

Zusammenfassung Forschungsergebnisse Projekt MUBIL - Langzeit-Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau (Jahre 2003-2015)

Andreas Surböck, Jürgen Friedel, Bernhard Freyer

Auf dem Bio-Betrieb Rutzendorf (150 ha; Marchfeld Niederösterreich), einem Teilbetrieb der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften (BVW) GmbH, wurde im Jahr 2003 eine umfassende Langzeituntersuchung zur Dokumentation, Entwicklung und Optimierung des biologischen Ackerbaus und von agrarökologischen Begleitmaßnahmen angelegt.

Ziel der Untersuchung war die Frage zu beantworten, wie sich eine Umstellung der biologischen Bewirtschaftung und deren Begleitbiotope auf Bodenkennwerte, den Nährstoff-, Humus- und Wasserhaushalt, die Pflanzengesellschaften, das Ertragspotential und die Qualität der Kulturpflanzen, die Fauna sowie die Wirtschaftlichkeit auswirken.

Der arrundierte Betrieb ermöglicht die Untersuchung von Managementmaßnahmen auf den Ackerflächen, den Begleitbiotopen und den zwischen diesen erfolgenden Wechselwirkungen. Die Versuche wurden auf Betriebs-, Schlag- und Parzellenebene mit unterschiedlichen Bodenbonitäten angelegt. Die Versuchsfragestellungen können im Wesentlichen nur über eine langfristige Beobachtung der Entwicklungen beantwortet werden.

Das ackerbauliche Versuchsdesign umfasst eine einheitliche Fruchtfolge. Über vier Varianten organischer Düngungssysteme und einer konventionellen Referenzflächen werden mögliche Optimierungsstrategien für den biologischen Ackerbau einer langfristigen Bewertung unterzogen.

Die Begleitbiotope umfassen auf den Ackerflächen neu angelegte Nützlings- und Blühstreifen mit unterschiedlichen Blütmischungen, und bestehende Hecken und Baumreihen. Diese Begleitbiotope wurden unterschiedlichen Managementmaßnahmen unterzogen, auch hier mit dem Ziel der Optimierung ihrer Funktionen zur Förderung der Artenvielfalt, ihren Wirkungen auf das Kleinklima, den Bodenwassergehalt und Ertrag in den angrenzenden Ackerflächen. Die bisher vorliegenden Erkenntnisse umfassen die Auswirkungen von

1. ... viehlosen und viehhaltenden Anbausystemen auf Bodenfruchtbarkeit, Nachhaltigkeit, Entwicklung der Pflanzen und Wirtschaftlichkeit
2. ... einer Bodenschutzhecke auf Kleinklima, Bodenwassergehalt und Pflanzenertrag in angrenzenden Ackerflächen
3. ... ökologischen Begleithabitaten, biologischer Bewirtschaftung und agrarökologischen Maßnahmen auf die Artenvielfalt

Aktuell werden im Rahmen eines EIP Projektes die Auswirkungen minimierter Bodenbearbeitung auf die Bodenfruchtbarkeit und Ertragsentwicklung überprüft. Das im Jahr 2019 auslaufende Projekt kann allerdings aufgrund der kurzen Laufzeit nur erste Beobachtungen liefern.

1. Auswirkungen von viehlosen und viehhaltenden Anbausystemen auf Bodenfruchtbarkeit, Nachhaltigkeit, Entwicklung der Pflanzen und Wirtschaftlichkeit

Organische Düngungssysteme bzw. -varianten (DV): unterscheiden sich nach viehlosen und DV 4) bzw. ein viehhaltendes System (DV 3):

Viehlos:

- DV 1: nur Gründüngung (GD) mittels Luzernemulch;
- DV 2: GD + Biotonnenkompost zugeführt (äquivalent zu P-Entzug über Marktfrüchte);

Vieh haltend:

- DV 3: Luzerne und Stroh abgeführt + Stallmist zugeführt (äquivalent zu Raufutter- und Strohentzug);
- DV 4: Luzerne abgeführt + Agrogasgülle zugeführt (äquivalent zu Raufutterentzug).

Der Leguminosenanteil der Fruchtfolge lag bei allen Varianten bei 25 % Luzerne und ca. 11 % Erbsen, der Zwischenfruchtanteil war 37,5 %.

Die organische Düngung erfolgte zweimal innerhalb einer acht-feldrigen Fruchtfolgerotation zu Körnermais und zu Winterweizen nach Körnererbse. Die Fruchtfolge inklusive der Zwischenfrüchte (37,5%) 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.

- In DV 1 (nur Gründüngung) und DV 3 (Luzerne und Stroh abgeführt, Stallmist zugeführt) wurden positive Humus- und Stickstoff-Bilanzsalden ermittelt, die im optimalen Bereich hinsichtlich Ertragsicherheit und Stickstoffverlustrisiko liegen. Der Humusabbau wird durch die Humuszufuhr in der Fruchtfolge ausgeglichen. In DV 2 (Gründüngung + Biotonnenkompost) ergab die Berechnung aufgrund der zusätzlichen Zufuhr von Stickstoff und Kohlenstoff über den Biotonnenkompost vor allem beim Humussaldo einen hohen Bilanzwert. Das Stickstoffverlustrisiko wird als gering eingeschätzt, da der Stickstoff im Kompost zum überwiegenden Teil organisch gebunden ist und nur langsam mineralisiert. Die negativen Phosphor- und Kalium-Salden, vor allem in DV 1, können mittelfristig durch Nachlieferung aus den hohen Bodenvorräten ausgeglichen werden.
- Die Werte der ökologischen Indikatoren liegen mit wenigen Ausnahmen bei allen geprüften Düngungssystemen im optimalen bzw. tolerierbaren Bereich, was zusammenfassend eine gute bis sehr gute Beurteilung der Umweltwirkungen und damit der ökologischen Nachhaltigkeit der biologischen Bewirtschaftung ergibt.
- 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.

Tabelle 1: Ökologische Indikatoren der Düngungsvarianten 1 bis 3

Ökologische Indikatoren	Einheit	DV 1	DV 2	DV 3
Humussaldo	kg C/ha/a	83	371	61
Humusversorgungsgrad	%	117	175	112
Stickstoff-Saldo	kg N/ha/a	39	56	18
Phosphor-Saldo	kg P/ha/a	-11	-3	-6
Kalium-Saldo	kg K/ha/a	-16	13	15

Entwicklungen von Bodenkennwerten (physikalische, mikrobielle und chemische Parameter) wurden auf Schlag 1 (Kleinparzellenversuch S1M mit mittlerer Bodenbonität und Referenzparzelle S1G 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 **chemischen, physikalischen und mikrobiellen Bodenuntersuchungen** (Teilprojekt (TP) 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit, TP 2: Bodenchemie und TP 3: Bodenwasserhaushalt und Erosion) haben gezeigt, dass zehn Jahre nach der ersten Analyse deutliche Änderungen von einigen Bodeneigenschaften aufgetreten sind. Da es sich hier um eine Entwicklung über einen längeren Zeitraum handelt, der noch nicht als abgeschlossen bezeichnet werden kann, wird auch aus anderen Langzeitversuchen bestätigt.

- 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 auf das Niveau 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) liegen seit 2003 in allen Düngungsvarianten weitgehend stabil im Bereich der Gehaltsklasse C („ausreichend“).
- 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 zeigen die Werte zur Aggregatstabilität positive Tendenzen (in DV 1: 2004/05: im Mittel 20 % stabile Bodenaggregate, 2012/13: 29 %). Infolge zunehmend stabiler Aggregate sind diese Böden wesentlich widerstandsfähiger gegen klimarelevante Auswirkungen wie etwa mögliche Zunahmen der Erosivität der Böden über Starkregen und/oder Windereignisse. Ursachen für diese Veränderungen sind auf die Fruchtfolge, vor allem auf den Anbau der zweijährigen Luzerne, dem Begrünungsanbau und generell von Kulturen in der Fruchtfolge mit einem dichteren Wurzelsystem bzw. höherer Wurzelbiomasse zurückzuführen. Auch dieser Bodenbildungsprozess kann als nicht abgeschlossen bezeichnet werden.
- Die zweijährige Luzerne wirkt sich auch positiv auf die Trockendichte und damit auch auf den Porenanteil im Boden aus. Ein höherer Porenanteil bewirkt eine höhere und raschere Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens und somit einen geringeren oberflächlichen Abfluss bei Starkregeneignissen.

- 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).
- Unterschiede zwischen den vier Düngungsvarianten bei den oben beschriebenen Bodeneigenschaften konnten aus den bisherigen Ergebnissen nicht nachgewiesen werden. Veränderungen sind erst über einen längeren Zeitraum der Bewirtschaftung zu erwarten.

Wesentliche Unterschiede zwischen den Düngungssystemen traten in den **Erträgen** einzelner Kulturen (TP 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit), in der **Wirtschaftlichkeit** (TP 13: Ökonomie: Gesamt- bzw. Fruchtfolgedeckungsbeiträge) 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 den anderen Systemen. Die C_{org}-Mengen (Humus) konnten über 12 Jahre weitgehend konstant gehalten werden. Ob diese Entwicklung sich längerfristig absichern lässt, bedarf der Auswertung weiterer Fruchtfolgezyklen. Mit den Marktfrüchten wurde mit einem Saldo von -11 kg P/ha/Jahr und -16 kg K/ha/Jahr negativ bilanziert.
- In DV 2 (Gründüngung + Biotonnenkompost) wurden über den Biotonnenkompost 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 zwar der Gesamtertrag der Marktfrüchte um 3 % (signifikant, $P < 0,05$) gegenüber der DV 1 gesteigert werden. Die zusätzlichen Kosten über den Zukauf und die Ausbringung von Kompost führten in Summe jedoch zu einem wirtschaftlich schwächeren Ergebnis im Vergleich zur DV 1 (2009-13: 6 % geringerer Fruchtfolgedeckungsbeitrag im Vergleich zu DV 1). Für eine abschließende Beurteilung sind die langfristigen Wirkungen auf Boden und Ertrag im Vergleich zu den anderen Varianten noch abzuwarten. Der C_{org}-Gehalt wurde durch die Kompostdüngung deutlich gesteigert (Abbildung 1). Mit der Zufuhr von Phosphor (P) kann auch der P-Export über Marktfrüchte weitgehend ausgeglichen werden.

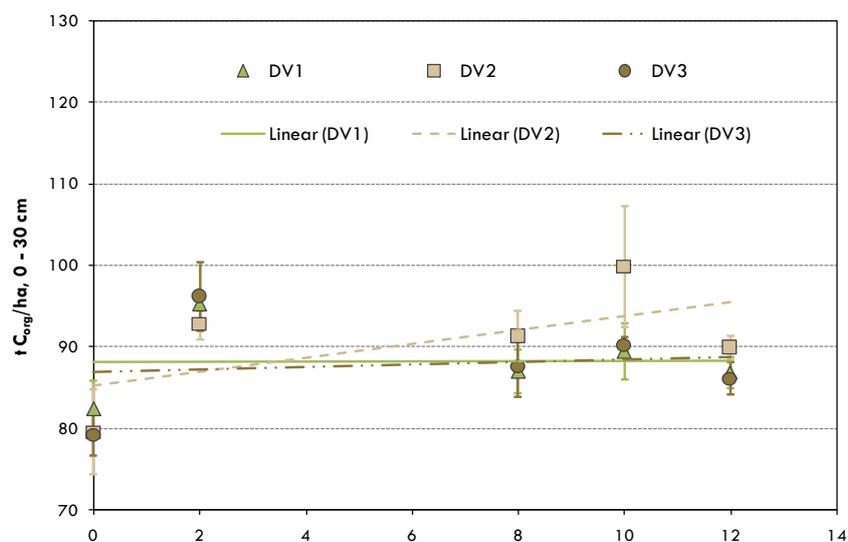


Abbildung 1: Veränderung der C_{org}-Vorräte (in t/ha) im Zeitraum 2003 – 2015 im Kleinparzellenversuche S1M in Abhängigkeit der Düngungsvariante in 0 – 30 cm Bodentiefe

Die Fehlerbalken geben die zweifache Standardabweichung an.

DV 1 = Gründüngung: nur Gründüngung mittels Luzernemulch

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

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

- 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 (Abbildung 2). Ob es sich dabei um eine Nährstoff- oder eine bodenbiologische bzw. physikalische Wirkung oder eine Komplexwirkung handelt, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Insgesamt konnte der Gesamtertrag der Marktfrüchte im Vergleich zu DV 1 leicht gesteigert werden (+1%, nicht signifikant). Die Wirtschaftlichkeit war aber geringer (2009-13: 13 % geringerer Fruchtfolgedeckungsbeitrag im Vergleich zu DV 1), wobei die Verwertung der Luzerne und des Stroh nicht monetär bewertet wurden. Die C_{org} -Mengen zeigten in diesem System kaum Unterschiede zu den anderen Varianten.

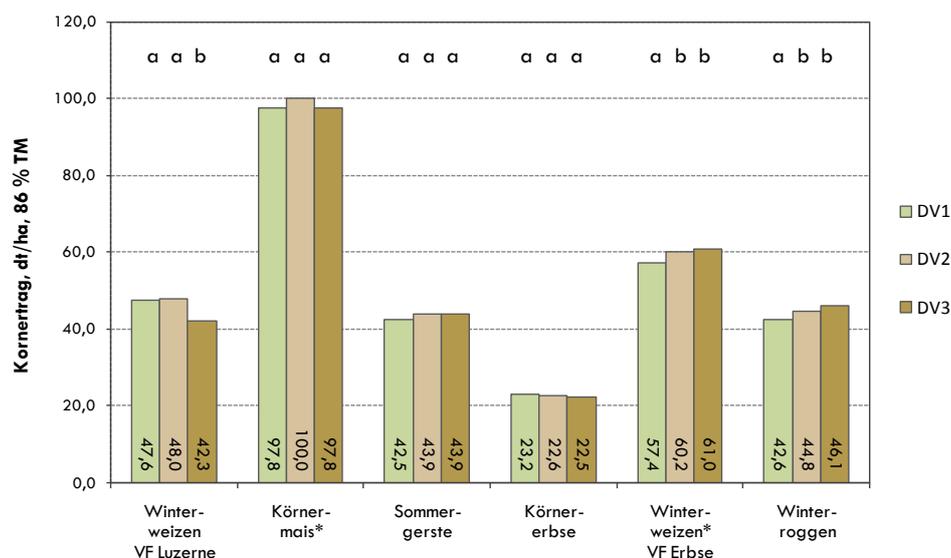


Abbildung 2: Mittlere Kornerträge (dt/ha, 86 % Trockenmasse) der Marktfrüchte der Jahre 2009 bis 2015 in den Kleinparzellenversuchen in Abhängigkeit der Düngungsvariante

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

Kultur*...die Kultur wurde vor dem Anbau mit Biotonnenkompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) gedüngt

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

- 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.

Fazit: Unter den beschriebenen Bedingungen konnten an diesem Standort mit allen Düngungssystemen gute Erträge und Qualitäten über die gesamte Fruchtfolge erzielt und dabei die Bodenfruchtbarkeit weitgehend erhalten und auch noch gesteigert werden. Basis für die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und für das hohe Ertragsniveau sind die Futterleguminosen-basierte Fruchtfolge (Luzerne) und der Zwischenfruchtanbau. Bisher war kein Nachteil des viehlosen Systems gegenüber dem viehhaltenden System in Bezug auf die Bodeneigenschaften und Erträge erkennbar. Die Entwicklung der Phosphorgehalte, aber auch der Kalium- und C_{org} -Gehalte im viehlosen System nur mit Luzernegründung ist aber weiter zu beobachten. Gemäß den jährlichen Entzügen über die Marktfrüchte ist mittelfristig zu erwarten, dass eine Rückführung von insbesondere Kalium und Phosphor in Betracht zu ziehen ist. Von Interesse ist, wie weit der Nährstoffentzug reichen kann, ohne dass die Kulturen mit Ertragseinbußen reagieren.

Voraussetzung für das Ausschöpfen des Ertragspotentials am Standort war jedoch eine gute Wasserversorgung über ausreichende Niederschläge, die nicht in allen Erhebungsjahren gegeben war. Die Auswirkungen des Klimawandels mit häufig auftretender Frühsommertrockenheit, ungünstiger Niederschlagsverteilung mit längeren Trockenphasen und häufiger auftretenden Starkniederschlägen sowie eine erhöhte Verdunstung werden die Situation zukünftig noch verschärfen, was weitere Anpassungsmaßnahmen dringend erforderlich macht.

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

Im Zeitraum von 2003 bis 2011 wurden über mehrere Jahre 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 als Folge eines erhöhten Rückhalte-vermögens des Bodenwassers, einer erhöhten Taubildung und Dauer der Taubildung und vor allem verminderten Verdunstung auswirkten. Der Gesamt-Wirkungsbereich 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 m^2 -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 Ertragsmessungen 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 (Tabelle 2).

Tabelle 2: Berechneter Ertragseinfluss einer 8 Meter hohen Bodenschutzhecke auf verschiedene Kulturen in der angrenzenden Ackerfläche

Jahr	2004	2005	2006	2007	2009
Kultur	Luzerne	Winterweizen	Sonnenblume	Winterroggen	Winterroggen
Messbereich in m	80	80	80	80	80
Ertragssteigerung bis m von der Hecke	ca. 80 m	ca. 35 m	ca. 80 m	Keine Steigerung	Keine Steigerung
Mittlerer Ertrag* im Messbereich ohne Hecke (dt/ha)	76,8	26,4	35,1	37,3	39,0
Mittlerer Ertrag* im Messbereich mit Hecke (dt/ha)	84,3	28,8	43,4	37,3	39,0
Ertragssteigerung in %	9,7	8,9	23,7	0	0

*Luzerne: Summe aus drei Luzerneschnitten, 100 % Trockenmasse

*Winterweizen, Winterroggen: Kornertrag, 86 % Trockenmasse

*Sonnenblume: Kornertrag, 92 % Trockenmasse

Fazit: Die Ergebnisse zeigen, dass Hecken eine wichtige Anpassungsmaßnahme zur Minderung von negativen Auswirkungen des Klimawandels darstellen. Dies trifft insbesondere für trockene und windreiche Regionen wie dem Marchfeld zu. Hecken können Ertragssteigerungen bewirken. Das Wissen darüber, wie eine Hecke zu strukturieren ist, wie dieser Effekt der Minderung von Wasserverlusten über Pflegemaßnahmen optimal erreicht werden kann und gleichzeitig die Habitatfunktion nicht gestört wird, Wassermangel im Nahbereich aufgrund von Wurzelwachstum der Gehölze über eine spezifische Gehölzauswahl minimiert werden kann, sowie die notwendige Pflanzdichte, um Effekte zu erzielen und anderes mehr, ist weiterhin unzureichend, und bedarf bevor Praxisempfehlungen ausgesprochen werden, weiterer Klärung. So kann das Ergebnis der bisherigen Untersuchungen, dass der Abstand zwischen den Hecken das 10-fache der Heckenhöhe nicht überschreiten soll, als nur vorläufig bewertet werden.

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

Ergebnis einer umfassenden **Kartierung der Gehölze** (TP 10: Managementkonzept Gehölze) durchgeführt in MUBIL I, 2003-2005) 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 sind. Bei optimaler Pflege kann jedoch die Multifunktionalität der Gehölzstrukturen wiederhergestellt, langfristig gesichert, und die Biodiversität der Biotopstrukturen erhöht werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde ein Pflegekonzept entwickelt, das teilweise in kurzen Heckenabschnitten umgesetzt wurde.

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 aufgrund von Bodendeckung und Bodenruhe), 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 gemessen, 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.

Die Annahme einer nachhaltigen Zunahme der Bodenfauna über die biologische Bewirtschaftung konnte daher bisher nicht bestätigt werden. Als mögliche Gründe dafür werden die geringen bis sehr 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 angenommen. Bei der Regenwurmpopulation ist der sehr schluffreiche Boden mit geringer Strukturstabilität ein weiterer hemmender Faktor, deren limitierende Wirkung nur über eine Anreicherung organischer Substanz gemindert werden kann. Insofern stehen noch Anpassungsmaßnahmen in der Bewirtschaftung aus, welche dieser zentralen Tierartengruppe zu einem Durchbruch verhelfen können.

Von 2003 bis 2013 wurden Daten zur Oberflächenvegetation und dem Diasporenvorrat der **Ackerwildkräuter (Beikräuter)** (TP 8: Ackerwildkrautflora und Diasporen) im Biobetrieb Rutzendorf erhoben. In den Jahren 2007/2008 und 2012 wurden diese über 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 (Abbildung 3). 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.

Dass die Entwicklung der Artenzahlen bisher nur langsam und unstet erfolgte, 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 spärlich.

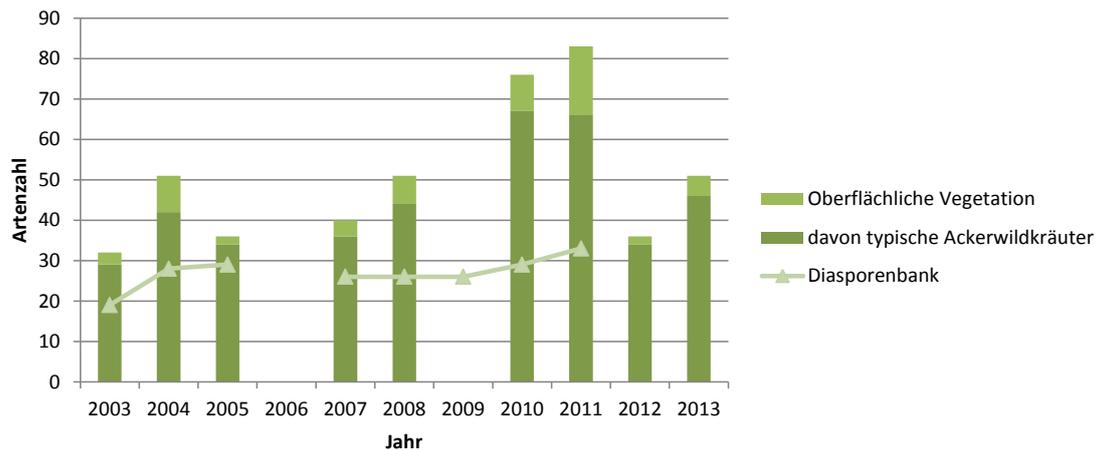


Abbildung 3: Gesamte Artenanzahl auf der oberflächlichen Vegetation und in der Diasporenbank auf den biologisch bewirtschafteten Feldern. 2006 und 2009 wurden keine Vegetationserhebungen durchgeführt und 2013 keine Untersuchungen an der Diasporenbank vorgenommen.

Im Projektgebiet Rutzendorf wurde im Zeitraum 2003-2012 über mehrjährige flächendeckende Revierkartierungen die **Entwicklung der Brutvogelfauna** (TP 9: Avifauna) auf den Ackerflächen und in Verbindung mit den Nützlings- und Blühstreifen dokumentiert.

- Die Artenzahl der Brutvögel hat seit Projektbeginn im Jahre 2003 deutlich zugenommen (Abbildung 4). 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 Jahr 2008 mit 149 Brutrevieren (+55 %) bzw. 2010 mit 21 Brutvogelarten (+133 %) gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2003 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 an die Anforderungen der bodenbrütenden Vögel angepasst werden.
- Die Nützlings- und Blühstreifen bewirkten eine wesentliche Habitatverbesserung (Brut- und Nahrungshabitat) und führten zur Ansiedlung weiterer Brutvogelarten am Betrieb (z.B. Dorngrasmücke und Sumpfrohrsänger). Für die Förderung der Brutvogelfauna wird die Bewirtschaftung der Blühstreifen als Dauerbrache mit abschnittsweiser Bestandespflege empfohlen.

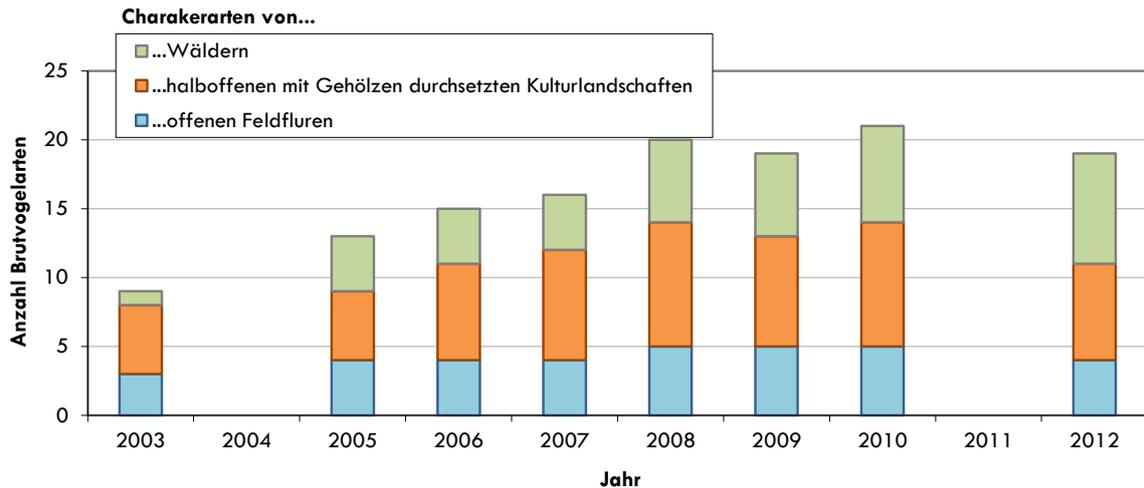


Abbildung 4: Artenzahl der Brutvögel nach ökologischen Gruppen im Projektgebiet Rutzendorf in den Brutperioden 2003, 2005-2010 und 2012

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 und waren Gräser-dominiert, d.h., es haben sich nur wenige am Standort ursprünglich vorhandene Arten etabliert.

Die Anlage von Nützlings- und Blühstreifen ist für die **Wildbienenfauna** (TP 11: Naturschutzbiologie / Wildbienen, Erhebungen 2004 bis 2014) an einem Standort wie Rutzendorf in einer ansonsten intensiv genutzten Agrarlandschaft förderlich. Eingesäte, drei- bis vierjährige Nützlings- und Blühstreifen zeigten die höchste Wildbienenendiversität (Abbildung 5). Sie wiesen aufgrund gleichzeitig auftretender kurzlebiger und ausdauernder Pflanzenarten ein reichhaltiges Futterpflanzenangebot auf. Ein Schwerpunkt der 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.

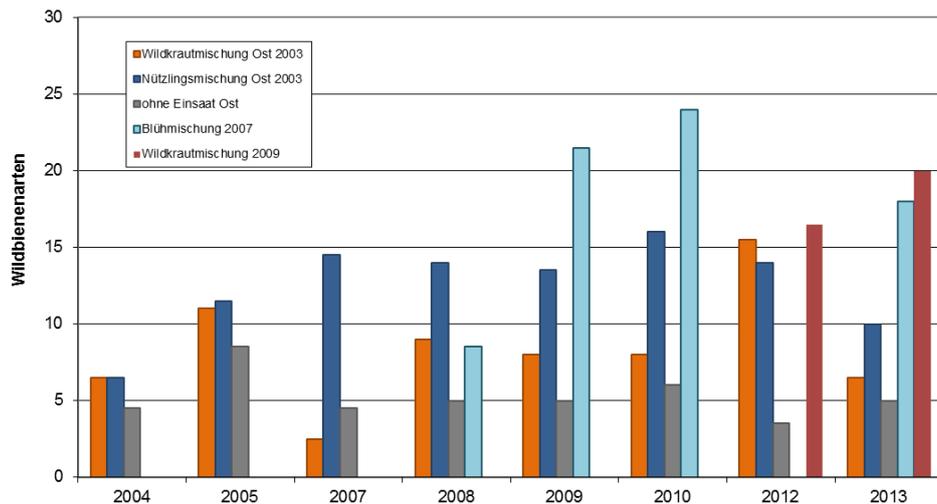


Abbildung 5: Mittelwert der Wildbienenarten auf den untersuchten Blühstreifen im Vergleich in den Untersuchungsjahren.

Bis in das Jahr 2012 wurde die epigäische **Arthropodenfauna (Laufkäfer)** (TP 7: Nützlinge) auf mehreren Aufnahmestrecken auf der Betriebsfläche mittels Bodenfallen erfasst. 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.

Fazit: Biolandbau fördert zwar im Allgemeinen die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften. Eine effektive und nachhaltige Entwicklung der Biodiversität ist aber artenspezifisch von unterschiedlichsten Bedingungen abhängig und erfordert auf die jeweilige Organismenart zielgerichtete Maßnahmen innerhalb der biologischen Bewirtschaftung, die so bislang nur teilweise verstanden und in entsprechenden Managementmaßnahmen erfasst wurden. Arten unterliegen in ihrem Auftreten erheblichen Schwankungen, da sie sensitive auf Änderungen der Witterung reagieren, und somit erst über ein längerfristiges Beobachten ihr standörtliches Potential und die Angemessenheit der Managementmaßnahmen bewertet werden kann. Limitierend auf eine rasche und nachhaltige Steigerung der Biodiversität wirken eine intensive Bewirtschaftung vor der Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise sowie der „Ausräumungsgrad“ in der Umgebung biologisch bewirtschafteter Flächen. Die Zunahme der Artenvielfalt steht daher auch in Beziehung zum Ökologisierungsniveau einer gesamten Region und ist somit nicht nur von den Biobetrieb spezifischen Maßnahmen abhängig. D.h., dass eine nachhaltige Entwicklung und Steigerung des Artenspektrums Landschaftseinheiten bedarf mit jeweils großflächiger Biobewirtschaftung und reichen Ausstattung mit agrarökologisch spezifischen Begleithabitaten. Sollte sich diese Beobachtung weiter über ein breites Artenspektrum absichern lassen, hat diese Konsequenzen für eine Neuausrichtung von ökologisch motivierten Direktzahlungen.