

MUBIL VI ABSCHLUSSBERICHT



Langzeit-Monitoring der Auswirkungen einer
Umstellung auf den biologischen Landbau

MUBIL VI

Forschungsprojekt Nr. 101107

Langzeit-Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau

Abschlussbericht

Wien, 2016

Projektleitung:

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

Koordination:

DI Andreas Surböck, DI Markus Heinzinger, Ao.Univ.Prof. Dr. Jürgen K. Friedel

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Department für Nachhaltige Agrarsysteme (DNAS)
Institut für Ökologischen Landbau (IFÖL)
Gregor-Mendel-Strasse 33, A-1180 Wien
0043 /1/ 47654 - 3750 (fax – 3792)



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



Mit **Beiträgen** von Bernhard Freyer, Josef Eitzinger, Jürgen K. Friedel, Dana Fritzsche, Markus Heinzinger, Doris Meisinger, Markus Puschenreiter, Thomas Schauppenlehner, 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
2.1	ZUSAMMENFASSUNG ERGEBNISSE MUBIL VI.....	7
2.2	ZUSAMMENSCHAU BISHERIGER MUBIL ERGEBNISSE	12
3	DATENGRUNDLAGEN	21
3.1	BIOBETRIEB RUTZENDORF	21
3.2	ERHEBUNGSFLÄCHEN UND VERSUCHSKONZEPT.....	23
3.3	ERLÄUTERUNG DÜNGUNGSSYSTEME (-VARIANTEN).....	27
3.4	KLIMAVERHÄLTNISSE.....	29
4	BERICHTE DER TEILPROJEKTE.....	31
4.1	TEILPROJEKT 1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT	31
5	VERZEICHNISSE	65

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 mittel- bis langfristigen Auswirkungen der acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen in diesen biologischen Anbausystemen (viehlos) auf Bodenfruchtbarkeit, Humus- und Nährstoffhaushalt, Artenvielfalt und Wirtschaftlichkeit sind bislang kaum untersucht worden. 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 fanden auf Betriebs-, Schlag- und Parzellenebene statt. Die Versuchsanstellungen sind langfristig ausgerichtet. Das Forschungsprojekt liefert insofern auch 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 nachhaltige Betriebsführung in Bezug auf ökologische (Förderung der Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt) und ökonomische (Sicherstellung der wirtschaftlichen Existenzfähigkeit) Faktoren.

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 VI wurden im Jahr 2015 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. Weiters wurde die Bodenbearbeitung diskutiert und weiterentwickelt.

Das Projekt MUBIL VI umfasste 2 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 V. 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 VI 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
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 ²	Dr. Thomas Schauppenlehner
	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	Institut für Bodenforschung ³	Dr. Markus Puschenreiter
	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf ⁴	Ass.Prof. Dr. Helmut Wagentristl

¹Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien

²Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien

³Department für Wald- und Bodenwissenschaften, BOKU Wien

⁴Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, BOKU Wien

Die übergeordneten **Ziele des Projektes** waren:

- Die Bewirtschaftung des Betriebes, die Betreuung der Versuchsflächen und die Abstimmung zwischen Bewirtschaftung und Forschung in optimaler Weise zu gewährleisten. (Diese Zielsetzung diene als Grundlage für die Erhebungen und Auswertungen im vorliegenden Forschungsprojekt).
- Wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse über das Ausmaß und die Geschwindigkeit von Veränderungen der pflanzenbaulichen Entwicklung und wichtiger chemischer Bodenkennwerte zu erhalten.
- Erkenntnisse über die Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme des biologischen Landbaus mithilfe pflanzenbaulicher und bodenchemischer Untersuchungen über vergleichende Versuchsanstellungen zu erlangen.
- Die Bodenbearbeitung am Betrieb als zentralen Bewirtschaftungsfaktor weiterzuentwickeln und Monitoringflächen zur vergleichenden Untersuchung mit der bisherigen intensiven Bodenbearbeitung einzurichten.
- Die Verbreitung der Erkenntnisse aus dem MUBIL Projekt und den Diskurs darüber weiterzuführen (Öffentlichkeitsarbeit, Wissensvermittlung).

2 ZUSAMMENFASSUNG

2.1 ZUSAMMENFASSUNG ERGEBNISSE MUBIL VI

Die Zusammenfassung ist nach den übergeordneten Zielen des Forschungsprojektes MUBIL VI strukturiert. Die Erhebungen aus dem Jahr 2015 werden zusammen mit den bisherigen Ergebnissen dargestellt und diskutiert.

Projektziel: Wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse über das Ausmaß und die Geschwindigkeit von Veränderungen der pflanzenbaulichen Entwicklung und wichtiger chemischer Bodenkennwerte 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.
- 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. So konnten im Jahr 2015 bei ausreichender Wasserversorgung im Frühjahr sehr hohe Kornerträge bei Getreide und Körnererbse erzielt werden, während es bei Körnermais aufgrund Trockenheit und Hitze über die Sommermonate im Jahr 2015 zu starken Ertragsdepressionen kam. In den Jahren davor wurden jedoch bei Körnermais bei ausreichenden Niederschlägen hohe Erträge erreicht.
- Die Bedeutung der Futterleguminoze Luzerne besteht 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, wobei mit ca. 22 dt/ha (in den Kleinparzellenversuchen und Düngerstreifen) über die Jahre 2009 bis 2015 ein guter mittlerer Ertrag erzielt werden konnte.
- Zusammenfassung der Ergebnisse zu den chemischen Bodenkennwerten: siehe nächstes Projektziel.

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

Die untersuchten Düngungssysteme bzw. -varianten (DV) unterscheiden sich in viehlose (DV 1, DV 2 und DV 4) bzw. ein viehhaltendes System (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 Strohezug); 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 2015 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 1 % (nicht signifikant) über dem Ertrag der DV 1.
- In DV 2 wurden über den Biotonnekompost zusätzlich Stickstoff (im Mittel auf die acht-feldrige Fruchtfolge bezogen: ca. 42 kg N ha⁻¹ a⁻¹) und organische Substanz (im Mittel ca. 1143 kg TS ha⁻¹ a⁻¹) in den Betriebskreislauf gebracht. Damit konnte der Gesamtertrag der Marktfrüchte dieser Variante um 3 % (signifikant, $P < 0,05$) gegenüber der DV 1 gesteigert werden.

Die ertragsfördernde Wirkung des Biotonnekomposts beruht einerseits auf der kurz- und langfristigen Stickstoffwirkung aus dem organischen Dünger. Die kurzfristige Stickstoffwirkung des Komposts, d.h. der von den Pflanzen im Anwendungsjahr unmittelbar nutzbare Stickstoff, ist gering. Der Stickstoff im Biotonnekompost ist zum überwiegenden Teil organisch gebunden und wird zum großen Teil in den Bodenstickstoffvorrat eingebunden und damit nur langsam pflanzenverfügbar. So stehen den Pflanzen im Anwendungsjahr nur ca. 5 – 10 % des Gesamtstickstoffs im Biotonnekompost zur Verfügung. In den Folgejahren liegen die Werte darunter. Bei mittleren N-Mengen je Düngungsgabe mit Biotonnekompost (zwei Düngergaben innerhalb der acht-feldrigen Fruchtfolge) von 170 kg N/ha lag die kurzfristige N-Wirkung nur zwischen 9 und 17 kg/ha. Mit wiederholten organischen Düngergaben wird jedoch pflanzenverfügbarer Düngerstickstoff im Boden angereichert und den Pflanzen werden 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.

Andererseits zeigte sich, dass die Zufuhr von Biotonnekompost in DV 2 schon mittelfristig zu einer Erhöhung der Bodenhumusmengen führte. Mit höheren Humusmengen verbessern sich die Wasserspeicherfähigkeit, die Nährstoffnachlieferung, die Bodenstruktur und die biologische Aktivität der Böden, was wiederum die Ertragshöhe und -stabilität positiv beeinflusst.

- 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 und damit hohem Stickstoffinput zurückgeführt wird.

Eine nachhaltige Fruchtfolge ist über die Auswahl der Hauptkulturen und der Einbindung von Zwischenfrüchten und Untersaaten so gestaltet, dass damit die Bodenfruchtbarkeit erhalten oder erhöht und Beikräuter, Krankheiten und Schädlingen natürlich reguliert werden. Die Fruchtfolgegestaltung richtet sich dabei nach wissenschaftlichen Erkenntnissen und eigenen Erfahrungen der BetriebsleiterInnen in Bezug auf den Standort und die Betriebssituation. Zentrales

Element im Biolandbau ist der Anbau von Leguminosen, vor allem von Futterleguminosen wie Klee(gras) oder Luzerne(gras), welche den Rahmen der Fruchtfolge bilden. Über Bodenruhe und den Eintrag hoher Mengen organischer Substanz und Luftstickstoff in den Boden wird Humus aufgebaut und Nahrung für die Bodenorganismen geliefert. Futterleguminosen tragen zur Regulierung v.a. mehrjähriger Beikräuter und über die erhöhte Aktivität der Bodenlebewesen zur Minderung von Krankheiten und Schädlingen bei.

Eine nachhaltige Fruchtfolge ist vielseitig, standortangepasst und berücksichtigt folgende Fruchtfolgeregeln: Wechsel zwischen humus- bzw. stickstoffmehrenden und -zehrenden Kulturen, zwischen Blatt- und Halmfrüchten, zwischen Winterungen und Sommerung und Früh- und Spätsaaten sowie Einbindung eines möglichst vielfältigen Begrünungsanbaus. Eine gute Fruchtfolge baut langfristig Dauerhumus auf bzw. hält die Humusbilanz zumindest ausgeglichen. Die Humusversorgung der Schläge über die Fruchtfolge sollte daher mit einer Humusbilanz geprüft werden.

- Bodenuntersuchungen im Jahr 2015 bestätigten den deutlich positiven Trend der C_{org} -Vorräte im Boden (0-30 cm Bodentiefe) in der DV 2 seit 2003 aufgrund der Zufuhr von Biotonnenkompost mit hohen Anteilen an stabilen organischen Substanzen. In DV1 (nur Gründüngung) blieben die C_{org} -Vorräte im Boden weitgehend konstant, während es in DV 3 (Stallmist) zu einem leichten Anstieg der organischen Kohlenstoffvorräte kam. Die Gehalte an pflanzenverfügbaren Phosphor und Kalium blieben seit 2003 in allen Düngungsvarianten mit geringfügigen Schwankungen auf konstantem Niveau und weitgehend innerhalb der Versorgungsstufe C (ausreichend).

Projektziel: Die Bodenbearbeitung am Betrieb als zentralen Bewirtschaftungsfaktor weiter zu entwickeln und Monitoringflächen zur vergleichenden Untersuchung mit der bisherigen intensiven Bodenbearbeitung einzurichten.

Die Grundbodenbearbeitung am Betrieb erfolgte im bisherigen Untersuchungszeitraum intensiv mit dem Pflug (wendend mit Bearbeitungstiefen bis ca. 25-30 cm). Die Möglichkeiten des Ausmaßes der Reduktion der Intensität der Grundbodenbearbeitung am gesamten Biobetrieb Rutzendorf wurden geprüft und mit der BVW GmbH diskutiert, und die Umsetzung wurde festgelegt. Mit dem Herbstanbau 2015 wurde die Intensität der Grundbodenbearbeitung am Gesamtbetrieb reduziert und auf das Leitgerät Grubber (mit Flügelscharen, nicht wendend bis ca. 12-15 cm Bodentiefe) umgestellt.

Um die verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren (Flügelschargarubber vs. Pflug) zukünftig vergleichen zu können, wurden in vier Schlägen Streifen mit intensiver Pflugbearbeitung am Betrieb beibehalten. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit mit den vorhandenen Streifen wurde die Bodenbonität der „neuen“ Pflugstreifen an Hand vorhandener Daten aus der Finanzbodenschätzung ermittelt. Im Pflugstreifen in Schlag 1 wurden neben dem vorhandenen Kleinparzellenversuch S1M die Bodenbonität zusätzlich durch feldbodenkundliche Aufnahmen (Horizontierung und Bodentextur) zur Einrichtung von weiteren Kleinparzellen analysiert. In den Streifen und in den Parzellen sollen zukünftig die Ertragsentwicklung und in den Kleinparzellen zusätzlich die erwarteten Veränderungen der Bodeneigenschaften der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren untersucht werden.

Projektziel: Die Bewirtschaftung des Betriebes, die Betreuung der Versuchsflächen und die Arbeitsabstimmung zwischen Bewirtschaftung und Forschung in optimaler Weise zu gewährleisten. (Diese Zielsetzung diente 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 Koordination der Aufgaben.

Projektziel: Die Verbreitung der Erkenntnisse aus dem MUBIL Projekt und den Diskurs darüber weiterzuführen (Öffentlichkeitsarbeit, Wissensvermittlung).

Dem Ziel, über das Projekt MUBIL und den daraus gewonnenen Erkenntnissen zu informieren und darüber einen fachlichen Austausch zu führen, wurde im Jahr 2015 im Rahmen von MUBIL VI auf unterschiedliche Weise Rechnung getragen:

- In Zusammenarbeit mit der Ackerbauberatung der Bio Austria NÖ wurde am 10. März 2015 ein Treffen im Marchfeld organisiert, wo Bio-BäuerInnen aus der Region Ergebnisse aus dem MUBIL Projekt mit dem Schwerpunkt Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit vorgestellt und mit den PraktikerInnen besprochen und diskutiert wurden. Am 8. Juni 2015 fand für die Gruppe ein Feldrundgang am Biobetrieb Rutzendorf statt. Die einzelnen Feldkulturen, ein Bodenprofil und verschiedene Blühstreifen wurden besichtigt.
- Am 11. September 2015 wurde im Fachforum Agrar der Rieder Messe ein Vortrag zum Thema "Zukunftsforschung biologischer Ackerbau - Bodenfruchtbarkeit, Ertragssicherung, Biodiversität" gehalten, in dem auch MUBIL Ergebnisse vorgestellt wurden. Das MUBIL Projekt wurde bei der Messe in der Themenwelt Bio mit einem Poster und persönlichen Gesprächen mit den BesucherInnen thematisiert.
- Für die Fachtagung Biologische Landwirtschaft am 12. November 2015 in St. Florian wurde ein Beitrag mit ausgewählten pflanzenbaulichen Ergebnissen von den MUBIL Feldversuchen eingereicht und mit einem Poster präsentiert.
- Auf der MUBIL Homepage „www.mubil.boku.ac.at“ ist das Gesamtprojekt ausführlich beschrieben und es können alle Abschlussberichte und Unterlagen (Poster und Vorträge) 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 2015 in Forschungsk Kooperationen genutzt:

- Am Biobetrieb Rutzendorf wurden im Jahr 2015 laufende mikroklimatische Meßkampagnen zur Verdunstungsmessung im Rahmen des Projekts AUVAM weitergeführt. Zu einer besseren Abschätzung der mittleren Feldverdunstung wurden dazu Scintillometermessungen in Kombination mit Bowen-Ratio Systemen eingesetzt. Die Meßkampagnen wurden vom Institut für Meteorologie vom Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, BOKU Wien in Kooperation mit CzechGlobe (Tschechien) durchgeführt. Das Projekt MUBIL kann von den Ergebnissen einer besseren und genaueren Abschätzung der

Wasserbilanz bzw. der Verdunstungsvariabilität der Nutzpflanzen profitieren. Das Projekt MUBIL ermöglicht andererseits aufgrund der bereits vorhandenen Datenbasis am Versuchsstandort eine vielversprechende Durchführung und Auswertung der Ergebnisse und daher eine effiziente Nutzung von Synergien zwischen den Projekten. Auch die Zusammenarbeit im Rahmen des Projekts EQ4Water mit dem Institut für Vermessung, Fernerkundung und Geoinformation der Universität für Bodenkultur wurde im Jahr 2015 fortgeführt.

- Der Kleinparzellenversuch S1M mit unterschiedlichen Düngungssystemen und die konventionellen Referenzparzellen wurden im Jahr 2014 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. Im Jahr 2015 wurden die Untersuchungen im Versuch S1M und den konventionellen Referenzparzellen wiederholt. Dr. Taru Lethinen (AGES) stellte die Ergebnisse vom Jahr 2014 bei der ALVA-Tagung Anfang Juni 2015 in Graz vor.
- Für eine Masterarbeit zur Überprüfung / Validierung des SALCA-Bodenqualitätsmodells (Betreuung: HBLFA Raumberg-Gumpenstein und BOKU Wien) wurden Bewirtschaftungs-, Boden- und Ertragsdaten aus dem MUBIL Projekt aufbereitet und zur Verfügung gestellt.

2.2 ZUSAMMENSCHAU BISHERIGER MUBIL ERGEBNISSE

Die im diesem Kapitel zusammengefassten Ergebnisse stammen von verschiedenen Teilprojekten der Gesamtprojekte MUBIL I-VI Forschung (finanzielle Förderung: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) und aus dem MUBIL III-IV Evaluation (finanzielle Förderung: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundesländer und Europäische Union im Rahmen der ÖPUL-Evaluierung LE07-13).

Die Bearbeiter der Teilprojekte sind in der Tabelle 2.2-1 auf der Seite 20 am Ende dieses Kapitels angeführt. Detaillierergebnisse können den einzelnen MUBIL Berichten entnommen werden (Download unter: www.mubil.boku.ac.at).

Auswirkungen von Düngungssystemen auf Bodenfruchtbarkeit, Nachhaltigkeit, Artenvielfalt, Entwicklung der Pflanzen und Wirtschaftlichkeit:

Die untersuchten Düngungssysteme bzw. -varianten (DV) unterscheiden sich in viehlose (DV 1, DV 2 und DV 4) bzw. ein viehhaltendes System (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.

Inwieweit die Bewirtschaftung am Biobetrieb Rutzendorf **Kriterien der Nachhaltigkeit** entspricht (TP 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit), wurde anhand ausgewählter ökologischer Indikatoren (N-, P-, K-Saldo, Humussaldo, Energieintensität und Treibhausgasemissionen) mit der Agrarsoftware REPRO überprüft und bewertet. Die Berechnungen erfolgten für vier Düngungssysteme bzw. -varianten über die Jahre 2005 bis 2012. Der Leguminosenanteil der Fruchtfolge lag bei allen Varianten bei 25 % Luzerne und ca. 11 % Erbsen, der Zwischenfruchtanteil war 37,5 %.

- In DV 1 (nur Gründüngung) und DV 3 (Luzerne und Stroh abgeführt, Stallmist zugeführt) wurden positive Humusbilanz- und Stickstoff-Bilanzsalden ermittelt, die im optimalen Nachhaltigkeitsbereich hinsichtlich Ertragssicherheit, Stickstoffverlustrisiko und Einstellung standortgerechter Humusgehalte liegen. In DV 2 (Gründüngung + Biotonnekompost) ergab die Berechnung aufgrund der zusätzlichen Zufuhr von Stickstoff und Kohlenstoff über den Biotonnekompost vor allem beim Humussaldo einen sehr hohen Bilanzwert. Das Stickstoffverlustrisiko wird jedoch als gering eingeschätzt, da der Stickstoff im Kompost zum überwiegenden Teil organisch gebunden ist und nur langsam mineralisiert wird. Darüber hinaus lag der N-Saldo dieser Variante nur geringfügig über dem Optimalbereich. Die negativen Phosphor- und Kalium-Salden, vor allem in DV 1, können mittelfristig durch Nachlieferung aus den hohen Bodenvorräten ausgeglichen werden. Aufgrund des geringen Inputs fossiler Energie (kein Mineräldüngereinsatz) und der hohen C-Zufuhr über Luzerne und Gründüngung sowie Stallmist oder Biotonnekompost, die auch zu einer entsprechenden C-Speicherung im Boden führte, lag das flächenbezogene Treibhausgaspotential auf einem niedrigen Niveau. DV 4 (Luzerne abgeführt, Agrogasgülle zugeführt) wurde nur in einem Versuch geprüft. Die Werte der Indikatoren dieser Variante waren ähnlich den Werten der DV 1 und DV 3 und lagen damit ebenfalls weitgehend im optimalen Bewertungsbereich.

- Zusammenfassend kann die Nachhaltigkeit und Umweltwirkung der Bewirtschaftung des Biobetriebes abgestuft in vier Düngungsvarianten als gut bis sehr gut beurteilt werden.
- Der Vergleich der Humus- und Stickstoffsalden der einzelnen Kulturen der Fruchtfolge am Betrieb zeigte die hohe Bedeutung von Leguminosen, vor allem der Futterleguminose Luzerne, für die Humus- und Stickstoffversorgung der gesamten Fruchtfolge.

In den Jahren 2010 bis 2012 wurde eine Untersuchung der **Pflanzenkrankheiten in Winterweizen** (TP 15: Pflanzengesundheit) nach den Vorfrüchten Luzerne und Körnererbse durchgeführt. Als Hauptkrankheitserreger sind in den drei Jahren Schneeschimmel (*Monographella nivalis*), Echter Mehltau (*Blumeria graminis*), Septoria Blattfleckenkrankheit und Spelzenbräune (*Phaeosphaeria nodorum* syn. *Septoria nodorum*), Ährenfusariosen (*Fusarium* spp.) und Braunrost (*Puccinia recondita*) aufgetreten.

Das Auftreten von Krankheiten wurde vor allem von der vorherrschenden Jahreswitterung beeinflusst. Sowohl die Art der Pflanzenpathogene als auch ihre Befallsstärke gaben keinen Hinweis darauf, dass die Düngungsvarianten das Auftreten dieser Krankheitserreger spezifisch fördern oder hemmen. Mit diesen Ergebnissen kann für die praktische Bewirtschaftung im biologischen Landbau im pannonischen Klimagebiet bestätigt werden, dass mit den untersuchten Düngungsvarianten keine pflanzengesundheitlichen Risiken initiiert werden.

Veränderungen von Bodenkennwerten (physikalische, mikrobielle und chemische Parameter) am Biobetrieb Rutzendorf wurden auf Schlag 1 (Kleinparzellenversuch SIM mit mittlerer Bodenbonität und Referenzparzelle SIG mit geringer Bodenbonität) erhoben. Die Fruchtfolge auf diesem Schlag in den Jahren 2003 bis 2015 war:

2003: Sommergerste (mit Zwischenfrucht) – 2004: Wintergerste – 2005: Luzerne – 2006: Luzerne – 2007: Winterweizen (mit Zwischenfrucht) – 2008: Körnermais – 2009: Sommergerste (mit Zwischenfrucht) – 2010: Körnererbse (mit Zwischenfrucht) – 2011: Winterweizen – 2012: Winterroggen – 2013: Luzerne – 2014: Luzerne – 2015: Winterweizen.

Die **mikrobiellen und chemischen Bodenuntersuchungen** (TP 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit und TP 2: Bodenchemie) haben gezeigt, dass zehn Jahre nach der ersten Analyse deutliche Änderungen von einigen Bodeneigenschaften aufgetreten sind. Dass es sich hier um eine Entwicklung über einen längeren Zeitraum handelt, der noch nicht als abgeschlossen bezeichnet werden kann, wird auch von anderer Seite bestätigt.

- Das Stickstoffmineralisierungspotential im Oberboden (0 - 30 cm) nahm nach Luzerneanbau deutlich zu und zum Ende der Fruchtfolge (April 2013) wieder deutlich ab. Die Gehalte an mikrobiell gebundenem Kohlenstoff und Stickstoff im Boden (0 - 30 cm) blieben seit Versuchsbeginn 2003 weitgehend konstant. Die pilzliche Biomasse erfuhr hingegen einen starken Anstieg (letzte Analysen: April 2013). Zwischen den Düngungsvarianten traten bisher keine Unterschiede in der Entwicklung der bodenmikrobiologischen Parameter auf.
- Der pflanzenverfügbare Phosphor (CAL-Extrakt) nahm 2013 im Oberboden (0-30 cm) im Vergleich zu 2008 leicht ab und stieg im Jahr 2015 wieder bis zum Bereich der Jahre 2005 bis 2008 an. Die P-Werte in den Böden der Düngungsvarianten unterschieden sich nur geringfügig und lagen alle im unteren Bereich der Gehaltsklasse C („ausreichend“). Die Konzentrationen von pflanzenverfügbarem Kalium (CAL-Extrakt) blieben seit 2003 in allen Düngungsvarianten weitgehend stabil und im Bereich der Gehaltsklasse C („ausreichend“).

Von 2003 bis 2013 wurden am Biobetrieb Rutzendorf die Auswirkungen der biologischen Bewirtschaftung auf maßgebliche **bodenphysikalische Parameter** und den **Bodenwasserhaushalt** (TP 3: Bodenwasserhaushalt und Erosion) untersucht.

- Die Infiltrationsrate von Niederschlagswasser, gemessen über den Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, hat sich im Laufe der Jahre erhöht (in DV 1: 2004/05 – Wintergerste/Luzerne: mittlerer k-Wert von 7,3 m/d, 2012/13 – Winterroggen/Luzerne: 14,2 m/d). Ebenso zeigten die Werte zur Aggregatstabilität positive Tendenzen (in DV 1: 2004/05: im Mittel 20 % stabile Bodenaggregate, 2012/13: 29 %). Infolge stabilerer Aggregate sind diese Böden wesentlich widerstandsfähiger gegen klimarelevante Auswirkungen wie etwa mögliche Zunahmen der Erosivität der Böden über Niederschläge und/oder Windereignisse. Ursachen für diese Veränderungen sind auf die Fruchtfolge, vor allem auf den Anbau der zweijährigen Luzerne und generell von Kulturen in der Fruchtfolge mit einem dichteren Wurzelsystem bzw. höherer Wurzelbiomasse zurückzuführen.
- Diese Kulturen haben auch positive Auswirkungen auf die Trockendichte und damit auch auf den Porenanteil. Ein höherer Porenanteil im Boden bewirkt eine höhere und raschere Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens und somit einen geringeren Abfluss bei Starkregenereignissen.
- Unterschiede in den vier Düngungsvarianten konnten aus den bisherigen Ergebnissen nicht nachgewiesen werden.

Wesentliche Unterschiede zwischen den Düngungssystemen traten in den **Erträgen** einzelner Kulturen (siehe Ergebnisse MUBIL VI, TP 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit), in der **Wirtschaftlichkeit** (TP 13: Ökonomie: Berechnung von Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträgen) und der Entwicklung der **C_{org}-Mengen** (Humus) (TP 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit und TP 2: Bodenchemie) auf.

- Der Gesamtertrag der Marktfrüchte in der DV 1 (nur Gründüngung) war zwar etwas geringer als in den DV 2 und DV 3, der Fruchtfolgedeckungsbeitrag lag jedoch aufgrund der geringeren variablen Kosten über diesen beiden Systemen. Die C_{org}-Mengen (Humus) konnten über 12 Jahre weitgehend konstant gehalten werden. Mit den Marktfrüchten wurde mit einem Entzug von -11 kg P/ha/Jahr und -16 kg K/ha/Jahr negativ bilanziert.

Am Standort konnten mit der viehlosen biologischen Bewirtschaftung (DV 1) mit einem entsprechenden Leguminosen-Anteil (vor allem Futterleguminosen) gute Marktfrüchtereträge und Qualitäten über die gesamte Fruchtfolge erzielt und dabei die Bodenfruchtbarkeit weitgehend erhalten werden. Die Entwicklung der Phosphorgehalte, aber auch der Kalium- und C_{org}-Gehalte ist aber weiter zu beobachten.

- DV 2 (Gründüngung + Biotonnenkompost) erzielte den höchsten Gesamtertrag der Marktfrüchte. Die zusätzlichen Kosten über den Zukauf und die Ausbringung von Kompost brachten aber eine schlechtere wirtschaftliche Bewertung im Vergleich zur DV 1 (2009-13: 6 % geringerer Fruchtfolgedeckungsbeitrag im Vergleich zu DV 1). Bei der DV 2 sind jedoch auch die langfristigen Wirkungen auf den Boden in die Gesamtbeurteilung mit einzubeziehen. Der C_{org}-Gehalt wurde durch die Kompostdüngung deutlich gesteigert. Mit der Zufuhr von Phosphor (P) konnte das P-Defizit weitgehend ausgeglichen werden, wobei die P-Zufuhr bis 2015 in den CAL-Werten (pflanzenverfügbare Phosphor) nicht ersichtlich war.

Die Düngung mit Biotonnenkompost kann daher viehlosen Betrieben empfohlen werden, die über längere Zeit negative Phosphor-Bilanzen aufweisen und/oder deren Böden eine geringere P-Verfügbarkeit zeigen. Langfristig erlaubt die Düngung mit Biotonnenkompost das P-Defizit partiell

auszugleichen; diese Strategie kann allerdings nicht für alle landwirtschaftlichen Betriebe realisiert werden, da die Vorräte an Biotonnekompost regional begrenzt sind.

Kompost enthält stabile organische Substanzen mit entsprechend positiven Wirkungen auf den Humushaushalt. In Kombination mit einem hohen Futterleguminosen-Anteil in der Fruchtfolge ist mit Kompostdüngung in Abhängigkeit des Standorts in relativ kurzer Zeit ein Humusaufbau möglich. Die Steigerung des Humusgehaltes fördert die Nährstoffmineralisierung, die Bodenstruktur und die Wasserinfiltration und -speicherung. Damit wird langfristig auch die Ertragshöhe und -stabilität verbessert, was bei zunehmenden Verdunstungsraten und längeren Trockenphasen aufgrund des Klimawandels besonders wichtig wird.

Auf viehlosen Biobetrieben mit intensiveren Fruchtfolgen (hohen Hackfrucht- und/oder Feldgemüseanteilen und abnehmenden Anteilen an (Futter-)Leguminosen) kann mit der Düngung von Biotonnenkompost eine negative Humusbilanz mittelfristig ausgeglichen werden, wobei die Grundlage der Bewirtschaftung aufgrund ihrer vielfältigen Wirkungen immer der Anbau von Futterleguminosen sein sollte.

- Die Luzerneabfuhr und Rückführung der Humus- und Nährstoffäquivalente über Stallmistdüngung in DV 3 (Futternutzung + Stallmist) hatte wesentlichen Einfluss auf einzelne Kulturen in der Fruchtfolge. Der Winterweizenertrag nach Luzerne in DV 3 war signifikant geringer, die Erträge des mit Stallmist gedüngten Winterweizens nach Körnererbse und des nachfolgenden Winterroggens signifikant höher als in DV 1. Insgesamt konnte der Gesamtertrag der Marktfrüchte im Vergleich zu DV 1 leicht gesteigert werden. Die Wirtschaftlichkeit war aber geringer (2009-13: 13 % geringerer Fruchtfolgedeckungsbeitrag im Vergleich zu DV 1), wobei die Verwertung der Luzerne und des Strohs nicht monetär bewertet wurden. Die C_{org} -Mengen zeigten in diesem System eine leicht steigende Tendenz.

Bei viehlosen Betrieben mit zweijähriger Luzerne ist über eine bessere Verteilung der Nährstoffe und der organischen Substanz aus dem Luzerneaufwuchs innerhalb der Fruchtfolge eine Optimierung der Marktfruchterträge möglich. Eine Möglichkeit ist der Tausch von Luzerneschnittgut gegen Stallmist in Zusammenarbeit mit einem viehhaltenden biologischen Betrieb. Eine zu hohe Stickstoffabfuhr über die Luzerne hat aber auch eine negative Ertragswirkung auf die unmittelbaren Nachfrüchte der Luzerne. Daher sind nur eine Kombination aus Schnitt/Abfuhr (z.B. nur der erste Schnitt) und Mulchen der Luzerne und eine Düngung von Kulturen in einer weniger bevorzugten Stellung in der Fruchtfolge zu empfehlen.

- In der erst im Jahr 2008 begonnenen DV 4 (Futternutzung + Agrogasgülle) wurden durch den leicht verfügbaren Stickstoff aus der Agrogasgülle höhere Erträge (Körnermais) und Qualitäten (höherer Proteingehalt in Winterweizen) erzielt. Die Deckungsbeiträge dieser Marktfrüchte waren daher höher als diejenigen der anderen Düngungssysteme. Für eine Gesamtbeurteilung dieses Systems sind jedoch der gesamte Fruchtfolgedeckungsbeitrag inklusive der Kosten für die Luzerneabfuhr und die Entwicklung der Bodenparameter, vor allem der C_{org} -Gehalte, noch mit einzubeziehen.

Die Artenzahlen und Dichten der **Bodentiere** Oribatiden (Hornmilben) und Collembolen (Springschwänze) (TP 6: Bodentiere, Erhebungen von 2003 bis 2011 bzw. 2013) haben zwar in den biologisch bewirtschafteten Flächen seit Versuchsbeginn 2003 teilweise zugenommen (vor allem in Zusammenhang mit dem Luzerneanbau), es kam aber immer wieder zu einem Zusammenbruch der Populationen, was auf strenge Winter und die intensive Bodenbearbeitung mit dem Pflug zurückgeführt wird. Bei den Regenwürmern konnte keine Verbesserung der Abundanzen oder Artenzahlen zwischen 2004 und 2012 auf den biologischen Ackerflächen festgestellt werden. Am häufigsten wurden Regenwürmer in den Nützlings- und Blühstreifen und Hecken am Biobetrieb angetroffen, die grundsätzlich einen attraktiven Lebensraum für Bodentiere darstellen (Zunahme der Regenwurmpopulation seit 2004, besonders in den Nützlings- und Blühstreifen (Jahr 2004: 11,2 Individuen/m²; 2012: 62,4 Individuen/m²). Aber auch hier sind die Abundanzen niedrig, sodass vermutlich nur wenige Tiere und wenn, selten aus diesen Ausgleichsflächen in die angrenzenden Ackerflächen einwandern. Eine nachhaltige Zunahme der Bodenfauna über die biologische Bewirtschaftung konnte daher bisher nicht bestätigt werden. Als mögliche Gründe dafür werden die geringen Artenzahlen zu Beginn der Untersuchung nach konventioneller Wirtschaftsweise, die intensive Pflug-Bodenbearbeitung, die Sommertrockenheit und Winterkälte des pannonischen Klimas sowie die verinselte Lage der Flächen inmitten der überwiegend intensiv genutzten Agrarregion gesehen.

Zusätzlich zu den bereits umgesetzten Maßnahmen (geringe Phasen offener Ackerflächen, Luzerne- und Zwischenfruchtanbau, Einbringung von org. Substanz von außen), ist eine Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität zu empfehlen (geringere Bearbeitungstiefen, nicht wendend, Vermeiden von Verdichtungen). Nur so können die Lebensbedingungen der Bodentiere drastisch und auch langfristig verbessert werden. Das gilt vor allem für die funktionell sehr wichtige Gruppe der tiefgrabenden anözischen Regenwürmer (*Lumbricus terrestris* und weitere Arten). Ob die Veränderung der Bodenbearbeitung jedoch zu einer Zunahme der Regenwürmer führen wird, ist offen (Isoliertheit des Standortes; sehr schluffreiche Böden mit geringer Strukturstabilität).

Von 2003 bis 2013 wurden Untersuchungen zur Oberflächenvegetation und dem Diasporenvorrat der **Ackerwildkräuter (Beikräuter)** (TP 8: Ackerwildkrautflora und Diasporen) im Biobetrieb Rutzendorf durchgeführt. In den Jahren 2007/2008 und 2012 wurden diese durch Umgebungskartierungen der Vegetation rund um den Biobetrieb ergänzt.

Nach Schwankungen in den ersten Jahren der Untersuchungen kam es ab 2007 zu einem Anstieg der Artenzahlen in der Diasporenbank und der oberflächlichen Vegetation. In den folgenden Jahren gingen die Artenzahlen in der oberflächlichen Vegetation jedoch wieder zurück. Insgesamt blieben die Artenzahlen in der oberflächlichen Vegetation über die Jahre auf einem ähnlichen Niveau, wobei in den einzelnen Jahren immer nur ein kleiner Ausschnitt aus dem gesamten Artenspektrum auf den Äckern zu finden war. Im Zeitraum 2003 bis 2013 wurden in der Vegetation und in der Diasporenbank insgesamt 165 Arten identifiziert. Die Düngungsvarianten zeigten bislang keinen Einfluss. Die Diasporenmengen korrelierten in ihrer Menge mit der Oberflächenvegetation und beide hingen wiederum stark von der angebauten Kulturart ab. In Luzerne und Erbse, aber auch Mais und Winterroggen konnten die meisten Arten und höhere Deckungen gefunden werden. In den Folgejahren nach den Kulturen gingen die oberflächlichen Arten- und Diasporenzahlen jedoch wieder stark zurück, womit ein negativer Einfluss durch hohe Beikrautkonkurrenz für die Praxis ausgeschlossen werden kann.

Dass die Entwicklung der Artenzahlen am Biobetrieb bisher nur langsam und unet erfolgreich war, wird auf verschiedene Ursachen zurückgeführt. Die guten Bodenbedingungen am Standort führten in Kombination mit einer entsprechenden Stickstoffversorgung über die Fruchtfolge und höheren Saatstärken meist zu dichten Getreidebeständen, welche den Boden gut beschatteten. Das Artenpotential der Ackerbegleitflora am Standort war bereits zu Beginn generell sehr niedrig, dokumentiert über den

geringen Diasporenvorrat im Boden. Eine Samenzufuhr von außen wäre daher für die Erhöhung der Biodiversität am Betrieb notwendig, jedoch ist das Arteninventar der unmittelbaren Umgebung dem des Biobetriebes sehr ähnlich und ebenso niedrig.

Auswirkungen von ökologischen Begleithabitaten, biologischer Bewirtschaftung und agrarökologischen Maßnahmen auf die Artenvielfalt:

Im Projektgebiet Rutzendorf wurde im Zeitraum 2003-2012 über mehrjährige flächendeckende Revierkartierungen die **Entwicklung der Brutvogelfauna** (TP 9: Avifauna) auf einem Ackerbaubetrieb im Marchfeld nach Umstellung auf Biologischen Landbau und der Umsetzung agrarökologischer Begleitmaßnahmen (Anlage von Nützlings- und Blühstreifen) dokumentiert.

- Die Artenzahl der Brutvögel hat seit Projektbeginn im Jahre 2003 deutlich zugenommen. Die Anzahl der Brutreviere zeigte bis 2008 eine Zunahme, danach jedoch entsprechend dem generellen Trend in Österreich wieder eine deutliche Abnahme. Die Höchstwerte wurden im Jahre 2008 mit 149 Brutrevieren (+55 %) bzw. 2010 mit 21 Brutvogelarten (+133 %) erreicht. Diese Entwicklung wird auf die Verbesserung der agrarökologischen Gesamtsituation des Betriebes durch die biologische Wirtschaftsweise und die Integration von Blühstreifen zurückgeführt. Wesentliche Bedeutung für die Brutvogelfauna haben Hecken und Baumreihen, da von 28 im Projektgebiet nachgewiesenen Brutvogelarten 20 Arten (71 %) bezüglich ihres Bruthabitats an das Vorhandensein von Gehölzen gebunden sind.
- Bei der biologischen Bewirtschaftung hat sich insbesondere die Luzerne als ein wertvolles Habitat für die charakteristischen Bodenbrüter der Agrarlandschaft (wie z.B. Feldlerche und Wachtel) erwiesen. Bei ihrer Bewirtschaftung sollten daher neben pflanzenbaulichen auch naturschutzfachliche Aspekte berücksichtigt und das Bestandsmanagement der Luzerne (z.B. Nutzungstermine und Zeitabstand zwischen den Terminen) stärker auf die Anforderungen der Brutvögel angepasst werden.
- Die Nützlings- und Blühstreifen bewirkten eine wesentliche Habitatverbesserung (Brut- und Nahrungshabitat) und führten zur Ansiedlung weiterer Brutvogelarten am Betrieb. Für die Förderung der Brutvogelfauna wird die Bewirtschaftung der Blühstreifen als Dauerbrache mit abschnittsweiser Bestandespflege empfohlen.

Seit Projektbeginn 2003 wurden kontinuierlich **Nützlings- und Blühstreifen** (Ökostreifen) (TP 11: Naturschutzbiologie / Wildbienen) mit unterschiedlichen Blümmischungen als 6 m breite Bracheflächen in den Ackerschlägen angelegt (bis 2012 im Ausmaß von 3,6 % der Ackerfläche des Biobetriebes). Die über eine Einsaat von Samenmischungen aus autochthonen (regional heimischen) Wildpflanzenarten angelegten Blühstreifen haben über die Jahre die Artenvielfalt der Flora am Standort gesteigert. Nullvarianten ohne Einsaat (nur mit spontaner Sukzession) blieben hingegen über lange Zeit artenarm, d.h., es haben sich nur wenige am Standort vorhandene Arten etabliert.

Die Anlage von Nützlings- und Blühstreifen ist für die **Wildbienenfauna** (TP 11: Naturschutzbiologie / Wildbienen) an einem Standort wie Rutzendorf in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft förderlich (TP 11: Naturschutzbiologie / Wildbienen, Erhebungen der Wildbienenfauna in den Jahren 2004 bis 2014). Eingesäte, drei- bis vierjährige Nützlings- und Blühstreifen zeigten die höchste Wildbienenartendiversität. Sie wiesen aufgrund gleichzeitig auftretender kurzlebiger und ausdauernder Pflanzenarten ein reichhaltiges Futterpflanzenangebot auf. Ein Schwerpunkt der letzten Projektphase in den Jahren 2012 und 2014 war

daher die Untersuchungen der Wirkung unterschiedlicher Pflegemaßnahmen (Bodenbearbeitung, Bodenbearbeitung und Nachsaat, keine Bodenbearbeitung) in einem mehrjährigen Blühstreifen, mit dem Ziel dessen Biodiversitätsfunktion über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Auf den älteren Streifen konnten zwar weniger, jedoch in Hinblick auf die Pollenfutterpflanzen als auch auf die Wahl ihres Nisthabitats anspruchsvollere Wildbienenarten festgestellt werden.

Aus den Projektergebnissen lassen sich folgende Empfehlung für die Anlage von Blühstreifen zur Förderung der Wildbienenfauna ableiten:

- Für eine diverse Wildbienenfauna ist die Ausstattung der Blühstreifen mit einem vielfältigen, lang blühenden Pollenfutterpflanzenangebot von Bedeutung. Artenreiche Ansaatmischungen mit Vertretern möglichst vieler Pflanzenfamilien werden empfohlen.
- Langlebige Blühstreifen sind zu bevorzugen. Zur Beibehaltung der Biodiversität auf Dauer wird jedoch empfohlen, einen Anteil an jungen Sukzessionsflächen alle 4-5 Jahre durch einen Umbruch im Herbst (z. B. Pflügen und Eggen) immer wieder neu zu starten.
- Bei Pflegemaßnahmen dürfen nicht alle Flächen zur gleichen Zeit gemäht oder gehäckselt werden. Zeitlich und räumlich differenzierte Eingriffe sind anzustreben.

Im Jahr 2012 wurde in Fortführung der Projekte MUBIL I bis III im Bio-Betrieb Rutzendorf die epigäische **Arthropodenfauna (Laufkäfer)** (TP 7: Nützlinge) auf insgesamt 22 der seit 2003 verorteten Aufnahmestrecken an 4 einwöchigen Fangterminen mittels Bodenfallen erfasst.

- Auf der Gesamtfläche des Biobetriebes (Ackerflächen und Landschaftselemente) wurden 2012 insgesamt 76 Laufkäferarten nachgewiesen, davon 16 gefährdete Arten der Roten Liste. Bei den Ackerflächen war Luzerne die Arten- und Individuen-reichste Kultur. Die Landschaftselemente wiesen im Vergleich zu den Ackerflächen eine höhere Laufkäferdiversität und eine andere Artengemeinschaft auf. Eine intermediäre Rolle zwischen Landschaftselementen (Hecke und Baumreihe, Feldrain, Schotterböschung, Brache) und Ackerflächen nehmen die Blühstreifen ein. Sie beherbergen sowohl Individuen-starke Populationen der typischen Feldlaufkäfer als auch seltene Arten trockenwarmer Lebensräume mit schütterer Vegetation. Insgesamt leisten die Blühstreifen und jedes der untersuchten Landschaftselemente mit ihren angepassten Laufkäfergemeinschaften einen Beitrag, sowohl für den Erhalt seltener, gefährdeter Arten wie auch zur Stabilisierung des Agrar-Ökosystems durch natürliche Schädlingsregulation.

Auswirkungen einer Bodenschutzhecke auf Kleinklima, Bodenwassergehalt und Pflanzenertrag in angrenzenden Ackerflächen:

In mehreren Jahren im Zeitraum von 2003 bis 2011 wurde am Biobetrieb Rutzendorf der **Einfluss einer Hecke auf die angrenzende Ackerfläche** (TP 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit, TP 3: Bodenwasserhaushalt und Erosion, TP 5: Agrarmeteorologie) untersucht (Leeseite, teilweise Luvseite zu einer dichten, ca. 8 m hohen und gut ausgebildeten Bodenschutzhecke).

- Die mikroklimatischen Untersuchungen zeigten Abschattungs- und Windreduktionseffekte der Hecke, die sich positiv auf die Wasserbilanz durch erhöhtes Rückhaltevermögen des Bodenwassers, erhöhter Taubildung und Taudauer und vor allem verminderter Verdunstung auswirkten. Der Gesamtwirkungsbereich der Hecke (luv- und leeseitig) in Bezug auf das Mikroklima reichte etwa bis zum 15-fachen ihrer Höhe. Mit mehrjährigen Messungen der Bodenwassergehalte (0-90 cm Bodentiefe) konnte jedoch nur ein Einflussbereich hinsichtlich eines verbesserten Bodenwasserhaushaltes bis zu einer Distanz, die etwa dem 3-fachen der Heckenhöhe (bis 24 m) entspricht, nachgewiesen werden.
- Die verbesserte Wasserversorgung hatte auch Einfluss auf den Pflanzenertrag in der angrenzenden Ackerfläche, der über m²-Ernten in verschiedenen Abständen zur Hecke festgestellt wurde. Bei Luzerne, Winterweizen und Sonnenblumen stieg der Ertrag mit zunehmender Nähe zur Hecke an. Die Ertragshöhe des Winterroggens wurde hingegen nicht von der Hecke beeinflusst. Die aus den Ertragerhebungen berechneten möglichen Ertragssteigerungen lagen zwischen 8,9 % bei Winterweizen und 23,7 % bei Sonnenblumen. Ein ertragssteigernder Effekt wurde von ca. 35 m (ca. 4,5-fache Heckenhöhe) bis maximal 80 m Abstand von der Hecke (10-fache Heckenhöhe) ermittelt. Eine mögliche Ertragssteigerung bei gleichen Bodenverhältnissen war wesentlich von der angebauten Kultur und der Jahreswitterung geprägt.

Die Ergebnisse zeigten, dass Hecken eine wichtige Anpassungsmaßnahme an die Auswirkungen des Klimawandels zur Ertragssicherung in trockenen und windreichen Regionen wie dem Marchfeld darstellen.

Ergebnis einer **Strukturkartierung der Gehölze** (TP 10: Managementkonzept Gehölze) durchgeführt in MUBIL I) war eine „Armut“ der Hecken und Baumreihen bezogen auf ihre Strukturierung und Artenzusammensetzung. Daraus wurde geschlossen, dass das Potential ihrer „ökologischen“ und „landschaftsästhetischen“ Funktionen sowie die Windschutzfunktion nicht ausgeschöpft wurden. Bei optimaler Pflege kann jedoch die Multifunktionalität der Gehölzstrukturen wiederhergestellt, langfristig gesichert, und die Biodiversität der Biotopstrukturen erhöht werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde in MUBIL II ein Pflegekonzept entwickelt, dass teilweise in kurzen Heckenabschnitten umgesetzt wurde.

Tabelle 2.2-1: Kooperationspartner und Leiter der einzelnen Teilprojekte (TP) im MUBIL Projekt seit 2003

TP Nr.	Name des Teilprojektes	Forschungseinrichtung	TeilprojektleiterIn
1	Gesamtprojektkoordination, Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit	Institut für Ökologischen Landbau ¹ Forschungsinstitut für biologischen Landbau	Univ.Prof. Dr. Bernhard Freyer
2	Bodenchemie	Institut für Bodenforschung ²	Univ.Prof. Dr. Walter W. Wenzel, Dr. Markus Puschenreiter
3	Bodenwasserhaushalt und Erosion	Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft ³	Ao.Univ.Prof. Dr. Andreas Klik
4	Metadatenbank und Projekthomepage	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung ⁴	Dr. Thomas Schauppenlehner
5	Agrarmeteorologie	Institut für Meteorologie ³	Ao.Univ.Prof. Dr. Josef Eitzinger
6	Bodentiere	Institut für Zoologie ⁵	Ao.Univ.Prof. Dr. Alexander Bruckner, Dr. Pascal Querner
7	Nützlinge	Bio Forschung Austria	Dr. Bernhard Kromp
8	Ackerwildkrautflora, Diasporen	Institut für Botanik ⁵	Univ.Prof. Dr. Karl-Georg Bernhardt
9	Avifauna	Institut für Zoologie ⁵	Ass.Prof. Dr. Ulrich Straka
10	Managementkonzept Gehölze	Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung ⁴	Ao.Univ.Prof. Dr. Christiane Brandenburg
11	Naturschutzbiologie/Wildbienen	Institut für Integrative Naturschutzforschung ⁵	Univ.Ass. Dr. Bärbel Pachinger
12	Futtermittel	Institut für Nutztierwissenschaften ¹	Ao.Univ.Prof. Dr. Werner Zollitsch
13	Ökonomie	Institut für Agrar- und Forstökonomie ⁶	Ass.Prof. Dr. Michael Eder
14	Leitung und Bewirtschaftung Gesamtbetrieb	Landwirtschaftliche Bundesversuchswirtschaften (BVW) GmbH	Dr. Gerhard Draxler
15	Pflanzengesundheit	Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit	Univ.Do. Dr. Gerhard Bedlan
	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf ⁷	Ass.Prof. Dr. Helmut Wagentristl
	kein eigenes Teilprojekt - Mitarbeit bei TP 1	Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, TU München	DI Harald Schmid

¹Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien

²Department für Wald- und Bodenwissenschaften, BOKU Wien

³Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, BOKU Wien

⁴Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, BOKU Wien

⁵Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung, BOKU Wien

⁶Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, BOKU Wien

⁷Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, BOKU Wien

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:	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 2015 liegt bei 37,5 %. Die Zwischenfrüchte waren Sommerzwischenfrüchte, die nach Ernte der Hauptfrucht als Stoppelsaat angebaut wurden (siehe auch Teilprojekt 1, Tabelle 4.1-14 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 2015 (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	Bewir- schung	Boden- bonität	DV	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
S1M	biol.	mittel 1-4		SOMMER- GERSTE	ZF WINTER- GERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROOGEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN
S2M	biol.	mittel 1-3		LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	SONNEN- BLUMEN	WINTER- ROOGEN	ERBSE	WINTER- ROOGEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE
S3M	biol.	mittel 1-3		LUZERNE	LUZERNE	WINTER- ROOGEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROOGEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE
S4M	biol.	mittel 1-3		ERBSE	ZF WINTER- ROOGEN	WINTER- ROOGEN	SOMMER- GERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROOGEN	LUZERNE
S5M	biol.	mittel 1-3		LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	WINTER- WEIZEN	SOMMER- GERSTE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROOGEN
S6M	biol.	mittel 1-3		LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	TRITICALE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN
S7M	biol.	mittel 1-3		ERBSE	ZF WINTER- ROOGEN	TRITICALE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROOGEN	LUZERNE	LUZERNE
S8M	biol.	mittel 1-3		TRITICALE	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROOGEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS
S1G	biol.	gering 1		SOMMER- GERSTE	ZF WINTER- ROOGEN	LUZERNE	WINTER- ROOGEN	WINTER- WEIZEN	KÖRNER- MAIS	SOMMER- GERSTE	ERBSE	WINTER- WEIZEN	WINTER- ROOGEN	LUZERNE	LUZERNE	WINTER- WEIZEN
SK	konv.	mittel MD		SOMMER- DURUM	ZF ZUCKER- RÜBE	WINTER- WEIZEN	ZWIEBEL	WINTER- DURUM	KAR- TOFFEL	WINTER- DURUM	SPERDOLA, FRÜH- KARTOFFEN	WINTER- DURUM	ZWIEBEL	WINTER- DURUM	KAR- TOFFEL	WINTER- DURUM

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 wurden 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 wurden 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 diente 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 VI wurden pflanzenbauliche Untersuchungen (Ertragsleistung und Qualitätsparameter) und bodenchemische Untersuchungen (organischer Kohlenstoff und Gesamtstickstoff, pflanzenverfügbares Phosphor und Kalium) in den Kleinparzellenversuchen und Referenzflächen sowie pflanzenbauliche Untersuchungen in den Düngerstreifen durchgeführt.

Seit Projektbeginn wurden kontinuierlich Nützlings- und Blühstreifen (Ökostreifen) mit unterschiedlichen Blühmischungen 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, eine entlang einer Hecke (Ö3-W) und eine 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 gesät.

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.

Die Untersuchungen wurden in Abhängigkeit der Forschungsfrage auf unterschiedlichen Erhebungsflächen und Untersuchungsebenen am Betrieb durchgeführt (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, Boden
Kleinparzelle (KP): 1 PDF und 1 BDF; (Referenzfläche bio., 1 DV)	1 Schlag; geringe Bodenbonität	1 KP/ S1G	Pflanzen, Boden
Kleinparzellen (KP): 2 PDF und 2 BDF, (Referenzflächen konv.)	2 konventionell bewirtschaftete Schläge; mittlere Bodenbonität	2 KP/ SK und SK1 (SK1 ab 2013)	Pflanzen, Boden
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

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, Versuchsfleichen und Nützlings- und Blühstreifen.

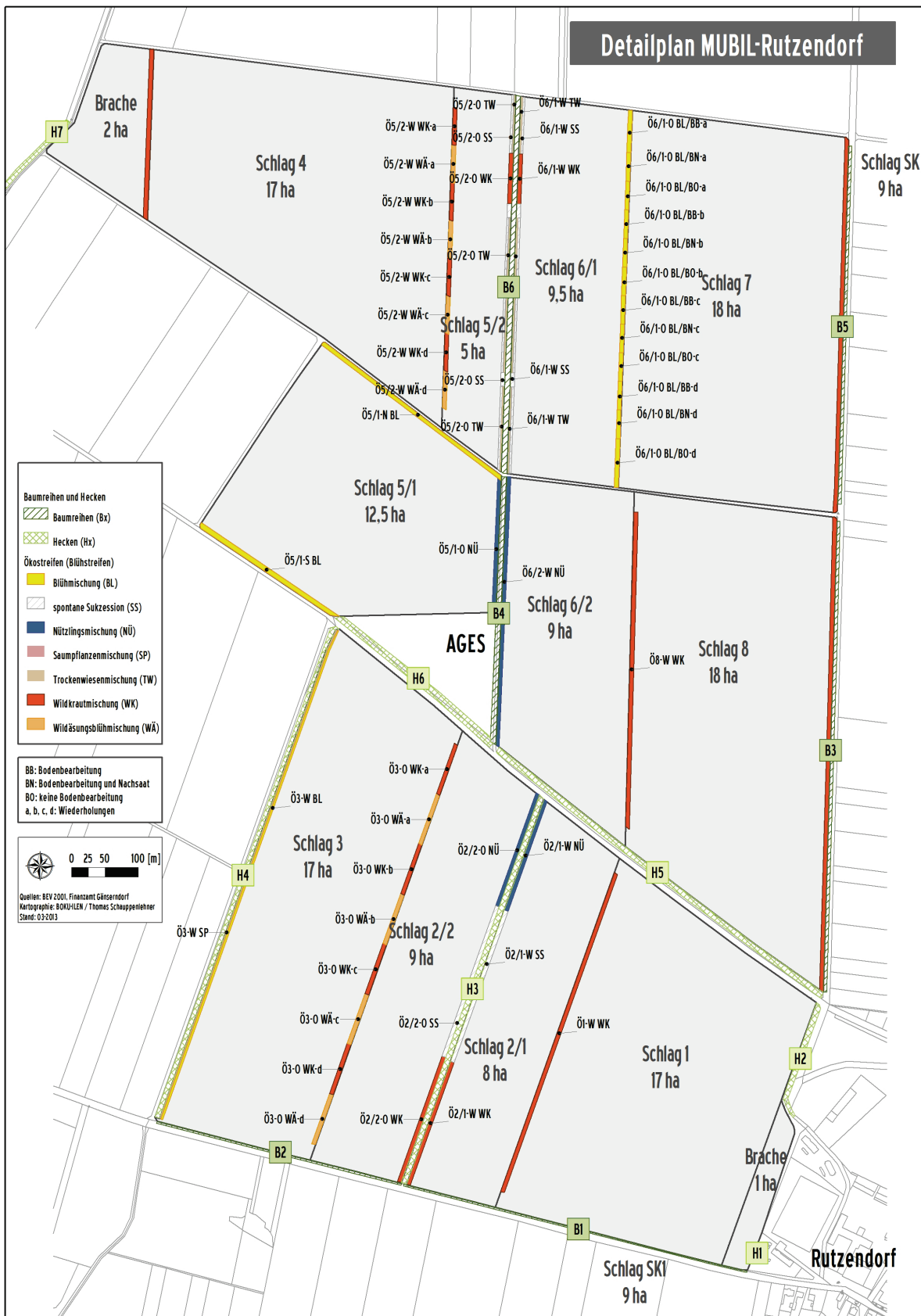


Abbildung 3.2-2: Detailplan Rutzendorf mit Übersicht über die Nützlings- und Blühstreifen, Hecken und Baumreihen

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 inklusive der Zwischenfrüchte und die Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurden in allen Düngungsvarianten gleich gestaltet. Die Zwischenfrüchte wurden bei allen Düngungsvarianten als Gründüngung in den Boden eingearbeitet und nicht abgefahren. Bis auf die Ernte und die Düngung wurde 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

Zielfruchtfolge:	D V	Luzerne	Luzerne	Winterweizen	Körnermais	Sommergerste	Erbse	Winterweizen	Winterroggen
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.

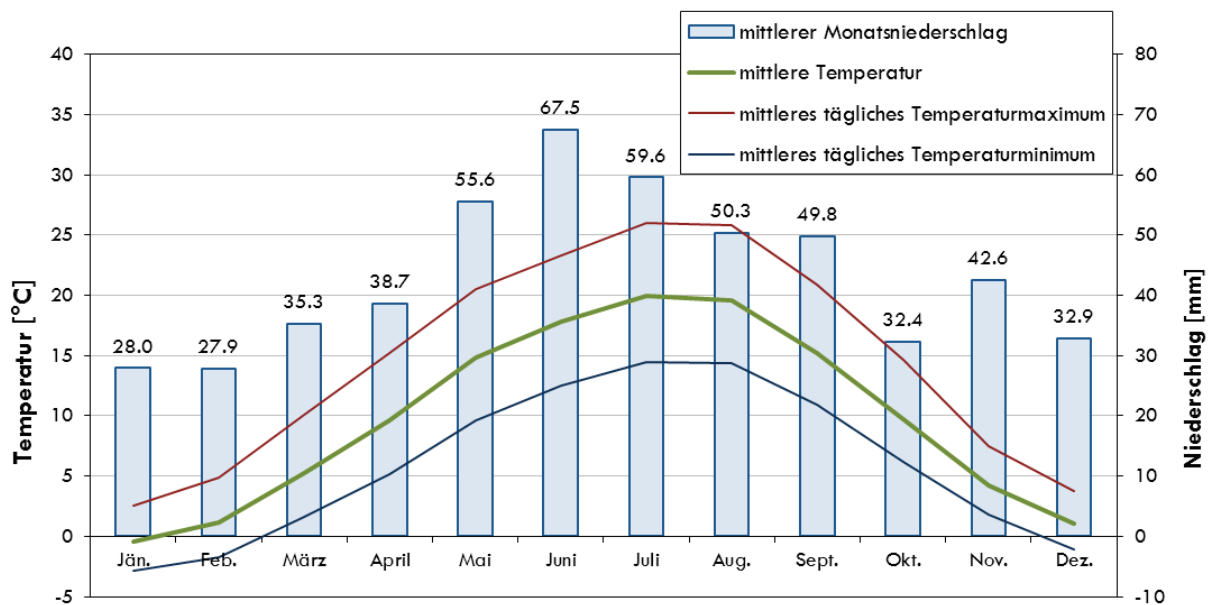


Abbildung 3.4-1: Mittlere Temperatur- und Niederschlagsverteilung der Station Groß-Enzersdorf in der Periode 1971-2000 (Datenquelle: ZAMG)

In den Jahren 2003-2015 lagen die mittlere Jahrestemperatur am Standort Rutzendorf bei $10,7\text{ °C}$ und die mittlere Jahresniederschlagssumme bei 505 mm . Allgemein gesehen stellten 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 kältesten Frühjahre traten mit knapp unter 10 °C in den 2004, 2005 und 2006 mit zudem vergleichsweise hohen Frühjahrsniederschlägen auf.

Vor allem aber zeigten sich bei den Jahresniederschlägen große Unterschiede. Sie schwankten seither zwischen 325 mm (2011) und 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 zeigte das Jahr 2007 mit dem größten Jahresniederschlag die zweitgeringste Niederschlagssumme in den Frühjahrsmonaten im Zeitraum 2003-2015. Die Niederschlagssummen im Frühjahr schwankten extrem: von rund 50 mm (2012) bis zu etwa 180 mm (2006), das entspricht der 3,5-fachen Niederschlagsmenge im selben Zeitraum. Die Jahre 2011 und 2012 fielen 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. Das Jahr 2015 wies mit 435 mm eine unterdurchschnittliche Jahresniederschlagsmenge auf, die Niederschlagsmengen im Frühjahr von März bis Mai lagen im durchschnittlichen Bereich. Die Monate Juni und Juli im Jahr 2015 waren aber sehr trocken, zusätzlich traten im Juli und August überdurchschnittlich hohe Temperaturen auf.

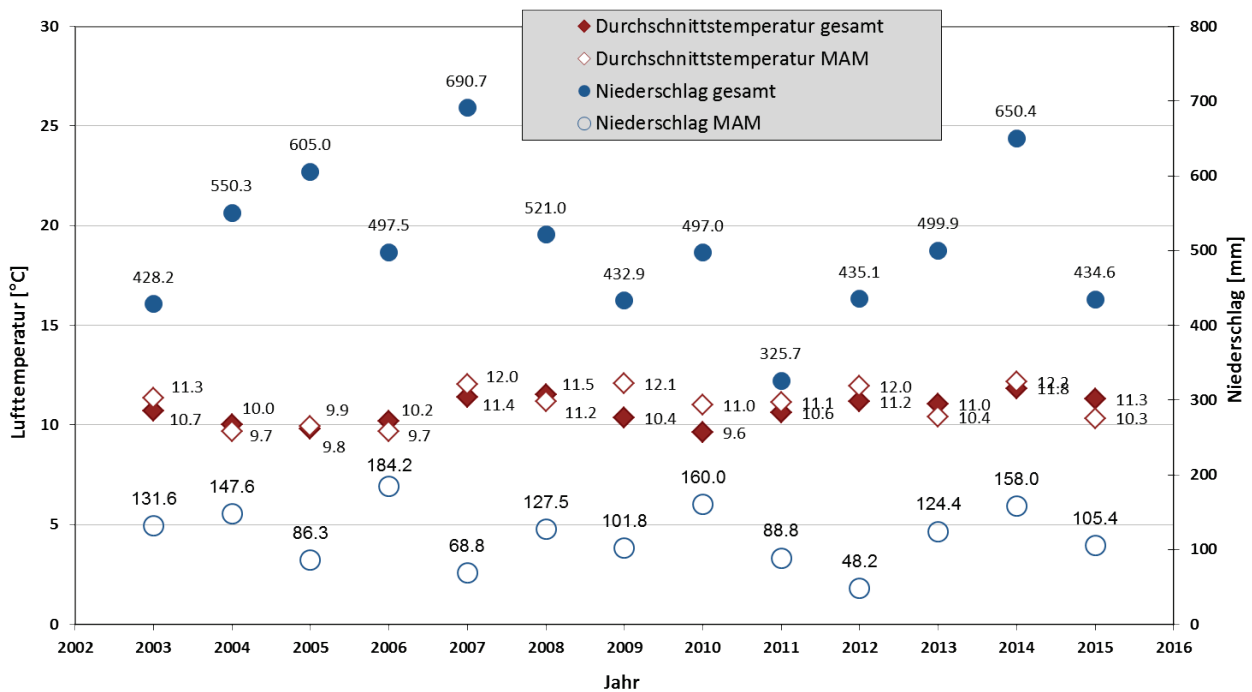


Abbildung 3.4-2: Lufttemperaturen und Niederschlagssummen 2003-2015 auf Jahresbasis sowie für die Monate März-April-Mai (MAM), agrarmeteorologische Messstation Standort Rutzendorf (ergänzt mit Daten der ZAMG).

4 BERICHTE DER TEILPROJEKTE

4.1 TEILPROJEKT 1: PFLANZENBAU UND BODENFRUCHTBARKEIT

Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme im biologischen Landbau auf pflanzenbauliche und bodenchemische Parameter

BearbeiterInnen: A. Surböck, M. Heinzinger, J.K. Friedel, A. Schweinzer, M. Puschenreiter, D. Meisinger, D. Fritzsche, B. Freyer

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

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich

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

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 bezüglich ihrer nachhaltigen Entwicklung 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 umfasste 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.

- Feststellen der Veränderung zentraler Bodenkennwerte (organischer Kohlenstoff und Gesamtstickstoff sowie pflanzenverfügbarer Phosphor und Kalium) nach 12 Jahren biologischer Bewirtschaftung und in Abhängigkeit von unterschiedlichen Düngungssystemen (-varianten).

HERLEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN

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

Da in viehlosen Systemen keine tierischen Dünger zur Verfügung stehen, fehlen auch 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 Mährescherschnittbreite 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 Winterweizen ist über die Aufnahme der Bestandsdichte, der Bestandshöhe und der Lagerung und beim Körnermais durch Aufnahme der Bestandsdichte und Bestandshöhe dokumentiert.

Getreide und Erbse wurden mit einem Parzellenmähdrescher (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 Ertragshebungen bei Luzerne werden in allen Parzellen aller Düngungsvarianten durch Quadratmeterernten jeweils zu 3 Schnittterminen bestimmt. Je Schnitttermin 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 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).

Im März 2015 wurden auf dem Kleinparzellenversuch S1M (biologisch bewirtschaftet, mittlere Bodenbonität, in vier Düngungsvarianten: DV1 – Gründüngung, DV2 – Biotonnenkompost, DV3 – Stallmist, DV4 – Agrogasgülle), und in den Referenzparzellen S1G (biologisch bewirtschaftet, geringe Bodenbonität) und SK bzw. SK1 (konventionell bewirtschaftet, mittlere Bodenbonität) Bodenproben nach dem Bodendauerbeobachtungskonzept in einer Bodentiefe von 0-30 cm entnommen. Die Proben wurden entsprechend den Anforderungen der Untersuchungsparameter aufbereitet und für die Analysen ins Labor des Instituts für Bodenforschung (IBF) der BOKU Wien bzw. an die AGES (für Bestimmung des organischen Kohlenstoffs und des Gesamtstickstoffs) überstellt. Am IBF wurden CAL-extrahierbares Phosphor und Kalium nach ÖNORM L 1087 und der organische Kohlenstoff mit der Differenzmethode (ÖNORM L1080 und ÖNORM L 1084) bestimmt.

Bei der Bestimmung des organischen Kohlenstoffs (Corg) wurde die Methodik geändert. Bisher wurde der organische Kohlenstoff mit der Differenzmethode bestimmt. Dabei wird der Gesamtkohlenstoff durch Verbrennung mit sehr hohen Temperaturen gemessen und von diesem Wert der karbonatische Kohlenstoff (bestimmt mit der Scheibler-Methode) zur Berechnung des Corg-Gehaltes abgezogen. Bei der neuen Methode wird der organische Kohlenstoff durch Verbrennung mit geringeren Temperaturen direkt gemessen. Vergleichsmessungen der Proben ergaben bei der neuen Methode, die als exakter angesehen wird, um ca. 10 % geringere Werte. Ein umfangreicher Ringversuch zu diesem Methodenvergleich zeigte ebenfalls Differenzwerte in diesem Bereich (VDLUFA, 2013). Die bisherigen Werte wurden daher mit einem Korrekturfaktor korrigiert.

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 auf den Gesamtschlägen und die Bewirtschaftungsmaßnahmen dokumentiert.

Der Einstieg in die Zielfruchtfolge orientierte 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 2015. Darüber hinaus werden einzelne Ergebnisse der Dünungssysteme über die Gesamtlaufzeit dargestellt und das Erhebungsjahr 2015 näher betrachtet.

Betriebliche Ebene

Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen

Alle Maßnahmen und Erträge der einzelnen Schläge der Jahre 2014 und 2015 sind in der Tabelle 4.1-13 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 4.1-3 und 4.1-6 sowie die Tabellen 4.1-10 und 4.1-11 im Anhang).

Für die Grundbodenbearbeitung vor den Marktfrüchten kam der Pflug (ca. 25-30 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 4.1-14 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.

Die Grundbodenbearbeitung am Betrieb erfolgte im bisherigen Untersuchungszeitraum intensiv mit dem Pflug (wendend mit Bearbeitungstiefen bis ca. 25-30 cm). Die Möglichkeiten des Ausmaßes der Reduktion der Intensität der Grundbodenbearbeitung am gesamten Biobetrieb Rutzendorf wurden geprüft und mit der BVW GmbH diskutiert und die Umsetzung festgelegt. Mit dem Herbstanbau 2015 wurde die Intensität der Grundbodenbearbeitung am Gesamtbetrieb reduziert und auf das Leitgerät Grubber (mit Flügelscharen, nicht wendend bis ca. 12-15 cm Bodentiefe) umgestellt.

Marktfruchterträge

In der Tabelle 4.1-1 sind die mittleren Marktfruchterträge der Großschläge am Biobetrieb Rutzendorf der Jahre 2009 bis 2015 dargestellt. Bei Winterweizen wurde ein Durchschnittswert aus den beiden Schlägen mit den Vorfrüchten Luzerne und Körnererbse errechnet. Die Kleinparzellenversuche sind in jedem Großschlag des Biobetriebes auf Flächen mittlerer Bodenbonität eingerichtet. Im Vergleich der Erträge in DV 1 (nur Gründüngung) in den Kleinparzellenversuchen mit den Erträgen der Großschläge zeigt sich eine hohe Übereinstimmung zwischen den beiden Ertragsaufnahmen. Die Erträge auf den Schlägen waren jedoch geringer, da auf den Großschlägen auch Randeffekte zum tragen kommen. Beim Körnermais waren die Erträge der Schläge jedoch deutlich geringer, da in den Erhebungspartellen weitgehend verlustfrei per Hand geerntet wurde.

Tabelle 4.1-1: Mittlere Hektarerträge am Biobetriebe Rutzendorf (Großschläge) der Jahre 2009 bis 2015

Kultur	Winterweizen	Winterroggen	Sommergerste	Körnermais	Körnererbse
Ertrag in dt/ha	47,0	37,4	36,8	68,5	20,4

Ebene Feldversuch (Kleinparzellenversuche, Pflanzenbau)

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 2015 wurden 80 dt/ha/Jahr Trockenmasse an oberirdischer Biomasse (entspricht 3559 kg C/ha/Jahr) der Luzerne geerntet. Der mittlere Stickstoffertrag in der oberirdischen Luzernebiomasse der Jahre 2004 bis 2015 war 244 kg/ha/Jahr, das mittlere C/N-Verhältnis betrug 14,6.

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 Schröpschnitt 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. In den Jahren 2013 (KPV S1M) und 2014 (KPV S7M) wurden hingegen mit 99,3 dt/ha bzw. 93,3 dt/ha auch im ersten Luzernejahr mit drei Schnitten wieder hohe Trockenmasseerträge 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.

Im Jahr 2015 lagen die Luzerneerträge sowohl im ersten als auch zweiten Nutzungsjahr (KPV S4M bzw. KPV S7M) im mittleren Ertragsbereich (Abbildung 4.1-1 und Tabelle 4.1-11 im Anhang).

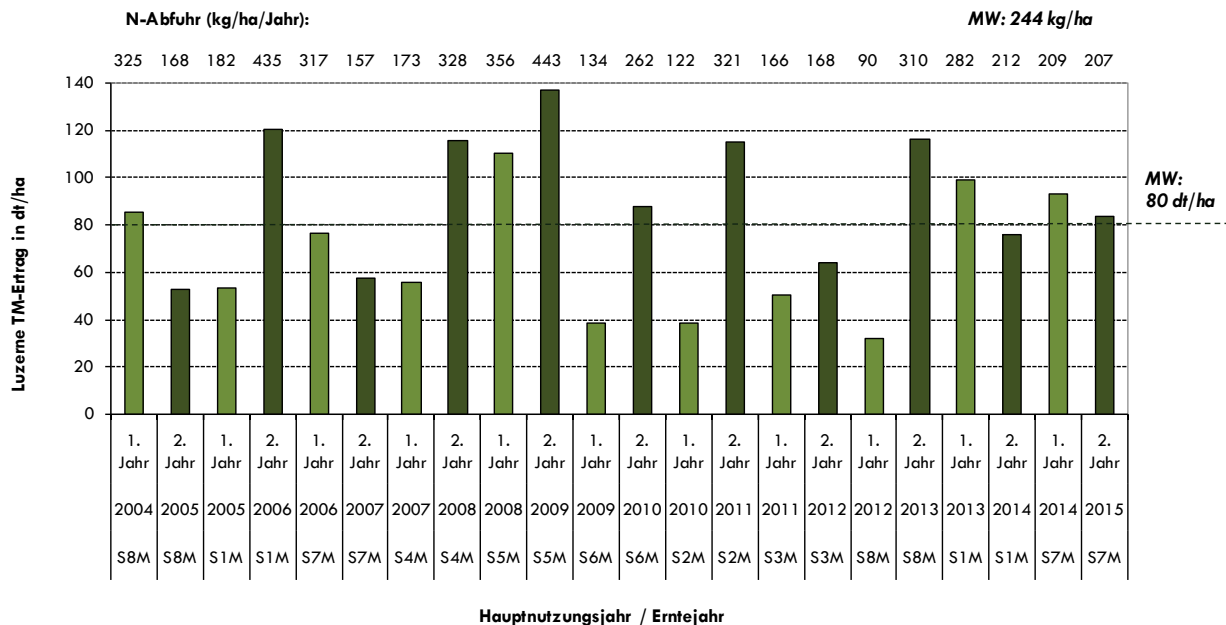


Abbildung 4.1-1: Luzerne-Trockenmasseertrag bei Schnittnutzung (DV 3) in Abhängigkeit des Erntejahres (MW...Mittelwert)

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 2015) dieser Varianten lagen im gleichen Zeitraum mit 83 dt/ha/Jahr (254 kg N/ha/Jahr, 3669 kg C/ha/Jahr, CN-Verhältnis: 14,4) bei der DV1 und mit 80 dt/ha/Jahr (247 kg N/ha/Jahr, 3551 kg C/ha/Jahr, CN-Verhältnis: 14,4) bei der DV2 auf gleichem Niveau wie die Mengen der DV3 mit Schnitt und Abfuhr der Luzerne. Die Erträge der Schröpfungsschnitte über alle drei Düngungsvarianten wurden in die Ertragsberechnungen nicht miteinbezogen. Die Biomasse mengen 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 2015 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 geringfügig mit ca. 2 bis 4% über den Erträgen dieser beiden Varianten. Sowohl im ersten als auch im zweiten Luzernejahr wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede im Trockenmasseertrag und Stickstoffertrag (berechnet aus den TM-Erträgen und den N-Gehalten der Luzerne) zwischen den Düngungsvarianten und damit zwischen Schnittnutzung und Abfuhr der Luzerne (DV 3) und reiner Mulchnutzung der Luzerne (DV 1 und DV 2) festgestellt.

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 2015)

Luzernejahr:	1. Luzernejahr		2. Luzernejahr	
Düngungsvariante: Luzernenutzung	TM- Ertrag, dt/ha	N- Ertrag, kg/ha	TM- Ertrag, dt/ha	N- Ertrag, kg/ha
DV 1: Mulchnutzung	61,7 a	173 a	96,0 a	272 a
DV 2: Mulchnutzung	64,0 a	184 a	99,0 a	284 a
DV 3: Schnittnutzung	61,9 a	171 a	97,2 a	275 a
Mittel	62,5	176	97,4	277

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-Anhalt, 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). Unter feuchten Klimabedingungen und hoher Biomasseproduktion kommt es zu einer raschen Mineralisation der gehäckselten Luzerne, wodurch sich der Gehalt an mineralischem Stickstoff im Boden erhöht und dieser bevorzugt von der Luzerne aufgenommen wird.

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 2015 waren ein Kleinparzellenversuche (KPV) zweimal, sechs KPV dreimal und ein KPV bereits viermal 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, 30 kg Kalium und 656 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 wurde 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 wurden 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 24 Düngungen (DV2 und DV3) bzw. 2 Düngungen (DV4).

Düngung für Erntejahre	Düngungsvariante (DV)	Aufwandmengen (FM)	Gesamtstickstoff (N)	Gesamtposphor (P)	Gesamtkalium (K)	Organische Substanz	Gesamtkohlenstoff (C)	C/N Verhältnis
		dt/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
2004 - 2015	DV2: Biotonnekompost	180	170	32	120	4574	2623	15,5
	Variationsbreite	147 - 260	110 - 208	23 - 51	93 - 153	3376 - 7176	1792 - 3796	11 - 25
2004 - 2015	DV3: Stallmist	185	175	46	381	4596	2520	14,0
	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 pflanzenverfügbarer Düngerstickstoff 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).

Marktfrüchte – Bestandesentwicklung, Ertrag und Qualität (Jahr 2015)

Die Erträge und verschiedene Parameter zur Qualität und zur Bestandesentwicklung der Marktfrüchte des Jahres 2015 sind in den Tabellen 4.1-11 und 4.1-12 im Anhang dargestellt.

Das Jahr 2015 brachte bei Winterweizen, Winterroggen, Sommergerste und der Körnererbse hohe Erträge in allen Düngungsvarianten. Diese Kulturen mit früher Vegetationsentwicklung hatten gute Witterungsbedingungen mit einer ausreichenden Wasserversorgung um das Ertragspotential des Standorts auszuschöpfen.

Trotz bereits hohem Ertragsniveau konnten im Kleinparzellenversuch bei Winterweizen nach Körnererbse mit der Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) noch signifikante Ertragssteigerungen im Vergleich zur DV 1 ohne Düngung erzielt werden. Die Rohproteingehalte lagen zwischen 12,2 % (DV 1) und 12,7 % (DV3).

Beim Winterweizen nach Luzerne im Versuch S1M lagen die Erträge in der DV 3 und der DV 4 mit Luzerneabfuhr unter den Erträgen der DV 1 und der DV 2 bei denen die Luzerne gemulcht wurde und als Gründüngung am Feld blieb. Die Ertragsdifferenzen waren jedoch nur zur DV 2 statistisch gesichert. Das gleiche Bild zeigte sich bei den Rohproteingehalten. DV 1 und DV 2 erreichten Werte über und DV 3 und DV 4 Werte unter 14 %.

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. Dadurch wurden ca. 20% weniger Stickstoff von der Fläche gebracht. Die unterschiedliche Luzerneabfuhr hatte aber keinen Einfluss auf den Kornertrag und Rohproteingehalt des nachfolgenden Winterweizens dieser beiden Varianten.

Gründe für diese unterschiedliche Luzernenutzung sind, dass in der DV 4 im Vergärungsprozess und bei der anschließenden Lagerung der Agrogasgülle nur geringe Stickstoffverluste auftreten, 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.

Am Schlag 1 liegt neben dem Kleinparzellenversuch S1M mit mittlerer Bodenbonität des Betriebes (Ackerzahl 77) noch die Referenzparzelle S1G mit geringerer Bodenbonität (Ackerzahl 44). Die Fruchtfolge und die Bewirtschaftungsmaßnahmen sind ident. In der Referenzparzelle S1G wird die DV 1 umgesetzt. Aufgrund der geringeren Bodenbonität wurden im Jahr 2015 im Vergleich zur DV1 in S1M um 1250 kg/ha bzw. 22 % weniger Weizen geerntet, was den prozentuellen Ertragsunterschieden zwischen S1G und S1M bei Winterweizen und Winterroggen in den Jahren 2011 und 2012 entspricht.

Die Entwicklung des gedüngten Körnermais (KPV S8M) wurde wesentlich von der fehlenden Wasserversorgung in den Sommermonaten im Jahr 2015 beeinflusst. Die Kornerträge waren dadurch in allen Düngungsvarianten gering. Auffällig ist aber, dass der Maisertrag der Düngungsvariante 3 um ca. 27,2 dt deutlich, aber statistisch nicht gesichert (aufgrund starker Streuung zwischen den Parzellen), unter dem mit ca. 57,2 dt/ha ähnlichem Ertragsniveau der Varianten 1 und 2 lag. Der Mais wurde Mitte April ausgesät. Neben möglichen kleinräumigen Bodenunterschieden im Versuch, die sich bei extremer Trockenheit wie 2015 auswirken können, wird als Grund für die Ertragsunterschiede vermutet, dass sich der Bestand der Stallmistvariante aufgrund der höheren Stickstoffversorgung aus der Stallmistdüngung bei noch vorhandener Bodenfeuchte schneller entwickelt und mehr Biomasse gebildet hat als der Bestand der anderen Düngungsvarianten. Durch diesen höheren Biomassezuwachs wurden aber auch die Bodenwasservorräte rascher verbraucht. Das hatte zum Entwicklungszeitpunkt der Anlage und Ausbildung der Kolben negative Folgen. Bei gleicher Bestandesdichte aller geprüften Varianten, wurden in der Düngungsvariante 3 signifikant weniger Kolben angelegt bzw. ausgebildet (Ergebnisse nicht dargestellt).

Als Krankheiten und Schädlinge in den Beständen wurden vor allem ein starker Befall mit Gelbrost im Winterweizen und ein geringer Befall mit Braunrost bei Winterroggen sowie ein geringes Auftreten von Maiszünsler und Maisbeulenbrand bei Körnermais registriert.

Auf den konventionellen Referenzschlägen waren im Jahr 2015 auf beiden Schlägen Winterdurum angebaut. Es wurden Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Die Erträge wurden mittels händischer Quadratmeterernte in der Referenzparzelle SK1 festgestellt (siehe Tabelle 4.1-11 im Anhang), von der Referenzparzelle SK liegt nur der Ertrag vom Gesamtschlag vor.

In Abbildung 4.1-2 ist die Entwicklung der Erträge der Marktfrüchte der DV 1 (nur Gründung) in den Kleinparzellenversuchen in den Jahren 2009 bis 2015 dargestellt. Die Erträge der Kulturen unterliegen jährlichen Schwankungen, welche vor allem auf die Witterungsbedingungen, hier ins besonders auf das Wasserangebot in der Vegetationszeit, zurückzuführen sind (siehe Tabelle 4.1-4). 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. 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 Ertrag 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.

Im Jahr 2015 konnten trotz geringer Niederschläge in den Monaten April bis Juni aufgrund ausreichenden Wasserangebots aus den Wintermonaten hohe Erträge bei Getreide und Körnererbse erzielt werden. Der Ertrag des Körnermais fiel im Vergleich zu den hohen Körnerträgen der vergangenen Jahre deutlich ab. Unterdurchschnittliche Niederschläge von April bis September zusammen mit sehr hohen Durchschnittstemperaturen im Juli und August führten zu der ausgeprägten Ertragsdepression im Jahr 2015.

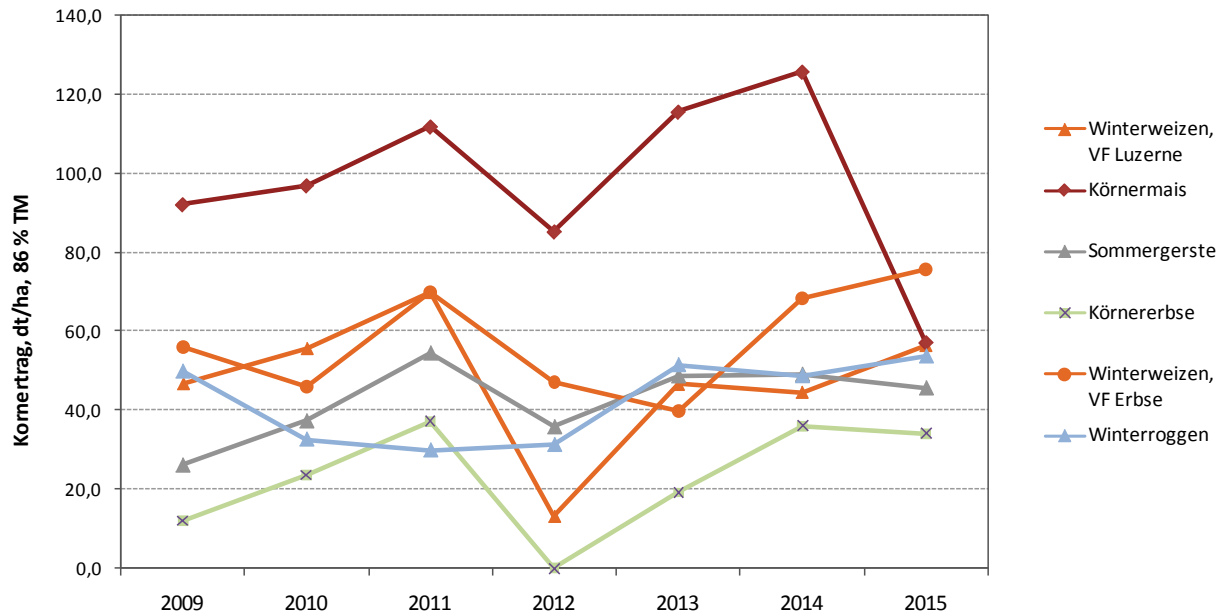


Abbildung 4.1-2: Kornträge der DV 1 (nur Gründung) der Marktfrüchte der Zielfruchtfolge der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinparzellenversuchen.

Tabelle 4.1-4: Niederschlag in mm der Jahre 2009 bis 2015: Jahressummen und Niederschlagsummen in den einzelnen Jahresquartalen (Quelle: Agrarmeteorologische Messstation Rutzendorf, BOKU-Met, J. Eitzinger).

Jahre	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	MW 2009-15	MW 2003-15
Jänner - März	117	60	30	52	101	42	81	69	78
April - Juni	166	216	112	86	202	190	97	153	158
Juli - September	107	149	124	221	150	335	138	175	185
Oktober - Dezember	43	72	59	77	47	84	119	72	84
Jahressumme	433	497	326	435	500	650	435	468	505

Düngungssysteme – Auswirkungen auf die Marktfruchterträge

In Abbildung 4.1-3 sind die Kornerträge der Marktfrüchte der Fruchtfolge über die Jahre 2009 bis 2015 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 530 kg/ha bzw. ca. 11% (Tabelle 4.1-5) weniger Weizen geerntet. Bei Schnittnutzung und Abfuhr der Luzernebiomasse wird ein wesentlicher Teil an organischer Substanz und Stickstoff von der Fläche exportiert (siehe Abbildung 4.1-1), 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 zeigte sich nur in der DV 2 ein geringfügig höherer Ertrag, die Unterschiede zwischen den Varianten waren jedoch 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 276 kg/ha (DV 2) bzw. 357 kg/ha (DV 3) gegenüber der DV 1 gesteigert werden. Auch der Winterroggen als letztes Fruchtfolgeglied profitierte noch von der organischen Düngung mit signifikant höheren Kornerträgen der DV 2 (+222 kg/ha) und der DV 3 (+351 kg/ha) im Vergleich zur DV 1. Die Ertragssteigerungen zur DV1 in diesen beiden Kulturen lagen zwischen 5 und 8 Prozent, mit jeweils höheren Steigerungen bei Stallmistdüngung (siehe Abbildung 4.1-3 und Tabelle 4.1-5).

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.

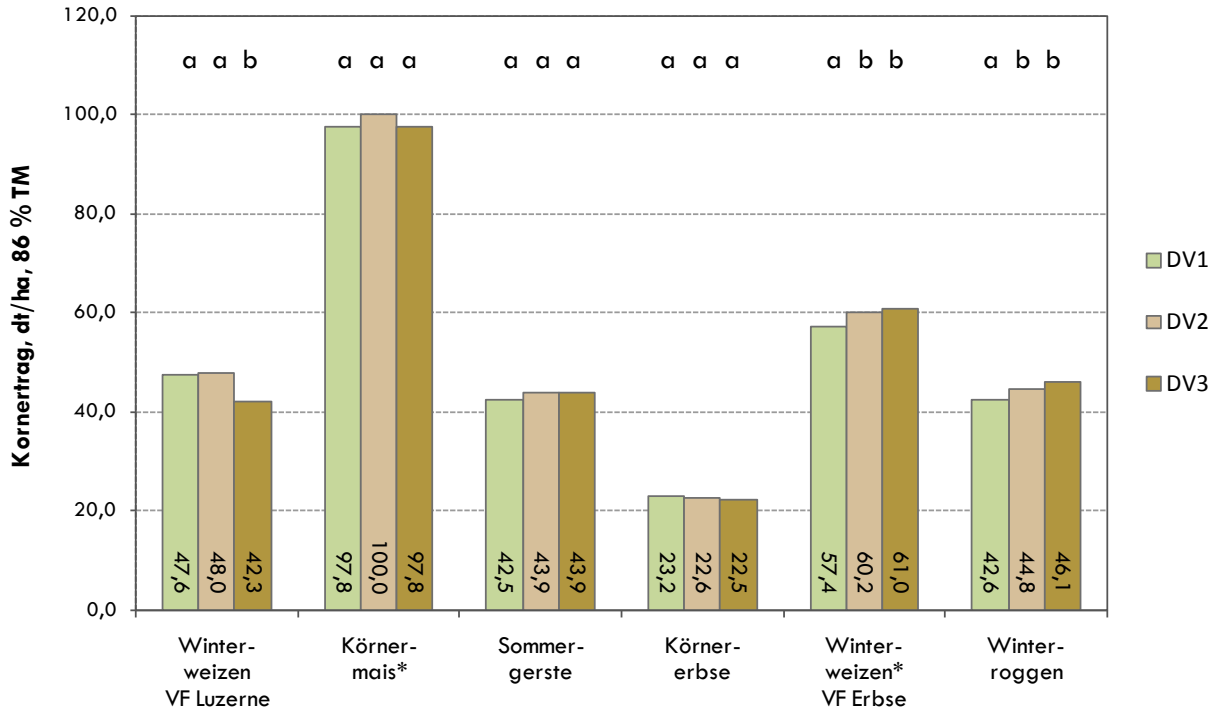


Abbildung 4.1-3: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinarzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante

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: $P < 0,05$).

Tabelle 4.1-5: Verhältnis in % der mittleren Kornerträge (Jahre 2009 bis 2015) der Marktfrüchte der DV 2 und DV 3 zum Ertrag der DV 1 (= 100 %) in den Kleinarzellenversuchen.

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	98	105	105
DV 3	% zu DV1	89	100	103	97	106	108

Aus Abbildung 4.1-3 (siehe oben) ist ersichtlich, dass die Winterweizenerträge nach Vorfrucht Körnererbse im Mittel über die Jahre 2009 bis 2015 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 vier der sieben Jahre über den Erträgen nach Luzerne und in einem Jahr auf gleichem Niveau (Abbildung 4.1-2, 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 2015 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, 2015).

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 2015 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante und der Vorfrucht.

Kultur	DV	Rohprotein, %	N-Ertrag, kg/ha	Bestandesdichte, Pflanzen/m ²	TKG, g 86% TS
Winterweizen VF Luzerne	DV 1	14,4 a	100 a	376 a	38,3 a
	DV 2	14,5 a	102 a	381 a	38,1 a
	DV 3	13,7 b	84 b	339 b	37,7 a
	MW DV	14,2	95	365	38,1
Winterweizen VF Erbse + org. Düngung	DV 1	12,7 a	109 a	389 a	42,0 a
	DV 2	12,9 a	116 b	413 b	42,3 ab
	DV 3	12,9 a	118 b	412 b	42,6 b
	MW DV	12,9	114	404	42,3

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

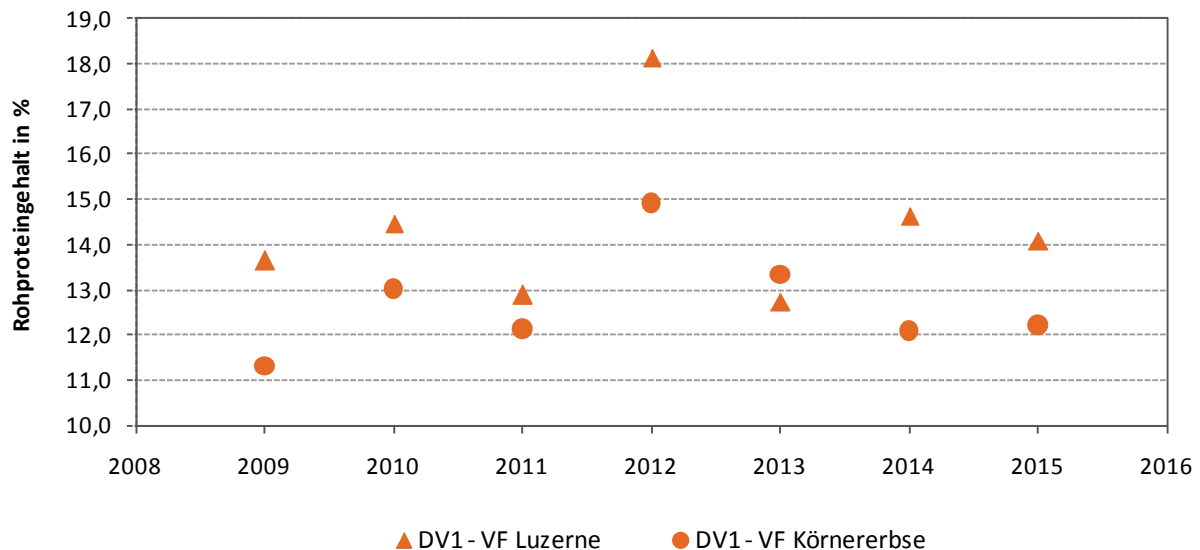


Abbildung 4.1-4: Rohproteingehalte in Winterweizen der DV 1 (nur Gründüngung) der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Vorfrucht.

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 2015 lagen bei der DV 2 (Biotonnekompost) mit 3% (signifikant, $P < 0,05$) und bei der DV 3 (Stallmist) mit 1% (nicht signifikant) geringfügig über den Gesamterträgen der DV 1, die nur auf Gründüngung beruht. Wird der Erhebungszeitraum von 2004 bis 2015 betrachtet, ergibt sich ein ähnliches Bild mit leichten Ertragsvorteilen der Systeme 2 und 3 (+2 % bzw. +1%) gegenüber der DV 1. Bei der Stallmistvariante konnten im Mittel 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 2015 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 wesentlich höher. Hier lagen die Fruchtfolgeerträge in drei von sieben Jahren unter den Erträgen der DV 1. Im Jahr 2015 fiel der Ertragsunterschied mit 6% sehr hoch aus, was vor allem auf den geringen Maisertrag der DV3 in diesem Jahr zurückzuführen ist. In den drei Jahren konnten die Ertragsverluste des Weizens nach Luzerne durch die Stallmistdüngung nicht ausgeglichen werden. In den weiteren vier Jahren waren die Fruchtfolgeerträge der DV 3 zwischen 2 und 5 % höher als bei der DV 1.

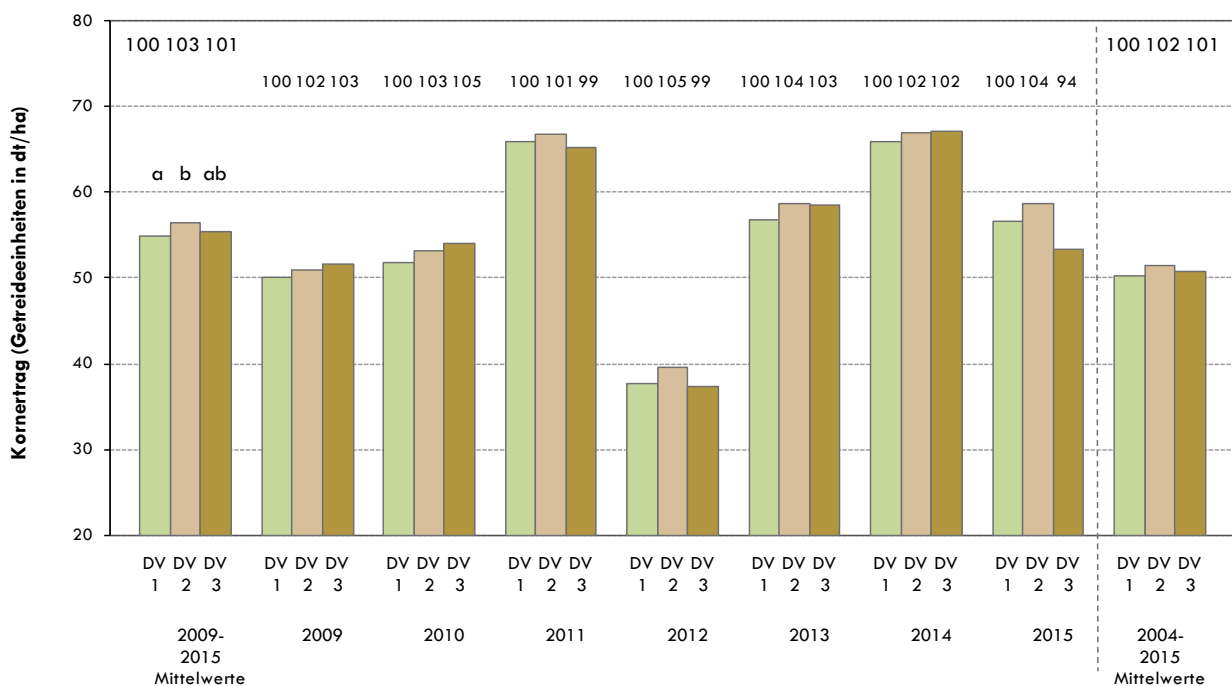


Abbildung 4.1-5: Mittlere Fruchtfolgeerträge in Getreideeinheiten der Marktfrüchte in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante

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, ØT: 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 Klee gras) erzielte das viehlose System mit dem gemulchten Klee gras. 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).

Betriebliche Ebene – Düngerstreifen (Pflanzenbau)

In der Abbildung 4.1-6 sind die mittleren Kornerträge in den Düngerstreifen über die Jahre 2009 bis 2015 der einzelnen Marktfrüchte der Zielfruchtfolge in Abhängigkeit der Düngungsvarianten dargestellt. Die Erträge in den einzelnen Jahren sind in der Tabelle 4.1-10 im Anhang ersichtlich.

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 allem 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 292 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 103 kg N/ha ausgebracht. Die mittleren Ausbringungsmengen je Düngung beim Biotonnekompost (DV 2) lagen bei 190 dt/ha mit 177 kg N je ha, was weitgehend den ausgebrachten Düng- und Stickstoffmengen der Parzellenversuche entsprach. Mit dem Biotonnekompost wurden damit zusätzlich ca. 44 kg Stickstoff pro ha und Jahr in den Boden eingebracht.

Die Düngung mit Biotonnekompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) zeigte beim Körnermais einen Ertragszuwachs von 5% in DV2 und 2% in DV3 im Vergleich zu DV1. Deutlich positive Wirkung auf den Kornertrag hatte die Düngung bei Winterweizen nach Körnererbse mit Steigerungen um 8% (401 kg/ha) in DV 2 bzw. 10% (538 kg/ha) in DV 3 im Vergleich zu DV 1. Beim Winterroggen fielen die Ertragszuwächse in den Düngerstreifen im Gegensatz zu den Ergebnissen in den Kleinparzellenversuchen mit 2 bis 4% geringer aus (Tabelle 4.1-7).

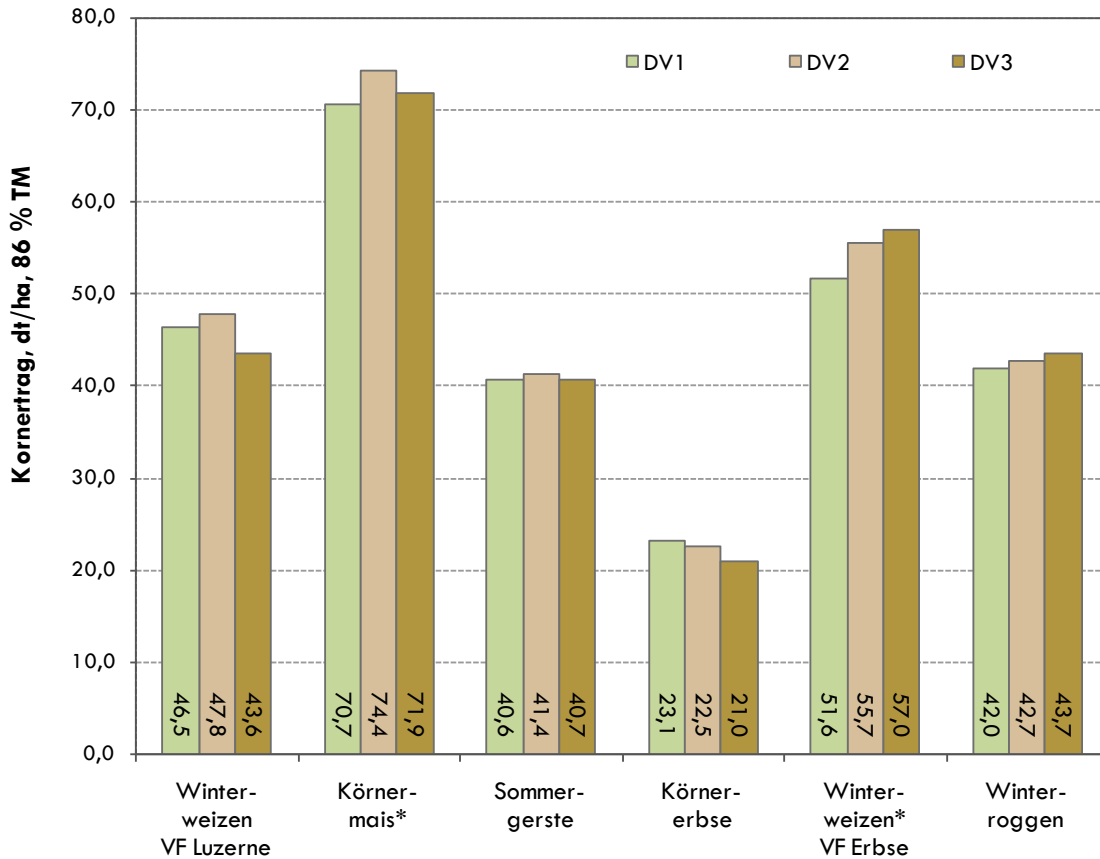


Abbildung 4.1-6: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2015 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante.

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 2015) 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	103	105	102	97	108	102
DV 3	% zu DV1	94	102	100	91	110	104

Wie beim Kleinparzellenversuch 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 2015 in der DV 2 war um 4% und in der DV 3 um 1% höher als der Fruchtfolgeertrag der DV 1. Die Ergebnisse in den Düngerstreifen stimmten damit weitgehend mit den Ergebnissen in den Kleinparzellenversuchen 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 und erreichte wie bei den DV 1 und 2 einen Wert über 14 %. 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) sowie 2014 und 2015 (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, 2015).

Tabelle 4.1-8: Mittlere Ertrags- und Qualitätsparameter von Winterweizen der Jahre 2009 bis 2015 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	14,7	82,7	420	36,2
	DV 2	14,5	82,5	416	37,4
	DV 3	14,1	82,6	410	35,0
	MW DV	14,4	82,6	416	36,2
Winterweizen VF Erbse + org. Düngung	DV 1	12,4	83,7	377	39,3
	DV 2	12,6	83,9	362	40,2
	DV 3	12,6	84,0	378	40,2
	MW DV	12,5	83,9	372	39,9

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

Ebene Feldversuch (Kleinparzellenversuche, Bodenkennwerte)

CAL-Phosphor und CAL-Kalium

Die CAL-extrahierbaren Konzentrationen von Phosphor und Kalium im Oberboden sind in Abbildung 4.1-7 und 4.1-8 dargestellt.

Beim Phosphor waren die Werte bis 2008 konstant bis leicht steigend, während die Werte von 2013 für die Parzellen im Versuch S1M (DV1-3), S1G und SK deutlich niedriger waren als 2008. Im Jahr 2015 stiegen die Phosphorwerte aller Düngungsvarianten im Versuch S1M wieder bis zum Bereich der Jahre 2005 bis 2008 an. Die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten im Versuch S1M waren aber recht gering. In den Referenzparzellen S1G, SK und SK1 blieben die Werte von 2015 hingegen weitgehend auf dem Niveau von 2013. Eine mögliche Ursache für den Anstieg der pflanzenverfügbaren Phosphorgehalte im Versuch S1M könnte sein, dass die Probenahme 2013 zu Beginn der zweijährigen Luzerne und 2015 nach dem Luzerneumbruch durchgeführt wurde. Luzerne hat generell ein hohes P-Aufschließungsvermögen und kann zusätzlich Phosphor aus dem Unterboden mobilisieren, wodurch die Nährstoffverfügbarkeit erhöht wird. Bei S1G, ebenfalls wie S1M am Schlag 1 gelegen, trat dieser Effekt jedoch nicht auf.

Insgesamt befinden sich die P-Werte im unteren Bereich der Gehaltsklasse C (47 – 111 mg P kg⁻¹), 2013 z.T. sogar schon knapp im Bereich der Klasse B (26-47 mg P kg⁻¹; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006), wobei auch die Ausgangswerte im Jahr 2003 genau an der Grenze zwischen B und C waren. Ein Zusammenhang mit den P-Salden ist aus den CAL-Daten bisher nicht ersichtlich.

Wie bereits in früheren MUBIL Berichten dargestellt wurde, sind die CAL-Werte für die genauere Abschätzung des pflanzenverfügbaren Anteils nur eingeschränkt verwendbar, da die verfügbaren Fraktionen des organisch gebundenen Phosphors nicht erfasst werden. Daher ist eine genauere Aussage zur Pflanzenverfügbarkeit nicht möglich, eine Absicherung mit geeigneteren Extraktionsmethoden (z.B. DGT, siehe MUBIL II) wäre sinnvoll. Was die langfristige Versorgung mit pflanzenverfügbarem P betrifft, sind folgende Punkte zu berücksichtigen: einerseits liegt mehr als die Hälfte des Gesamt-Phosphors als organisch gebundener Phosphor vor (siehe Endbericht von MUBIL II), der über mikrobiellen Abbau pflanzenverfügbar werden kann, andererseits ist die Bodenverwitterungsrate am Versuchsstandort sehr gering, die entsprechend eine nur sehr geringe Nachlieferung dieser Nährstoffe aus dem Bodenvorrat erwarten lässt.

Beim CAL-extrahierbaren Kalium im Oberboden ist kein Trend über die Zeit erkennbar. Auch ein Zusammenhang mit den K-Bilanzen über den gesamten Untersuchungszeitraum ist nicht ersichtlich. Die Werte befinden sich im Bereich der Gehaltsklasse C (113-212 mg K kg⁻¹; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2006), was einer ausreichenden Versorgung entspricht.

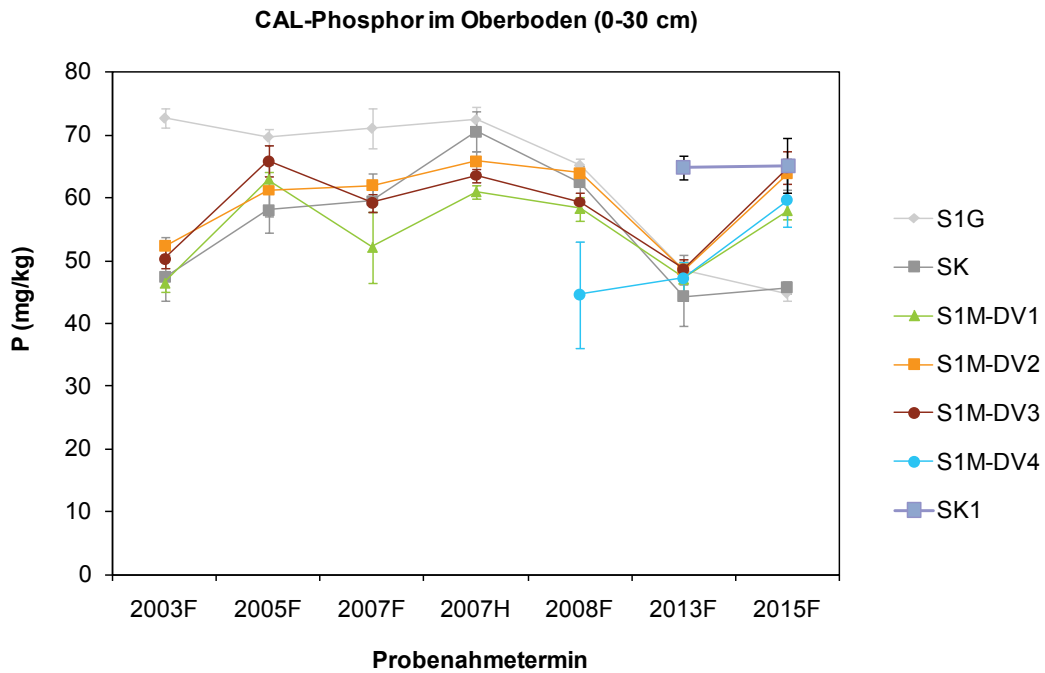


Abbildung 4.1-7: CAL-extrahierbarer Phosphor im Oberboden (0-30 cm) der untersuchten Flächen (Mittelwerte \pm Standardfehler, n = 4-5). Die Probenahmetermine waren im Frühjahr (F) oder im Herbst (H).

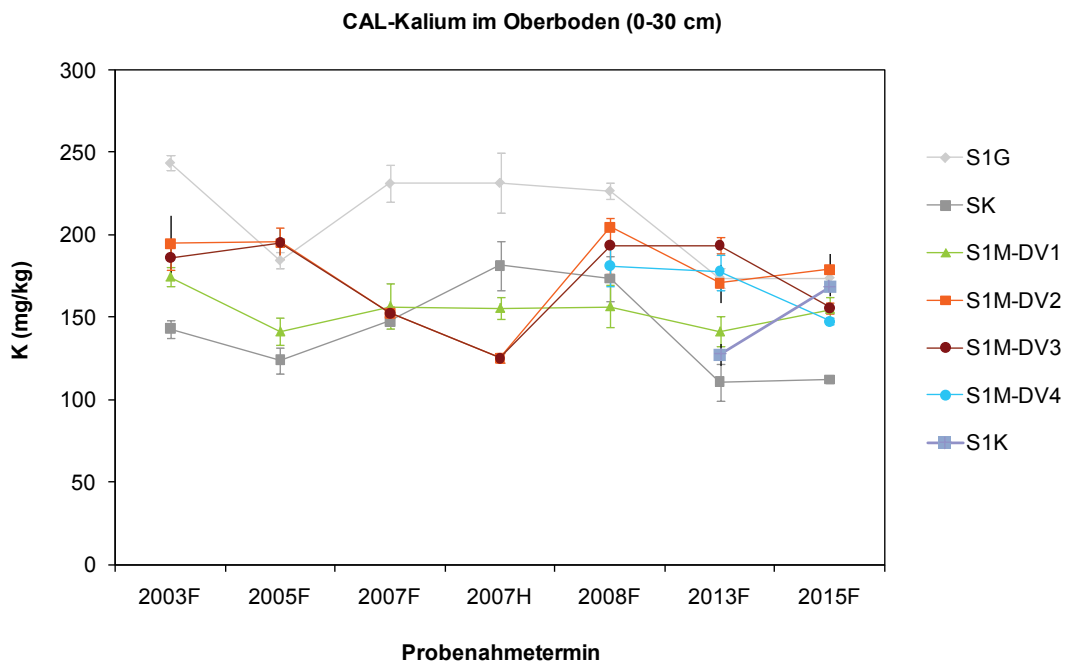


Abbildung 4.1-8: CAL-extrahierbares Kalium im Oberboden (0-30 cm) der untersuchten Flächen (Mittelwerte \pm Standardfehler, n = 4-5). Die Probenahmetermine waren im Frühjahr (F) oder im Herbst (H).

Organischer Kohlenstoff

Die Entwicklung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff im Oberboden (0-30 cm) für alle Düngungsvarianten (DV1-DV4) im Versuch S1M sowie für die Referenzparzellen S1G, SK und SK1 ist in Abbildung 4.1-9 dargestellt. Sowohl die Düngungsvarianten als auch die Referenzparzellen zeigen positive Trends, wobei die Anstiege in der DV 2 (Biotonnekompost) und der biologischen Referenzparzelle S1G (geringe Bodenbonität, DV 1) am größten sind.

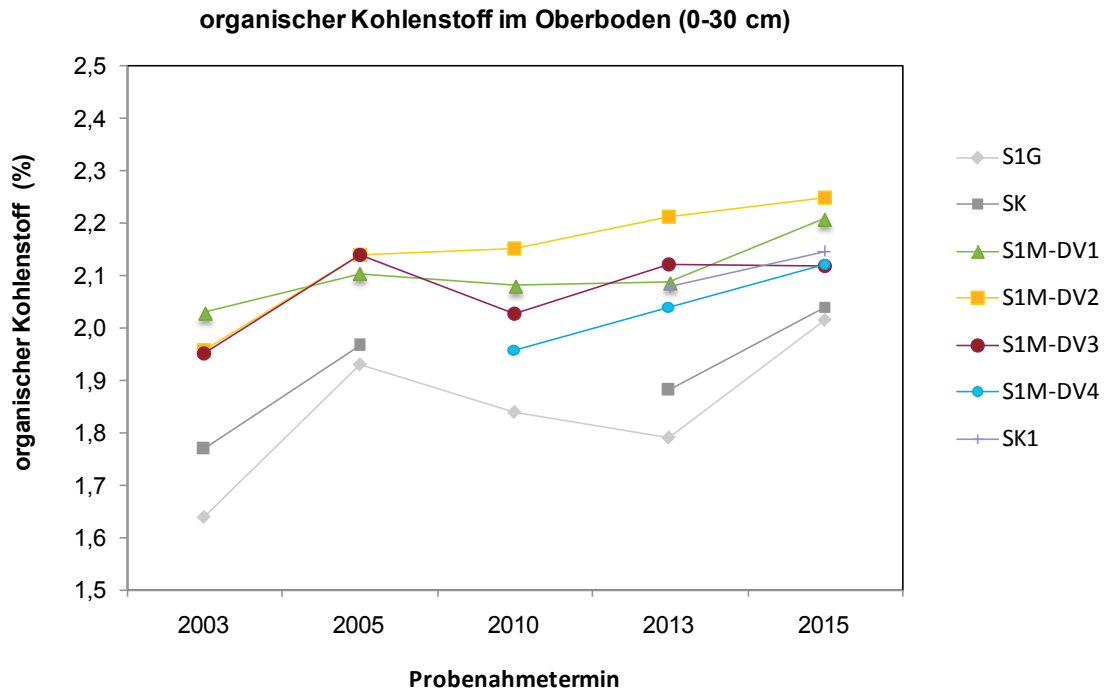


Abbildung 4.1-9: Der Gehalt an organischem Kohlenstoff im Oberboden (% , 0-30 cm) der untersuchten Flächen.

Mit den ermittelten Bodendichten wurden aus den C_{org} -Gehalten die C_{org} -Vorräte bzw. -mengen im Boden errechnet. In Abbildung 4.1-10 sind die Veränderungen der C_{org} -Vorräte der DV 1 bis 3 im Versuch S1M über einen Zeitraum von 12 Jahren mittels der Trendlinien über die gemessenen Daten ersichtlich. In DV1 (nur Gründüngung) blieben die C_{org} -Vorräte im Boden weitgehend konstant, während es in DV 3 (Stallmist) zu einem leichten Anstieg der Kohlenstoffvorräte kam. Zu einem deutlich positiven Trend der C_{org} -Vorräte im Boden führte die Zufuhr von Biotonnenkompost mit hohen Anteilen an stabilen organischen Substanzen in der DV 2.

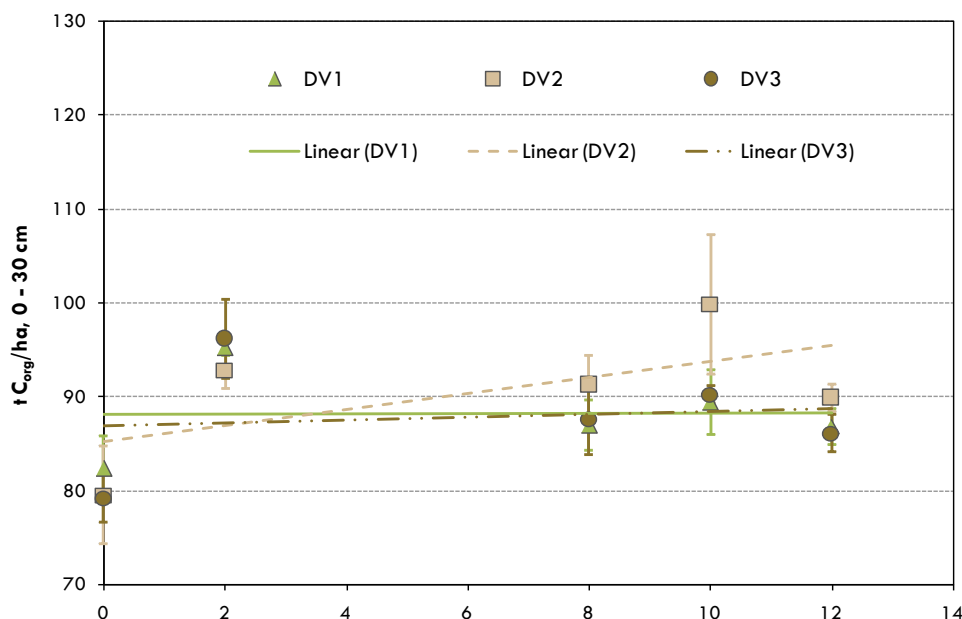


Abbildung 4.1-10: Veränderung der C_{org} -Vorräte (in t/ha) im Zeitraum 2003 – 2015 im Kleinparzellenversuche S1M in Abhängigkeit der Düngungsvariante in 0 – 30 cm Bodentiefe

Die Fehlerbalken geben die zweifache Standardabweichung an.

DV 1 = Gründüngung: nur Gründüngung mittels Luzernemulch

DV 2 = Gründüngung + Biotonnekompost: zusätzlich zur Gründüngung wird Biotonnekompost zugeführt

DV 3 = Futternutzung + Stallmist: Luzerne- und Strohabfuhr, stattdessen Zufuhr von Rindermist

Bei der Bestimmung der C_{org} -Gehalte und Ermittlung der Veränderung der C_{org} -Vorräte im Boden treten jedoch einige methodisch bedingte Unsicherheiten auf.

C_{org} -Analysergebnisse weisen eine hohe zeitliche und räumliche Variabilität auf. Die räumliche Variabilität wurde in den Versuchsfeldern durch ein genaues Beprobungsschema nach dem Bodendauerbeobachtungskonzept (Blum et al. 1996) möglichst gering gehalten. Die C_{org} -Gehalte können jedoch zwischen den Jahren stark schwanken. Liegen in einem Beobachtungszeitraum nicht von allen Jahren Analyseergebnisse vor, haben die einzelnen Jahreswerte einen hohen Einfluss auf die berechnete Trendlinie. Dadurch ist z.B. eine höhere Steigung oder ein stärkerer Abfall der Werte möglich. Großen Einfluss haben auch die verwendeten Rohdichten des Bodens zur Umrechnung auf C_{org} -Vorräte, was eine möglichst hohe Genauigkeit dieser Werte erfordert. Bei der Auswertung verschiedener Langzeitversuche in Österreich in Bezug auf den Einfluss von Bodenmanagementfaktoren auf Bodenkohlenstoffgehalte wurden ebenfalls die hohe Jahresvariabilität der C_{org} -Gehalte und die Umrechnung auf C_{org} -Vorräte als Unsicherheitsfaktoren angeführt (Umweltbundesamt 2010). Diese Unsicherheiten haben Einfluss auf die Ergebnisse zur Entwicklung der C_{org} -Vorräte. Bei den Referenzflächen S1G und SK war teilweise die Variabilität der Werte groß, zur Absicherung der Ergebnisse sollen ausgewählte Proben nochmals analysiert werden.

Die Entwicklung des Gehaltes an Gesamtstickstoff in der Tiefenstufe 0-30 cm für alle Düngungsvarianten (DV1-DV4) im Versuch S1M ist in Tabelle 4.1-9 dargestellt. Die Gehalte blieben bis 2013 relativ konstant und gingen im Jahr 2015 leicht zurück.

Tabelle 4.1-9: Stickstoff-Totalgehalte (in Gewichtsprozent) in im Kleinparzellenversuche S1M in Abhängigkeit der Düngungsvariante in 0 – 30 cm Bodentiefe. Dargestellt sind Mittelwert (MW) und Standardfehler (SE; n = 4).

	DV	2003		2005		2010		2013		2015	
		MW	SE	MW	SE	MW	SE	MW	SE	MW	SE
0-30											
S1M	1	0,23	0,00	0,25	0,01	0,23	0,01	0,24	0,00	0,21	0,00
S1M	2	0,23	0,00	0,24	0,02	0,24	0,01	0,25	0,01	0,21	0,00
S1M	3	0,24	0,01	0,24	0,01	0,23	0,01	0,25	0,01	0,20	0,00
S1M	4					0,23	0,02	0,25	0,01	0,20	0,00

SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Bei allen drei Düngungssystemen (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. Die Gehalte an pflanzenverfügbaren Phosphor und Kalium blieben bisher mit geringfügigen Schwankungen auf konstantem Niveau.
- Wesentliche Unterschiede zwischen den Düngungssystemen traten bisher vor allem bei der Entwicklung der C_{org} -Gehalte bzw. -mengen (Humus) auf. Entscheidend dafür war die Menge und Qualität der zugeführten organischen Substanz. Während der C_{org} -Mengen 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 der C_{org} -Mengen zu verzeichnen. Die Auswirkungen auf die Humusqualität wurden nicht untersucht. Bei den weiteren Bodeneigenschaften hat die erwartete Differenzierung der Düngungssysteme 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 Marktfrucherträge und Qualitäten über die gesamte Fruchtfolge erzielt und dabei die Bodenfruchtbarkeit weitgehend erhalten werden. Grundlage für dieses stabile System 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 trat jährlich konstant auf, war aber bisher 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.
- 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 Wasserspeicherkapazität 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, der Stickstofffixierung und der 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 auch 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 (Hrsg.)(2015): Österreichische beschreibende Sortenliste 2015, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2015. 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 (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage, Wien.
- 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., Eltun, 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.
- ÖNORM L 1080 (1999) Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch trockene Verbrennung. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM L 1084 (1999) Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von Carbonat. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM L 1087 (2004) Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von "pflanzenverfügbarem" Phosphor und Kalium nach der Calcium-Acetat-Lactat (CAL)-Methode. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- 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.
- UMWELTBUNDESAMT (2010): Freudenschuß A., Sedy K., Zethner G. und Spiegel H.: Arbeiten zur Evaluierung von ÖPUL-Maßnahmen hinsichtlich ihrer Klimawirksamkeit. Schwerpunkt agrarische Bewirtschaftung.
- VDLUFA (2013): Endbericht: Ringversuch zur Bestimmung von C_{org} bei 550 °C. Fachgruppe II – Bodenuntersuchung. Nätscher, L., Übelhör, W., Grimm, S.

ANHANG

Tabelle 4.1-10: Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2015 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	S8	10,6	S3	50,2	S2	49,5
	DV2	S4	50,6	S7	76,6	S1	31,3	S8	10,1	S3	56,9	S2	51,4
	DV3	S4	46,6	S7	82,2	S1	29,6	S8	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	S5	85,1	S4	51,8	S7	35,4	S1	64,9	S8	35,9
	DV2	S6	64,5	S5	97,2	S4	57,7	S7	33,8	S1	68,8	S8	36,9
	DV3	S6	58,4	S5	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
2015	DV1	S1	49,2	S8	32,6	S3	41,3	S2	38,5	S6	62,7	S5	45,9
	DV2	S1	52,3	S8	42,9	S3	42,4	S2	39,2	S6	68,1	S5	49,8
	DV3	S1	46,2	S8	33,0	S3	45,2	S2	33,9	S6	51,6	S5	52,1
MW Jahre und DV			46,0		72,3		40,9		22,2		54,8		42,8

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.

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

WD...Winterdurum, S...Sojabohnen, Ertragsangaben in dt Frischmasse/ha: ZR...Zuckerrüben, KAR...Kartoffeln, ZW...Zwiebeln, BK...Babykarotten

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 4.1-12: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen des Erntejahres 2015

DV	KPV	Kultur	Bestandeshöhe, cm		Bestandesdicke, Pfl./m ²		TKG, g 86%TS		Hektolitergewicht, kg		Rohprotein, %		Fallzahl, sec.	
				Stabw		Stabw		Stabw		Stabw		Stabw		Stabw
DV 1	S1M	WW	99	a 1,3	451	a 38	38,4	a 1,4	83,4	ab 0,3	14,1	ab 0,3	423	a 14
DV 2	S1M	WW	100	a 1,7	494	a 28	36,7	a 1,3	83,0	a 0,2	15,0	a 0,3	426	a 8
DV 3	S1M	WW	97	a 0,8	467	a 24	37,6	a 1,9	83,5	ab 0,2	13,7	ab 0,2	421	a 4
DV 4	S1M	WW	97	a 3,3	456	a 33	39,4	a 1,0	83,7	b 0,4	13,6	b 1,0	412	a 10
DV 1	S1G	WW	101		466		35,6		81,9		15,6		464	
DV 1	S6M	WW	107	a 1,8	463	a 31	46,2	a 1,4	85,1	a 0,1	12,2	a 0,4	364	a 15
DV 2	S6M	WW	108	a 2,7	523	ab 42	46,4	a 1,6	85,2	a 0,1	12,5	ab 0,4	345	a 22
DV 3	S6M	WW	109	a 2,3	539	b 15	44,6	a 1,8	85,1	a 0,3	12,7	b 0,2	368	a 17
DV 1	S8M	KM	213	a 17,8	7,5	a 0,1	196	a 4,9			9,9			
DV 2	S8M	KM	224	a 19,0	7,3	a 0,2	198	a 7,6			10,2			
DV 3	S8M	KM	217	a 9,8	7,2	a 0,3	190	a 4,5			11,4			
DV 1	S5M	WR					31,0	a 3,1	78,2	a 0,5	8,2			
DV 2	S5M	WR					31,5	a 1,1	78,1	a 0,3	8,3			
DV 3	S5M	WR					31,9	a 0,8	78,3	a 0,2	9,0			
DV 1	S2M	KE					196	a 4,9			20,6			
DV 2	S2M	KE					198	a 7,6			20,4			
DV 3	S2M	KE					190	a 4,5			20,2			
DV 1	S3M	SG					47,0	a 1,1	70,3	a 0,6	11,2			
DV 2	S3M	SG					47,1	a 1,0	70,3	a 0,3	11,1			
DV 3	S3M	SG					47,8	a 0,8	70,7	a 0,4	11,3			
MD	SK1	WD	77		430		43,2		85,9		14,8			

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

Tabelle 4.1-13: Produktionsmaßnahmen und Erträge der Jahre 2014 und 2015 auf den Großschlägen des Biobetriebes Rutzendorf (Quelle: BVW GmbH)

Schlag	KPV	Hauptfrucht 2013	Hauptfrucht 2014	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflege- maß- nahmen	Ertrag Schlag (dt/ha) FM Ernte	Hauptfrucht 2015	Sorte	Saatmenge (kg/ha)	Saatzeit	Pflege- maß- nahmen	Ertrag Schlag (dt/ha) FM Ernte
1	S1M S1G	Luzerne	Luzerne				Mehrmaliges Mulchen (3x)		Winterweizen	Energo	206	27.10.2014	1 x Hackstriegel	45,7
2	S2M	Körnermais	Sommergerste	Zarasa	191	13.03.2014	1 x Hackstriegel	49,8	Körnererbse	Astronauta	251	15.04.2015	1 x Hackstriegel	33,2
3	S3M	Winterweizen	Körnermais	Chapalu	1,5 Pkg/ha	18.04.2014	1 x Maschinenhacke	96,2	Sommergerste	Evelina	190,0	22.03.2015	1 x Hackstriegel	36,2
4	S4M	Winterweizen	Winterroggen	Elego	152	1.10.2013	1 x Hackstriegel	43,5	Luzerne	Dimitra	22	08.09.2014	Mehrmaliges Mulchen (3x)	
5	S5M	Körnererbse	Winterweizen	Capo	189	25.10.2013	1 x Hackstriegel	47,9	Winterroggen	Elego	165	03.10.2014	1 x Hackstriegel	41,1
6	S6M	Sommergerste	Körnererbse	Alvesta	251	03.04.2014	1 x Hackstriegel	27,8	Winterweizen	Energo	206	27.10.2014	1 x Hackstriegel	60,2
7	S7M	Winterroggen	Luzerne	Giulia	23	30.08.2013	Mehrmaliges Mulchen (4x)			Giulia	23	30.08.2013	Mehrmaliges Mulchen (3x)	
8	S8M	Luzerne	Winterweizen	Capo	189	25.10.2013	1 x Hackstriegel	46,5	Körnermais	Chapalu	1,5 Pkg/ha	22.04.2015	2 x Maschinenhacke	34,6

Tabelle 4.1-14: Zwischenfruchtgemenge: Mischungspartner und angestrebte Aussaatmengen

Fruchtfolgestellung:	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

5 VERZEICHNISSE

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 3.2-1: Übersichtskarte Bio-Betrieb Rutzendorf mit Schlägen, Versuchsflächen und Nützlings- und Blühstreifen.....	25
Abbildung 3.2-2: Detailplan Rutzendorf mit Übersicht über die Nützlings- und Blühstreifen, Hecken und Baumreihen	26
Abbildung 3.4-1: Mittlere Temperatur- und Niederschlagsverteilung der Station Groß-Enzersdorf in der Periode 1971-2000 (Datenquelle: ZAMG).....	29
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).	30
Abbildung 4.1-1: Luzerne-Trockenmasseertrag bei Schnittnutzung (DV 3) in Abhängigkeit des Erntejahres (MW...Mittelwert)	37
Abbildung 4.1-2: Kornerträge der DV 1 (nur Gründüngung) der Marktfrüchte der Zielfruchtfolge der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinparzellenversuchen.	42
Abbildung 4.1-3: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante.....	44
Abbildung 4.1-4: Rohproteingehalte in Winterweizen der DV 1 (nur Gründüngung) der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Vorfrucht.....	46
Abbildung 4.1-5: Mittlere Fruchtfolgeerträge in Getreideeinheiten der Marktfrüchte in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante	47
Abbildung 4.1-6: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2015 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante.....	49
Abbildung 4.1-7: CAL-extrahierbarer Phosphor im Oberboden (0-30 cm) der untersuchten Flächen (Mittelwerte \pm Standardfehler, n = 4-5). Die Probenahmetermine waren im Frühjahr (F) oder im Herbst (H).	52
Abbildung 4.1-8: CAL-extrahierbares Kalium im Oberboden (0-30 cm) der untersuchten Flächen (Mittelwerte \pm Standardfehler, n = 4-5). Die Probenahmetermine waren im Frühjahr (F) oder im Herbst (H).	52
Abbildung 4.1-9: Der Gehalt an organischem Kohlenstoff im Oberboden (% , 0-30 cm) der untersuchten Flächen.....	53
Abbildung 4.1-10: Veränderung der C _{org} -Vorräte (in t/ha) im Zeitraum 2003 – 2015 im Kleinparzellenversuche S1M in Abhängigkeit der Düngungsvariante in 0 – 30 cm Bodentiefe.....	54

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Kooperationspartner und Leiter der einzelnen Teilprojekte (TP).....	5
Tabelle 2.2-1: Kooperationspartner und Leiter der einzelnen Teilprojekte (TP) im MUBIL Projekt seit 2003....	20
Tabelle 3.1-1: Fruchtfolge der einzelnen Schläge am Biobetrieb Rutzendorf der Jahre 2003 bis 2015.....	22
Tabelle 3.2-1: Übersicht über die Erhebungsflächen (Projekt MUBIL V - Forschung).....	24
Tabelle 3.3-1: Übersicht Unterscheidung Düngungsvarianten	28
Tabelle 3.3-2: Zielfruchtfolge und Aufteilung der organischen Dünger	28
Tabelle 4.1-1: Mittlere Hektarerträge am Biobetriebe Rutzendorf (Großschläge) der Jahre 2009 bis 2015	36
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 2015).....	38
Tabelle 4.1-3: Aufwandmengen und Nährstoffgehalte von Biotonnekompost und Stallmist in den gedüngten Kleinparzellenversuchen (KPV) - Mittelwerte aus 24 Düngungen (DV2 und DV3) bzw. 2 Düngungen (DV4).....	40
Tabelle 4.1-4: Niederschlag in mm der Jahre 2009 bis 2015: Jahressummen und Niederschlagsummen in den einzelnen Jahresquartalen (Quelle: Agrarmeteorologische Messstation Rutzendorf, BOKU-Met, J. Eitzinger).	43
Tabelle 4.1-5: Verhältnis in % der mittleren Kornerträge (Jahre 2009 bis 2015) der Marktfrüchte der DV 2 und DV 3 zum Ertrag der DV 1 (= 100 %) in den Kleinparzellenversuchen.	44
Tabelle 4.1-6: Mittlere Ertrags- und Qualitätsparameter von Winterweizen der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante und der Vorfrucht.	46
Tabelle 4.1-7: Verhältnis in % der mittleren Kornerträge (Jahre 2009 bis 2015) der Marktfrüchte der DV 2 und DV 3 zum Ertrag der DV 1 (= 100 %) in den Düngerstreifen.	49
Tabelle 4.1-8: Mittlere Ertrags- und Qualitätsparameter von Winterweizen der Jahre 2009 bis 2015 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante und der Vorfrucht	50
Tabelle 4.1-9: Stickstoff-Totalgehalte (in Gewichtsprozent) in im Kleinparzellenversuche S1M in Abhängigkeit der Düngungsvariante in 0 – 30 cm Bodentiefe. Dargestellt sind Mittelwert (MW) und Standardfehler (SE; n = 4).....	55
Tabelle 4.1-10: Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2015 in den Düngerstreifen in Abhängigkeit der Düngungsvariante	60
Tabelle 4.1-11: Erträge in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit des Erntejahres (2009 bis 2015), der Fruchtfolge und der organischen Düngung	61
Tabelle 4.1-12: Parameter zur Bestandesentwicklung und Qualität der Kulturen des Erntejahres 2015.....	63
Tabelle 4.1-13: Produktionsmaßnahmen und Erträge der Jahre 2014 und 2015 auf den Großschlägen des Biobetriebes Rutzendorf (Quelle: BVW GmbH).....	64
Tabelle 4.1-14: Zwischenfruchtgemenge: Mischungspartner und angestrebte Aussaatmengen.....	64