder Nährstoffmangel besonders gut ertragen. Buchstabenkombinationen bezeichnen Übergangstypen. Teilweise wurden die Gruppen zur besseren Beschreibung der Sukzessionsprozesse je nach Langlebigkeit der Pflanzen weiter in einjährige -, zweijährige (=kurzlebige) - und mehrjährige Arten unterteilt. Zweijährig steht dabei für Arten die frühestens im zweiten Jahr blühen und nach der Blüte größtenteils absterben. Eine wichtige Rolle in den Blühstreifen kommt den zweijährigen csr-Strategen zu. Diesem Strategietyp gehören in den Blühmischungen Karden, Königskerzen und Kugeldisteln an, die sich im ersten oder zweiten Jahr ansiedeln, zuerst eine vegetative Rosette bilden und frühestens nach zwei Jahren zur Blüte gelangen. Die Konkurrenzkraft der Arten liegt vor allem in der großen Rosette. Durch ihr Höhenwachstum (bis 2 m) entstehen strukturreiche Streifen, die u.a. auch für die Fauna wertvoll sind. Der Vorteil dieser Arten in den Blühstreifen liegt darin, dass sie mehrjährige Ackerunkräuter wirksam unterdrücken und aufgrund ihrer begrenzten Lebenszeit wieder Raum für andere Arten, z. B. r- und s-Strategen schaffen. Wegen dieser Fähigkeit wurden die Arten auch zur Anlage von Blühstreifen (=Buntbrachen) von den Schweizern Nentwig (2000) und Eggenschwiler (2003) empfohlen. Die Zuordnung zu den Strategietypen erfolgte nach Grime et al. (1988), in Anlehnung an Angaben aus der Online-Datenbank BioFlor (Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH) und nach mündlichen Mitteilungen von Gerhard Karrer.

Erhebungen Wildbienen

Die Untersuchungen der Wildbienenfauna wurden entlang der bereits im Rahmen von MUBLI I-IV erfassten Aufnahmestrecken durchgeführt. Die Flächen der Wildbienenenerhebungen sind in Tabelle 4.2-1 und 4.2-3 dargestellt.

Die Erfassung der Wildbienenfauna erfolgte in Transekten mittels Sichtfang mit Hilfe eines Käschers in vergleichbaren Zeiteinheiten. Die Aufnahmen zu MUBIL V erfolgen im Untersuchungsjahr 2014 in sieben Durchgängen in einem drei- bis vierwöchigem Rhythmus zwischen Mitte April (2.4. 2014) und Anfang September (4.9.2014). Die gefangenen Bienen wurden auf Art bestimmt.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Vegetation

Vegetationsentwicklung der im Jahr 2003 angelegten Blühstreifen

(Varianten: Spontane Sukzession, Ansaat-Wildkrautmischung 03 und Ansaat-Nützlingsmischung 03)

Für die ersten ein bis zwei Jahre waren *Atriplex*-Arten, *Tripleurosperum inodorum* und andere Einjährige typisch, die immer in der Variante ohne Ansaat (=Spontane Sukzession), weniger stet auch in den Ansaatvarianten vorkamen. Nach einigen Jahren breiteten sich besonders in der Variante „Spontane Sukzession“ *Elymus repens* und *Cirsium arvense* aus und bildeten dominante Herden.

Dipsacus-, *Verbascum*- und *Echinops*-Arten sowie *Carduus acanthoides* prägten über lange Zeit die Physionomie der Ansaatvarianten, sind in im letzten Jahr aber leicht rückläufig. Dafür wanderten diese Arten (v.a. der Gattung *Dipsacus*) auch in die Blühstreifen der Selbstbegrünungsvariante ein. In beiden Ansaatvarianten etablierten sich viele Arten der Ansaaten, z. T. mit zeitlicher Abfolge. In der Variante „Wildkrautmischung“ wurden *Bromus secalinus* und *Agrostemma githago* von *Isatis tinctoria* usw. abgelöst. In der Variante „Nützlingsmischung“ begann die Sukzession mit *Camelina sativa*, *Centaurea cyanus* und *Anthemis austriaca*. Ab dem Jahr 2006 wanderten *Dipsacus*-Arten, *Leonurus cardiaca* und *Arctium*-Arten von Streifen mit Wildkrautmischungseinsaat ein. In den letzten Jahren spielen konkurrenzkräftige Gräser wie *Elymus repens* und *Arrhenatherum elatius* zunehmend auch in den Ansaat-Varianten eine größere Rolle. Sie unterdrücken die Dynamik in Blühstreifen und leiten eine stabilere, artenärmere Phase der Sukzession ein. *Cirsium arvense* dürfte dagegen langfristig wieder ausfallen (s. Kap. Wildkrautmischung, Wildäsungsmischung).

Einige Rote Liste-Arten (=RL-Arten) (Niklfeld et al., 1999) aus den Ansaaten traten ab 2009 zum ersten Mal auch in der Variante „Spontane Sukzession“ auf, in den Jahren 2013 und 2014 fanden sich 1-3 RL-Arten pro Aufnahme. In den Aufnahmen mit Ansaaten schwankte ihre Anzahl im Laufe der Zeit stark (1 bis 10 RL-Arten pro Aufnahme). Im Jahr 2014 kamen durchschnittlich 3,3 in den Streifen mit Wildkrautansaat und 4,3 in jenen mit Nützlingsmischungseinsaat vor. In den Jahren 2013 und 2014 behaupteten sich die RL-Arten *Dipsacus lanciniatus*, *Verbascum speciosum*, *Nepeta cataria* und *Marrubium peregrinum* in den Blühstreifen.

Die zunächst sehr artenarme Variante „Spontane Sukzession“ (ca. 13 Arten/Aufnahme) erreichte durch Einwanderung von Einsaat-Arten (mittlerweile schon um die Hälfte) im Jahr 2013 durchschnittlich knapp über 20 Arten/Aufnahme, im Jahr 2014 über 23. In den Einsaatvarianten schwankten die Artenzahlen sehr stark im Lauf der Sukzession und erreichten Werte von 8 bis 46, im Jahr 2014 kamen in der Ansaat WK durchschnittlich 24, in der Ansaat NÜ durchschnittlich 29 Arten vor. Es stammten 45 bis 82 % der Arten aus Einsaaten (siehe Abbildung 4.2-1).

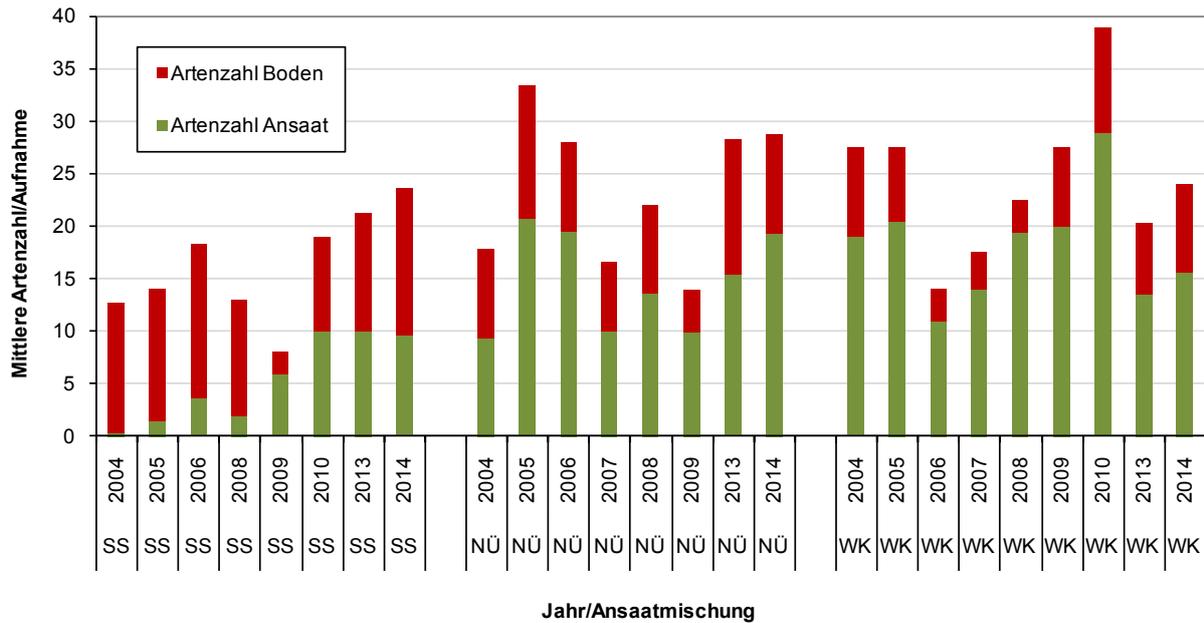


Abbildung 4.2-1: Entwicklung der Artenzahlen von 2004 bis 2014 mit Berücksichtigung der Herkunft der Arten (bodenbürtig bzw. Ansaat) in verschiedenen Ansaat-Varianten (SS=Spontane Sukzession, NÜ=Nützlingsmischung, WK=Wildkrautmischung).

Abbildung 4.2-2 gibt einen Einblick in die große zeitliche Dynamik der Blühstreifenentwicklung. Lehrbuchartig ausgeprägt war der Effekt in der Variante „Spontane Sukzession“. In den ersten Jahren dominierten r-Strategen, (= einjährige) Arten ohne Konkurrenzstrategie. Cr-Strategen, oft konkurrenzstarke einjährige Ackerunkräuter, behaupteten sich bis ins Jahr 2010. Mehrjährige csr-Strategen gewannen von 2006 bis 2010 an Bedeutung. Auch die zweijährigen csr-Strategen traten ab 2006 mit größeren Anteilen auf. Der Peak im Jahr 2010 war auf Einwanderung von Arten der Blühstreifen zurückzuführen. Im Jahr 2013 gewannen konkurrenzstarke c-Strategen an Bedeutung. Dieser Trend hielt im Jahr 2014 an.

Auf Flächen mit Ansaatmischungen gewannen, nach Zusammenbruch von anderen Strategietypen (meist zweijährige csr-Strategen), r-Strategen wieder an Bedeutung. In Flächen der Variante „Nützlingsmischung“ wurden die kurzlebigen csr-Strategen ab 2008 von mehrjährigen, konkurrenzkräftigen Arten (v.a. cr- und c-Strategen) abgelöst. In Flächen der Wildkrautmischung behaupteten sich die zweijährigen csr-Strategen mit einigen Schwankungen bis ins Jahr 2013. Mehrjährige cr-Strategen wurden gegen 2013 zunehmend von den ebenfalls mehrjährigen, reinen c-Strategen abgelöst. Im Jahr 2014 haben die c-Strategen weiter zugenommen, obwohl in dieser Auswertung die konkurrenzkräftigen Sträucher und Bäume nicht berücksichtigt wurden (s. unten).

Die Einsaat von zweijährigen csr-Strategen war somit wesentlich für den Artenreichtum der Blühstreifen mit Einsaat verantwortlich. Durch ihren Zusammenbruch entstanden Lücken und andere Arten, auch mit r-Strategie, darunter oft auch gefährdete Arten der Einsaaten konnten keimen. Abbildung 4.2-1 zeigt, dass sich die Anzahl der eingesäten Arten auch ab dem Jahr 2008 noch erhöht hat. Wichtig ist auch, dass es die c-Strategen in den Einsaatvarianten nach 11 Jahren noch nicht geschafft haben mehr als 60 % der Fläche einzunehmen. Bei einer reinen Dominanz von c-Strategen würde die Artenzahl dann drastisch absinken. Der Vergleich der Jahre 2013 und 2014 zeigt aber bei allen Varianten (besonders SB und NÜ) eine deutliche Zunahme an c-Strategen, was ein Zeichen ist, dass die optimalen Sukzessionsstadien vorbei sind, und dass eine Maßnahme zum Neustart der Sukzession erfolgen sollte.

In der Variante „Spontane Sukzession“ würde man einen höheren Anteil an c-Strategen erwarten, als es die Abbildung 4.2-2 zeigt. Das liegt einerseits daran, dass Flecken mit monodominanter *Cirsium arvense* in den Aufnahmen unterrepräsentiert sind. Andererseits wurde die Zunahme von c-Strategen durch das Einwandern von csr-Strategen aus den nahe gelegenen Einsaatenflächen wirksam verhindert. Diverse Einwanderungen von Arten aus Nachbarstreifen zeigen, dass es mit punktuellm Einbringen von Saatgut möglich ist, auch seltene Arten in verarmten Gebieten wieder zu etablieren und sogar auszubreiten.

Im Jahr 2014 wurde auch die Verbuschung der bereits 11 Jahre alten Blühstreifen erhoben. In 7 von 12 Aufnahmen, die sich alle in Nachbarschaft von Windschutzstreifen befinden, beträgt die Deckung der Strauchschicht nur 1 %. In den übrigen Aufnahmen erreichte die Strauchschicht 10 bis 70 % Deckung, die durch sich klonal ausbreitenden Gehölze (*Syringa vulgaris*, *Ligustrum vulgare*) verursacht wurde. Die Höhe der Strauchschicht betrug in fünf Aufnahmeflächen bis 1 m, in weiteren fünf bis 2 m und in zwei bis zu 3 m. Sehr häufig wanderten die Baumarten *Acer pseudoplatanus* und *Robinia pseudoacacia* sowie die Sträucher *Prunus mahaleb* und *Cornus sanguinea* in die Blühstreifen ein. Die Verbuschung stellt vor allem hinsichtlich einer späteren landwirtschaftlichen Nutzbarkeit ein Problem dar. Ergebnisse des Projektes lassen darauf schließen, dass eine Anlage von Blühstreifen nicht in unmittelbarer Nähe von Wald und Windschutzstreifen erfolgen sollte, um die Verbuschung hinten zu halten. Vor allem sollten Waldränder mit Vorkommen von sich klonal ausbreitenden Gehölzen gemieden werden.

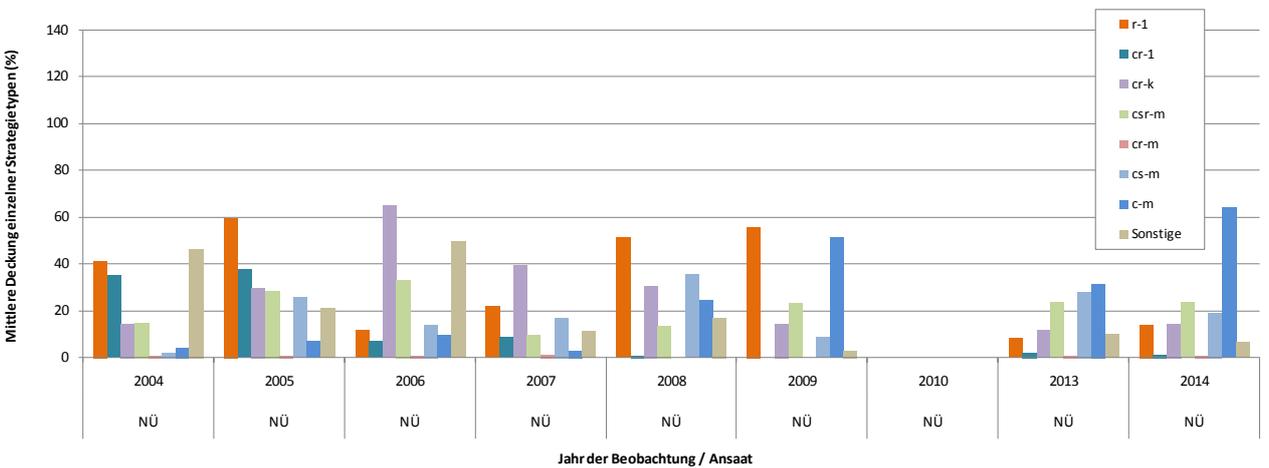
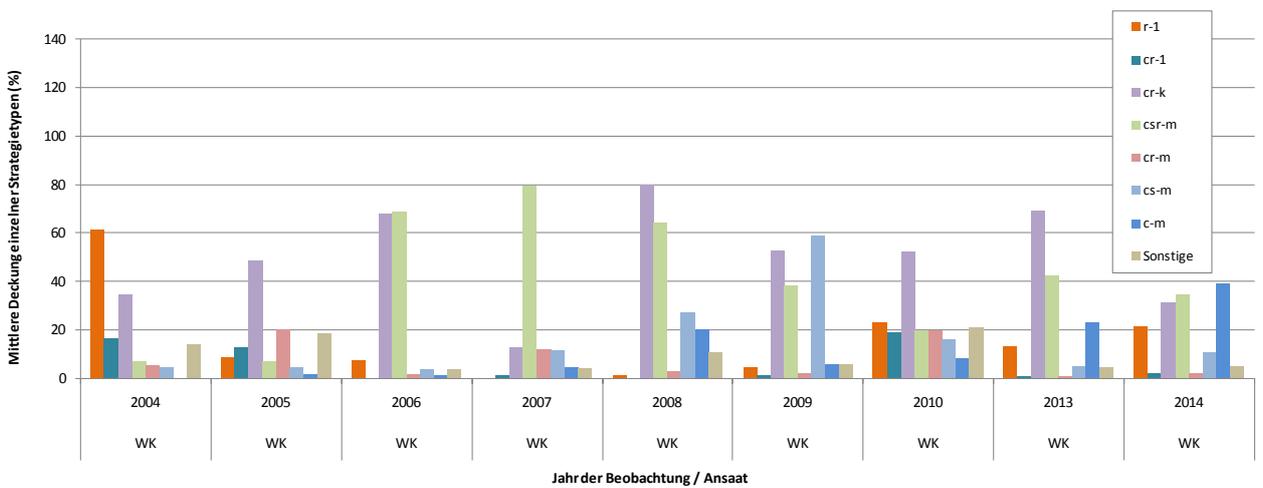
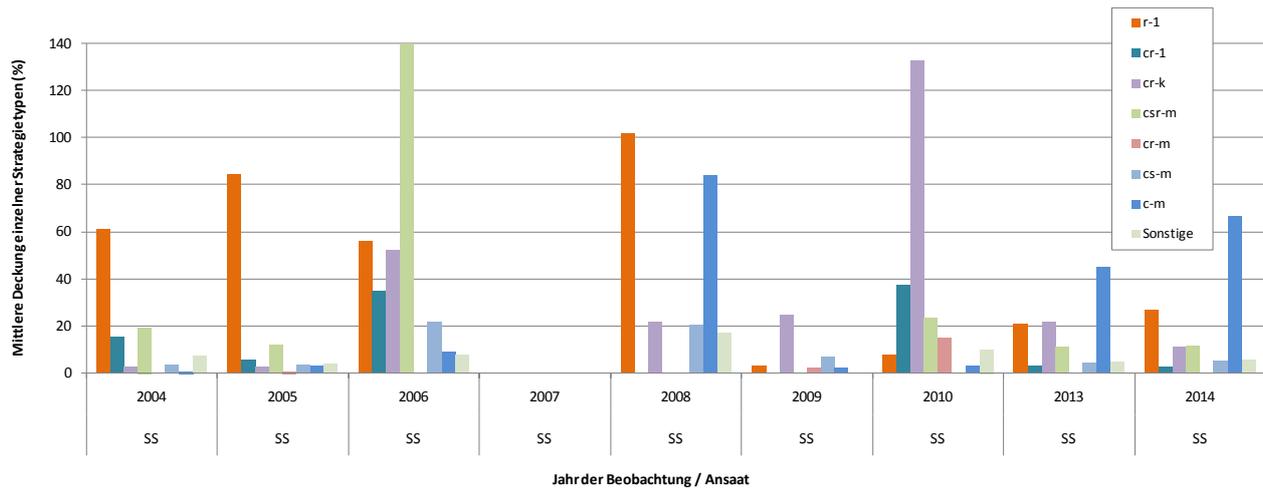


Abbildung 4.2-2: Abfolge des Deckungsanteils verschiedener Strategietypen von 2004 bis 2014 in verschiedenen Varianten (SS=Spontane Sukzession, NÜ=Nützlingsmischung, WK=Wildkrautmischung). (r-1: r-Strategen, einjährig; cr-1: cr-Strategen, einjährig; cr-k: crs-Strategen, einjährig; crs-2: crs-Strategen, zweijährig; csr-m: Strategen, mehrjährig; cr-m: cr-Strategen, mehrjährig; cs-m: cs-Strategen-mehrjährig; c-m: c-Strategen-mehrjährig; Sonstige: restliche Strategietypen).

Ansaatversuch Wildäsungs-/Wildkrautmischung

Die Arten der Wildäsungsmischung wurden nach zwei Jahren fast alle verdrängt. Lediglich *Medicago sativa* hielt sich länger, gelegentlich trat *Trifolium pratense* auf. Im Jahr 2013 wurden die Bestände von konkurrenzkräftigen Ackerunkräutern wie *Cirsium arvense* und *Conyza canadensis* dominiert. Im Jahr 2014 ging die Deckung von *Conyza canadensis* stark zurück und die *Cirsium arvense*-Bestände brachen flächendeckend zusammen. Es bedarf Forschungen im kommenden Jahr um eine etwaige Regeneration von *C. arvense* zu dokumentieren. *Tripleurospermum inodorum*, *Bromus sterilis* und *B. tectorum* nahmen hohe Deckungswerte ein. Von den bodenbürtigen Arten kamen *Lactuca serriola* und *Apera spica-venti* hinzu. Aus den umgebenden Blühstreifen wanderten die dort eingesäten Arten *Anthemis tinctoria* und in einer Fläche *Carduus nutans* ein.

In den mit Wildkrautmischungen angesäten Beständen waren Dominanzphänomene weniger stark ausgeprägt. Deckungswerte einer Art über 25 % waren eher selten. Mit höheren Deckungswerten (2) traten 2013 die angesäten Arten *Verbascum speciosum*, *Leonurus cardiaca*, *Scabiosa ochroleuca* und *Seseli libanotis* sowie die bodenbürtige Art *Picris hieracoides* auf. Die Krautschicht der trockenheitsresistenten Arten wies auch im trockenen Jahr 2012 100 % Deckung auf. Im folgenden Jahr gingen die Deckungswert von *Picris hieracoides*, *Leonurus cardiaca*, *Centaurea jacea* zurück, *Cichorium intybus* fiel fast ganz aus. Einen Deckungszuwachs verzeichnete *Isatis tinctoria*. Erstmals traten weitere aus Einsaaten stammende Arten wie z. B. *Astragalus cicer*, *A. asper*, *Pastinaca sativa* und *Centaurea stoebe* auf. *Elymus repens* kam im Jahr 2014 ebenfalls erstmals stetig mit geringen Deckungswerten hinzu.

In den Vegetationsaufnahmen mit angesäter Wildäsungsmischung kamen bis auf eine Ausnahme keine RL-Arten vor. Eine Einzelpflanze von *Nepeta cataria* dürfte von benachbarten Wildkrautmischungen 2013 eingewandert sein und etablierte sich auch 2014, dazu kam in einer Fläche *Dipsacus laciniatus*. In den Wildkraut-Streifen fanden sich 2013 durchschnittlich fünf RL-Arten pro Aufnahme. Alle diese Arten waren in Einsaatmischungen enthalten. Darunter befanden sich *Dipsacus laciniatus*, *Verbascum speciosum*, *Lavatera thuringiaca*, *Linum austriacum*, *Nepeta cataria* und *Malva alcea*, die allesamt höchstens vorkommen und auch im Jahr 2014 vorkamen. Die durchschnittliche Anzahl an Rote-Liste Arten blieb auch im Jahr 2014 stabil.

Von 2013 bis 2014 erfolgte in beiden Einsaatmischungen eine Zunahme an Arten (Wildäsungsmischung von 12,0 auf 16,5; Wildkrautmischung von 35,3 auf 42,5), die ev. durch den späten Aufnahmezeitpunkt im Jahr 2013 bedingt ist. Die Diversität der Aufnahmen der Variante „Wildäsungsmischung“ ist auch im Jahr 2014 gering und beträgt weniger als die Hälfte der Artenzahl der Aufnahmen mit eingesäter Wildkrautmischung. Das zeigt, dass artenreiche Einsaaten notwendig sind, um artenreiche Blühstreifen zu erhalten. Im Jahr 2014 stammten in Aufnahmen mit Wildäsungsmischung ca. ein Viertel der Arten aus Einsaatmischungen, in denen mit Wildkrautmischung ca. drei Viertel.

Im Widerspruch zu der im letzten Jahr angenommenen Hypothese, dass die r-Strategen in der Wildäsungsvariante schnell von c-Strategen (darunter lästige Ackerunkräuter wie *Elymus repens*, *Cirsium arvense*) abgelöst werden, haben sich durch den spontanen Ausfall von *Cirsium arvense* (c-Strategie) wieder r-Strategen etabliert. Der Zusammenbruch von *C. arvense* Klonen wurde bereits von W. Holzner beobachtet und konnte jetzt auf den Dauerflächen nachgewiesen werden. (Es sollte nächstes Jahr noch überprüft werden, ob es eine Regeneration von *C. arvense* nach dem trockenen Frühjahr 2014 gibt.). Trotzdem befinden sich die Flächen dieser Variante durch den hohen Anteil an einjährigen r-Strategen in einem labilen Stadium, das leicht von anderen c-Strategen, die nicht zusammenbrechen (z. B. *Elymus repens*, *Calamagrostis epigejos*) abgelöst werden kann. Die Einsaat mit Wildkrautmischung ist dagegen schon über zumindest zwei Jahre stabil, es halten sich gleichermaßen, s-, sr-, cr-, csr und cs Strategen. Ein leichter Anstieg von eher unerwünschten c-Strategen ist zu verzeichnen (siehe Abbildung 4.2-3).

Sowohl aus Sicht des Naturschutzes als auch aus landwirtschaftlichen Überlegungen ist die Wildkrautmischung der Wildäsungsmischung vorzuziehen.

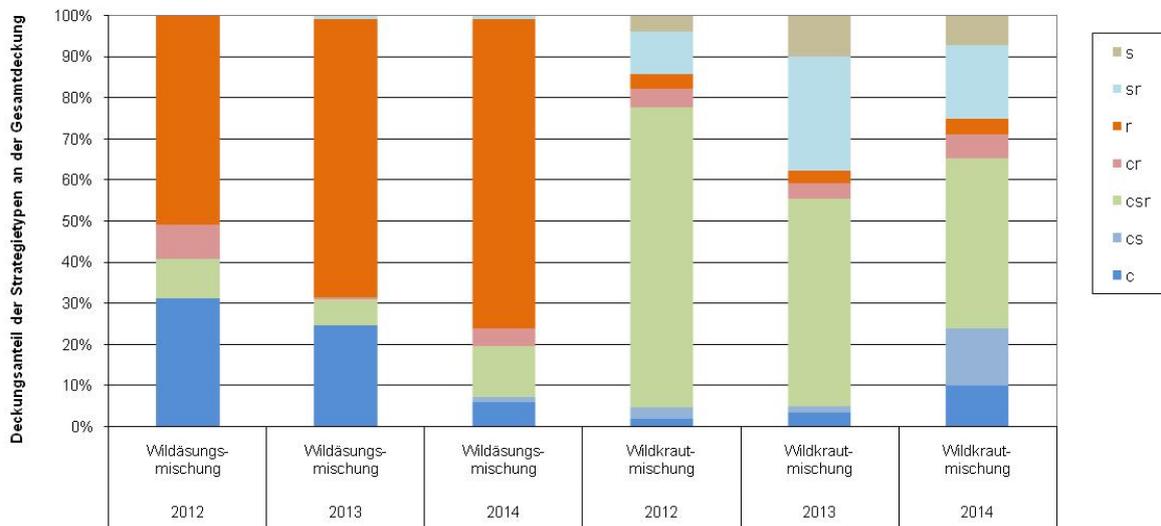


Abbildung 4.2-3: Vergleich der Strategietypen-Spektren der Jahre 2012 - 2014 bei unterschiedlichen Einsatz-Varianten; c=Konkurrenzstrategen, r=Ruderalstrategen, s=Stresstolerante und Mischformen.

Pflegeversuch

Stete, oft höher deckende Arten der Jahre 2012 und 2013 waren *Carduus acanthoides*, *Anthemis tinctoria*, *Cynoglossum officinale*, *Erysimum spp.*, *Dipsacus spp.* *Carduus acanthoides*, *Cynoglossum officinale* und *Erysimum spp.* kamen im darauf folgenden Jahr 2014 nur sehr gering deckend oder überhaupt nicht vor. Dafür traten *Bromus sterilis* und *B. tectorum* reichlich auf. Da dieser Trend in allen Varianten zu beobachten war, dürfte es sich um witterungsbedingte Schwankungen handeln.

Chenopodium album und *Atriplex*-Arten, die reichlich in den Umbruch-Varianten des Jahres 2012 vorkamen, sind 2013 wieder verschwunden. Dafür traten im Jahr 2013 in allen Varianten verstärkt *Elymus repens*, *Apera spica-venti* und *Papaver rhoeas* auf. *Elymus repens* und *Calamagrostis varia* nahmen 2014 in allen Varianten leicht zu. *Papaver rhoeas* war zwar geringdeckend vorhanden, die Individuen befanden sich aber meist nur am Rand der Blühstreifen. *Nepeta cataria* trat 2014 stetig mit einigen Individuen in der Umbruchvariante ohne Nachsaat auf.

Die einzigen Arten aus der Nachsaat, die im Jahr 2013 nachgewiesen wurden, sind *Isatis tinctoria* sowie *Melilotus alba* und *M. officinalis*, die aber im Jahr 2014 wieder rückläufig waren.

Wie schon im Jahr 2013 beschrieben, waren die Unterschiede zwischen den Varianten in der Entwicklung der Pflanzenbestände gering. Diese Unterschiede ergaben sich v.a. durch Verschiebungen der Deckungsgrade einzelner Pflanzen (z. B. *Anthemis tinctoria* war 2014 in Varianten ohne Bearbeitung leicht rückläufig, während sie in den anderen Varianten leicht zunahm.) Der Hauptgrund war, dass von der Nachsaat wegen der extremen Trockenheit wenig aufging und dass die Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge von vielen längerlebigen Arten gut überstanden wurde, so dass es kaum zu einem Neubeginn der Sukzession kam. Es wäre zu überprüfen, ob eine intensivere Bodenbearbeitung (z.B. Pflügen und darauf folgendem Eggen) bessere Erfolge erzielt.

Fast alle RL-Arten waren in den Einsaat-Mischungen enthalten. Mit *Vulpia myorus* trat 2014 erstmals eine bodenbürtige RL-Art in der Variante mit Bodenbearbeitung und Nachsaat auf. Durchschnittlich befanden sich in den Jahren 2012 bis 2014 ein bis max. drei RL-Arten pro Aufnahme unabhängig von den einzelnen Managementvarianten. Im Jahr 2014 traten *Verbasicum speciosum*, *Dipsacus lanciniatus*, *Orlaya grandiflora*, *Nepeta cataria* und *Crepis setosa* auf, wobei der Gefährdungsgrad von Letzterem umstritten ist (lt. Fischer et al. 2008 nicht gefährdet).

Die durchschnittlichen Artenzahlen, die von 2012 bis 2013 leicht abnahmen, nahmen im Jahr 2014 wieder leicht zu, und betragen 2014 25,7 Arten pro Aufnahmen, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten bestanden. Die leichte Abnahme im Jahr 2013 kann entweder durch unterschiedliche Witterungsbedingungen oder aber durch den späten Aufnahmezeitpunkt im Jahr 2013 erklärt werden.

Im Jahr 2012 betrug der Anteil der Arten von Einsaaten am Gesamtartenspektrum in der Variante Bodenbearbeitung und Nachsaat 45 %. Im Jahr 2013 erhöht sich der Anteil auf 52 %, im Jahr 2014 auf 57 %. Wie schon aus anderen Versuchen bekannt, keimten einige Arten erst Jahre nach der Einsaat. Bei den anderen Varianten liegt der Wert knapp unter 50 %.

Besondere Aufmerksamkeit kommt der Entwicklung der Arten mit c-Strategie zu, weil sie durch ihre Konkurrenzkraft andere Arten verdrängen. Ihre Deckung nahm in allen Varianten von 2012 bis 2014 zu, war aber in den Umbruchvarianten geringer (durchschnittlich zw. 20 und 30 %) als in der Variante ohne Umbruch (fast 50 %). Offenbar erfüllte die Maßnahme zumindest teilweise ihren Zweck und verzögerte ihre Zunahme etwas. Der Anteil an csr-Strategen war 2014 in der Variante ohne Bearbeitung geringer. Ansonsten traten keine wesentlichen Unterschiede auf. Auch konkurrenzschwache r- und sr-Strategen hatten zwischen den c-Strategen noch genügend Platz für ihre Entwicklung (Abbildung 4.2-4).

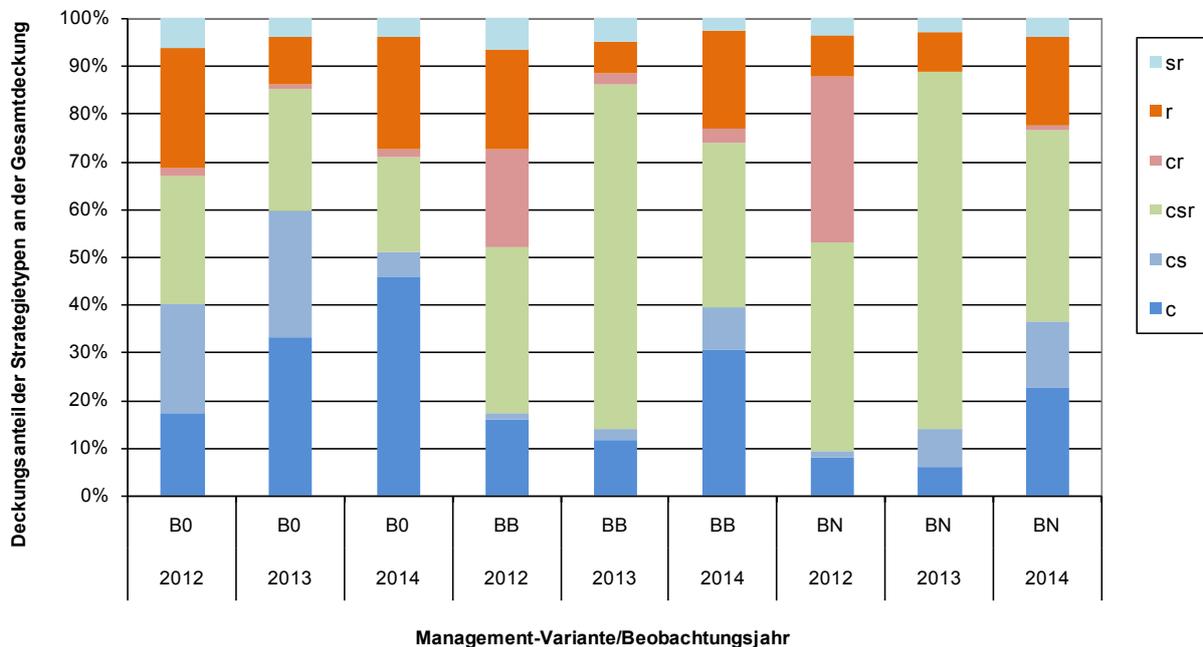


Abbildung 4.2-4: Vergleich der Strategietypen-Spektren der Jahre 2012 - 2014 bei unterschiedlichen Management-Varianten (B0=keine Bearbeitung, BB=Bodenbearbeitung, BN=Bodenbearbeitung und Nachsaat); c=Konkurrenzstrategen, r=Ruderalstrategen, s=Stresstolerante und Mischformen.

Auch in den sieben Jahre alten Blühstreifen sind Gehölze, darunter ausschließlich Sträucher (*Cornus sanguinea*, *Prunus mahaleb*, *Rosa sp.* und *Sambucus nigra*) aufgelaufen. In der unbehandelten Variante (Mulchen im Jahr 2011) wurden sie maximal 1 m hoch bei einer Deckung von maximal 2 %. Bei der Variante mit Bodenbearbeitung (2x Scheibenegge) betrug die Höhe von 0,5 bis 2 m bei maximal 1 % Deckung, während die Sträucher in der Variante mit Umbruch (4x Scheibenegge) und Nachsaat bei maximal 0,5 % nur 0,3 m hoch wurden. In der Hälfte der Aufnahmen der letztgenannten Variante befanden sich gar keine Sträucher. Die Unterschiede zwischen den beiden Umbruch-Varianten sind schwer erklärbar. Da eine unterschiedliche Entfernung zu den nächsten Gehölzen ausfällt und auch die Konkurrenz durch den schlechten Aufgang der Einsaat nur gering war, bleibt nur die intensivere Bodenbearbeitung als Erklärungsmodell.

Wildbienen

Junge/alte Blühstreifen, spontane Sukzession

Die geringste Artenvielfalt und Individuen-Häufigkeit an Wildbienen zeigt sich in fast allen Untersuchungs Jahren auf den Flächenabschnitten, die der spontanen Sukzession überlassen wurden (vgl. Abbildung 4.2-5). Auch das Einwandern von Wildkräutern aus den benachbarten Flächen mit Ansaat in die spontane Sukzession konnte diese Ergebnisse nicht umkehren. Auf den Blühstreifen mit Ansaat konnte sowohl in den 2003 als auch in den 2007 und 2009 angebauten Streifen ein Anstieg der Artenvielfalt der Wildbienen in den ersten Jahren beobachtet werden. Die höchste Diversität an Wildbienen konnte meist im dritten/vierten Jahr nach Anlage festgestellt werden. Hauptnutznießer der Blühstreifen unter den Bienen sind bei Betrachtung der Individuen-Häufigkeiten verbreitete, anspruchslose Arten. Gerade die Vielfalt an stetig blühenden Pollenfutterquellen zeigt sich jedoch für die Förderung von anspruchsvollen und seltenen Wildbienenarten vor allem in älteren Blühstreifen verantwortlich.

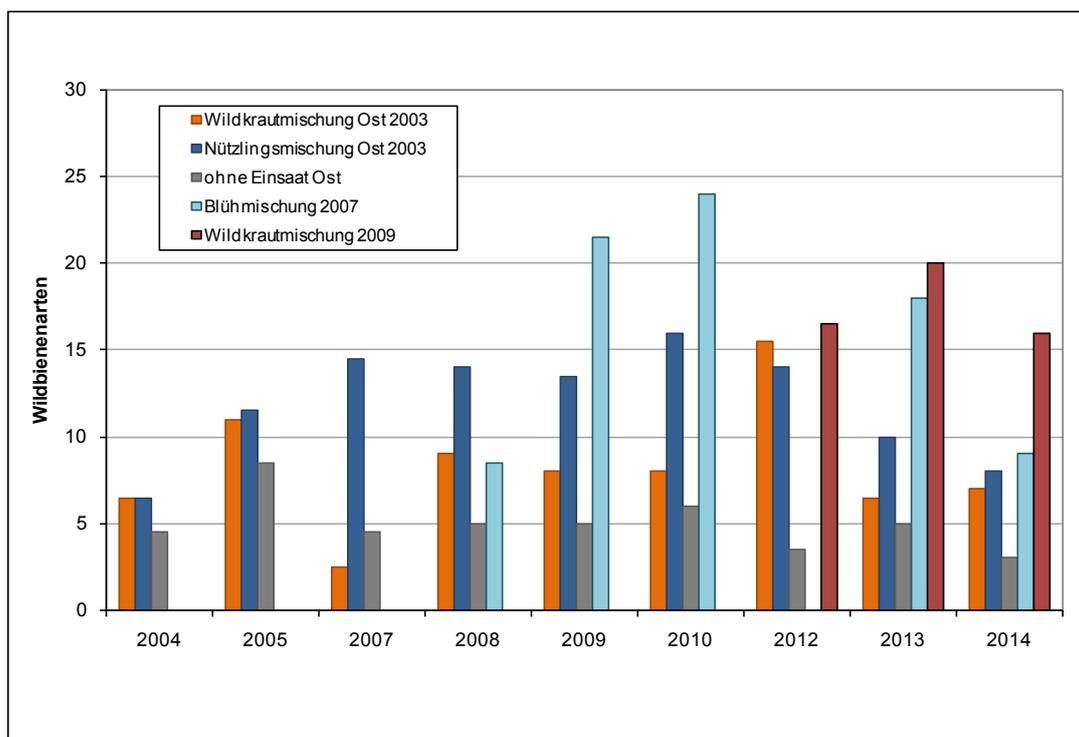


Abbildung 4.2-5: Mittelwert der Wildbienenarten auf den untersuchten Blühstreifen im Vergleich in den Untersuchungsjahren 2004 - 2014.

Ansaatversuch Wildäsungs-/Wildkrautmischung

Beim Vergleich der beiden angesäten Samenmischungen „Wildäsungsmischung“ (Ansaat Frühjahr 2010, Nachsaat Frühjahr 2011) und „Wildkrautmischung“ (Ansaat Herbst 2009) auf den Blühstreifen Ö3-O und Ö5/2-W (n=8) konnte in alle drei Untersuchungs Jahren (2012 bis 2014) ein signifikanter Unterschied ($p_{2012}=0,026$, $p_{2013}=0,017$, $p_{2014}=0,030$) der Individuenhäufigkeiten zu Gunsten der Flächen mit Wildkraut-Ansaat festgestellt werden. Der Vergleich der Artenzahlen zeigte erst ab dem zweiten Untersuchungs Jahr, also im vierten Jahr nach Anlage, einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Ansaatmischungen ($p_{2013}=0,036$, $p_{2014}=0,038$). Verantwortlich dafür ist der hohe Blütenreichtum zahlreicher Pollenfutterpflanzen, der für die Wildkrautfläche bis in den September hinein prägend ist. Auf den Wildäsungsflächen, die augenscheinlich weniger blütenreich waren, stellten 2012 lediglich *Phacelia*, 2013 *Medicago sativa* und *Tripleurospermum inodorum* und 2014 fast ausschließlich *Tripleurospermum inodorum* eine ergiebige Pollenquellen dar.

Im Jahr 2013 zeigte sich, verursacht durch das vermehrte Vorkommen des Luzernespezialisten *Rhopitoides canus*, der im Jahr zuvor durch das reichhaltige Pollenangebot in einem benachbarten Luzernefeld zahlreiche Nester verproviantieren konnte, eine erhöhte Individuen-Häufigkeit auf Blühstreifen Ö3-O. Dieser signifikante Unterschied zwischen den beiden Standorten (Ö3-O und Ö5/2-W) konnte 2014 nicht mehr nachgewiesen werden.

Pflegeversuch

Beim Pflegeversuch (n=4) mit den Varianten „Bodenbearbeitung“ (BB), „Bodenbearbeitung und Nachsaat“ (BN) und „ohne Bodenbearbeitung“ (BO) zeigte die Auswertung in allen drei Untersuchungs Jahren (2012 bis 2014) sowohl in den Artenzahlen als auch in den Häufigkeiten höhere Werte in der Pflegevariante „Bodenbearbeitung“, signifikante Unterschiede konnten jedoch nicht festgestellt werden. Die Verschiebung der Vegetation hin zu c-Strategen (vorwiegend Gräser) bei der Variante Bodenbearbeitung führt auch bei den Bienen zu leichten Verschiebungen in Artdiversität und Häufigkeiten.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Folgende allgemeine Empfehlungen können aus den Projektergebnissen MUBIL I-V abgeleitet werden:

- **Ansaat in ausgeräumten Landschaften**

In ausgeräumten, strukturarmen Agrarlandschaften empfiehlt sich eine Ansaat der Blühstreifen, da die Flora sonst artenarm bleibt, wenn die Entfernung von Samenspenderflächen (Raine, Trockenböschungen, Wiesen, etc.) von denen Arten einwandern könnten zu groß ist. Die Streifen bleiben damit nicht nur arten- und damit auch blütenarm, sondern bieten einen Lebensraum für problematische Unkrautarten. Eine Selbstbegrünung der Blühstreifen ist daher nicht zu empfehlen.

- **Anlage der Blühstreifen - Mischungen**

Hochwüchsige, konkurrenzstarke Wildkrauteinsaaten mit zweijährigen Ruderalarten (*Verbascum*-*Echinops*- und *Dipsacus*-Arten) zeigen eine ausgezeichnete Konkurrenzwirkung gegenüber bodenbürtigen Unkrautarten. Sterben Einzelpflanzen ab, entsteht immer wieder Raum für weniger konkurrenzkräftige Arten, was wesentlich zur Diversität beiträgt. Eingesäte einjährige Rote-Liste-Arten überdauern nur kurzfristig. Da die eingesäten Arten in benachbarte Flächen ohne Ansaat einwandern, profitiert mittelfristig die ganze Gegend von der Ansaat der Blühstreifen.

- 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. Artenreiche Ansaatmischungen mit Vertretern möglichst vieler Pflanzenfamilien werden empfohlen.

- **Pflege der Blühstreifen**

Langlebige Blühstreifen sind zu bevorzugen, zur Beibehaltung der Biodiversität auf Dauer wird jedoch empfohlen, einen Anteil an jungen Sukzessionsflächen durch entsprechende Maßnahmen zu erhalten. 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.

Bei Pflegemaßnahmen dürfen nicht alle Flächen zur gleichen Zeit gemäht oder gehäckselt werden. Zeitlich und räumlich differenzierte 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.

- **Langlebigkeit der Blühstreifen**

Aus vegetationskundlicher Sicht befinden sich die fünfjährigen Blühstreifen in einem Zustand mit hoher Diversität, hohem Blütenreichtum und hohem ästhetischem Wert (siehe Abbildung 4.2-6). In älteren Blühstreifen (7 Jahre) differenziert sich die Vegetation räumlich: Es entstehen Herden von konkurrenzkräftigen Arten z. B. *Calamagrosis epigejos* (siehe Abbildung 4.2-8.), in anderen Bereichen können sich die Zielarten noch großflächig behaupten (siehe Abbildung 4.2-9). Gehölze sind nur vereinzelt vorhanden und meist nicht höher als 0,5 m. In den elf Jahre alten Blühstreifen dominieren über weite Bereich Gräser und/oder Gehölze. Einige Zielarten sind vereinzelt eingesprengt und kommen oft nur mehr am Rand zum Acker hin vor (siehe Abbildung 4.2-7).



Abbildung 4.2-6: Fünfjähriger Blühstreifen im optimalen Zustand



Abbildung 4.2-7: 11-jähriger Blühstreifen mit starker Vergasung und einigen Zielarten (*Marrhubium peregrinum*, *Nepeta cataria*)



Abbildung 4.2-8: 7-jähriger Blühstreifen mit *Calamagrostis epigejos*-Klon



Abbildung 4.2-9: 7-jähriger Blühstreifen mit dominantem *Dipsacus fullonum*

- **Luzerne in der Biologischen Landwirtschaft**

Luzerne, die in der biologischen Landwirtschaft oft großflächig angebaut wird, sollten für eine Förderung von Wildbienen zumindest während einer Nutzung pro Jahr zur vollen Blüte kommen, bevor sie geschnitten oder gemulcht wird, um ihre Funktion als Pollenfutterpflanzen erfüllen zu können.

- **Forschungsbedarf**

Da sich die Blühstreifen in jeder Hinsicht bewährt haben, wären als nächster Schritt Untersuchungen zu einer kostengünstigen Gewinnung von Saatgut aus bereits bestehenden Blühstreifen, die sich in einem günstigen Zustand befinden, dringend notwendig, um die positiven Ergebnisse auch großräumiger umzusetzen und auch im Agrarumweltprogramm zu implementieren.

Eine für die Landwirtschaft wichtige Fragestellung ist, wie sich Blühstreifen nach Ende der Förderperiode wieder in die landwirtschaftliche Nutzung als Acker integrieren lassen (Fragen: Umbruch, Verbuschung, Unkrautdruck).

Frage der Pflege von Blühstreifen, in die konkurrenzkräftige Gräser eindringen. Ist Pflügen und Eggen eine geeignete Maßnahme oder ist es besser einen neuen Blühstreifen auf einem anderen Teil des Ackers anzulegen.

Management *Cirsium arvense*, Zusammenbruch von alten Populationen, unter welchen Umständen, evt. Spätere Regeneration?

LITERATUR

- Adler, W., Oswald, K. & Fischer, R. (1994): Exkursionsflora von Österreich: Stuttgart, Ulmer Verlag.
- Albrecht, M., P. Duelli, Ch. Müller, D. Kleijn, B. Schmid (2007): The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. *Journal of Applied Ecology* 44: 813-822.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie: Wien, G. Fischer Vlg.
- Bürger, C. (2004): Die Bedeutung der Landschaftsstruktur für die Bienendiversität und Bestäubung auf unterschiedlichen räumlichen Skalen. Dissertation an der Georg-August Universität Göttingen.
- Eggenschwiler, L. (2003): Einfluss von Samenmischungen für Bunt- und Rotationsbrachen auf die Vegetationsentwicklung, den Samenvorrat und die N-Dynamik im Boden. Dissertation an der ETH Zürich.
- Grime, H. P., Hodgson, J. G. & Hunt, R. (1988): *Comparative Plant Ecology. A functional approach to common British species.* Unwin Hyman Inc.
- Haaland, Ch. & L.-F. Bersier (2011): What can sown wildflower stripes contribute to butterfly conservation?: an example from a Swiss lowland agricultural landscape. *Journal of Insect Conservation* 15: 301-309.
- Haaland, Ch., R.E. Naisbit and L.F. Bersier (2011): Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity* 4:60-80.
- Nentwig, W. H. (2000): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder. Verlag Agrarökologie, Bern.
- Niklfeld, H. & Schratt-Ehrendorfer, L. (1999): Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta und Spermatophyta) Österreichs. In Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz 5, Wien.
- Pachinger, B. (2013): Wildbienen (Hymenoptera: Apidae) auf Blühstreifen in Niederösterreich und im Burgenland (Österreich). *Beiträge zur Entomofaunistik* 13: 39-54.
- Potts, S.G., J.C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger and W.E. Kunin (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution* 25(6): 345-353.
- Thies, C. and Tscharrntke T. (1999): Landscape structures and biological control in agroecosystems. *Science* 285, 893-895.
- Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH: Datenbank biologisch-ökologischer Merkmale der Flora von Deutschland. www.biolflor.de [besucht 13. Dez. 2013]

5 VERZEICHNISSE

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 3.2-1: Übersichtskarte Bio-Betrieb Rutzendorf mit Schlägen, Versuchsflächen und Nützlings- und Blühstreifen.	15
Abbildung 3.4-1: Mittlere Temperatur- und Niederschlagsverteilung der Station Groß-Enzersdorf in der Periode 1971-2000 (Datenquelle: ZAMG)	19
Abbildung 3.4-2: Lufttemperaturen und Niederschlagssummen 2003-2014 auf Jahresbasis sowie für die Monate März-April-Mai (MAM), agrarmeteorologische Messstation Standort Rutzendorf (ergänzt mit Daten der ZAMG).	20
Abbildung 4.1-1: Luzerne-Trockenmasseertrag bei Schnittnutzung (DV 3) in Abhängigkeit des Erntejahres (MW...Mittelwert)	27
Abbildung 4.1-2: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinarzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante.....	31
Abbildung 4.1-3: Kornerträge der DV 1 (nur Gründüngung) der Marktfrüchte der Zielfruchtfolge der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinarzellenversuchen.....	32
Abbildung 4.1-4: Rohproteingehalte in Winterweizen der DV 1 (nur Gründüngung) der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinarzellenversuchen in Abhängigkeit der Vorfrucht.	34
Abbildung 4.1-5: Mittlere Fruchtfolgeerträge in Getreideeinheiten der Marktfrüchte in den Kleinarzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante.....	35
Abbildung 4.1-6: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2014 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante.	38
Abbildung 4.2-1: Entwicklung der Artenzahlen von 2004 bis 2014 mit Berücksichtigung der Herkunft der Arten (bodenbürtig bzw. Ansaat) in verschiedenen Ansaat-Varianten (SS=Spontane Sukzession, NÜ=Nützlingsmischung, WK=Wildkrautmischung).....	55
Abbildung 4.2-2: Abfolge des Deckungsanteils verschiedener Strategietypen von 2004 bis 2014 in verschiedenen Varianten (SS=Spontane Sukzession, NÜ=Nützlingsmischung, WK=Wildkrautmischung). (r-1: r-Strategen, einjährig; cr-1: cr-Strategen, einjährig; crs-2: crs-Strategen, zweijährig; csr-m: Strategen, mehrjährig; cr-m: cr-Strategen, mehrjährig; cs-m: cs-Strategen-mehrjährig; c-m: c-Strategen-mehrjährig; Sonstige: restliche Strategietypen).	57
Abbildung 4.2-3: Vergleich der Strategietypen-Spektren der Jahre 2012 - 2014 bei unterschiedlichen Einsaat-Varianten; c=Konkurrenzstrategen, r=Ruderalstrategen, s=Stresstolerante und Mischformen.	59
Abbildung 4.2-4: Vergleich der Strategietypen-Spektren der Jahre 2012 - 2014 bei unterschiedlichen Management-Varianten (B0=keine Bearbeitung, BB=Bodenbearbeitung, BN=Bodenbearbeitung und Nachsaat); c=Konkurrenzstrategen, r=Ruderalstrategen, s=Stresstolerante und Mischformen.	60
Abbildung 4.2-5: Mittelwert der Wildbienenarten auf den untersuchten Blühstreifen im Vergleich in den Untersuchungsjahren 2004 - 2014.....	61
Abbildung 4.2-6: Fünfjähriger Blühstreifen im optimalen Zustand.....	63
Abbildung 4.2-7: 11-jähriger Blühstreifen mit starker Vergrasung und einigen Zielarten (<i>Marrhubium peregrinum</i> , <i>Nepeta cataria</i>)	63
Abbildung 4.2-8: 7-jähriger Blühstreifen mit <i>Calamagrostis epigejos</i> -Klon.....	64
Abbildung 4.2-9: 7-jähriger Blühstreifen mit dominantem <i>Dipsacus fullonum</i>	64

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Kooperationspartner und Leiter der einzelnen Teilprojekte (TP).....	5
Tabelle 3.1-1: Fruchtfolge der einzelnen Schläge am Biobetrieb Rutzendorf der Jahre 2003 bis 2014 (S1M-S8M: Kleinparzellenversuche, S1G und SK: Referenzparzellen, DV...Düngungsvarianten, MD...Mineraldünger, ZF...Zwischenfrucht, Kultur unterstrichen...die Kultur wurde im Kleinparzellenversuch (ab Erntejahr 2004) und in den Düngestreifen auf den Großschlägen (ab Erntejahr 2006) mit Biotonnekompost (DV2) und Stallmist (DV3) gedüngt. Im KPV S1M erfolgte ab 2008 zusätzlich eine Düngung mit pflanzlicher Agrogasgülle (DV4).	12
Tabelle 3.2-1: Übersicht über die Erhebungsflächen (Projekt MUBIL V - Forschung)	14
Tabelle 3.3-1: Übersicht Unterscheidung Düngungsvarianten	17
Tabelle 3.3-2: Zielfruchtfolge und Aufteilung der organischen Dünger	18
Tabelle 4.1-1: Vergleich der Hektarerträge am Biobetriebe Rutzendorf (Großschläge) mit Hektarerträgen von Biomarktf Fruchtbetrieben (Quelle: Grüner Bericht 2014).....	26
Tabelle 4.1-2: Trockenmasse- und Stickstofftrag der Luzerne in Abhängigkeit der Nutzungsform der Luzerne (Ertrag aus zwei- bis dreimal Mulchen bzw. Schneiden pro Jahr, Mittel der Jahre 2009 bis 2014).....	28
Tabelle 4.1-3: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) - Mittelwerte aus 22 Düngungen (DV2 und DV3) bzw. 2 Düngungen (DV4).	29
Tabelle 4.1-4: Verhältnis in % der mittleren Kornerträge (Jahre 2009 bis 2014) der Marktfrüchte der DV 2 und DV 3 zum Ertrag der DV 1 (= 100 %) in den Kleinparzellenversuchen.....	31
Tabelle 4.1-5: Niederschlag in mm der Jahre 2009 bis 2014: Jahressummen und Niederschlagssummen in den einzelnen Jahresquartalen (Quelle: Agrarmeteorologische Messstation Rutzendorf, BOKU-Met, J. Eitzinger).....	32
Tabelle 4.1-6: Mittlere Ertrags- und Qualitätsparameter von Winterweizen der Jahre 2009 bis 2014 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante und der Vorfrucht.....	34
Tabelle 4.1-7: Verhältnis in % der mittleren Kornerträge (Jahre 2009 bis 2014) der Marktfrüchte der DV 2 und DV 3 zum Ertrag der DV 1 (= 100 %) in den Düngerstreifen.....	38
Tabelle 4.1-8: Mittlere Ertrags- und Qualitätsparameter von Winterweizen der Jahre 2009 bis 2014 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante und der Vorfrucht.....	39
Tabelle 4.1-9: Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2014 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante	44
Tabelle 4.1-10: Erträge in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit des Erntejahres (2009 bis 2014), der Fruchtfolge und der organischen Düngung	45
Tabelle 4.1-11: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen des Erntejahres 2014	47
Tabelle 4.1-12: Produktionsmaßnahmen und Erträge der Jahre 2013 und 2014 auf den Großschlägen des Biobetriebes Rutzendorf (Quelle: BVW GmbH).....	48
Tabelle 4.1-13: Zwischenfruchtgemenge: Mischungspartner und angestrebte Aussaatmengen.....	48
Tabelle 4.2-1: Angebaute Mischungen in den Blühstreifen mit Angaben zur Zahl der angebauten Pflanzenarten und enthaltenen Rote Liste (RL)-Arten.	51
Tabelle 4.2-2: Zusatzmischungen.....	52
Tabelle 4.2-3: Pflegevarianten.....	52