

Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft - eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion (Phase II)

Zuwendungsempfänger:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau - Abt. Landespflege - Sachgebiet L 1 - Landschaftspflege und Landschaftsentwicklung

Förderkennzeichen:

22038211 bzw. 11NR382

Laufzeit:

01.03.2012 bis 31.05.2015

Datum der Veröffentlichung: 18.01.2016

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Titel: Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft - eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion (Phase II)

Projektleitung:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Veitshöchheim (LWG)

Martin Degenbeck

Bearbeiter: Dr. Birgit Vollrath (Wissenschaftliche Leitung), Antje Werner, Dominik Kretzer, Kornelia Marzini, Dr. Ingrid Illies, Dr. Manfred Klemisch

Bearbeiter/Arbeitsgruppen an den Versuchsstandorten:

Bundessortenamt Hannover (BSA)

Elmar Pfülb, Dietmar Böhnke (Standort Rethmar), Dirk Kruiskamp (Standort Marquardt)

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK Niedersachsen)

Carsten Rieckmann, Tobias Glauert, Henning Ahlvers (Standort Dasselsbruch)

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL):

Dr. Christine Riedel, Dr. Joachim Eder, Manuel Schmid, Klaus Lettenmeier (Standort Grub)

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

Straubing (TFZ):

Dr. Maendy Fritz, Franz Heimler, Michael Kandler, Florian Völkl (Standort Straubing)

Hochschule Osnabrück:

Ulrike Schliephake, Tobias Kamps (Standort Wallenhorst)

Saaten Zeller:

Joachim Zeller, Stefan Zeller (Standort Phöben)

Verfasser: Dr. Birgit Vollrath

unter Mitwirkung von Antje Werner, Martin Degenbeck und Kornelia Marzini (LWG)

Autoren der Begleituntersuchungen sind in den jeweiligen Kapiteln benannt

Veitshöchheim, im Mai 2015

Martin Degenbeck

Inhaltsverzeichnis

I. ZIELE	9
1. Aufgabenstellung	9
2. Stand der Technik.....	9
3. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	13
II. ERGEBNISSE.....	15
1. Versuche zur Stickstoffdüngung	15
1.1 Zielsetzung	15
1.2 Material und Methoden.....	15
1.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung.....	15
1.2.2 Düngung	17
1.2.3 Kulturführung	18
1.2.4 Bonituren und Messungen.....	19
1.2.4.1 Biomasseerträge und Untersuchung des Erntematerials	19
1.2.4.2 Bodenuntersuchungen.....	19
1.2.4.3 Bestandsstruktur und Artzusammensetzung.....	20
1.2.4.4 Entwicklungszustand der wichtigsten Ertragsarten	20
1.3 Ergebnisse	21
1.3.1 Bestandsentwicklung und Erträge	21
1.3.2 Methanausbeute und Methanhektarerträge	29
1.3.3 N-Konzentrationen im Erntegut und N-Abfuhr.....	31
1.3.4 N _{min} -Gehalte im Boden.....	33
1.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	37
2. Etablierungsvarianten in Blanksaat und mit klassischen Ackerfrüchten als Deckfrucht.....	39
2.1 Zielsetzung.....	39
2.2 Material und Methoden.....	40
2.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung.....	40
2.2.2 Bonituren und Messungen.....	44
2.2.3 Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit	45
2.2.3.1 Erträge	45
2.2.3.2 Methanausbeute und Ableitung der Gärsubstratpreise	46
2.2.3.3 Arbeitsort, Einsatzbedingungen, Flächenkosten	47
2.2.3.4 Anbauverfahren	47
2.2.3.5 Kostengruppen.....	49
2.3 Ergebnisse	51
2.3.1 Bestandsentwicklung nach der Ansaat und Etablierungserfolg	51
2.3.2 Entwicklung und Bestandszusammensetzung ab dem zweiten Standjahr	62
2.3.3 Kostenkalkulationen.....	66
2.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	73

3. Entwicklung von Mischungsvarianten mit heimischen Stauden.....	75
3.1 Zielsetzung	75
3.2 Material und Methoden	79
3.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung	79
3.2.2 Kulturführung	81
3.2.3 Versuchsdesign	82
3.2.4 Mischungszusammensetzung	82
3.2.5 Untersuchungsmethoden.....	91
3.3 Ergebnisse	92
3.3.1 Nutzungsdauer und kumulierte Erträge über fünf Standjahre	92
3.3.2 Mischungsvarianten in drei Anbauregionen	98
3.3.2.1 Bestandsentwicklung und Erträge	98
3.3.2.2 Artzusammensetzung und Methanausbeute der Einzelarten.....	105
3.3.3 Staudenetablierung in Abhängigkeit von der Deckfruchtmischung	125
3.3.4 Grundlegende Mischungsüberarbeitung 2014	128
3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	133
4. Entwicklung von Hochleistungsmischungen mit Präriestauden	135
5. Zeiterntversuche an den Hauptertragsarten	138
5.1 Zielsetzung	138
5.2 Versuchsaufbau und Durchführung	139
5.3 Ergebnisse	140
5.3.1 Heimische Stauden und Kulturarten	140
5.3.2 Präriearten	148
5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	153
6. Modellhafte Umsetzung in Praxisversuchen	156
7. Begleituntersuchungen.....	160
7.1 Bodenuntersuchungen (Dr. Manfred Klemisch, LWG)	160
7.1.1 Zielsetzung.....	160
7.1.2 Methoden	160
7.1.3 Ergebnisse	162
7.2 Habitatnutzung durch Vögel (Dr. Krista Dziewiaty)	167
7.2.1 Hintergrund	167
7.2.2 Untersuchungsflächen	167
7.2.3 Kartierung Brutvögel und Nahrungsgäste	169
7.2.4 Wetterverhältnisse	170
7.2.5 Ergebnisse	170
7.2.6 Zusammenfassung Avifauna	175
7.2.7 Fotodokumentation	177

7.3 Faunistische Untersuchungen zur Artenvielfalt bei Kleintieren (Helmut Stumpf, ÖAW) 178	
7.3.1 Untersuchungsgebiet und Probeflächen	178
7.3.2 Material und Methoden	181
7.3.3 Ergebnisse	184
7.3.4 Zusammenfassung Kleintiere	190
7.4 Honigbienen (Dr. Ingrid Illies)	191
7.4.1 Hintergrund	191
7.4.2 Material und Methoden	192
7.4.2.1 Einflüsse von Blümmischungen im Umfeld von Bienenvölkern auf die Volksentwicklung und Überwinterungsfähigkeit	192
7.4.2.2 Effekte einzelner Wildpflanzenarten auf die Bienengesundheit und Honigqualität am Beispiel von Pyrrolizidinalkaloiden.....	196
7.4.3 Ergebnisse	199
7.4.3.1 Entwicklung von Bienenvölkern im Umfeld der WPM.....	199
7.4.3.2 Effekte einzelner Wildpflanzenarten auf die Bienengesundheit und Honigqualität am Beispiel von Pyrrolizidinalkaloiden.....	204
7.4.4 Diskussion.....	208
7.4.5 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	210
8. Verwertung der Ergebnisse	211
9. Erkenntnisse von Dritten.....	212
10. Zusammenfassung	214
11. Schlussfolgerungen	217
12. Veröffentlichungen und Öffentlichkeitsarbeit (2012-2015)	220
12.1 Fachpublikationen.....	220
12.2 Fachvorträge	222
12.3 Führungen	223
12.4 Pressekonferenzen.....	224
12.5 Internationale Grüne Woche und Feldtage	225
12.6 Internet	226
12.7 Projektbeirat	226
13. Literaturverzeichnis.....	228
14. Anhang:.....	231

I. Ziele

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen der abgeschlossenen Phase I des Forschungsvorhabens "Energie aus Wildpflanzen" (2008-2011, FKZ 22005308) wurden wichtige Grundlagen gelegt, um mittels mehrjähriger artenreicher Mischungen aus jeweils rund 20 Wild- und Kulturpflanzenarten eine ökologisch wertvolle und dennoch ökonomisch interessante Ergänzung zu Standard-Biogaskulturen anbieten zu können. Geprüft wurden Mischungsvarianten einerseits nur mit heimischen Staudenarten, andererseits mit erweitertem Herkunftsspektrum, und dies jeweils für trockene und für frische Standorte.

In der Phase II ging es darum, das Anbausystem zur Praxisreife weiterzuentwickeln, indem, aufbauend auf den Ergebnissen der Phase I, für verschiedene Zielschwerpunkte und Standortbedingungen optimierte Mischungen zusammengestellt und in Großparzellen- und Praxisversuchen auf verschiedenen Standorten näher geprüft wurden. Auch waren noch wesentliche Fragen zur Kulturführung zu klären, beispielsweise bei Bestandsgründung und zum Düngerbedarf. Ziel war es, dass den Landwirten an verschiedene Standortbedingungen angepasste Saatmischungen angeboten werden können, mit denen sie die Tierwelt der Agrarlandschaft fördern und gleichzeitig ressourcenschonend einen guten Methanertrag in der Biogasanlage erzielen können.

2. Stand der Technik

Mit dem Ausbau der Bioenergie in den letzten zehn Jahren nahm auch der Anbau von Energiepflanzen zu. Durch den steigenden Flächenbedarf verschärfte sich die Konkurrenz um die begrenzten Agrarflächen. Die Folge war häufig eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion mit einem hohen Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln. Zudem bietet die Biomassenutzung starke Anreize für die Landwirtschaft, Dauergrünland in Äcker umzuwandeln oder Stilllegungsflächen und extensiv bewirtschaftete Flächen zum intensiven Energiepflanzenanbau zu nutzen (Nitsch und Osterburg 2009, Drechsler et al. 2011). Durch die starke Konzentrierung auf den Silomais, der aufgrund seines hohen

Energieertrags und seiner großen Rentabilität bevorzugt als Biogassubstrat angebaut wird (Schütte 2010, Poeschl et al. 2010), kommt es im Umfeld von Biogasanlagen häufig zu einer Einengung der Fruchtfolgen mit sehr hohen Maisflächenanteilen bis hin zur regionalen Monokultur (Karpenstein-Machan und Weber 2010). Die einseitige Ackernutzung und die mit der Intensivierung einhergehenden Veränderungen in der Agrarlandschaft führen zu einem Rückgang der Artenvielfalt und einer Verarmung des Landschaftsbilds (Wiehe et al. 2009), weshalb der Energiepflanzenanbau seitens des Naturschutzes und der Bevölkerung zunehmend kritisch gesehen wird. Weitere Risiken eines langjährigen, intensiven Maisanbaus in Selbstfolge liegen in nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit (Rippel et al. 2008) sowie dem erhöhten Risiko von Pflanzenkrankheiten (Meissle et al. 2010) und Wildschäden (Waltmann 2011). Auf erosionsgefährdeten oder sehr durchlässigen Böden birgt der Anbau von Mais wegen der bei dieser Kultur über lange Zeit fehlenden Bodendeckung und der hohen Stickstoffverlagerungsgefahr Risiken für den Gewässerschutz (Drechsler et al. 2011).

Mit der Ausweitung des Energiepflanzenanbaus wurde die Forschung bezüglich der Auswirkungen auf Natur und Umwelt intensiviert. Wichtiger Forschungsschwerpunkt war auch die Suche nach neuen, für die Biogasgewinnung geeigneten Kulturen, die durch ihre Implementierung in den Anbau zu einer Erhöhung der Agrobiodiversität beitragen können. Bisher sind fast ausschließlich einjährige Kulturen wie Sorghumhirsen oder Roggen-Wicken-Gemische in den Anbau gekommen. Auch einige mehrjährige Kulturarten werden derzeit geprüft und für den Praxisanbau optimiert. Bei mehrjährigen Kulturen ist die Erosionsgefahr durch die mehrjährige Standzeit ohne wiederkehrende Bodenbearbeitung stark gemindert (Glemnitz et al. 2009). Als vielversprechende, mehrjährige Kultur zum Biomasseanbau gilt die Durchwachsene Silphie, die bislang meist durch Pflanzung von Jungpflanzen in Reinkultur etabliert wird (Conrad et al. 2010).

Seit 2008 wird in dem vorliegenden Projekt der Ansatz verfolgt, Mischungen aus ein- und mehrjährigen Wild- und Kulturpflanzenarten zur Biogasgewinnung anzubauen. Wesentlicher Unterschied zu allen anderen Kulturen zur Biomassegewinnung liegt dabei in der Kombination von einer Vielzahl unterschiedlicher Arten auf einer Fläche (bis zu 25 Arten), die sich zu reich strukturierten Pflanzenbeständen entwickeln. Der Aufwand bei Bestandsgründung und Kulturführung ist dabei gering, weil die Bestände in Blanksaat gegründet werden, nur einmal jährlich geerntet werden

müssen und im Regelfall kein Pflanzenschutz erforderlich ist. Erste Ergebnisse im Rahmen des Projekts belegen, dass die blütenreichen Pflanzenbestände zahlreichen Vogel-, Fledermaus- und Insektenarten geeignete Lebensräume bieten (z. B. Robertson et al. 2010, Degenbeck 2011). Die Erosionsgefahr ist durch die mehrjährige Bodenruhe, intensive Durchwurzelung des Bodens und die ganzjährige Vegetationsdecke vermindert, positive Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit sind anzunehmen (vgl. Frank et al. 2004, Fargione et al. 2008). Wegen der Neuartigkeit dieses Ansatzes, Wildpflanzenmischungen zur Biomassegewinnung auf Produktionsflächen einzusetzen, entspricht der derzeitige Kenntnisstand zu geeigneten Mischungen, Ertragspotential und Kulturführung den bisher in dem Projekt gewonnenen Ergebnissen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Seit Ende der 90er Jahre arbeitet die LWG an der Entwicklung von „wildtierfreundlichen“ artenreichen Saatmischungen aus ein- und mehrjährigen Wild- und Kulturpflanzenarten. Für verschiedene Zwecke wurden im Rahmen mehrerer drittmittelfinanzierter Forschungsvorhaben Saatmischungen zusammengestellt, aus pflanzenbaulicher und ökologischer Sicht erprobt bzw. bewertet und laufend weiterentwickelt. Die verbreitetste Mischung ist „Lebensraum 1“; diese wurde 2010 allein in Bayern auf rund 13.000 ha angesät, dank der Förderung durch das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm. Bekannt ist weiterhin die „Veitshöchheimer Bienenweide“. Im Wesentlichen wurden diese vornehmlich nach ökologischen Kriterien konzipierten „Blühmischungen“ auf vorübergehend stillgelegten Ackerflächen angesät. Sie enthalten allerdings zahlreiche Arten, welche ein hohes Biomassepotenzial aufweisen. So entstand der Gedanke, die Blühmischungen in Richtung Biogasnutzung weiterzuentwickeln.

In der ersten Projektphase „Energie aus Wildpflanzen“ (2008-2011) wurden wichtige Grundlagen für ein neuartiges Anbausystem geschaffen, das unter Verwendung massewüchsiger mehrjähriger Blühmischungen die Ziele ökonomische Biogasnutzung und Förderung der Wildtiere auf einer Fläche vereint. Zur Konzipierung artenreicher Saatmischungen aus ein-, zwei- und mehrjährigen Wild- und Kulturpflanzenarten lag der Forschungsschwerpunkt zunächst auf der Artensichtung und kleinflächigen Parzellenversuchen an jeweils zwei Standorten in Unterfranken und Niedersachsen. Getestet wurden Mischungen nur mit heimischen Stauden sowie Mischungen auch mit fremdländischen Arten. Während Saatmischungen mit erweitertem Herkunftsspektrum am Ende der Projektphase I

noch weit von der Praxisreife entfernt waren, konnten bereits 2011 insgesamt 200 ha einer Mischungsvariante mit heimischen Stauden bei 70 Landwirten in 12 Bundesländern im Praxisversuch angesät und mit Standardtechnik geerntet werden.

Erste faunistischen Untersuchungen im Rahmen der Projektphase I gaben Hinweise auf den hohen ökologischen Wert des Anbausystems. So wurden 9 verschiedene Fledermausarten über den Versuchsflächen bei der Jagd nach Insekten nachgewiesen, außerdem 30 Vogelarten, davon 15 gefährdete Arten der deutschen Roten Liste. Die bienenkundlichen Tastversuche gaben erste Hinweise auf die gute Eignung der meisten heimischen und insbesondere auch der fremdländischen Arten als Trachtpflanzen. Bei den bodenbewohnenden Arthropoden zeigte der Vergleich verschiedener Ansaatflächen mit einer benachbarten Maiskultur in fast allen untersuchten Tiergruppen (z. B. Spinnen, Laufkäfer) deutlich höhere Artenzahlen. Auch die Honigbienen nutzen die Testflächen als wichtige Nektar- und Pollenquelle bis in den Spätsommer, wenn im Umfeld fast nichts mehr blüht.

3. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Nachfolgend werden die am Projekt beteiligten Versuchsstationen und Institutionen sowie zuständigen Personen aufgeführt:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG):
Martin Degenbeck (Projektleitung), Dr. Birgit Vollrath (Wissenschaftliche Leitung),
Antje Werner, Dominik Kretzer, Kornelia Marzini, Dr. Ingrid Illies (bienenkundliche
Untersuchungen), Dr. Manfred Klemisch (Bodenuntersuchungen)

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL):
Dr. Christine Riedel, Dr. Joachim Eder,
Manuel Schmid, Klaus Lettenmeier (beide Standort Grub)

Bundessortenamt Hannover (BSA)
Elmar Pfülb, Dietmar Böhnke (Standort Rethmar), Dirk Kruiskamp (Standort
Marquardt), Karin Riemer, Nora-Sophie Quett

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK)
Carsten Rieckmann, Tobias Glauert, Henning Ahlvers (Standort Dasselsbruch), Julia
Becker

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende
Rohstoffe Straubing (TFZ):
Dr. Maendy Fritz, Franz Heimler, Michael Kandler, Florian Völkl (Standort Straubing)

Hochschule Osnabrück:
Ulrike Schliephake, Tobias Kamps (Standort Wallenhorst)

Saaten Zeller:
Joachim Zeller, Stefan Zeller (Standort Phöben)

Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL)
Walter Zerr, Dr. Fabian Jacobi (Gärversuche, Ligninuntersuchungen)

Stiftung Tierärztlich Hochschule Hannover (TiHo):
Dr. Jörg Tillmann, Heike Böhme

dziewiaty+bernardy:
Dr. Krista Dziewiaty, Petra Bernardy

Ökologische Arbeitsgemeinschaft Würzburg (ÖAW):
Helmut Stumpf

II. Ergebnisse

1. Versuche zur Stickstoffdüngung

1.1 Zielsetzung

Da noch erhebliche Unklarheiten zum Nährstoffbedarf der Wildpflanzenkulturen bestehen, wurde ein Düngerversuch durchgeführt. Dabei waren folgende Fragestellungen von Interesse:

- Wie wirkt sich eine nur schwache Stickstoffdüngung oder ein kompletter Verzicht auf Dünger (beispielsweise aus Gründen des Wasserschutzes) auf die Biomasseerträge aus?
- Bis zu welcher Düngermenge kann der Stickstoff in erhöhte Biomassezuwächse umgesetzt werden?
- Wie wirkt sich die Stickstoffdüngung auf die Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden aus?

Aus den Ergebnissen sollen Empfehlungen zur Stickstoffdüngung abgeleitet werden, wobei sowohl ökologische Faktoren (Gefahr der Nitratauswaschung), als auch wirtschaftlich relevante Kriterien (Auswirkung auf Erträge, Verwertung überschüssiger Wirtschaftsdünger) berücksichtigt werden sollen.

1.2 Material und Methoden

1.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung

An zwei Standorten, nämlich an der Versuchsstation Dasselsbruch der LWK Niedersachsen nahe Hannover und der Versuchsstation Grub der LfL bei München wurden im Frühjahr 2012 und 2013 Wildpflanzenmischungen ausgesät und sechsstufige Versuche zur Stickstoffverfügbarkeit aufgebaut. Wie anhand der standörtlichen Kenngrößen ersichtlich (Tabelle 1.2.1), unterscheiden sich die Standorte erheblich hinsichtlich Höhenlage, Niederschlagssummen und Boden.

Tabelle 1.2.1: Standortliche Kenngrößen der Versuchsstandorte des Düngerversuchs.

	Das	Gru
	Dasselsbruch	Grub
Ackerzahl	25	38
Bodenart	Sand	sandiger Lehm
pH	5	6,8
Stärke der Krume [cm]	25	30
Kulturzustand des Bodens	gut	mittel
mittlerer Niederschlag [mm]	657	857
Jahresdurchschnittstemperatur [°C]	8,9°C	8,9°C
Feuchtigkeitslage	mittel	trocken
Höhenlage [m über NN]	39	525

In Abbildung 1.2.1 werden die langjährigen mittleren Temperaturen und Niederschlagssummen bei den beiden Versuchsstandorten im jahreszeitlichen Verlauf gegenübergestellt. In Grub sind die Wintertemperaturen im Mittel niedriger und die Niederschlagssummen im Sommer höher als an dem Vergleichsstandort Dasselsbruch. Im Jahr 2014 waren die Temperaturen an beiden Standorten außergewöhnlich hoch (Abbildung 1.2.2), bei den Niederschlägen sind vor allem die hohen Werte am Standort Grub im Jahr 2013 auffällig. Die Witterungsverläufe, dargestellt als monatliche Mittelwerte über den gesamten Untersuchungszeitraum 2012 bis 2014, gehen im Einzelnen aus dem Anhang hervor.

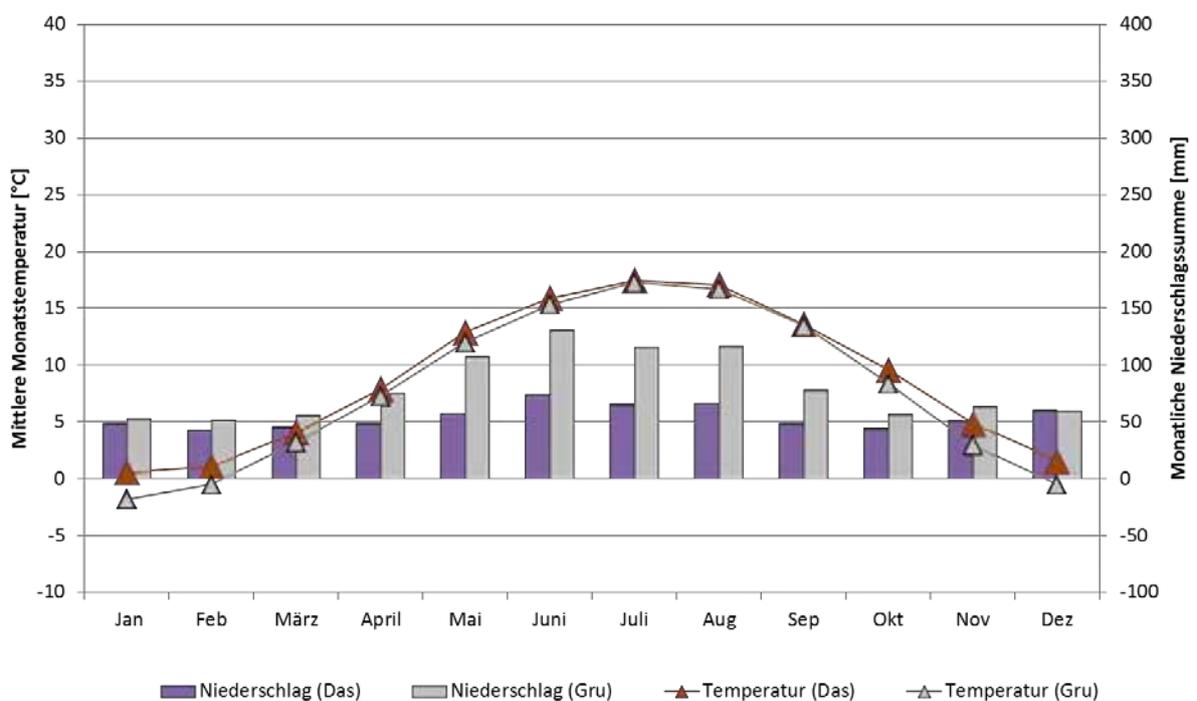


Abbildung 1.2.1: Gegenüberstellung der langjährigen Monatsmittelwerte von Temperatur und Niederschlägen an den Versuchsstandorten des Düngerversuchs Grub und Dasselsbruch.

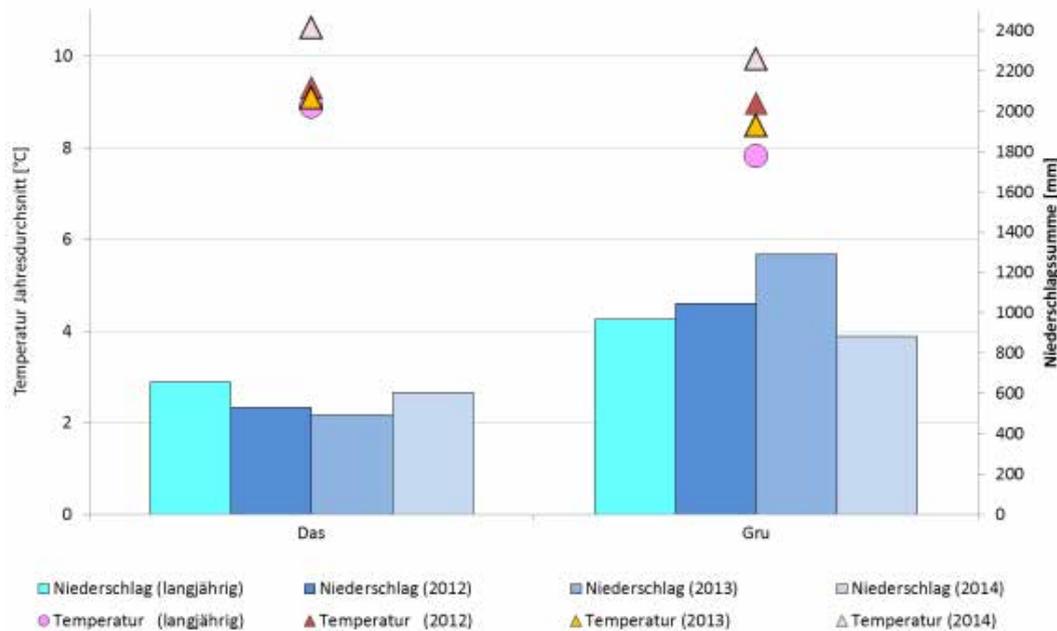


Abbildung 1.2.2: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge in den Untersuchungsjahren 2012 bis 2014 an den Standorten des Düngerversuchs Grub und Dasselsbruch. Zum Vergleich wurde das langjährige Mittel dargestellt.

Bei den Mischungen handelt es sich um die jeweilige Praxismischung des Ansaatjahrs (siehe Kapitel 3.2.4, Tabelle 3.2.2). Die Versuche umfassen auf beiden Standorten und in beiden Ansaatjahren vier Wiederholungen, wodurch sich insgesamt 48 Parzellen in 2012 und 96 Parzellen ab 2013 ergaben (Parzellengröße: 6 m x 12 m). Alle vier Versuchsanlagen wurden als randomisierte Blockanlagen mit je vier Wiederholungen angeordnet.

1.2.2 Düngung

Die Düngewarienten wurden wie in folgender Tabelle festgelegt. Variante N3 entspricht einer N-Düngung gemäß der bis 2014 gültigen Praxisempfehlung. Weil sich die Stickstoffdüngung im ersten Standjahr erfahrungsgemäß auf die Etablierung der Stauden auswirken kann, war im ersten Standjahr ein von den folgenden Standjahren abweichendes Vorgehen erforderlich. Hier wurde zunächst nur zwischen drei Varianten der Stickstoffverfügbarkeit unterschieden, eine Variante von 100 kg N/ha gemäß der zu Versuchsbeginn gültigen Anbauempfehlung, eine Nullvariante ohne Düngung, und einer Variante mit erhöhtem Stickstoffangebot. Im 2. Standjahr wurden zwischen 90 und 180 kg N/ha gegeben. Die Düngestufen N4 und N5 erhielten einheitlich 180 kg N/ha, um zu prüfen, ob sich die hohe Düngung im ersten Standjahr auf die Etablierung der zwei- bis mehrjährigen Arten und dadurch auf die Erträge auswirkt.

Ab dem 3. Standjahr (ab 2014 bei der Ansaat 2012) wurde zusätzlich eine extrem hohe N-Düngung von 210 kg/ha in den Versuch einbezogen. Die Nullvariante blieb über den gesamten Zeitraum ohne Dünger.

Tabelle 1.2.2: Übersicht über die Dünge­stufen. Von der angegebenen Düngermenge wurde der im Frühjahr im Boden enthaltene mineralische Stickstoff abgezogen. Dabei wurden am Standort Dasselsbruch die Gehalte in 0-60cm Bodentiefe berücksichtigt, in Grub konnte wegen des flachgründigen skelettreichen Bodens nur die obere Schicht bis 30cm Tiefe untersucht und angerechnet werden.

Variante	1. Standjahr	2. Standjahr	ab 3. Standjahr
N0	keine N-Düngung	keine N-Düngung	keine N-Düngung
N1	100 kg N/ha	90 kg N/ha	90 kg N/ha
N2	100 kg N/ha	120 kg N/ha	120 kg N/ha
N3	100 kg N/ha	150 kg N/ha	150 kg N/ha
N4	100 kg N/ha	180 kg N/ha	180 kg N/ha
N5	150 kg N/ha	180 kg N/ha	210 kg N/ha

Um für Versuchszwecke eine Kontrolle aller eingesetzten Nährstoffe zu ermöglichen, wurden nicht (wie meist in der Praxis) Gärreste, sondern mineralische Dünger eingesetzt. Die Düngung erfolgte spätestens vier Wochen nach der Aussaat und in den folgenden Jahren zu Vegetationsbeginn. Bei den höheren Dünge­stufen (ab 150 kg N/ha inkl. N_{\min}) wurde der Dünger auf zwei Gaben verteilt (Startgabe: 50 kg N/ha)

1.2.3 Kulturführung

Abgesehen von der abweichenden Düngermenge (Kapitel 1.2.2) richtete sich die Kulturführung nach den gültigen Anbauempfehlungen der LWG (http://www.lwg.bayern.de/landespflge/natur_landschaft/089725/index.php):

Bestandsgründung als Blanksaat (Oben-auf-Saat) im Frühjahr in etwa zeitgleich zur praxisüblichen Maissaat mit der vor Ort vorhandenen Technik; feinkrümeliges Saatbett; oberflächliche Samenablage in Reihensaat oder Breitsaat (dazu Säscharer und Saatstriegel aushängen, die Schnecke ausschalten); Anwalzen nach der Saat; kein Pflanzenschutzmittel. Die Saattermine lagen am 03.05.2012 und 23.04.2013 in Grub bzw. am 25.04.2012 und 17.05.2013 in Dasselsbruch. Der späte Saattermin der Zweitanlage in Dasselsbruch ist durch eine mehrmalige mechanische Behandlung bedingt, die wegen des starken Unkrautdrucks durch das Hirtentäschelkraut (*Capsella bursa-pastoris*) erforderlich war.

Für die Festlegung des Erntetermins wurden mit Beginn der Hauptblüte TM-Bestimmungen vorgenommen. Ab einem TM-Gehalt von 28 % kann mit der Ernte begonnen werden. Die Erntetermine finden sich im Einzelnen bei den Graphiken zur Ertragsbestimmung.

Die Ernte erfolgte unter Verwendung eines Versuchshäckslers, am Standort Dasselsbruch wurde der Bestand zuvor gescheitelt. Die Schnitthöhe betrug 15 cm.

1.2.4 Bonituren und Messungen

1.2.4.1 Biomasseerträge und Untersuchung des Erntematerials

Um Randeinflüsse auszuschließen, wurden die Erträge im zentralen Bereich der Parzellen bestimmt. Bei allen Parzellen wurden Erntefläche und Masse des geernteten Pflanzenmaterials ermittelt. Zur Bestimmung des TM- und des Gesamtstickstoffgehalts des Pflanzenmaterials wurde Probematerial eingewogen und getrocknet. Batchuntersuchungen erfolgten an Mischproben über die vier Wiederholungen. Dazu wurde jeweils 3 kg des gehäckselten und durchmischten Erntematerials zeitnah eingefroren und an das Landesbetrieb Hessisches Landeslabor Eichhof (LHL) in Bad Hersfeld geschickt. Der Batchtest erfolgte nach VDI Richtlinie 4630 in dreifacher Wiederholung nach Durchschnittswert über die Messperiode bei 35-tägiger Verweilzeit im Fermenter.

1.2.4.2 Bodenuntersuchungen

Zur Festlegung der N-Düngergaben wurden im Frühjahr zu Vegetationsbeginn Bodenanalysen durchgeführt (Gehalte an Nitrat- und Ammonium-Ionen, Mischproben über die Wiederholungen, getrennt für die Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm). Weitere Untersuchungen erfolgten zum Ende der Vegetationsperiode (im November). Dabei wurden, soweit am Standort möglich, auch tiefere Bodenschichten berücksichtigt, um Aussagen über eine Stickstoffverlagerung bei den unterschiedlichen Düngestufen zu ermöglichen (Mischproben für die einzelnen Parzellen, getrennt für die Tiefen 0–30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm).

1.2.4.3 Bestandsstruktur und Artzusammensetzung

Die vegetationskundlichen Aufnahmen umfassen Merkmale zur Bestandsstruktur, Artzusammensetzung sowie zum Entwicklungszustand einzelner Pflanzenarten:

- 1) Bestandshöhe (gegebenenfalls getrennt für Hauptschicht und Überhälter)
- 2) Projektive Deckung dera) gesamten Pflanzendecke
 - b) gesäten Arten
 - c) spontanen Gräser
 - d) spontanen Kräuter

Die Angabe der Schätzung für die Artengruppen erfolgt in % der Parzellenfläche (ohne Berücksichtigung eines Randbereichs von ca. 1 m).

- 3) Projektive Deckung der einzelnen gesäten Arten

Die Schätzung erfolgte hier ebenfalls in % der Gesamtfläche. Bei geringer Deckung wurde in Anlehnung an Braun-Blanquet zusätzlich zwischen „r“ (äußerst spärlich, Deckung < 1 %), „+“ (spärlich, Deckung < 1 %) und „2m“ (sehr zahlreich, Deckung < 5 %) unterschieden.

Weil sich die einzelnen Arten meist teilweise überdecken, liegen die aufsummierten Werte für die projektive Deckung der Einzelarten im Allgemeinen höher als die Gesamtdeckung der Artengruppe. Für die graphische Darstellung wurde für die gesäten Arten ein weiterer, den Ursprungsdaten proportionaler Wert berechnet, der bei Aufsummierung zu der festgestellten projektiven Gesamtdeckung aller gesäten Arten führt. Die Stufen „r“ und „+“ fließen hier mit 0,1 bzw. 0,5 % Deckung und „2m“ mit 2,5 % Deckung ein.

1.2.4.4 Entwicklungszustand der wichtigsten Ertragsarten

Bei den Einzelarten erfolgten teilweise zusätzlich Bonituren zum Entwicklungsstadium nach BBCH-Skala (vgl. Uwe Mayer, 2001). Bei der BBCH-Skala handelt es sich um einen Code, der Entwicklungsstadien von verschiedensten Pflanzen auf einheitliche Weise anhand phänologischer Merkmale beschreiben soll. Die allgemeine Skala ist hierbei zweistellig und dezimal aufgebaut.

Tabelle 1.2.3: Im Versuch verwendete BBCH-Skala, Stadien über 69 wurden mit 70+ angegeben.

Makrostadium 3:	
Längen- bzw. Rosettenwachstum / Triebentwicklung / Schossen	
31	1-Knoten-Stadium
32	2-Knoten-Stadium
33	3-Knoten-Stadium
3..	Stadien fortlaufend bis ...
39	Maximale Länge bzw. Durchmesser erreicht; 9 oder mehr Knoten
Makrostadium 5:	
Erscheinen der Blütenanlage / Ähren- bzw. Rispschieben	
51	Blütenanlagen bzw. -knospen sichtbar;
55	Erste Einzelblüten sichtbar (geschlossen);
59	Erste Blütenblätter sichtbar, Blüten noch geschlossen;
Makrostadium 6: Blüte	
60	Vereinzelt erste Blüten offen
61	Beginn der Blüte: 10% der Blüten offen
62	20% der Blüten offen
63	30% der Blüten offen
64	40% der Blüten offen
65	Vollblüte: 50% der Blüten offen, erste Blütenblätter können fallen oder vertrocknen
67	Abgehende Blüte: Mehrzahl der Blütenblätter abgefallen oder vertrocknet
69	Ende der Blüte: Fruchtsatz sichtbar

1.3 Ergebnisse

1.3.1 Bestandsentwicklung und Erträge

Am **Standort Dasselsbruch** lief nach der Aussaat der WPM im Jahr 2012 **im ersten Standjahr** das einjährige Ackerunkraut *Capsella bursa-pastoris* in hoher Dichte auf und entwickelte sich bis Juni 2012 zu einem dichten, etwa 70 cm hohen Pflanzenbewuchs. Um den Bestand für die folgenden Standjahre zu sichern, wurde die Fläche in 3 cm Höhe gemäht und das Pflanzenmaterial von der Fläche entfernt, um ein Aussamen zu verhindern. Bis zum Herbst bildeten einjährige Nachläufer der WPM noch einen lockeren, blütenreichen Bestand, in dessen Unterstand sich eine Vielzahl vitaler Pflanzen zwei- und mehrjähriger Arten der WPM etablierten. Wegen der nur geringen Biomassebildung beim zweiten Aufwuchs wurde auf eine Ertragsbestimmung in diesem Jahr verzichtet. Bei der Versuchsanlage im folgenden Jahr (Ansaat 2013) wurde die Vorgehensweise bei der Bestandsgründung verändert, um ein erneutes starkes Aufkommen von *Capsella bursa-pastoris* zu vermeiden. Der Boden wurde ab 22.04.2013 zur Beikrautbekämpfung dreimalig in zeitlichen Abständen bearbeitet. Die Aussaat der WPM erfolgte daher erst etwa drei Wochen später als im Vorjahr (Mitte Mai). *Capsella bursa-pastoris* entwickelte sich bei den so

vorbehandelten Flächen wesentlich schwächer als im Vorjahr, so dass hier kein Schröfsschnitt mehr erforderlich war. Die Erträge der spät gesäten Bestände lagen trotz der extremen Sommertrockenheit in 2013 bei etwa 75 dt TM/ha, bei der ungedüngten Variante um etwa 30 % niedriger.

Im zweiten Standjahr dominierten am Standort Dasselsbruch - anders als in Grub - bereits mehrjährige Arten der WPM-Mischung, wobei sich Bestandsstruktur und Artzusammensetzung bei den Düngevarianten deutlich unterschieden (vgl. Abbildung 1.3.1). Auffällig war insbesondere die geringere Höhe und die sehr lockere Struktur der Nullvariante (keine N-Düngung), die bei der Ansaat 2012 auch zu um 30 % niedrigeren Erträgen führte (78 dt TM/ha, Abbildung 1.3.3). Bei den gedüngten Varianten wurden dagegen fast einheitlich 110 dt TM/ha geerntet. Bereits bei einer Aufdüngung auf 90 kg/ha Stickstoff wurden somit maximale Erträge erreicht, eine weitere Erhöhung der N-Zufuhr führte somit zu keiner Ertragssteigerung mehr. Bei dem erst Mitte Mai gesäten Versuch 2013 blieben die Bestände im 2. Standjahr lückig und erreichten nur geringe Biomassezuwächse, jedoch waren auch hier ein Minderertrag der ungedüngten Variante (um ca. 50 %) und das gleichmäßige Ertragsniveau der gedüngten Bestände festzustellen. Die differierende N-Verfügbarkeit wirkte sich auf die Artzusammensetzung der Bestände aus. So nahm der Anteil der in allen Beständen dominierenden *Centaurea nigra* mit zunehmender N-Verfügbarkeit ab, während die projektive Deckung durch *Artemisia vulgaris* anstieg. Die Steinklee-Arten der WPM fehlten in der Nullvariante fast vollständig und erreichten in der höchsten Düngestufe N5 die größte Deckung. Insgesamt war das Erscheinungsbild der gedüngten Bestände im zweiten Standjahr (Bild 1.3.12) vielfältiger und blütenreicher als bei der Nullvariante (Bild 1.3.1).

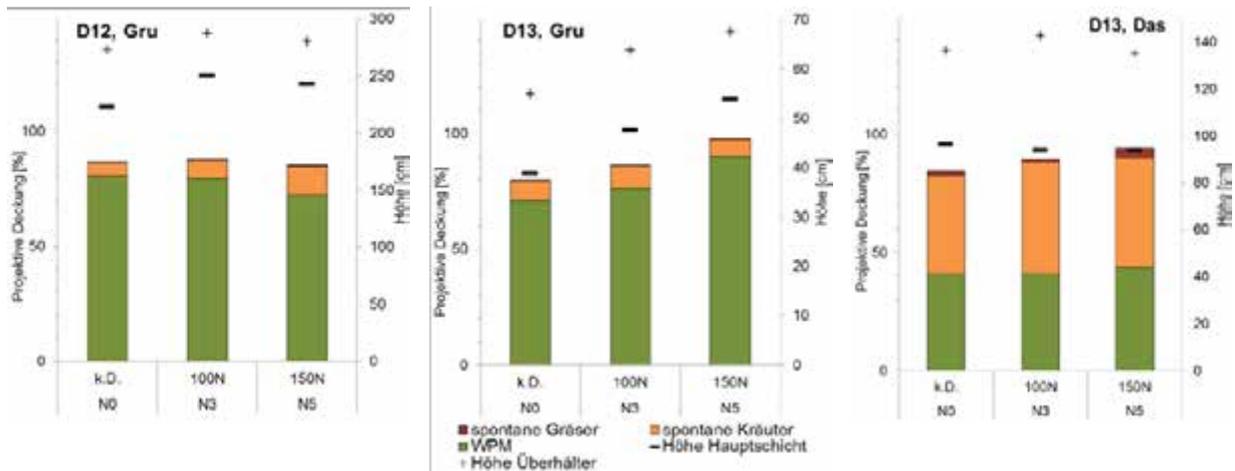


Abbildung 1.3.1: (a bis c) Bestandszusammensetzung und -struktur bei verschiedenen N-Düngung (Tabelle 1.2.2) etwa drei Monate nach der Versuchsanlage im Jahr 2012 (D12) bzw. 2013 (D13). Gezeigt wird die projektive Deckung von spontanen Gräsern und Kräutern sowie der Deckfrucht. Die Höhe von Pflanzenbestand und Überhältern werden durch Linien bzw. Kreuze dargestellt. Aufnahmen vom 01.07.13 (Das) sowie 06.07.2012 und 04.07.2013 (Gru). (k. D.: keine Düngung).

Auch im **dritten Standjahr** waren die Unterschiede zwischen den Düngestufen deutlich. Anhand der im Frühjahr mit der Düngestufe zunehmenden Höhe der Pflanzenbestände (Abbildung 1.3.2c, gestrichelte Kreise) ist das langsamere Wachstum der schlechter N-versorgten Pflanzenbestände ersichtlich, durch fortgesetztes Höhenwachstum erreichten sie aber bis zur Ernte fast die gleiche Höhe wie die übrigen Parzellen (Abbildung 1.3.2, Kreise). Die geringere Dichte und projektive Deckung der Nullvariante war jetzt noch deutlicher als im Vorjahr. Auch nahmen wie bereits in den Vorjahren die Erträge von der Nullvariante bis zu der ersten Düngestufe stärker und danach nur noch geringfügig zu (Abbildung 1.3.3d). Die TM-Gehalte des Erntematerials fielen dabei bei den stärker gedüngten Beständen kontinuierlich ab (Linien in Abbildung 1.3.3d). In Bezug auf die Artzusammensetzung war bei den stärker gedüngten Flächen der größere Anteil von *Inula helenium* und *Silena alba* auffällig. Auch der Fenchel mit extrem wuchsstarken Einzelindividuen war auf den besser gedüngten Flächen häufiger (immer unter 3 % projektive Deckung, nicht dargestellt). *Silene dioica* war dagegen nur bei den beiden niedrigsten Düngestufen regelmäßig zu finden. Bei den ungedüngten Beständen gelangte die bereits im Vorjahr bestandsbildende *Centaurea nigra* zur Dominanz, so dass der Blütenaspekt dieser Parzellen wie zuvor weniger vielfältig war als bei den besser N-versorgten Pflanzenbeständen.



Bild 1.3.1 und 1.3.2: Ansicht des Düngeversuchs (Ansaat 2012) im zweiten Standjahr am Standort Dasselsbruch (25.06.2013). Bestandsstruktur und Artzusammensetzung der ungedüngten Flächen (Variante N0, links) unterschieden sich deutlich von den gedüngten Parzellen (hier Variante N5, rechts).

Am **Standort Grub** war die Beikrautentwicklung relativ gering (Abbildung 1.3.1a und b). Im Vergleich der Düngevarianten zeigte sich bei der Erstansaat 2012 bei der stärksten Düngung in der Tendenz eine etwas höhere projektive Deckung der Beikräuter und eine geringere durch Arten der WPM als in den schwächer gedüngten Parzellen (Abbildung 1.3.1a). Unterschiede in der Ertragshöhe waren nur bei der Nullvariante feststellbar (um etwa 30 % geringere Werte, Abbildung 1.3.3b), während sich die Erträge bei einer Erhöhung von 100 N auf 150 N nicht mehr steigerten. Bei der Ansaat im folgenden Jahr (Ansaat 2013) waren bei den Varianten keine Unterschiede in der Beikrautentwicklung mehr zu erkennen (Abbildung 1.3.1a), die besser N-versorgten Bestände waren jedoch etwas dichter und höher. Bei der höchsten Düngestufe waren auch die Biomassezuwächse größer, bei der Nullvariante waren sie etwas geringer (Abbildung 1.3.2d). Insgesamt war das Ertragsniveau wie bei allen anderen Neuansaat in diesem Jahr (wie auch bei WPM und Silomais bei den Bestandsgründungsversuchen, vgl. Kapitel 2.3.1) jedoch wieder sehr niedrig. Es ist daher anzunehmen, dass weniger die gedüngte N-Menge, sondern überwiegend Witterungsfaktoren limitierend für das Wachstum waren.



Bild 1.3.3: Ansicht des Düngerversuchs (Ansaat 2012) am Standort Grub im zweiten Standjahr (25.06.2013). Das Erscheinungsbild war bei allen Varianten von dem dominierenden Gelben Steinklee geprägt (Foto: Christine Riedel)



Bild 1.3.4 und 1.3.5: Variante N0 (1.4) und Variante N3 (1.5) des Düngerversuchs (Ansaat 2013) im zweiten Standjahr am Standort Grub (28.07.2013; Fotos: Manuel Schmid)

Auch die Bestände **des zweiten Standjahrs** waren am Standort Grub durch geringe Biomassezuwächse gekennzeichnet. Bei der Ansaat 2012 wurden alle Varianten vom Weißen und Gelben Steinklee dominiert, während die Stauden der Mischung noch eine sehr untergeordnete Rolle spielten (Bild 1.3.3). Zwischen den gedüngten Varianten bestanden hier weder im Ertrag (Abbildung 1.3.3d) noch in der Bestandsstruktur (Abbildung 1.3.2b) Unterschiede. Bei der Ansaat 2013 war dagegen wie in Dasselsbruch ein klarer Minderertrag der Nullvarianten im Vergleich zu den gedüngten Varianten festzustellen. Hier war die projektive Deckung des Steinklees (*Melilotus spec.*) insgesamt geringer und Unterschiede zwischen den Düngevarianten hinsichtlich Struktur und ertragsbildender Staudenarten deutlich. Die ungedüngten Bestände waren niedriger und weniger dicht. Sie zeigten geringere Anteile von *Malva mauritiana* und höhere von *Melilotus spec.* als die Düngevarianten.

Im dritten Standjahr unterschieden sich die zuvor von *Melilotus spec.* dominierten Parzellen deutlich. Die Erträge der Nullvariante lagen nur etwa halb so hoch wie bei

den auf 90 kg N/ha aufgedüngten Parzellen, bei stärkerer Düngung nahmen sie wiederum nur noch schwach zu. Die Ertragsunterschiede waren mit deutlichen Veränderungen in der Artzusammensetzung verbunden (Abbildung 1.3.2d). Auffällig waren insbesondere die mit ansteigender N-Verfügbarkeit und höheren Biomasse-Erträgen zunehmenden Deckungsanteile von *Artemisia vulgaris* und die gegenläufige Abnahme von *Centaurea nigra*. In der extrem überdüngten Variante N5 (210 kg N/ha) eroberte zudem *Silena alba* etwas höhere Deckungsanteile. Im Spätherbst war anhand der ansteigenden Höhe von Bestand und Überhältern erkennbar, dass die stärker gedüngten Bestände auch nach der Ernte stärkere Zuwächse erfuhren (Abbildung 1.3.4).



Bild 1.3.6 und 1.3.7: Ernte der Versuchspartellen des Düngerversuchs im zweiten Standjahr am 20.8.2013 (Fotos: Tobias Glauert, LWK Niedersachsen).

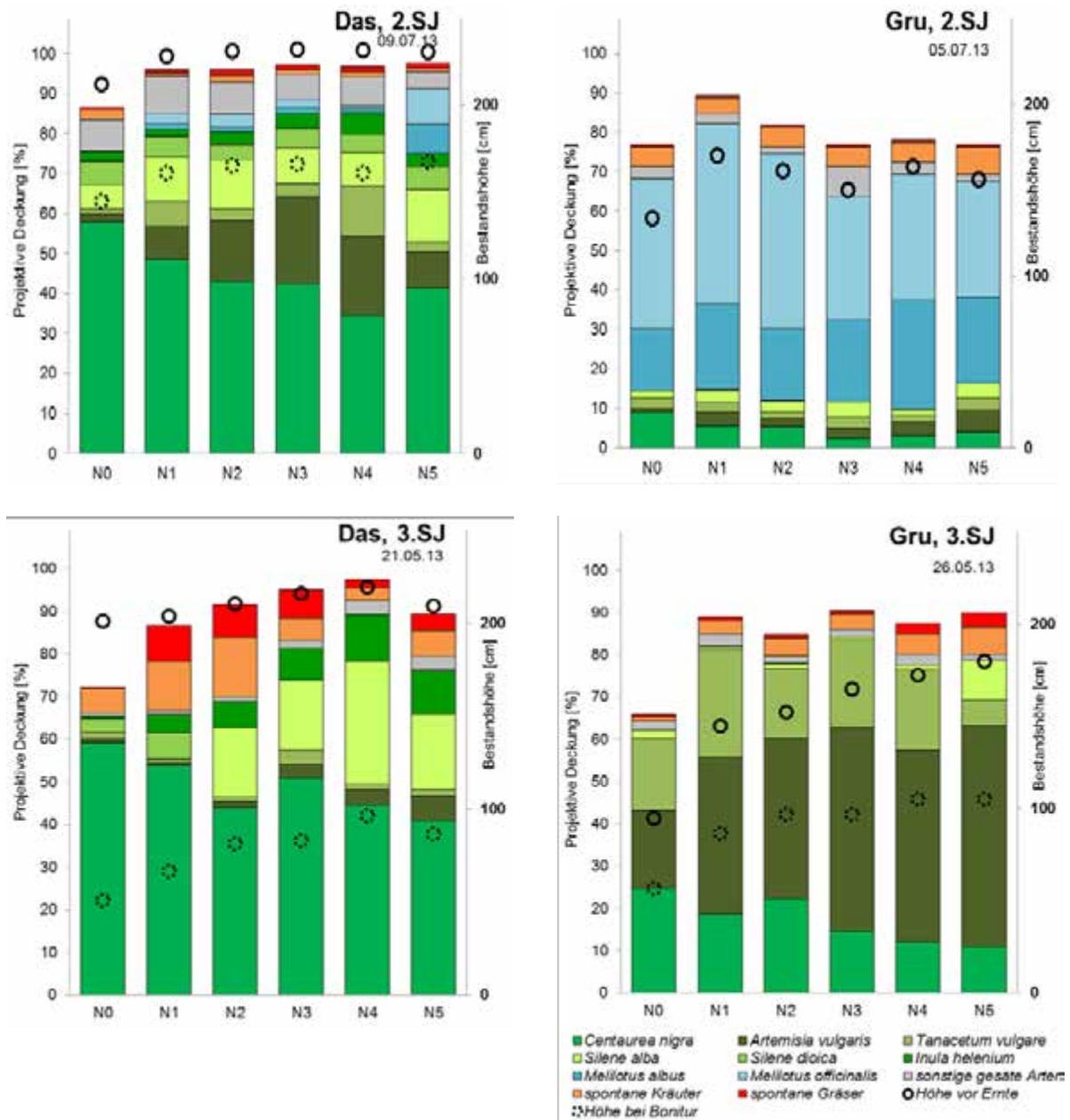


Abbildung 1.3.2: a[^]bis d: Artzusammensetzung der Pflanzenbestände bei verschiedenen N-Düngungsvarianten (Tabelle 1.2.2) am Standort Dasselsbruch (Das, links) und am Standort Grub (Gru, rechts) im zweiten (oben, a und b) und dritten Standjahr (unten, c und d, Ansaat 2012). Verschiedene Farben symbolisieren die Anteile der dominierenden Wildkräuterarten an der Gesamtdeckung. Gesäte Arten mit geringen Deckungsanteilen (unter 3 %) wurden zusammengefasst (graue Säulen). Der Boniturtermin ist angegeben.

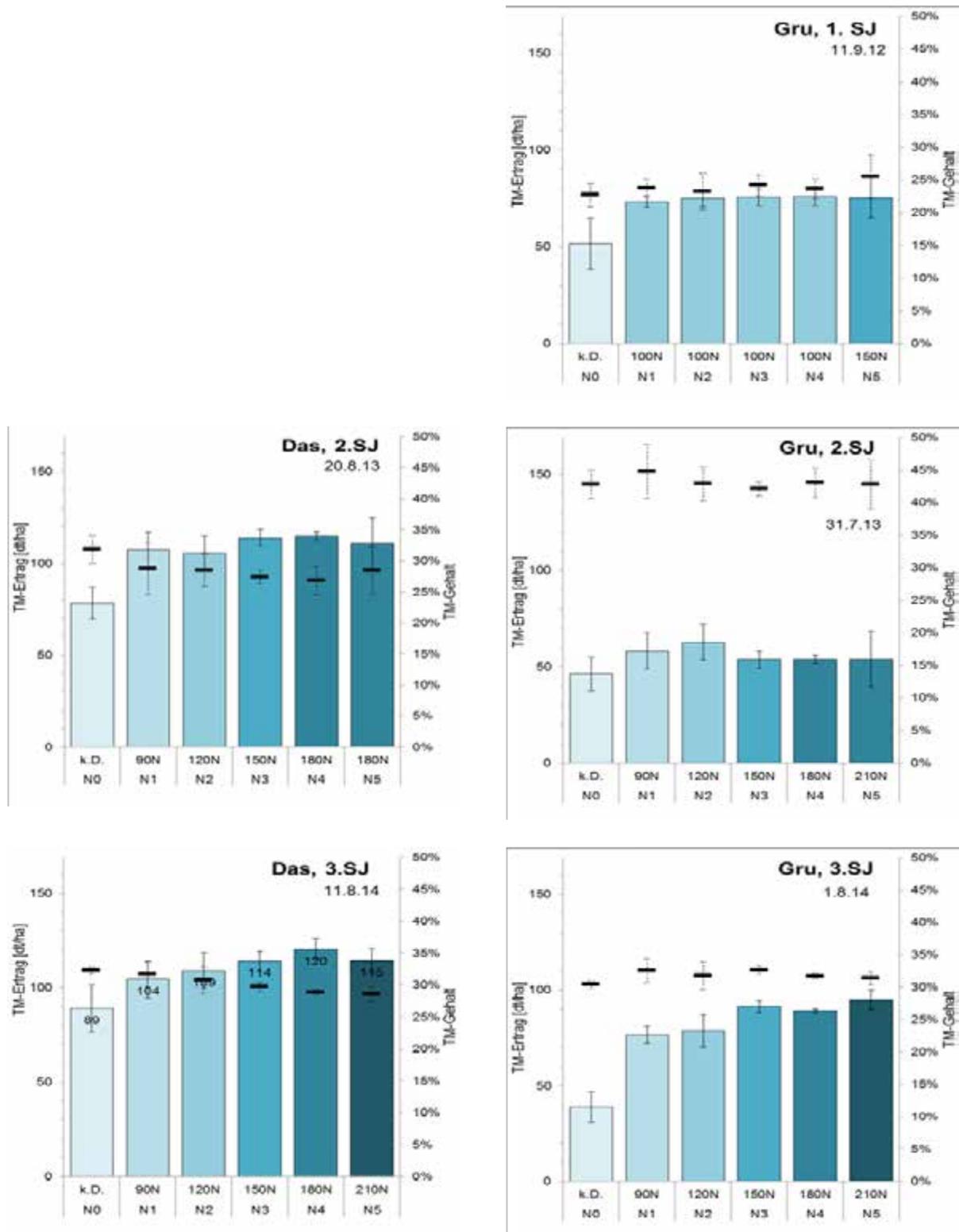


Abbildung 1.3.3: (b bis f) TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials verschiedener N-Düngungsvarianten (vgl. Tabelle 1.2.2), k.D. = keine Düngung) am Standort Dasselsbruch (Das) und am Standort Grub (Gru) im 1. (b), 2. (c und d) und 3. Standjahr (e, f). Die Ansaat erfolgte im Jahr 2012 (Versuch D12), Erntetermine sind angegeben. Am Standort Dasselsbruch wurde im 1. Jahr gemulcht (vgl. Text, keine Ertragsbestimmung).

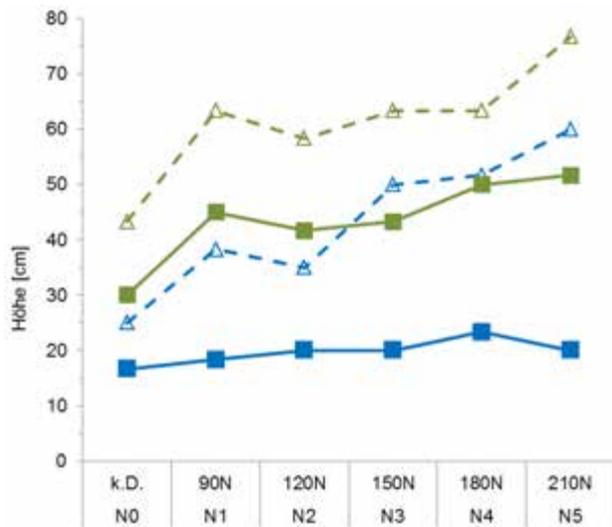


Abbildung 1.3.4: Höhe von Bestand (Linien) und Überhältern (gestrichelte Linien) im Spätherbst des 3. Standjahrs bei verschiedenen Düngevarianten an den Standorten Grub (grün, 16.10.2014) und Dasselsbruch (blau, 14.10.2014).

1.3.2 Methanausbeute und Methanhektarerträge

Im ersten Standjahr (nur Standort Grub) lagen die Werte der spezifischen Methanausbeute bei den stärker gedüngten Beständen höher (275 NI/kg oTM, Kreise in Abbildung 1.3.5b). Daraus resultierten größere Methanhektarerträge (Abbildung 1.3.5 b, Säulen). Im zweiten Standjahr erreichte das von *Melilotus spec.* dominierte, sehr trockene Erntematerial des Standorts Grub (43 % FM/TM, Abbildung 1.3.3d) ein einheitliches Niveau von rund 220 NI/kg oTM. Ähnliche Werte wurden in den meisten Proben des weniger trockenen, Stauden-dominierten Erntematerials des dritten Standjahrs festgestellt.

Am Standort Dasselsbruch wurde im zweiten, durch trockene Witterungsbedingungen bestimmten Vegetationsjahr erst sehr spät geerntet (20.08.2013), dennoch lagen die TM-Gehalte des Erntematerials mit Werten um 28 % eher niedrig. Hier war die Methanausbeute bei den mäßig gedüngten Varianten N1 und N2 am höchsten (219 bzw. 240 NI/kg oTM), bei der Nullvariante (mit etwas höherem TM-Gehalt) wurde ein extrem niedriger Wert (161 NI/kg oTM) ermittelt. Im Jahr 2014 bestätigte sich das Ergebnis einer geringeren Methanausbeute der ungedüngten Bestände. In beiden Nutzungsjahren lagen die TM-Gehalte des Erntematerials bei dieser Variante gleichzeitig höher als bei den besser N-versorgten Beständen.

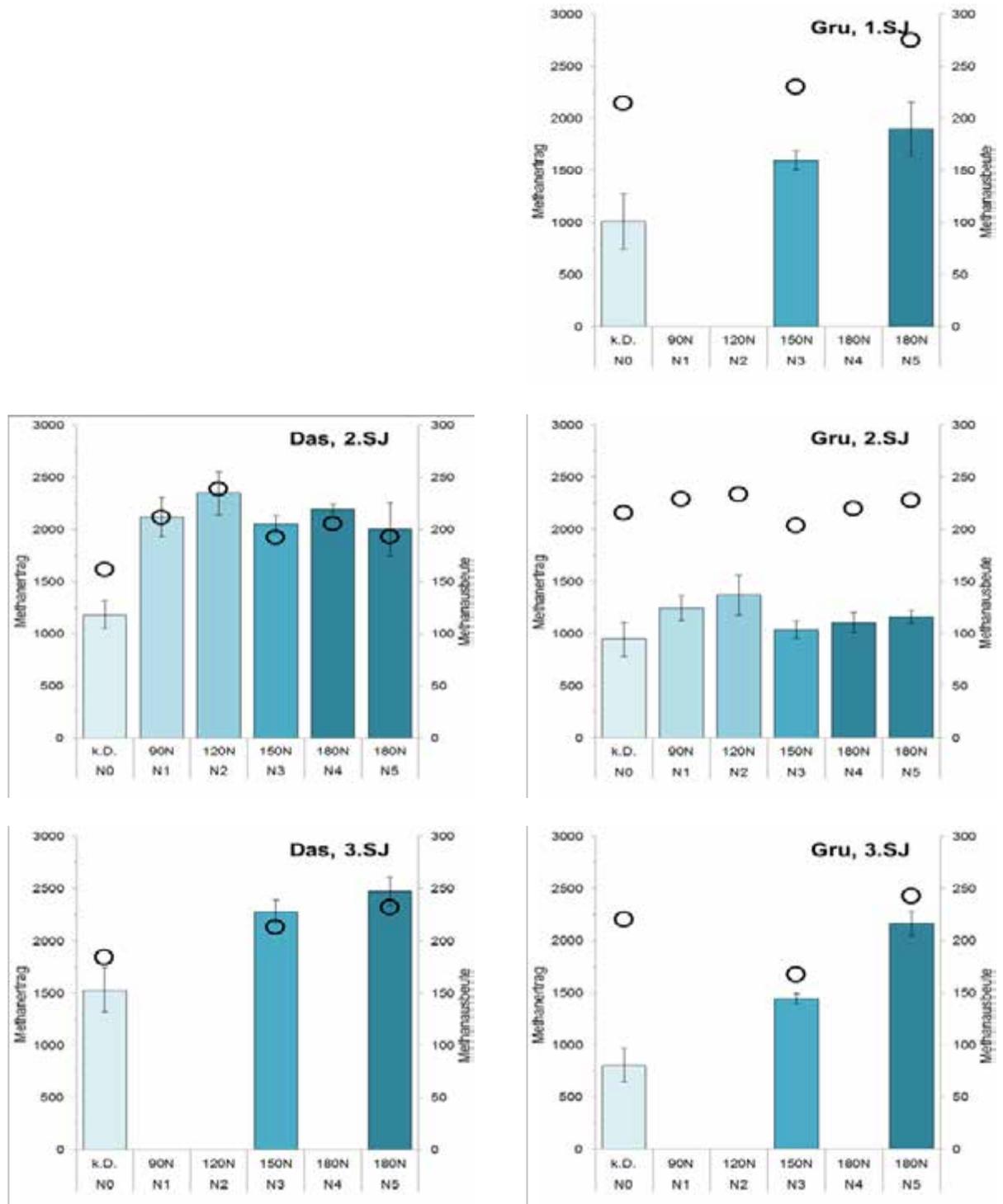


Abbildung 1.3.5: (b bis f) Methanausbeute des Erntematerials (Kreise, [NI/kg oTM]) und Methanhektarertrag [m³ CH₄/ha] bei verschiedenen N-Düngungsvarianten. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 1.3.3.

1.3.3 N-Konzentrationen im Erntegut und N-Abfuhr

Im ersten Standjahr bewegten sich die N-Konzentrationen aller Parzellen bei Werten um 1,8 %. In den ungedüngten Beständen der späteren Standjahre waren sie niedriger. So wurden am Standort Dasselsbruch bei der Nullvariante N-Konzentrationen von 1,2 % und in Grub von 1,4 % bestimmt (Abbildung 1.3.6c und d). Mit steigender N-Verfügbarkeit am Standort stiegen die N-Konzentrationen der zwei- und mehrjährigen Pflanzenbestände stark an. Sie erreichten am Standort Dasselsbruch Höchstwerte von 2,0 % (Abbildung 1.3.6c und e) und bei Grub in den *Melilotus*-dominierten Pflanzenmaterial des zweiten Standjahr sogar 2,3 % (Abbildung 1.3.6f).

Die N-Abfuhren bewegten sich damit bei ungedüngten Beständen des Standorts Dasselbruch zwischen 100 und 120 kg/ha. Sie stiegen bei der höchsten Düngestufe im zweiten Standjahr (180 N) auf über 180 kg N/ha und im dritten Standjahr (210 N) auf 220 kg N/ha an. Die N-Abfuhren lagen damit leicht über der N-Zufuhr durch Düngung. Am Standort Grub mit geringen Zuwächsen im zweiten Jahr wurden trotz der extrem hohen N-Konzentrationen bei allen Düngestufen einheitlich bei rund 130 kg N/ha abgefahren, bei der Nullvariante etwa die Hälfte. Erst bei den aus Stauden zusammengesetzten dreijährigen Beständen war der Anstieg der N-Konzentrationen und N-Abfuhren auch an diesem Standort deutlich. Die N-Abfuhren erreichten jetzt bei Düngestufe N3 (150 kg N/ha) in etwa das Niveau der N-Zufuhr, bei höheren N-Gaben weit über Bedarf wurden mit der Ernte etwas geringere N-Mengen abgefahren, als durch Düngung zugeführt worden waren.

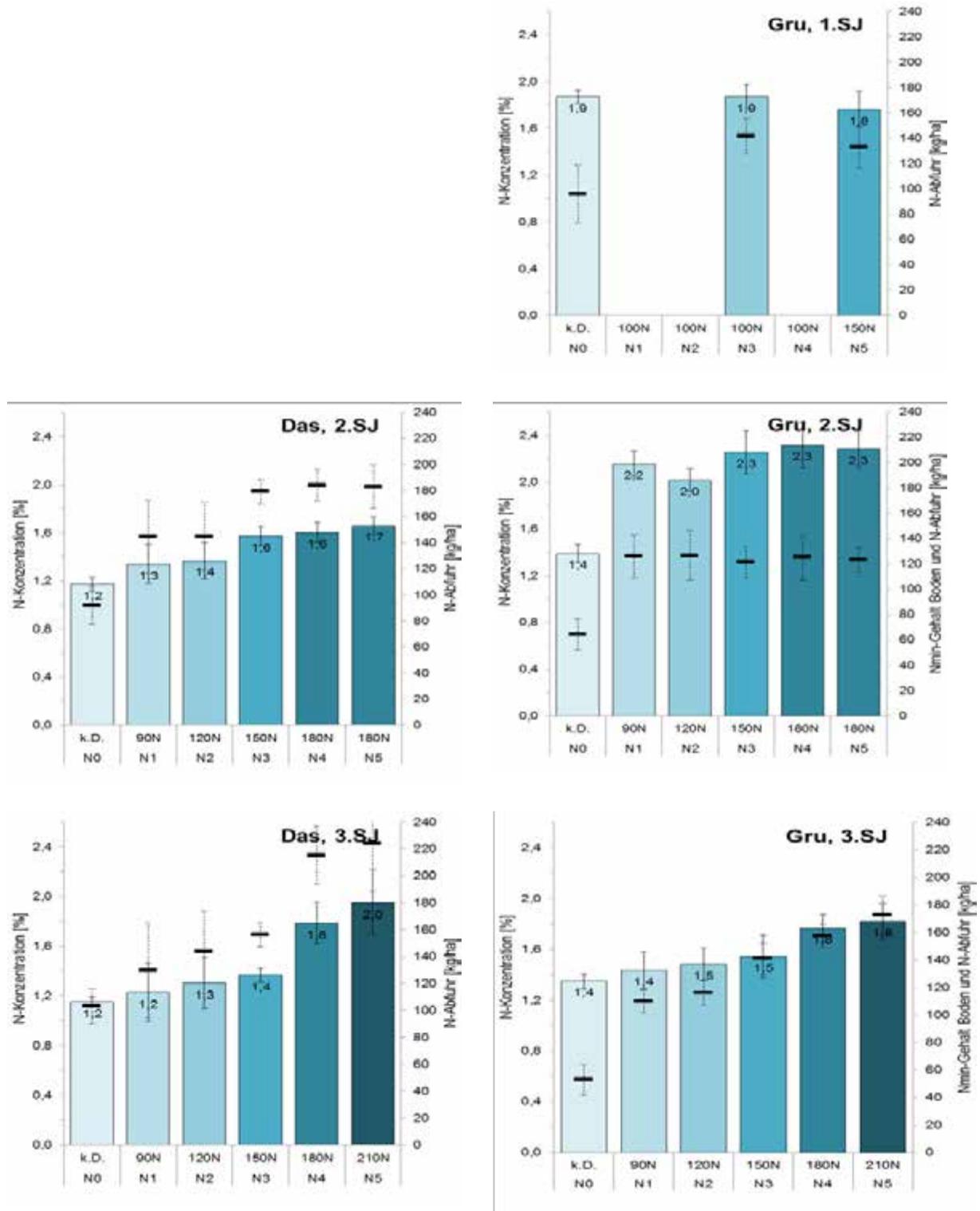


Abbildung 1.3.6: (b bis f) N-Konzentration des Erntematerials (Säulen) und N-Abfuhr bei der Ernte (Linien). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 1.3.3.

1.3.4 N_{\min} -Gehalte im Boden

Am **Standort Dasselsbruch** unterschieden sich **vor der Ansaat im Frühjahr 2012 und 2013** die N_{\min} -Gehalte der beiden Versuchsflächen. Sie waren bei der ersten Versuchsanlage höher (45 kg/ha) als bei der Zweitanlage (7 kg/ha, jeweils in 0 bis 60 cm Bodentiefe). Dies bedeutet, dass den ungedüngten Beständen der Erstansaat wesentlich mehr Stickstoff zur Verfügung stand als bei der Neuanlage im Folgejahr. Bei den gedüngten Varianten ist dagegen von einer einheitlichen N-Versorgung entsprechend der N-Vorgaben (Tabelle 1.2.2) auszugehen, da bei der N-Zufuhr die N_{\min} -Gehalte im Frühjahr eingerechnet wurden (Düngung von 56 bzw. 106 kg N/ha bei der Ansaat 2012 und von 93 bzw. 143 kg N/ha bei der Ansaat 2013). Kurz vor dem Winter lagen die N_{\min} -Gehalte im ersten Standjahr bei der Nullvariante der Erstansaat bei etwa 8, die der Zweitansaat bei 35 kg/ha. Bezogen auf die zu beiden Terminen untersuchten Bodenprofile (0-60cm) stiegen hier die N_{\min} -Gehalte trotz fehlender Düngung während der Vegetationsperiode von 7 auf 20 kg N_{\min} /ha an (durch Mineralisation gebundenen Stickstoffs, z. B. durch Abbau organischer Stoffe). Zu dem Anstieg trugen vermutlich die insgesamt geringen Zuwächse im Jahr 2013 und die entsprechend geringe Nährstoffaufnahme der Pflanzen bei. Die Düngung wirkte sich nur schwach auf die N_{\min} -Gehalte des Bodens im Spätherbst aus (Abbildung 1.3.8a). Nur bei der höchsten Düngestufe, d. h. bei einer um 50 % höheren N-Vorgabe (150 N) als bislang für die Praxis im ersten Standjahr empfohlen, war ein signifikanter Anstieg gegenüber der Nullvariante feststellbar. Die Werte lagen bei der Düngung nach Empfehlung (N-Vorgabe von 100 N) wesentlich niedriger als bei einer Silomaiskultur in einem Nachbarversuch (67 kg N_{\min} /ha), bei der am stärksten gedüngten Variante auf vergleichbarem Niveau.

Im Herbst des **zweiten Standjahrs** waren die N_{\min} -Gehalte des Bodens mit Werten von 5 bis 10 Nitrat-N und 9 bis 18 und rund 5 kg Ammonium-N pro Hektar (in 0 bis 90 cm Tiefe) allgemein sehr niedrig, selbst bei starker Stickstoffdüngung (Abbildung 1.3.7c und 1.10c). Das Niveau der N_{\min} -Gehalte lag damit um rund 70 % niedriger als bei der praxisüblich geführten Silomaiskultur des Nachbarversuchs (67 kg N_{\min} /ha, s.o.). Hinweise auf eine Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten durch Nitrat auswaschung waren nicht erkennbar. Die N_{\min} -Gehalte erreichten in den oberen Schichten regelmäßig höhere Werte als in tieferen Schichten (bis 90cm, vgl. Abbildung 1.3.7c). Bei der zweiten Versuchsanlage mit geringen Zuwächsen der Wildpflanzenbestände waren die Nitrat- und Ammonium-Werte gleichfalls niedrig. Sie

blieben bei einer Düngung bis 150 kg N/ha (inkl. N_{\min}) auf dem Niveau der Nullvariante. Nur bei der höchsten Düngestufe (180 kg N/ha), bei der weit über dem N-Bedarf der Wildpflanzenkultur gedüngt wurde, war bei der lückig ausgebildeten Zweitansaat ein Anstieg der N_{\min} -Gehalte des Bodens festzustellen (Abbildung 1.3.8c). Im dritten Standjahr (Versuchsanlage 2012) lagen die Nitratwerte wie in fast allen anderen Fällen einheitlich bei für landwirtschaftliche Ackerkulturen sehr niedrigen Werten um 10 kg Nitrat pro Hektar (Abbildung 1.3.7e).

Am **Standort Grub** lagen die Bodengehalte an mineralischem Stickstoff **vor der Anlage der Düngeversuche im Frühjahr 2012 und 2013** bei knapp 30 kg N/ha (in 0-30 cm, dort keine Probenentnahme aus tieferen Bodenschichten möglich). Entsprechend wurde für eine N-Verfügbarkeit von 100 bzw. 150 kg N/ha mit 70 bzw. 120 kg N/ha gedüngt. Bis kurz vor den Winter fielen die N_{\min} -Gehalte auf rund 20 kg/ha ab. Bei der Versuchsanlage im Folgejahr war das Niveau der Boden- N_{\min} Gehalte nur geringfügig höher und damit in etwa mit der Vergleichskultur Silomais vergleichbar (Daten 2013, aus einem Nachbarversuch). Ein Zusammenhang zwischen N-Düngung und N_{\min} -Gehalten im Herbst bestand nicht (Abbildung 1.3.6b und 1.9b). Auch im **zweiten Standjahr** (Abbildung 1.3.7d und 1.10d) waren keine erhöhten Nitrat- oder Ammoniumwerte gegenüber der Nullvariante feststellbar. Im **dritten Standjahr** lagen die Gehalte bei den drei höheren Düngegraden tendenziell etwas höher, aber immer noch auf einem niedrigem Niveau (Abbildung 1.3.7f).

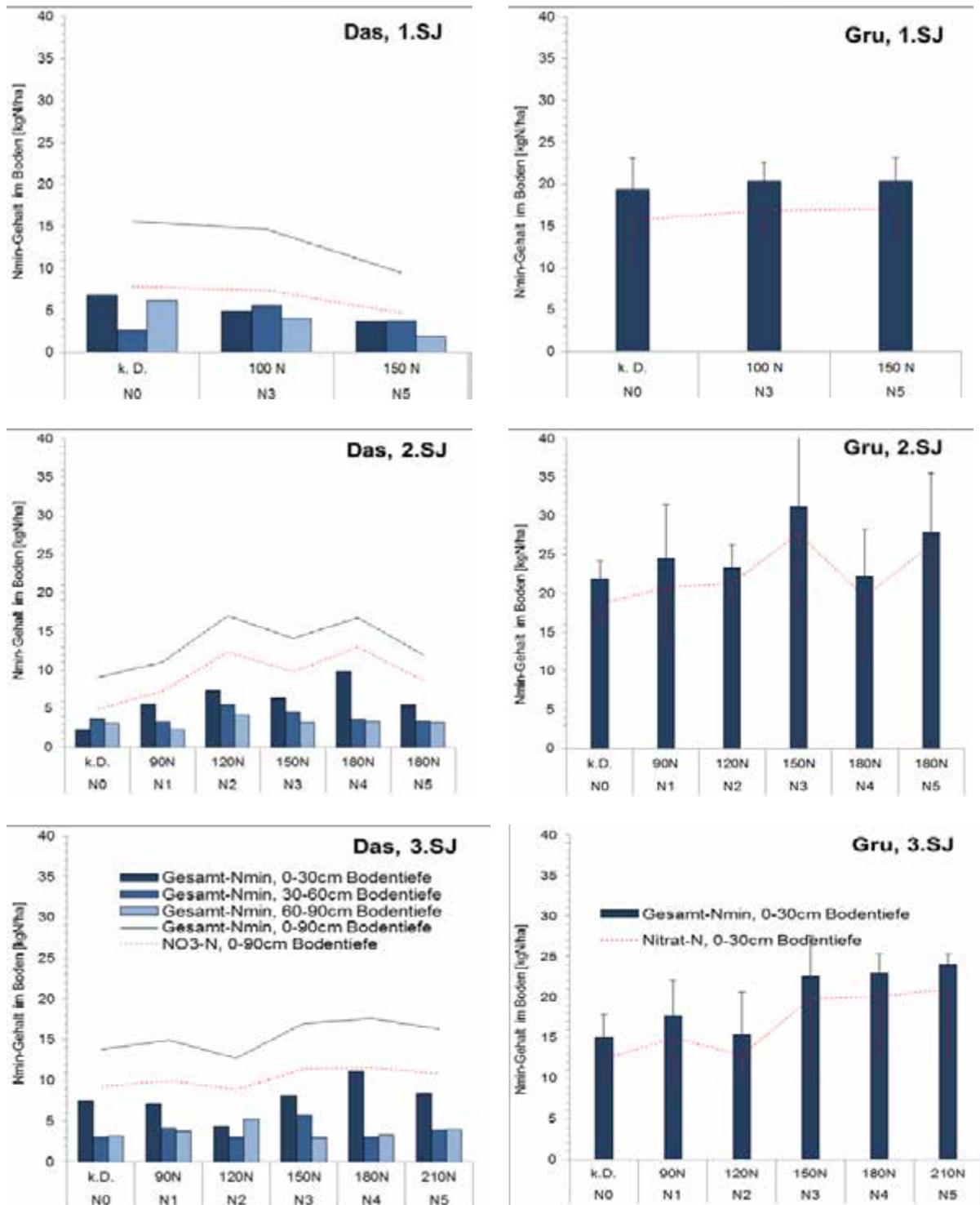


Abbildung 1.3.7: (a bis f) Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden kurz vor dem Winter bei verschiedenen N-Düngungsvarianten am Standort Dasselsbruch (links) und am Standort Grub (rechts) im ersten (a, b), zweiten (c, d) und dritten (e, f) Standjahr (Ansaat 2012). Die Säulen geben die Gesamt-N-Gehalte in verschiedenen Bodenprofilen an, die schwarze Linie markiert die Summe aller untersuchten Profile (0-90cm, nur Standort Dasselsbruch). In Grub konnte wegen des skelettreichen Bodens nur die obere Schicht bis 30 cm Tiefe untersucht werden. Die rote Linie kennzeichnet die Nitrat-N-Gehalte (Summe aller untersuchten Bodenprofile).

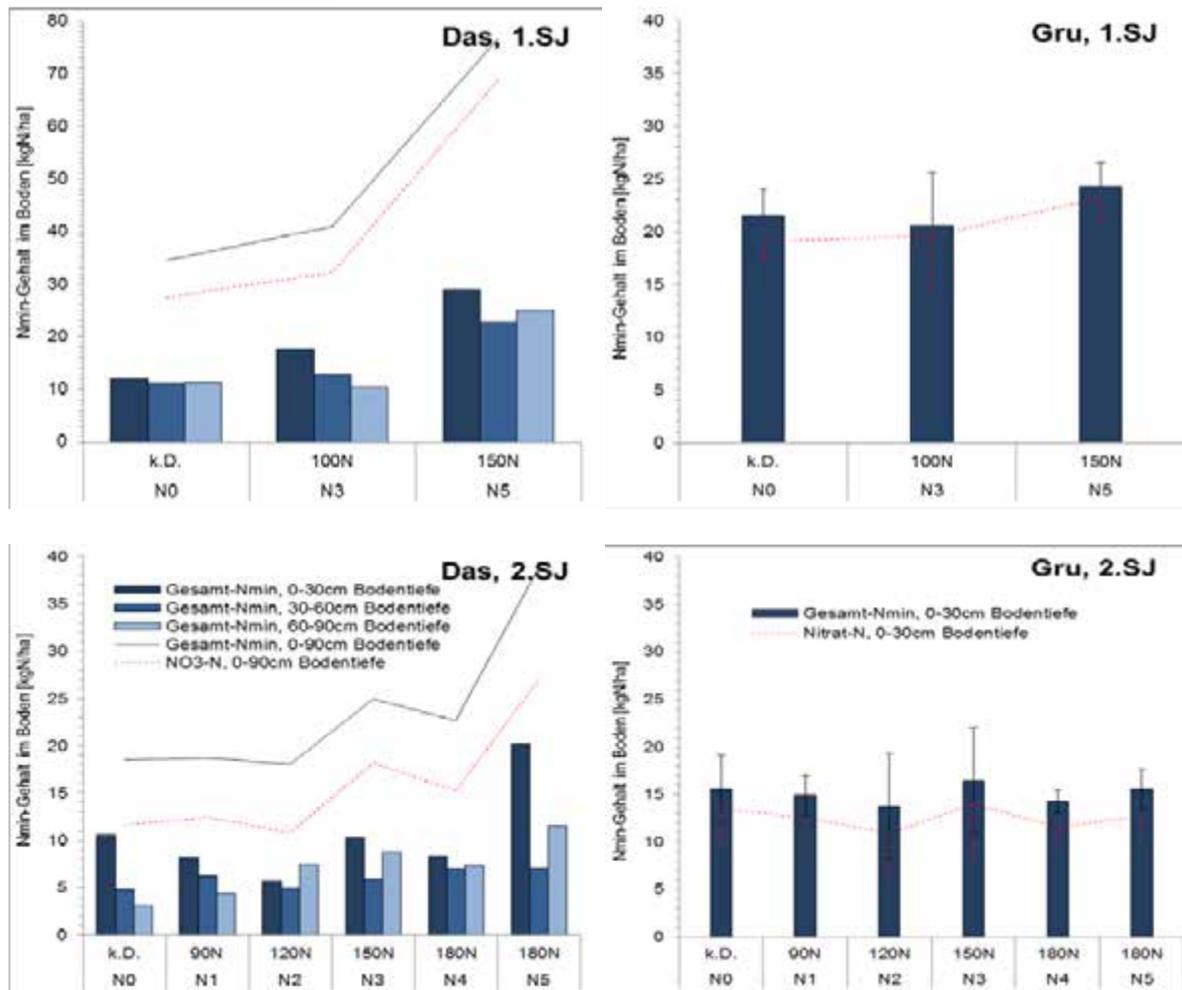


Abbildung 1.3.8: (a bis d) Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden kurz vor dem Winter bei verschiedenen N-Düngungsvarianten am Standort Dasselsbruch (links) und am Standort Grub (rechts) im ersten und im zweiten Standjahr (Ansaat 2012). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 1.3.4.

1.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Da über den Nährstoffbedarf von Wildpflanzenmischungen für optimales Wachstum noch keine systematischen Untersuchungen vorliegen, wurde ein sechsstufiger Stickstoffdüngerversuch durchgeführt, der eine Nullvariante und N-Gaben von bis zu 210 kg N/ha (inkl. N_{\min}) beinhaltete. Ziel war es, anhand von Untersuchungen zum Biomasse- und Methanertrag, N-Gehalt des Erntematerials und zum herbstlichen N_{\min} -Gehalt des Bodens Empfehlungen zur N-Düngung von Wildpflanzenmischungen mit heimischen Stauden abzuleiten, die sowohl ökologische Faktoren als auch wirtschaftlich relevante Faktoren berücksichtigt.

Im **ersten Standjahr** waren ausschließlich bei der ungedüngten Variante einheitlich über alle untersuchten Jahre und beide Standorte reduzierte Biomassezuwächse festzustellen. Die Ertragsminderung gegenüber optimaler Düngung betrug in den vorliegenden Versuchen bis zu 50 %. Schon bei 100 kg/ha wurden maximale Erträge erzielt.

Ein Anstieg der Nitratgehalte im Boden war nur in einem Fall (Standort Dasselsbruch, Ansaat 2013) und nur bei einer sehr hohen N-Zufuhr, weit über dem N-Bedarf für maximale Erträge, erkennbar.

Auch im **zweiten und dritten Standjahr** war allein bei der Nullvariante eine deutliche Wachstumsbegrenzung durch N-Mangel feststellbar. Ohne N-Zufuhr war das Wachstum der Pflanzen verzögert und es bildeten sich sehr lockere Bestände mit geringer Struktur- und Blütenvielfalt aus, die meist stark (um bis zu 50 %) erniedrigte Erträge erzielten. Bereits bei 90 kg N_{\min} /ha war der N-Bedarf für hohe Erträge gedeckt. Die gedüngten Bestände waren dichter und das Erscheinungsbild des Pflanzenbewuchses meist vielfältiger. Die Artzusammensetzung veränderte sich kontinuierlich in Abhängigkeit der N-Verfügbarkeit. Für 1 dt TM wurde rund 1,3 kg Stickstoff benötigt (Vergleichswert beim Mais: 1 kg), höhere Gaben führten zu einer steigenden N-Konzentration im Erntematerial.

Die herbstlichen Boden-Nitratgehalte lagen bis zu einer Düngung von 180 kg N/ha regelmäßig in einem für landwirtschaftliche Kulturen sehr niedrigen Bereich (um 10 kg/ha) und waren gegenüber der ungedüngten Variante nicht erhöht. Erst bei extrem hoher N-Zufuhr weit über Bedarf (210 kg N/ha) war in einem Fall ein leichter Anstieg der Boden-Nitratgehalte festzustellen.

Bereits bei 90 bzw. 100 kg Boden-N_{min} wurden hohe Biomassezuwächse erzielt. Deshalb kann in den bisherigen Praxisempfehlungen die Stickstoffdüngermenge reduziert werden. Wir empfehlen 90 kg N_{min}/ha im ersten (bisher 100 kg N_{min}/ha) und, je nach Standort, zwischen 100 und 120 kg N_{min}/ha ab dem zweiten Standjahr (Angaben jeweils inklusive Boden-N_{min} im Frühjahr).

Die regelmäßig niedrigen N_{min}-Gehalte des Bodens bestätigen, dass bei den mehrjährigen Wildpflanzenkulturen die Gefahr einer Nitrat auswaschung gering ist. Damit ist der Wildpflanzenanbau auch zum Anbau in Trinkwasserschutzgebieten geeignet. Weitere Anwendungspotenziale liegen in gezielten Maßnahmen zum Boden- und Grundwasserschutz in gefährdeten oder bereits belasteten Regionen. Durch Umstellung auf Wildpflanzenmischungen als Energiepflanzenkultur könnten Nitratverluste und, bedingt durch die lange Bodenruhe und ganzjährige Pflanzendecke, die Erosionsgefahr vermindert werden. Durch diese Vorteile könnte auch das wirtschaftliche Ergebnis der Wildpflanzenkultur verbessert werden, indem unter Einhaltung der entsprechenden Auflagen hinsichtlich der Düngung Förderungsmöglichkeiten zum Wasserschutz genutzt werden.

2. Etablierungsvarianten in Blanksaat und mit klassischen Ackerfrüchten als Deckfrucht

2.1 Zielsetzung

Ein wichtiges Ziel des Forschungsprojekts war es, Saatmischungen und Kulturführung des Anbauverfahrens zu optimieren und die wirtschaftlichen Vorzüglichkeit des Anbauverfahrens möglichst nah an die derzeit bevorzugte Kultur, den Silomais, heranzuführen. Angestrebt wurde, dass wirtschaftliche Nachteile durch geringere Erträge als bei der derzeit produktivsten Kultur Silomais durch den geringeren Produktionsaufwand bei den Wildpflanzenkulturen kompensiert werden können. Bei der wirtschaftlichen Bewertung ist nicht nur der unter günstigen Wuchsbedingungen erzielbare Gewinn, sondern auch die Ertragssicherheit zu berücksichtigen, die vor dem Hintergrund des Klimawandels mit einer Zunahme extremer Witterungsereignisse (z. B. Sommertrockenheit) an Bedeutung gewinnen könnte.

In der Praxis erfolgt die Aussaat meist im Frühjahr (in etwa zur Maissaat). Die langsamer wachsenden zwei- bis mehrjährigen Arten werden dabei gemeinsam mit schnellwüchsigen einjährigen Arten wie Malven und Sonnenblumen oberflächlich auf ein unkrautfreies, feinkrümelig vorbereitetes Saatbett abgelegt und angewalzt. Die einjährigen Arten sollen durch einen schnellen Bestandsschluss unerwünschte Beikräuter unterdrücken und für günstige Etablierungsbedingungen für die langlebigen Arten sorgen. Bisherige Ergebnisse der Versuchsanstellungen in Niedersachsen und Bayern zeigten, dass der Etablierungserfolg und die weitere Entwicklung der Pflanzenbestände dabei ganz wesentlich von regionalen Faktoren und dem Witterungsverlauf im Ansaatjahr geprägt werden. Auch der ackerbauliche Zustand ist entscheidend für den Anbauerfolg. Insbesondere unter starkem Problempflanzendruck oder Wassermangel nach Feldaufgang war die Pflanzenetablierung nicht immer zufriedenstellend.

Um eine sichere Bestandsetablierung zu erzielen und das Vorgehen an regionale und standörtliche Bedingungen anzupassen, erprobten wir in unterschiedlichen Klima- und Bodenregionen neue Varianten der Bestandsgründung. Dabei wurden verschiedene Saattermine verglichen und auch klassische Ackerfrüchte als

Deckfrucht eingesetzt. Die Deckfrucht wurde dabei im allgemeinen mit reduzierter Saatstärke gesät und davon abgesehen weitestgehend praxisüblich geführt. Die Oben-auf-Saat der Wildpflanzen (ohne einjährige Arten) erfolgte hier in einem zweiten Arbeitsgang, kann aber bei der Praxisumsetzung auch zeitgleich unter Einsatz einer Saatkombination erfolgen.

2.2 Material und Methoden

2.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung

In dem zweistufigen Versuch wurden zunächst an zwei Standorten (Marquardt und Grub, siehe Tabelle 2.2.1) eine hohe Anzahl von Varianten (neun) erprobt (Ansaat 2012). Um den Witterungsverlauf mehrerer Jahre einzubeziehen, wurden diese Versuche im folgenden Jahr (2013) wiederholt. Zur Berücksichtigung weiterer Anbauregionen kamen drei Standorte hinzu (Dasselsbruch, Rethmar und Straubing). Hier wurden nur drei Varianten umgesetzt, die nach den ersten Ergebnissen besonders erfolgversprechend waren. Sie umfassen je eine Variante zur Blanksaat, Bestandsgründung in Sommerkultur und als Herbstansaat. Zur Auswahl der Versuchsvarianten wurden die im Vorjahr an den Standorten Marquardt und Grub angelegten Bestandsgründungsversuche herangezogen (Bonituren zum Etablierungserfolg, siehe Kapitel 2.2.2).

Im Jahr 2014 wurden diese ausgewählten Varianten nochmals an allen fünf Standorten ausgeführt. Neben vergleichenden Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Formen der Bestandsgründung war durch Einbeziehung von Silomais in die Versuchsanlagen der Vergleich mit einer Standardkultur gegeben.

Die Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage bei der ökonomischen Betrachtung des Anbausystems.

Tabelle 2.2.1: Standörtliche Kenngrößen der Versuchsstandorte des Bestandsgründungsversuchs.

	Mar	Gru	Das	Ret	Str
	Marquardt	Grub	Dasselsbruch	Rethmar	Straubing
Ackerzahl	32	38	25	55	73
Bodenart	anlehmiger Sand	sandiger Lehm	Sand	anlehmiger Sand	Lehm
pH	6,3	6,8	5	6,1	6,7
Stärke der Krume [cm]	30	30	25	15	30-40
Kulturzustand Boden:	mittel	mittel	gut	mittel	mittel
mittlerer Niederschlag [mm]	522	857	657	569	783
Jahresdurchschnittstemperatur [°C]	8,7	8,9°C	8,9°C	8,8	8,5°C
Feuchtigkeitslage:	trocken	trocken	mittel	mittel	mittel
Höhenlage [m über NN]	42	525	39	66	330

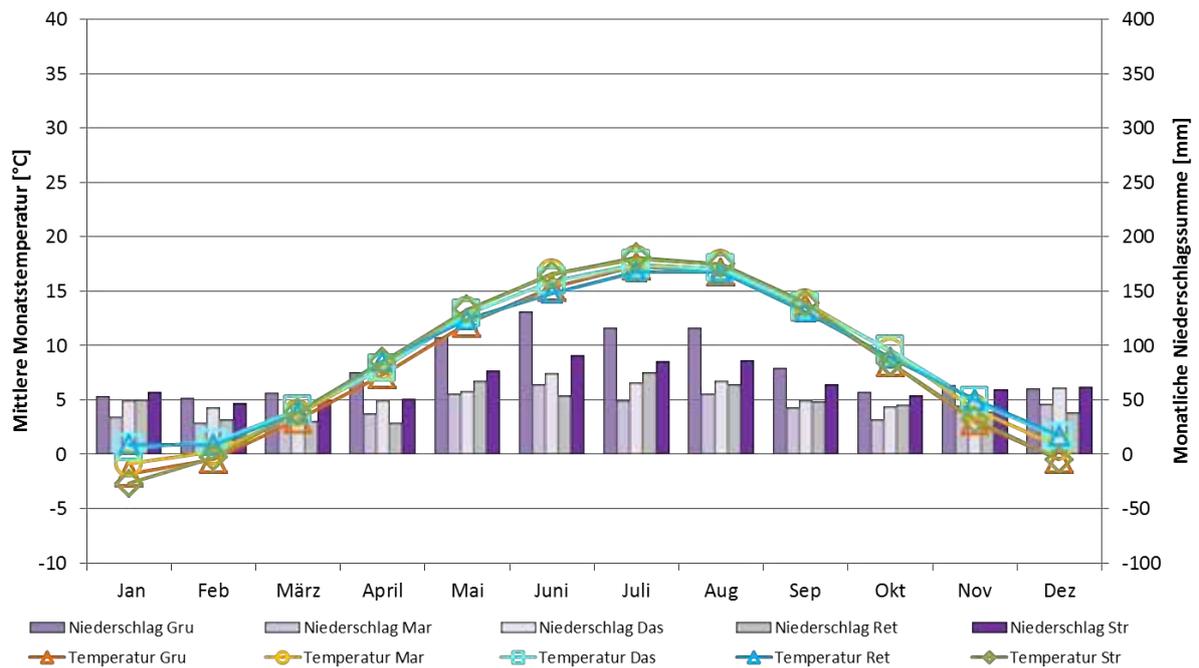


Abbildung 2.2.1: Gegenüberstellung der langjährigen Monatsmittelwerte von Temperatur und Niederschlägen an den Versuchsstandorten des Bestandsgründungsversuchs Grub, Marquardt, Dasselsbruch, Rethmar und Straubing.

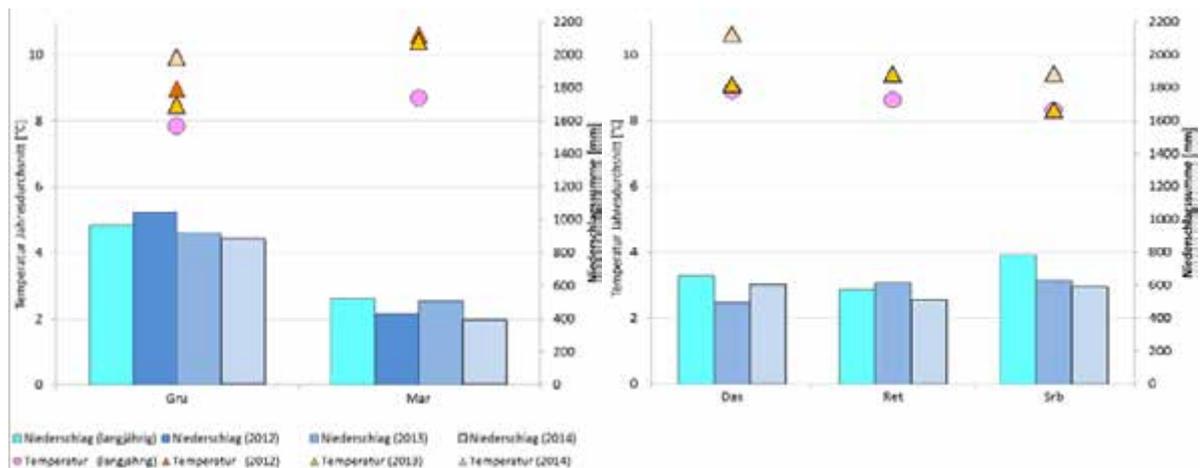


Abbildung 2.2.2: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge in den Untersuchungsjahren an den Standorten des Bestandsgründungsversuchs Grub, Marquardt (2012 bis 2014) sowie Dasselsbruch, Rethmar und Straubing (2013 und 2014). Zum Vergleich wird das langjährige Mittel dargestellt.

Eine Übersicht über die festgelegten Bestandsgründungsvarianten gibt Tabelle 2.2.1. Bei der Erstanlage (2012) lagen die Saattermine teilweise etwas später als vorgesehen. So wurde bei B1, B2, S1, S2 und S3 am Standort Marquardt etwa zum praxisüblichen Saattermin für Mais mit den Ansaaten begonnen (am 23.04.2012) und am Standort Grub etwas später Anfang Mai (am 04.05.2012). Die Variante Saattermin (B3) konnte an beiden Standorten nicht mehr als vorgezogene Blanksaatvariante ausgeführt werden, sondern wurde anstelle dessen als späte Saat erst zwei bis drei Wochen nach den anderen Blanksaatvarianten gesät.

Dies wurde für 2013 am Standort Grub beibehalten. Insgesamt wurden hier die Saattermine der Frühjahrssaatvarianten zur Angleichung an die praxisüblichen Saattermine der verwendeten Deckfrüchte gegenüber der Erstanlage 2012 um 10 bzw. 20 Tage vorgezogen (bei Silomais am 24.04.13 und bei Sommergerste am 15.04.13). Am Standort Marquardt stimmen die Saattermine 2013 in etwa mit dem Vorjahr überein (Ausnahme: Saat von 1C zeitgleich zu 1A). An den anderen Standorten wurde die Blanksaatvariante am 30.4.13 (Straubing), am 3.5. (Rethmar) bzw. 13.5. (Dasselsbruch) gesät und die Sommergersten-Untersaat zeitgleich (Straubing) bzw. um 9 (Rethmar) oder 21 Tage (Dasselsbruch) früher.

2014 wichen die Saattermine meist nur wenige Tage vom Vorjahr ab, in Marquardt lag er zwei Wochen früher als im Vorjahr.

Für die Saat in Grünroggen wurden drei Varianten festgelegt. Sie unterscheiden sich in Bezug auf die Saatstärke und in Bezug auf den Reihenabstand der Deckfrucht. Die Aussaat der Grünroggen-Untersaat-Varianten erfolgte an allen Standorten zwischen Mitte September und Anfang Oktober.

Tabelle 2.2.2: Überblick über die Versuchsvarianten im Bestandsgründungsversuch. An den Standorten mit reduzierter Variantenzahl wurden nur die Varianten 1C, 2C, 3B und 4A umgesetzt. Mais als Deckfrucht wurde 2012 in praxisüblicher und ab 2013 in 60 % der üblichen Saatstärke gesät.

Vergleichskultur Silomais
Blanksaat im Frühjahr (WPM mit einjährigen Arten)
B1) WPM normal (gemäß Praxisempfehlung, etwa zeitgleich zur praxisüblichen Maissaat)
B2) wie B1), aber einjährige Arten der WPM tiefer gesät
B3) wie B1), aber ca. 3 Wochen spätere Saat
Saat in Sommerung (WPM ohne einjährige Arten)
S1) Sommergerste (mit 66 % üblicher Saatstärke) + WPM (zeitgleiche Saat)
S2) Mais + WPM (zeitgleiche Saat)
S3) Mais + WPM später (nach Einsatz von blattaktivem Maisherbizid)
Herbstansaat in Winterung (WPM ohne einjährige Arten)
W1) Grünroggen mit 66 % üblicher Saatstärke + WPM (zeitgleiche Saat)
W2) wie W1), aber Grünroggen mit 50 % üblicher Saatstärke
W3) wie W1), aber Grünroggen mit doppeltem Reihenabstand, 50 % üblicher Saatstärke)

Die Kulturführung erfolgte bei den Blanksaatvarianten wie in Kapitel 1.2. beschrieben. Im ersten Jahr wurde mit KAS der Menge 100 kg N/ha (inkl. N_{\min}) gedüngt. Bei den Untersaatvarianten (S1 bis W3) orientierte sich die Kulturführung im ersten Jahr an der verwendeten Deckfrucht (praxisübliches Vorgehen). Eine Ausnahme ist Variante S2, bei der abweichend von dem üblichen Vorgehen bei der Deckfrucht Silomais kein bodenwirksames Herbizid eingesetzt wurde, um die Entwicklung der bereits gesäten Wildpflanzen nicht zu beeinträchtigen.

Ab dem 2. Standjahr wurden alle WPM-Varianten gemäß damaliger Düngeempfehlung auf 150kg N/ha aufgedüngt (zweimalige KAS-Gabe). Wie Ergebnisse des Düngeversuchs später zeigten (Kapitel 1), liegt diese N-Menge deutlich über dem Sollwert der Wildpflanzenkultur.

2.2.2 Bonituren und Messungen

Ertragsbestimmung, Probenaufbereitung und Batchuntersuchungen erfolgten wie in Kapitel 1.2.1 beschrieben. Das getrocknete Pflanzenmaterial wurde auf Gehalte an K, Mg, Ca und P untersucht (nur ausgewählte Varianten). Zur Festlegung der N-Düngermengen wurden im Frühjahr zu Vegetationsbeginn Bodenanalysen durchgeführt (Gehalte an Nitrat- und Ammonium-Ionen, Mischproben über die Wiederholungen, getrennt für die Tiefen 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm).

Etwa drei Monate nach Versuchsanlage wurden bei den Varianten B1 bis S3 Bonituren zur Bestandszusammensetzung und –struktur vorgenommen (W1 bis W3 noch nicht gesät). Dabei wurden auf den einzelnen Parzellen projektive Deckung und Höhe getrennt für die gesäten Arten der WPM, der spontanen Arten und der Deckfrucht vorgenommen.

Zur Auswahl der Versuchsvarianten wurden die 2012 an den Standorten Marquardt und Grub angelegten Bestandsgründungsversuche herangezogen. Weil für die mehrjährige Bestandsentwicklung der Etablierungserfolg der zwei- bis mehrjährigen Arten entscheidend ist, wurden im Oktober 2012 und, bei den später gesäten Grünroggen-Untersaatvarianten W1 bis W3, im Oktober 2013 entsprechende Bonituren vorgenommen. Dazu wurden alle gesäten Arten der einzelnen Parzellen hinsichtlich ihres Etablierungserfolgs im Bestand nach einem fünfstufigen Schlüssel bewertet und den Arten demnach zwischen 0 (= nicht nachgewiesen) bis 4 Punkten (= dominant) zugeordnet. Für die Parzellen wurde durch Aufsummieren der artbezogenen Punkte ein relativer Wert zum Etablierungserfolg der Gesamtmischung berechnet. Um das Ertragspotential für die folgenden Jahre stärker zu fokussieren, wurde ein zweiter Wert errechnet, der nur die Boniturwerte der mehrjährigen Hauptmasse-Arten berücksichtigt.

Ab dem zweiten Standjahr wurden Bonituren und Messungen zu Bestandsstruktur, Artzusammensetzung und Entwicklungszustand der Hauptertragsarten wie in Kapitel 1.2.4 beschrieben durchgeführt und ausgewertet.

2.2.3 Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit

Für die Kostenrechnungen wurde der Verfahrensrechner Pflanze des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft verwendet (nachfolgend abgekürzt KTBL, Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11). Die Daten basieren auf Ansätzen des KTBL und Daten, die im Bestandsgründungsversuch an den Standorten Grub (Bayern) und Marquardt (Brandenburg) erhoben wurden. Berechnungen zu den Etablierungskosten konnten bereits für alle Varianten vorgenommen werden. Kalkulationen, für die die vollständige Laufzeit betrachtet werden muss, erfolgten für die Frühjahrssaatvarianten (B1 bis S3) des im Jahr 2012 angelegten Versuchs (B12). Hier standen Ertragsergebnisse von bisher drei Standjahren (2012-2014) zur Verfügung. Weil sich zeigte, dass die Erträge in den ersten beiden Standjahren meist stark von dem späteren Erträgen abweichen (Kapitel 3.3.1), konnten Versuche, für die nur WPM-Erträge von ein bzw. zwei Standjahren vorliegen, bei diesen Berechnungen noch nicht einbezogen werden. Dies betrifft die Versuche B13 und B14 (Ansaat 2013 bzw. 2014) und die Herbstansaat von Versuch B12.

Im Folgenden werden Datengrundlage und getroffene Annahmen näher erläutert.

2.2.3.1 Erträge

Weil bis Projektende (Phase II) noch keine Ertragsdaten der Bestandsgründungsversuche für das 4. und 5. Standjahr der WPM vorlagen, wurden hier Schätzungen zugrunde gelegt. Aus den Ertragsentwicklungen älterer Versuchsanlagen ließen sich auch im späteren Verlauf keine klaren, einheitlichen Tendenzen ableiten (vgl. Kapitel 3.3.1). Deshalb wurde im Rahmen dieser Pilotstudie näherungsweise angenommen, dass die Erträge der WPM in den letzten beiden Standjahren unverändert bleiben. Die Ertragsdaten des 3. Standjahres, das hinsichtlich der Artzusammensetzung (aus mehrjährigen Arten der WPM) den Folgejahren am ähnlichsten ist, fließen somit für die Jahre 2013 bis 2015 ein. Bei der Vergleichskultur Silomais wurden Ertragsdaten derselben Jahre wie bei der WPM verwendet.

Silier- oder Lagerverluste wurden bei der Ertragsberechnung nicht einbezogen, weil davon ausgegangen wurde, dass das Substrat direkt nach der Ernte an den Biogasanlagenbetreiber verkauft wird.

2.2.3.2 Methanausbeute und Ableitung der Gärsubstratpreise

Weil sich Methanausbeute und oTM/TM-Gehalt von Deckfrucht und Wildpflanzen-Substrat unterscheiden, musste das erste Standjahr separat von den folgenden Standjahren betrachtet werden.

Für das erste Jahr wurden an den Versuchsstandorten erhobene Daten der verschiedenen Varianten verwendet. Für das in den Folgejahren geerntete Wildpflanzensubstrat wurde ein standortspezifischer Mittelwert für die Methanausbeute berechnet (Daten aus B12 und B13). Weil im Jahr 2013, bedingt durch die extreme Sommertrockenheit, zu spät geerntet wurde (TM-Gehalte von über 40 %) und die Methanausbeute erniedrigt war, wurden diese Daten nicht berücksichtigt. Durch die Verwendung eines standortspezifischen Mittelwerts wird der Einfluss der hier fokussierten Versuchsfaktoren nicht von Effekten des variierenden Erntetermins überlagert.

Für die Vergleichskultur Silomais wurde in allen Jahren eine Methanausbeute von 338 NI/kg oTM und eine oTM/TM-Gehalt von 95 % angenommen (nach KTBL). Als Substratpreis fließen hier 33,05 € pro Tonne Frischmasse ein (vgl. Friedrichs 2013, abgeleitet aus dem Deckungsbeitrag von Winterweizen als der wichtigsten Wettbewerbskultur, Wertermittlungstichtag 28.12.2013, abzüglich 5 € für Transport und Silierung). Für die WPM wurde wegen der niedrigeren Methanausbeute ein geringerer Preis angenommen. Das Preisniveau wurde dabei so berechnet, dass die Kosten der zur Gewinnung einer bestimmten Methanmenge benötigten Substratmengen ebenso hoch sind wie bei der Verwendung von Silomais.

2.2.3.3 Arbeitsort, Einsatzbedingungen, Flächenkosten

Im KTBL-Rechner wurden für beide Standorte und bei beiden Varianten bezüglich der Bodenbearbeitung, der Hofgröße und –ausstattung, sowie der Größe und Entfernung der Ackerflächen die gleichen Rahmenbedingungen angenommen:

- nichtwendend, konventionell
- Schlaggröße 2 ha
- 67 kW-Mechanisierung, Hof-Feld-Entfernung 5 km

Die Bodenart des Standorts Grub wurde als „mittel“ und diejenige des Standorts Marquardt als „leicht“ angegeben, jeweils mit mittlerem Ertragsniveau.

Bei flächenbezogenen Kostenberechnungen wurden die Flächennutzungskosten (Pachtzins) nicht in die Kostenrechnung einbezogen, weil sie von der gewählten Kultur unabhängig sind und je nach Anbauregion stark variieren können. Für Kostenrechnung pro Substrat- und Methanmenge wurden auch Flächennutzungskosten einbezogen, weil bei ertragsärmeren Kulturen die Fläche, die zur Bereitstellung einer bestimmten Substratmenge benötigt wird, größer ist und dadurch höhere mengenbezogene Flächennutzungskosten anfallen. In diesen Darstellungen wurde ein mittlerer Pachtpreis von 500 €/ha unterstellt. Mengenbezogene Kosten für andere Pachtpreise lassen sich leicht ableiten, weil sie sich proportional zu den Pachtpreiskosten verhalten.

2.2.3.4 Anbauverfahren

Die Anbauverfahren an den einzelnen Standorten wurden mit einem standardisierten Verfahren in Anlehnung an die Arbeitsverfahren lt. KTBL (vgl. KTBL, Betriebsplanung Landwirtschaft, 2010/11) gerechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Maschinenauswahl bei sachgemäßer Bewirtschaftung keinen Einfluss auf den Ertrag hat.

Die Anbauverfahren für die einzelnen Bestandsgründungsvarianten finden sich in Tabelle 2.2.3. Bei der Silomaiskultur beinhaltet das Anbauverfahren eine jährliche Bestellung mit optimaler Kulturführung in Bezug auf Pflanzenschutz und Düngung.

Tabelle 2.2.3: Bei der Kostenkalkulation einfließende Arbeitsschritte für die verschiedenen Bestandsgründungsvarianten und ihre Häufigkeit bei einer Standzeit von fünf Jahren (abgeändert nach KTBL). Nicht jährlich erforderliche Arbeitsschritte werden anteilig berücksichtigt.

Arbeitsvorgang	M	B1	B2	B3	S1	S2	S3	W1	W2	W3
Bodenprobe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bestandesbonitur	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unkrautbonitur	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiefgrubbern	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Eggen mit Kreiselegge	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Einzelkornsaat von Mais	1	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0
Säen von Gerste mit Sämaschine	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
Säen von Roggen, Triticale mit Sämaschine	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
Säen von Zwischenfrucht Klee, ... mit Sämaschine	0	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Walzen, Saatbeet oder Ansaat	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gärrest ausbringen, ab Hof mit Pumptankwagen, Schleppschlauch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineraldünger ausbringen, loser Dünger im 1. SJ	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Mineraldünger ausbringen, loser Dünger ab dem 2. SJ	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Mais häckseln jährlich	1	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0
GPS bergen mit Feldhäcksler	0	0	0	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0,2
WPM häckseln	0	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Pflanzenschutzmaßnahme, jährlich	1	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0
Pflanzenschutzmaßnahme nach 5 Jahren	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
1. Stoppelgrubbern flach, schräg (30°)	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Bei der WPM fallen wegen der Mehrjährigkeit der Kultur verschiedene Arbeitsschritte, wie Anlagekosten und Flächenvorbereitung für die Nachkultur, nur in einem der fünf Standjahre an. Sie fließen bei der Berechnung der jährlichen Kostenrechnungen über eine fünfjährige Standzeit anteilig ein. Weitere Einsparungen ergeben sich durch den Wegfall von Pflanzenschutzbehandlungen und den geringeren Düngerbedarf. Nach der letzten Ernte wurde eine Pflanzenschutzmaßnahme sowie eine Bodenbearbeitung für die Folgekultur einberechnet. Für die Düngung wurde bei den Direktsaatvarianten der WPM das Vorgehen im Versuch (Kapitel 2.2.1) zugrunde gelegt, das im ersten Jahr eine und ab dem 2. Standjahr zwei Gaben mit KAS vorsieht.

2.2.3.5 Kostengruppen

Die einzelnen Kostengruppen wurden gemäß KTBL (KTBL-Datensammlung Betriebsplanung 2012/13, Seite 29 ff.) unterschieden.

Direktkosten ergeben sich aus dem Verbrauch von Betriebsmitteln.

Für landwirtschaftliches Saatgut wurden die Preise lt. KTBL verwendet, bei den WPM die Verkaufspreise der Saatgutfirma Feldsaaten Freudenberger. Für die Blanksaat-Varianten wird der Preis der Mischung BG 70 (ein-, zwei und mehrjährige Arten in Mischung) zugrunde gelegt, bei den Untersaatvarianten der Mischung BG 90 (zwei- und mehrjährige Arten), jeweils entsprechend der empfohlenen Aussaatstärke von 10 kg Saatgut pro Hektar.

Der Düngerpreis wurde anhand von Daten zu Reinnährstoffkosten der LfL Deckungsbeitragsrechnung (2008-2012) ermittelt. Für die Düngung von Silomais und Deckfrüchten fließen Düngergaben gemäß Düngeempfehlung der jeweiligen Ackerfrüchte ein (N-Düngung: Silomais 180 kg N/ha, Sommergerste 140 kg N/ha und Grünroggen 150kg N/ha, jeweils inkl. N_{\min} ; LWK Niedersachsen, Internetabfrage vom 27.8.2014). Bei den Blanksaatvarianten (B1 bis B3) und der WPM ab dem 2. Standjahr wird ein Vorgehen wie im Versuch mit KAS-Düngung 100 kg N/ha im ersten Jahr und 150 kg N/ha ab dem zweiten Jahr unterstellt (inkl. N_{\min} , gemäß Düngeempfehlung zu Versuchsbeginn, vgl. Kapitel 2.2.1).

Abweichend von dem Vorgehen im Versuch ist in der Praxis eine Nährstoffversorgung durch die Verwertung der anfallenden Gärreste oder Gülle sinnvoll. Bei den meisten Biogasanlagen ist üblich, dass der Gärrest unentgeltlich abgenommen werden kann. Die Ausbringkosten liegen, bedingt durch die größeren Ausbringmengen, dagegen höher als bei der Verwendung mineralischen Düngers. Daraus ergaben sich in der Summe bei Gärrestdüngung und bei der Verwendung mineralischer Dünger Kosten in vergleichbarer Höhe (vgl. Vollrath et al. 2013, Kapitel 7.2). Die Ergebnisse zur Wirtschaftlichkeit, die sich auf die KAS-Düngung beziehen, können deshalb grundsätzlich auch auf die in der Praxis übliche Gärrestdüngung bezogen werden.

Tabelle 2.2.4: Direktkosten nach KTBL bzw. Saatguthandel

Material	Einheit	Preis
Mais, Körnermais, Hybrid-Saatgut	€/ha	100,00 €
Gerste, Sommergerste, Braugerste, Z-Saatgut, lose	kg/ha	0,71 €
Winterroggen, Z-Saatgut	kg/ha	0,64 €
WPM Saatgut (BG70)	€/kg	35,00 €
WPM Saatgut zur Untersaat (BG90)	€/kg	50,00 €
Dünger KAS Reinnährstoffkosten	€/kg	0,34 €
Wasser	€/m ³	1,80 €
Herbizid, Intensitätsstufe 2	€/ha	69,00 €
Diesel	€/l	1,00 €
Öl	€/l	2,00 €
Variable Lohnkosten	€/h	7,50 €
Fixe Lohnkosten	€/h	15,00 €
Zinsansatz	%/Jahr	4,00

Bei den variablen Kosten fließen bei der Maschinenkalkulation Reparaturen, Betriebsstoffe und weitere Kosten wie etwa Verbrauchsmaterial ein. Zu den variablen Arbeitserledigungskosten zählen die Kosten für Aushilfskräfte, Teilzeitkräfte, Saisonarbeiter, Dienstleistungen und die variablen Kosten der Arbeitsmittel.

Als fixe Kosten der Maschinenkalkulation werden Abschreibung, Zinskosten und weitere Kosten wie Versicherung, Kfz-Steuer und technische Überwachung eingerechnet. Zu den fixen Arbeitserledigungskosten gehören die fixen Kosten der Arbeitsmittel und die Lohnkosten für ständig beschäftigte Mitarbeiter.

Der Deckungsbeitrag entspricht der Leistung eines Produktionsverfahrens (Erlös) abzüglich der variablen Kosten. Die variablen Kosten setzen sich aus den Direktkosten und den variablen Arbeitserledigungskosten zusammen.

Was vom Deckungsbeitrag nach Abzug der fixen Kosten übrig bleibt, wird als Gewinn bezeichnet.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Bestandsentwicklung nach der Ansaat und Etablierungserfolg

Wie die allgemein höheren Werte für die projektive Deckung spontaner Arten zeigen, war am Standort Marquardt der Beikrautdruck höher als am Standort Grub (Abbildung 5.3.1). Bei der Aussaat 2013 lief am Standort Marquardt zusätzlich verstärkt Hirse auf. Sie erreichte bereits Ende Juni eine projektive Deckung von bis zu 19 % (in Variante B1 und S1). Die Unterschiede im Auflaufergebnis spontaner Arten waren bei den Bestandsgründungsvarianten sehr deutlich.

Blanksaatvarianten

Bei der späten Blanksaat der WPM (**Variante Saattermin Blanksaat, B3**) dominierten bei der Erstansaat 2012 Ende Juni/Anfang Juli an beiden Standorten spontane Arten den Bestand (Deckungswerte über 60 %), während die WPM zu diesem Zeitpunkt nur eine geringe Deckung aufwies. Am trockeneren Standort Marquardt fehlten die Wildpflanzenarten noch fast vollständig. Entsprechend der Empfehlung für Praxisflächen wurde diese Versuchsvariante gemulcht. Bei der Aussaat im darauffolgenden Jahr 2013 war der Beikrautdruck etwas geringer, so dass kein Schröpschnitt erforderlich war.

Die **etwa zum Maissaattermin ausgesäte WPM (normale Blanksaatvariante, B1)** entwickelte sich wesentlich besser mit einem geringeren Anteil spontaner Arten. Am Standort Marquardt war der Beikrautdruck auch hier noch relativ hoch. Die Bonitur zum Etablierungserfolg der Stauden ergab am Standort Marquardt kaum Unterschiede zwischen den beiden Saatterminen, lediglich eine etwas höhere Gesamtartenzahl wurde bei der früher gesäten WPM ermittelt als bei der Spätsaat-Variante. Am Standort Grub war der Etablierungserfolg dagegen bei der spät gesäten Variante höher. Wahrscheinlich wirkte sich hier der Schröpschnitt im ersten Jahr positiv auf die Etablierung der zwei- bis mehrjährigen Arten aus.

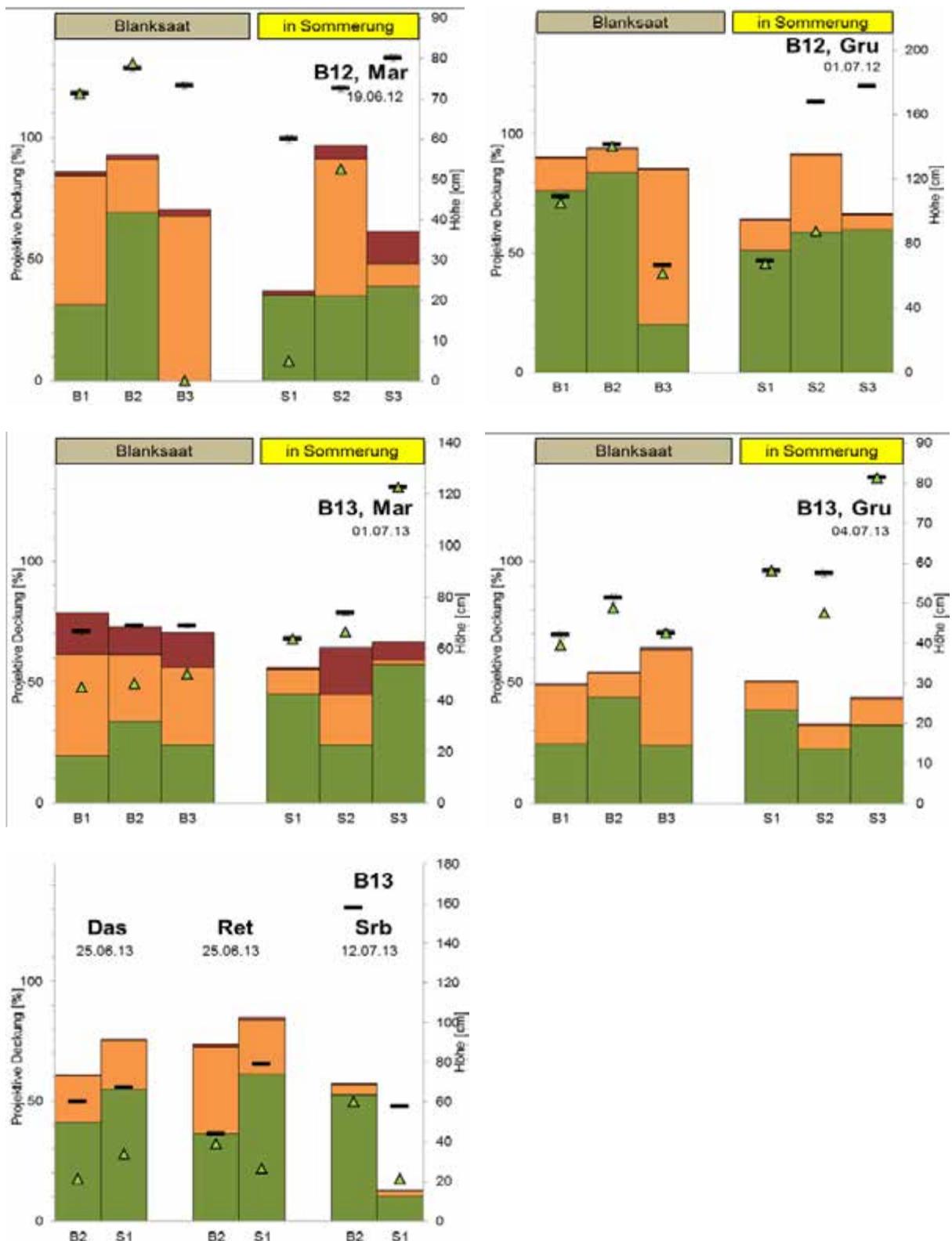


Abbildung 2.3.1: (a bis e) Bestandszusammensetzung und –struktur bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten etwa drei Monate nach der Versuchsanlage im Jahr 2012 (oben) bzw. 2013 (unten). Dargestellt ist die projektive Deckung von spontanen Gräsern und Kräutern sowie der Deckfrucht an den Standorten Marquardt (links, a und c), Grub (rechts, b und d) und Straubing (unten). Der Boniturtermin ist angegeben. Die Wuchshöhe von Deckfrucht und gesäten Wildkräutern wird durch Linien markiert.

Das beste Ergebnis erzielte die **Blanksaatvariante**, bei der die **einjährigen Arten** der Wildpflanzenmischung in einem ersten Schritt ca. 2 cm **tief** gesät werden und die zwei- bis mehrjährigen Arten der WPM anschließend oben-auf (Variante **B2**). Offensichtlich führte die tiefere Ablage der einjährigen Arten zu einer besseren Entwicklung der einjährigen Deckfruchtarten und in der Folge zu einer stärkeren Unterdrückung der Beikräuter. Die bessere Entwicklung der WPM dieser Saatvariante war am Standort Marquardt bei der Erstsaat 2012 besonders deutlich und führte im ersten Jahr – bei gleichem Etablierungserfolg (Abbildung 2.3.2a) der zwei- bis mehrjährigen Arten – zu wesentlich höheren Biomasseerträgen als bei der normalen Blanksaat B1 (vgl. Abbildung 2.3.3a). Deshalb wurde diese Variante für die Standorte mit reduziertem Versuchsumfang ausgewählt. Bei der zweiten Versuchsansaat 2013 waren die Erträge wegen der sehr ungünstigen Witterungsbedingungen (extreme Sommertrockenheit) bei allen Blanksaatvarianten (wie auch bei allen einjährigen Sommerkulturen der Standorte) niedrig.

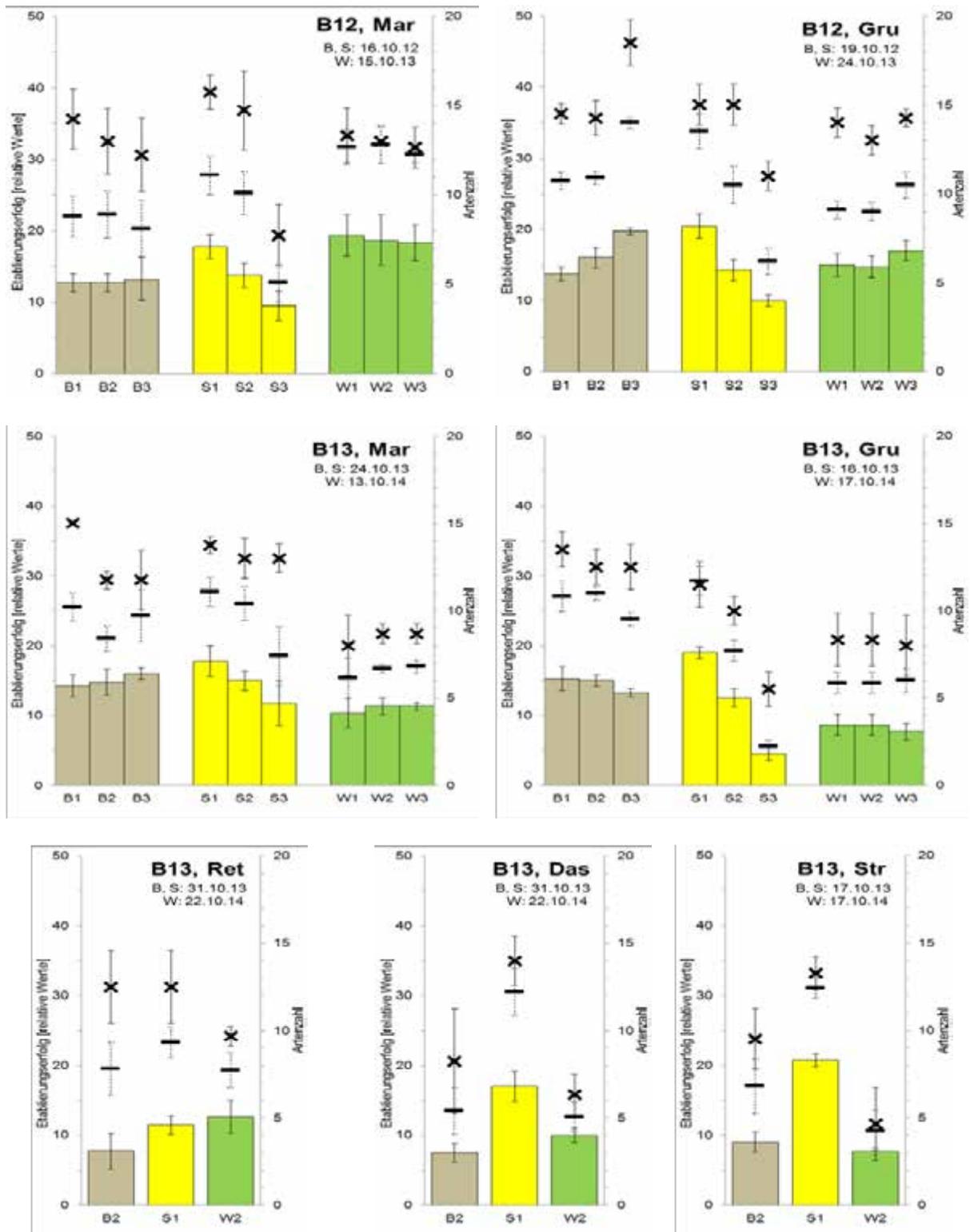


Abbildung 2.3.2: (a und b) Etablierungserfolg der Wildpflanzenmischung und der mehrjährigen Hauptmassearten der WPM bei den verschiedenen Bestandsgründungsvarianten (Ansaat 2012) am Standort Marquardt (linke Abbildung) und am Standort Grub (rechte Abbildung). Die Boniturtermine sind angegeben. Nähere Erläuterung siehe Text.

Saat in eine Sommerkultur

Bei den **Varianten mit Saat in eine Sommerkultur** war die Beikrautentwicklung nach der Saat bei **Sommergerste als Deckfrucht am geringsten (S1)** und bei der **zeitgleichen Saat (S2)** von **Mais und WPM** (ohne Pflanzenschutzbehandlung) am höchsten (Abbildung 2.3.1). Bei der Versuchsansaat 2013 am Standort Marquardt ist ersichtlich, dass bei der WPM-Untersaat in Sommergerste sogar die oft problematische Hirse fast vollständig unterdrückt werden kann. Während bei allen übrigen Varianten hohe Werte für die projektive Deckung der Hirse festgestellt wurden, lag der Wert hier bei nur 1 %.

Wurde die **WPM nach der Pflanzenschutzbehandlung** in die Maisbestände gesät (**S3**), war die Deckung von Beikräutern ebenfalls gering, in den Maiskulturen wurde die Entwicklung von Problemgräsern dagegen kaum unterdrückt (vgl. Abbildung 2.3.1c). Bei den Varianten mit Silomais nahm der Biomasseertrag insgesamt mit zunehmender Konkurrenz durch die Arten der WPM deutlich ab (Abbildung 2.3.3). So war der Gesamtertrag bei später Saat der WPM an den Standorten Grub und Marquardt um 8 bzw. 15 % und **bei gleichzeitiger Saat (S2)** um 31 % bzw. 25 % niedriger als bei der Mais-Reinkultur.

Bei der Ansaat 2013 wurde die Aussaatstärke der Deckfrucht Mais bei den Varianten S2 und S3 auf 60 % der regulären Saatstärke erniedrigt. In diesem Ansaatjahr mit sehr trockenen Witterungsbedingungen erreichte die Deckfrucht bei der späteren Saat der WPM (S3) nur geringfügig niedrigere Erträge als die Vergleichskultur in regulärer Saatstärke und ohne Untersaat. Bei S2 (gleichzeitige Saat von Silomais und WPM) wurde dagegen weniger als die Hälfte der Vergleichskultur geerntet.

Betrachtet man den Etablierungserfolg der Stauden, welche ab dem zweiten oder spätestens dritten Standjahr entscheidend für die Biomasseerträge sind, erhält man ein entgegengesetztes Ergebnis (Abbildung 2.3.2): Die WPM konnte sich bei gleichzeitiger Saat mit der Deckfrucht im ersten Jahr deutlich besser entwickeln als bei späterer Saat, was sich in höheren Artenzahlen und höheren relativen Werten für den Etablierungserfolg der später ertragsbildenden Arten zeigte. Dies führte im zweiten Jahr, und am Standort Grub auch noch im dritten Jahr, zu höheren Erträgen (Abbildung 2.3.4).

Die Ertragsentwicklung in den folgenden Standjahren wird zeigen, ob dadurch auch der kumulierte Ertrag über die gesamte vorgesehene Standdauer von fünf Jahren

oder länger höher ist. Eine erste Schätzung unter der Annahme konstanter Erträge in den letzten beiden Standjahren ergaben für eine fünfjährige Standzeit nur am Standort Grub höhere Gesamterträge (51 % des Maisertrags).

Bei der **Saat in Sommergerste (S1)** zeigte sich an beiden Versuchsstandorten ein hervorragendes Etablierungsergebnis, besser als bei der Deckfrucht Silomais (S2 und S3, vgl. Bild 2.3.1 und Bild 2.3.2) und bei den (nicht gemulchten) Blanksaatvarianten (B1 und B2, vgl. Abbildung 2.3.2). Die zwei- und mehrjährigen Pflanzenarten der WPM konnten sich in den lichten, niedrigen Kulturen der Sommergerste zu kräftigen Pflanzen entwickeln, die bis zum Herbst zu einem etwa 50-70 cm hohen, nahezu beikrautfreien Pflanzenbestand aufwuchsen. Neben der lichtdurchlässigen, lockeren Struktur wirkte sich vermutlich auch der relativ frühe Erntetermin der Deckfrucht positiv auf die Entwicklung der Wildkräuter aus. Unter Sommergerste konnten sich die ertragsrelevanten Arten der WPM selbst bei extremer Trockenheit und hohem Beikrautdruck (am Standort Marquardt) hervorragend entwickeln. Aus diesen Gründen wurde Sommergerste trotz ihrer vergleichsweise geringen Erträge als Deckfrucht für die Standorte mit reduzierter Variantenzahl ausgewählt. Diese Variante ist möglicherweise eine alternative Form der Bestandsgründung mit hoher Ertragssicherheit selbst unter schwierigen Kulturbedingungen. Wegen des guten Etablierungserfolgs sind in den Folgejahren höhere Erträge als bei den anderen Varianten zu erwarten. Dies wurde mittlerweile für das zweite und dritte Standjahr der Ansaat 2012 (Abbildung 2.3.3) und das zweite Standjahr der Ansaat 2013 (Abbildung 2.3.4 und Abbildung 2.3.3). bestätigt (Ausnahme: Rethmar).

In den folgenden Jahren wird sich zeigen, ob der geringere Ertrag der Sommergerste im ersten Jahr bis zum Ende der WPM-Standzeit kompensiert werden kann oder die kumulierten Erträge letztendlich sogar höher sind. Eine Ertragsschätzung (der Ansaat 2012) unter der Annahme, dass die Erträge im 4. und 5. Standjahr konstant bleiben, ergaben nur am Standort Grub die höchsten Gesamterträge über die fünfjährige Standzeit.



Bild 2.3.1 und 2.3.2: WPM im Herbst des ersten Standjahrs (10.10.2012) nach Saat in Sommergerste (Variante 2C, links, Bild 2.3.1) und in Silomais (Variante 2A, rechts) am Versuchsstandort Grub. Die Deckfrüchte wurden am 23.7. (Sommergerste) bzw. 10.9.2012 (Silomais) geerntet.

Herbstansaat in Grünroggen

Bei den Varianten W1, W2 und W3 waren weder im Juli noch im Oktober Unterschiede im Etablierungserfolg der Arten der WPM feststellbar. Auch die Erträge des Grünroggens lagen bei den Saatvarianten auf ähnlichem Niveau. Die geringere Saatstärke bei W2 und W3 führte zu keinem nachweisbaren Ertragsnachteil bei der Grünroggenernte, Unterschiede im Etablierungserfolg waren gleichfalls bei den Grünroggenvarianten nicht erkennbar. Deshalb wurde für die Standorte mit reduzierter Variantenzahl die kostengünstigste Variante ausgewählt, die auf 50 % reduzierte Grünroggensaatstärke in Verbindung mit regulären Saatabstand (W2). Der weite Reihenabstand (Variante W3) ist, je nach vorhandener Technik, mit Praxismaschinen schwieriger umsetzbar.

Am Standort Grub war auch bei der ersten Wildpflanzenernte (im Jahr 2014 bei der Ansaat 2012) kein Unterschied in Abhängigkeit von dem Saatabstand erkennbar (Abbildung 2.3.3f, grüne Säulen). Am Standort Marquardt zeigte sich dagegen ein Ertragsvorteil bei weiterem Saatreihenabstand (51 % gegenüber 43 % des Maisvergleichswerts bei W2, Abbildung 2.3.3e, grüne Säulen). Ob dies zu Ertragsvorteilen über die gesamte Standdauer führt, werden die Ergebnisse der folgenden Standjahre zeigen (Ertragsschätzungen sind nach der ersten WPM-Ernte noch nicht möglich, auch Daten der Folgeansaat liegen noch nicht vor).

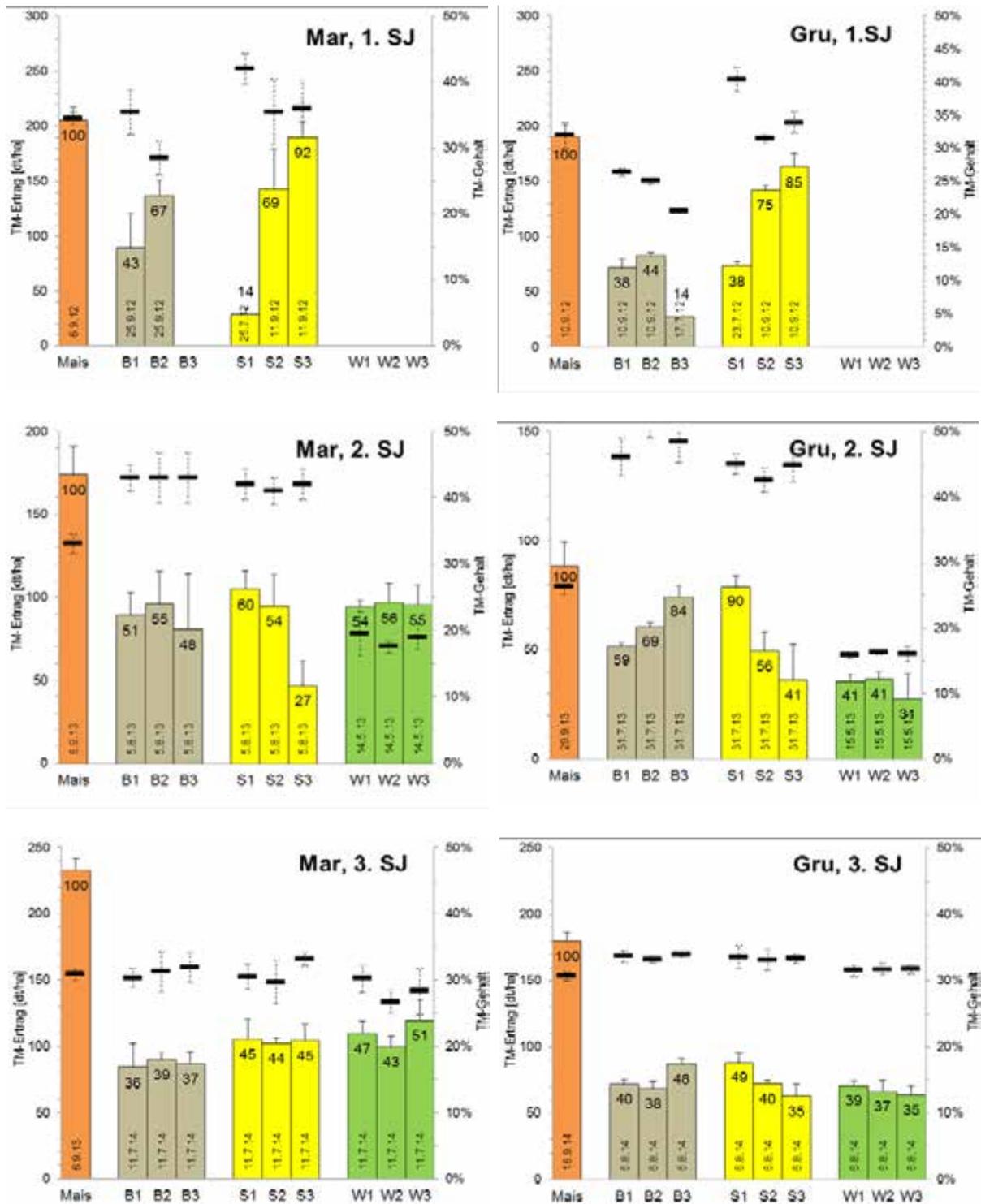


Abbildung 2.3.3: (a bis f) TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials am Standort Marquardt (links, a, c und e) und am Standort Grub (rechts, b, d und f) in den ersten drei Standjahren (Versuch B12). Die Bestandsgründung erfolgte im Jahr 2012 durch Blanksaat (B1, B2, B3), durch Saat in eine Sommerung (S1, S2 und S3) oder als Herbtsaat in Grünroggen (W1, W2, W3; vgl. Tabelle 2.2.2). Zum Vergleich werden auf der linken Seite jeweils die Daten einer praxisüblich geführten Silomaiskultur dargestellt. In den Säulen sind die Erntetermin und Erträge relativ zu Silomais [%] angegeben. Am Standort Marquardt wurde 2013 für Silomais auf Daten des Nachbarversuchs B13 zurückgegriffen.

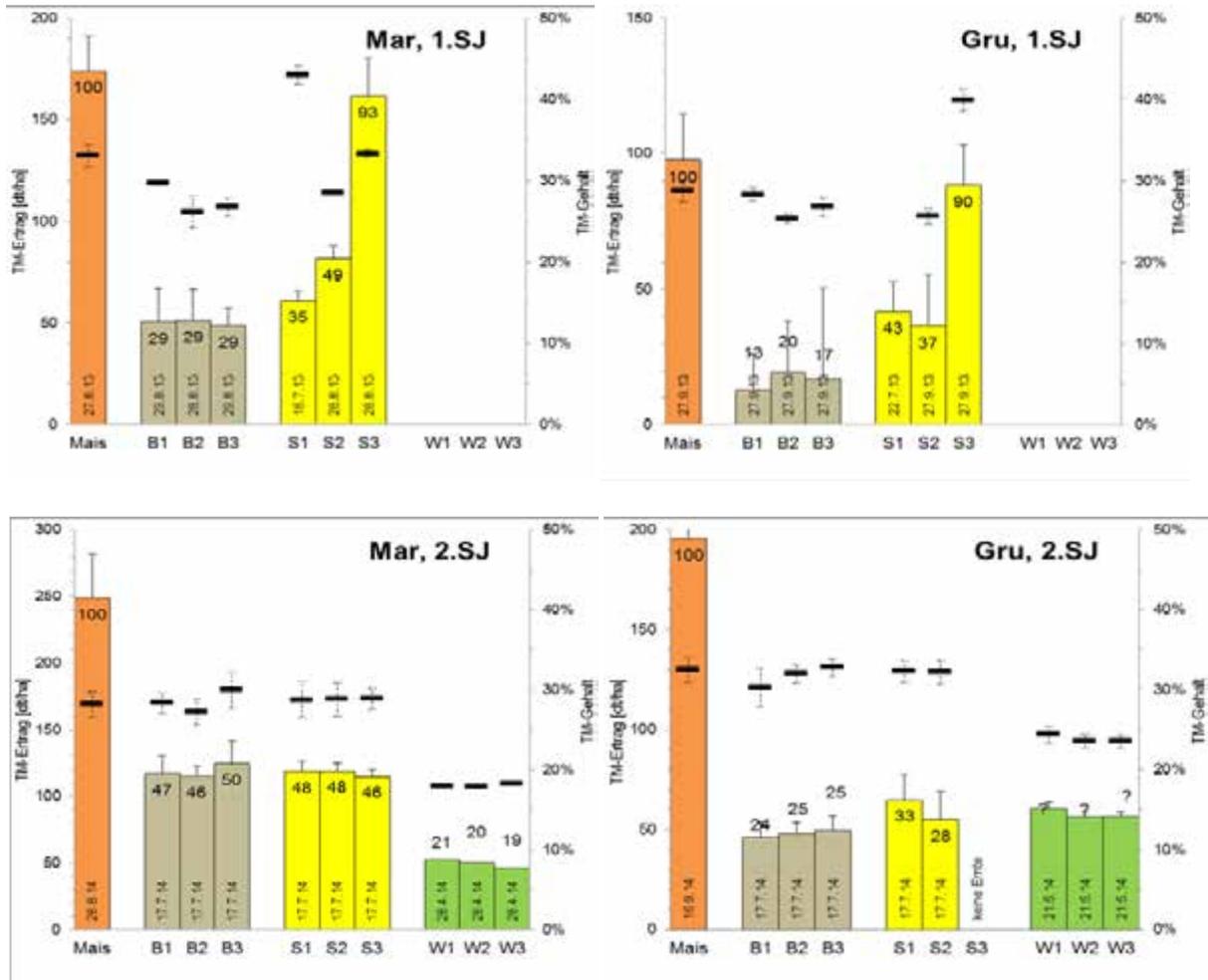


Abbildung 2.3.4: (a bis d) TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials am Standort Marquardt (links, a und c) und am Standort Grub (rechts, b und d) in den ersten zwei Standjahren (Versuch B13). Die Bestandsgründung erfolgte im Jahr 2013. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.3. Am Standort Marquardt wurde Var. B3 wie B1 ausgeführt.

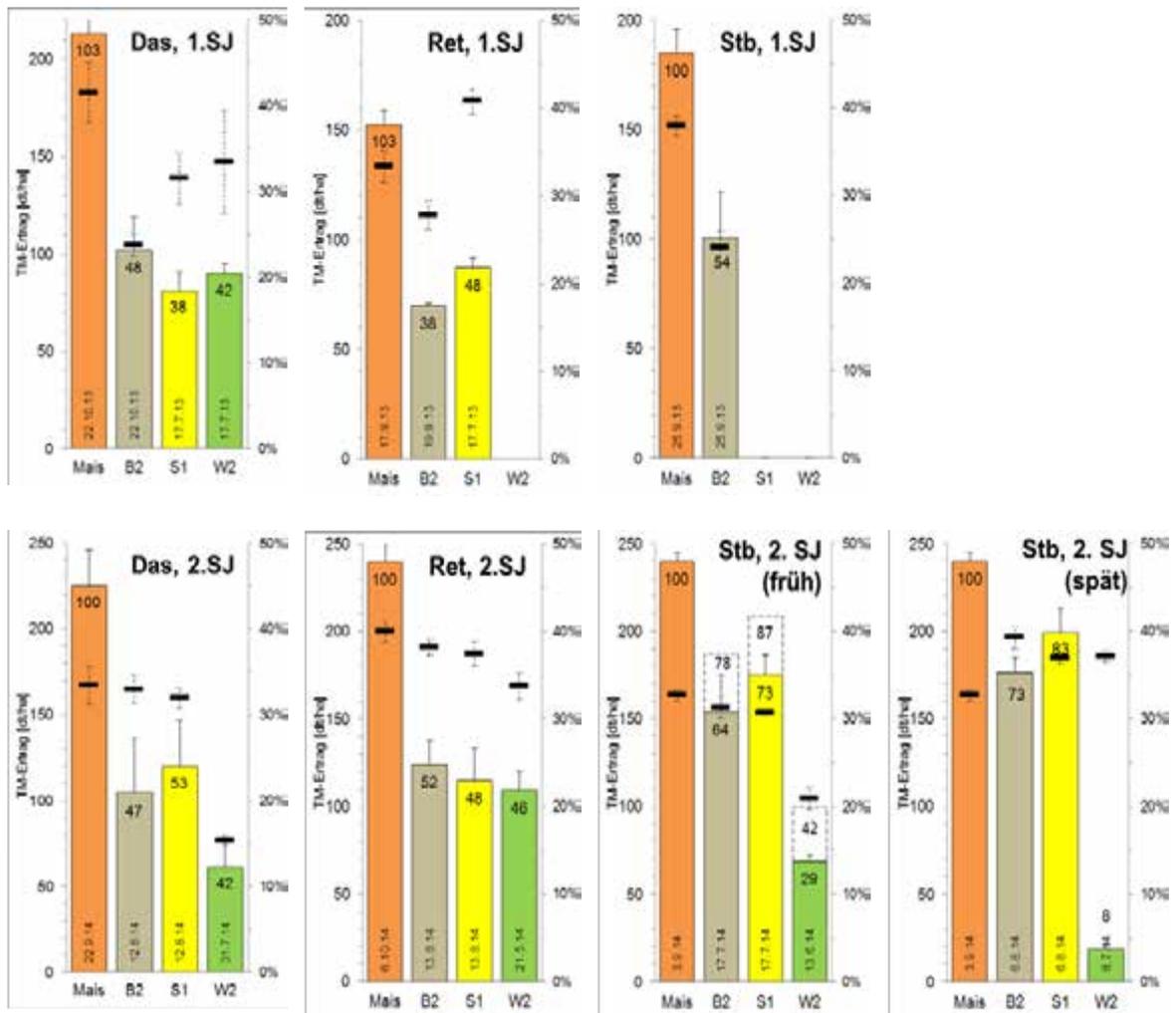


Abbildung 2.3.5: TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials bei der ersten Ernte verschiedener Bestandsgründungsvarianten (Versuch B13) an den Standorten Dasselbruch, Rethmar und Straubing. Der Erntetermin ist in der Basis der Säulen angegeben. In Straubing wurde auf der Hälfte der Parzellen drei Wochen später geerntet („spät“), bei den früher geernteten Teilflächen („früh“) wurde Anfang Oktober ein zweiter Schnitt durchgeführt (gestrichelt).

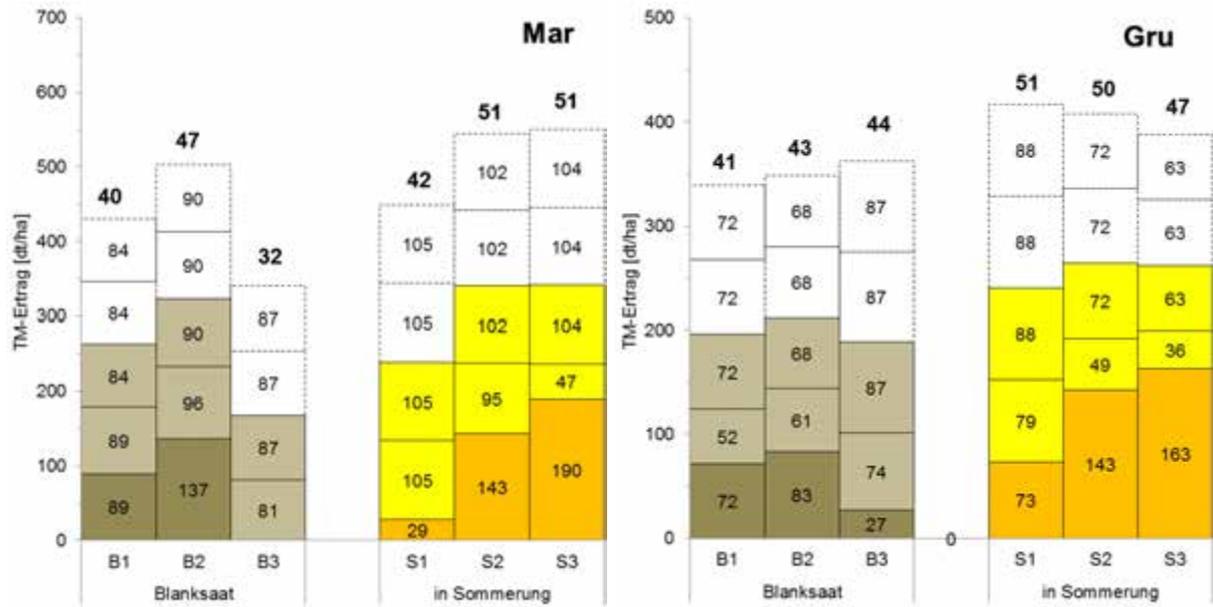


Abbildung 2.3.6. (a und b) Aufsummierter TM-Ertrag (Säulen) der Jahre 2012 bis 2016 bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten (Ansaat 2012) an den Standorten Marquardt (links) und Grub (rechts). Die Erträge der letzten beiden Standjahre lagen noch nicht vor und wurden geschätzt (weiße, gestrichelte Säulen). Über den Säulen ist der kumulierte Ertrag relativ zu Silomais [%] angegeben. Nähere Erläuterung siehe Text.

2.3.2 Entwicklung und Bestandszusammensetzung ab dem zweiten Standjahr

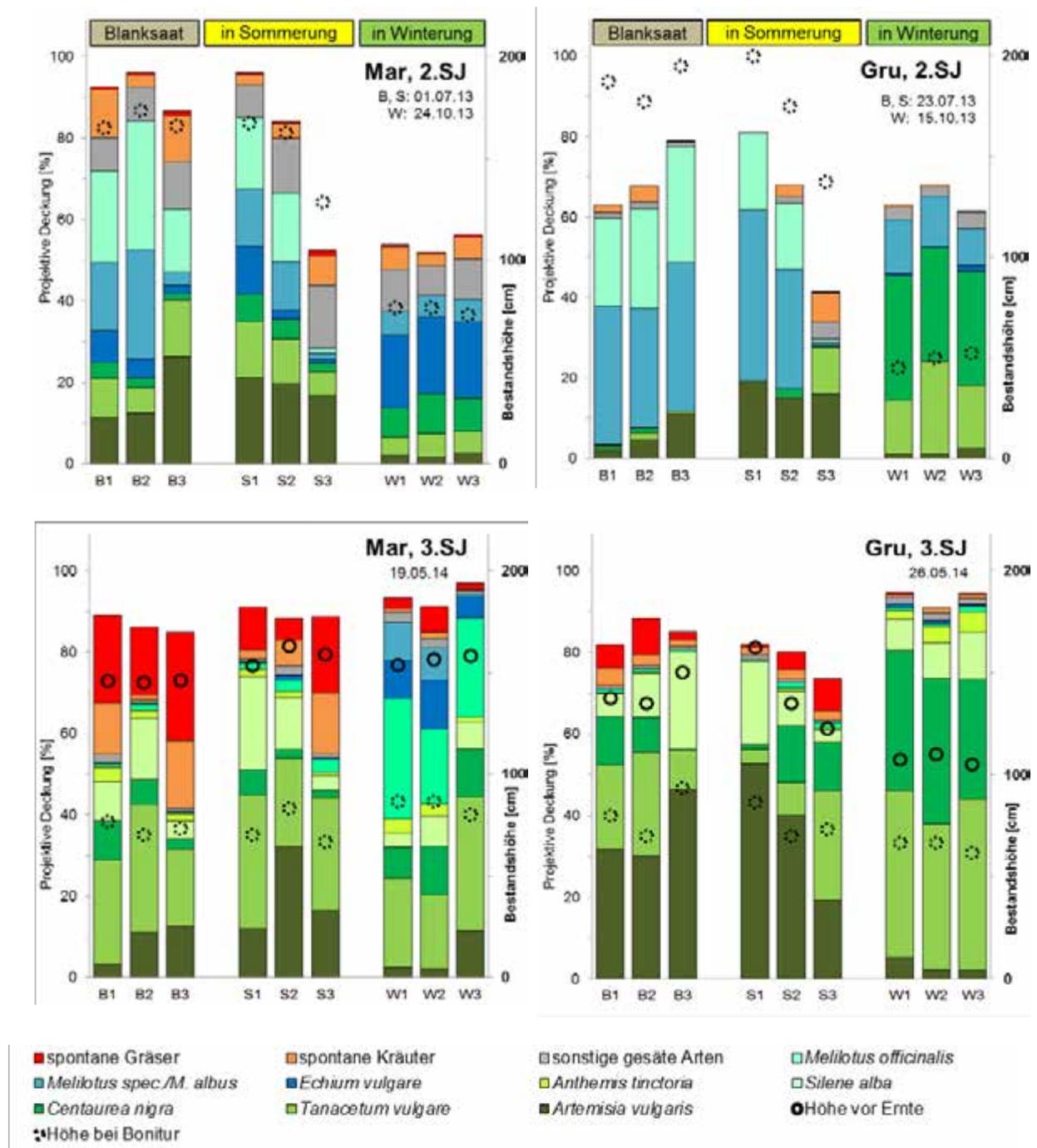


Abbildung 2.3.7: (a bis d) Artzusammensetzung im Jahr 2012 gesäter Pflanzenbestände bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten (vgl. Tabelle 2.2.2; B = Blanksaat, S = Saat in eine Sommerung; W = Saat in eine Winterung) an den Standorten Marquardt (links) und Grub (rechts) im 1. (oben) und 2. Standjahr (unten). Verschiedene Farben symbolisieren die Anteile der dominierenden Wildkräuterarten an der Gesamtdeckung. Arten, die in keiner Variante 3 % Deckung erreichten, wurden zusammengefasst (graue Säulen). Die Boniturgermine sind in der Graphik angegeben, zeitgleich wurde die Bestandshöhe erfasst (Kreissymbole).

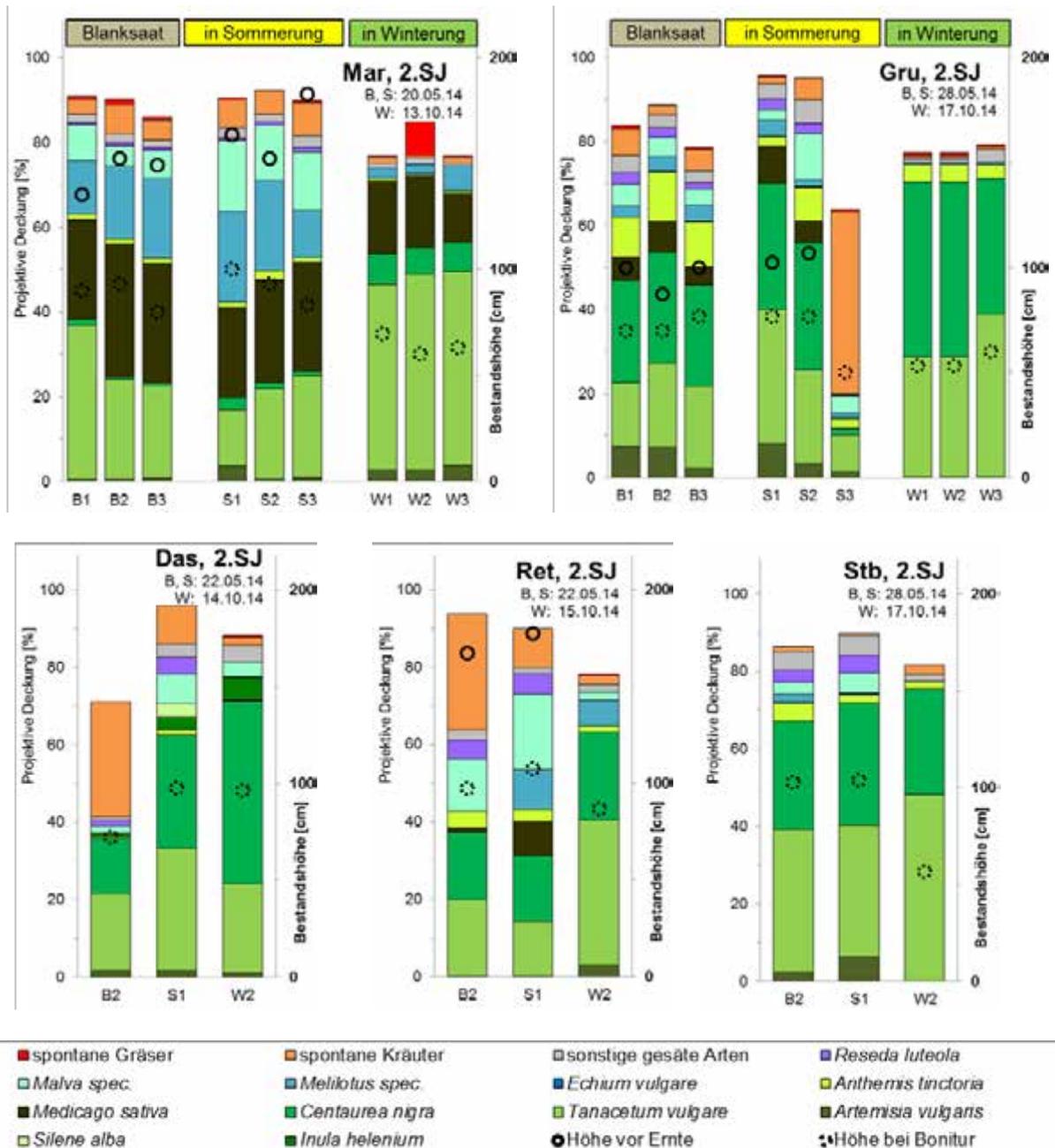


Abbildung 2.3.8: (a bis e) Artzusammensetzung im Jahr 2013 gesäeter Pflanzenbestände bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten an den Standorten Dasselsbruch, Rethmar und Straubing im 2. Standjahr (Versuch B13). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.7

Im 2. Standjahr wurden an den Standorten Grub und Marquardt bei allen Varianten spontane Arten zurückgedrängt, Gräser waren kaum noch vorhanden (Abbildung 2.3.7 oben und 2.3.8), im folgenden Jahr (3. Standjahr) eroberten am Standort Marquardt spontane Arten größere Deckungsanteile (hohe Werte teilweise durch den früheren Boniturtermin bedingt). Bei den **Sommeransaat 2012 (Varianten B und S)** waren die Bestände bis kurz vor der Ernte mit Werten um 90 % projektiver

Gesamtdeckung am Standort Marquardt relativ dicht und 1,5 bis 1,7 m hoch (Überhälter: bis zu 2,2 m), am Standort Grub war der durch Steinkleearten dominierte Bewuchs (Abbildung 5.3.6b) mit ca. 70 % Deckung etwas lockerer und höher (1,7 bis 2,9 m). Eine Ausnahme stellt die Mais-Untersaatvariante mit späterer Saat der WPM dar (Variante S3), die, wie aufgrund des schlechteren Etablierungserfolgs der zwei- und mehrjährigen Arten im ersten Jahr zu erwarten, niedriger und stellenweise lückig war. Infolgedessen waren hier auch die Erträge am geringsten (Abbildung 2.3.4).

Vor allem am Standort Grub waren zwischen den übrigen Sommersaatvarianten ebenfalls klare Ertragsunterschiede erkennbar. Die höchsten Erträge wurden bei der gemulchten Spätsaatvariante und der Gersten-Untersaat erzielt, das Ertragsniveau von WPM und Vergleichskultur (Silomais) war jedoch gleichermaßen niedrig. Dies geht vermutlich auf eine schlechte Wasserversorgung in den Sommermonaten zurück, bedingt durch die geringen Niederschläge in Verbindung mit den sehr leichten bzw. flachgründigen Böden der Standorte. Im Vergleich zu Silomais lagen die WPM-Erträge in diesem Jahr mit ungünstigen Wuchsbedingungen für Silomais bei der besten Variante (S1) bei 60 % (Standort Marquardt) bzw. 90 % (Standort Grub) des Maisvergleichswerts, im folgenden Jahr meist bei knapp 50 %.

Ausnahmen sind Grub mit sehr niedrigen relativen Erträgen im zweiten Standjahr der Ansaat 2013 und der begünstigte Standort Straubing mit außergewöhnlich hohen Erträgen, an dem bis zu 200 dt TM/ha geerntet werden. Dies entsprach über 80 % des Maisvergleichswerts. An diesem Standort wurden bei den WPM-Varianten zwei unterschiedliche Erntetermine verglichen, indem auf der Hälfte der Parzellen Mitte Juli („früh“ in Abbildung 2.3.5) und auf der anderen Hälfte drei Wochen später in der ersten Augustwoche („spät“, Abbildung 2.3.5 rechts) geerntet wurde. Bis zum späteren Schnitt nahmen die Biomassezuwächse noch um etwa 10 % zu. Nach dem früheren Schnitt waren bis zum Spätherbst noch größere Zuwächse zu verzeichnen, die in einem zweiten Schnitt geerntet wurden. In der Summe ergaben sich durch die zwei Schnitttermine nur geringfügig höhere Gesamterträge als bei einem etwas späteren einmaligen Schnitt.

Auch hinsichtlich der Artzusammensetzung waren klare Unterschiede zwischen den Bestandsgründungsvarianten der Sommersaat feststellbar (Abbildung 2.3.8). Beispielsweise war im 2. Standjahr der Ansaat 2012 der Anteil der Steinkleearten bei den später gesäten Mais-Untersaat (S3) geringer. *Artemisia vulgaris* entwickelte sich

in diesem Jahr bei den (nicht gemulchten) Blanksaat-Varianten schwächer. Im dritten Standjahr war am Standort Marquardt die geringere Deckung von *Silene alba* auf den später gesäten Varianten B3 und S3 auffällig. Bei der Ansaat 2013 blieb die Variante S3 am Standort Grub wegen der unzureichenden Staudenetablierung lückig und es breiteten sich verstärkt Beikräuter aus (Abbildung 2.3.8 oben rechts).

Die erst im Herbst eingebrachten **Grünroggen-Untersaatvarianten (Varianten 3)** waren gegenüber den früher gesäten Beständen erwartungsgemäß in ihrer Entwicklung verzögert. 2013 wurde zunächst die Deckfrucht geerntet (Mitte Mai). Eine weitere Ernte in diesem Jahr war nicht sinnvoll, weil die Biomasse des danach aufwachsenden WPM-Bestands noch zu gering war. Weil der Grünroggen relativ kräftig wieder austrieb, wurde ein Mulchschnitt vorgenommen. Die Bestände wurden bis zum Spätherbst etwa 1,00 m hoch und erreichten Deckungswerte von etwa 50 bis 60 %. Die Artzusammensetzung unterschied sich von der Sommersaat durch eine geringere Deckung des Steinklees und am Standort Grub durch höhere Anteile von *Centaurea nigra* und *Tanacetum vulgare* sowie (bei Versuch B13, Abbildung 2.3.8) das fast vollständige Fehlen von *Artemisia vulgaris* und *Medicago sativa*.

Im folgenden Standjahr wurde hier auch eine größere Deckung durch *Anthemis tinctoria* deutlich, *Artemisia* spec. trat weiter im Vergleich zu den Sommersaatvarianten zurück. Am Standort Marquardt war die regelmäßig hohe Deckung durch *Echium vulgare* auffällig, möglicherweise bedingt durch eine höhere Keimrate der Samen durch das Überliegen im Winter. Die eigentlich zweijährige Art war hier auch noch im dritten Standjahr mit größeren Deckungsanteilen in den Mischungen enthalten.

Auch bei den ab 2013 einbezogenen Standorten wurden Unterschiede in der Artzusammensetzung deutlich, beispielsweise bezüglich *Inula helenium*, der sich am Standort Dasselsbruch bei der Herbstsaat stärker ausbreitete. In Rethmar unterschieden sich die Herbstsaatvarianten wie bei Grub durch das Fehlen von *Medicago sativa* (zweites Standjahr) und in Straubing durch das Fehlen von *Artemisia vulgaris*.

2.3.3 Kostenkalkulationen

Die im Jahr der Bestandsgründung pro Hektar Anbaufläche anfallenden Kosten gehen aus Abbildung 2.3.9 hervor. Bei Mais und den Untersaatvarianten fallen zunächst die regulären Kosten bei Saat der jeweiligen Ackerfrucht an, die je nach Materialaufwand und Arbeitsaufwand variieren. In den Untersaatvarianten S1 bis S3 wird Wildpflanzensaatgut ohne weitere Bodenbearbeitung ausgebracht, so dass sich die durch die WPM-Saat bedingten Mehrkosten auf die zusätzlichen Saatgut- und Arbeitskosten in Höhe von 390 € beschränken (etwa 350 €/ha für Saatgutkosten zuzüglich Saataufwand von 40 €). Bei der WPM-Direktsaat ist dagegen eine eigene Bodenbearbeitung hinzuzurechnen. Dies führt zu Kosten von knapp 650 €/ha, bei der tieferen Saat der einjährigen Arten durch den zusätzlichen Arbeitsgang liegen sie etwa um 40 € höher. Nicht eingerechnet sind hier die von der Erntemenge abhängigen Kosten für die Ernte.

Im ersten Standjahr wird die Deckfrucht geerntet. Das Ertragsniveau der als Deckfrucht eingesetzten Ackerfrüchte Grünroggen, Sommergerste und Silomais wurde durch die bis zur Ernte noch kleinen, zarten Pflanzen der Untersaat in den meisten Fällen kaum beeinflusst (Kapitel 2.3.1; Ausnahme: Zeitgleiche Saat mit Silomais, Variante S3), so dass auch hier die Kosten in etwa mit den regulären Erntekosten der verwendeten Ackerfrucht übereinstimmen. Wegen der größeren Erntemenge sind die Erntekosten an dem ertragstärkeren Standort Marquardt und den ertragreicheren Varianten mit Mais als Deckfrucht jeweils höher.

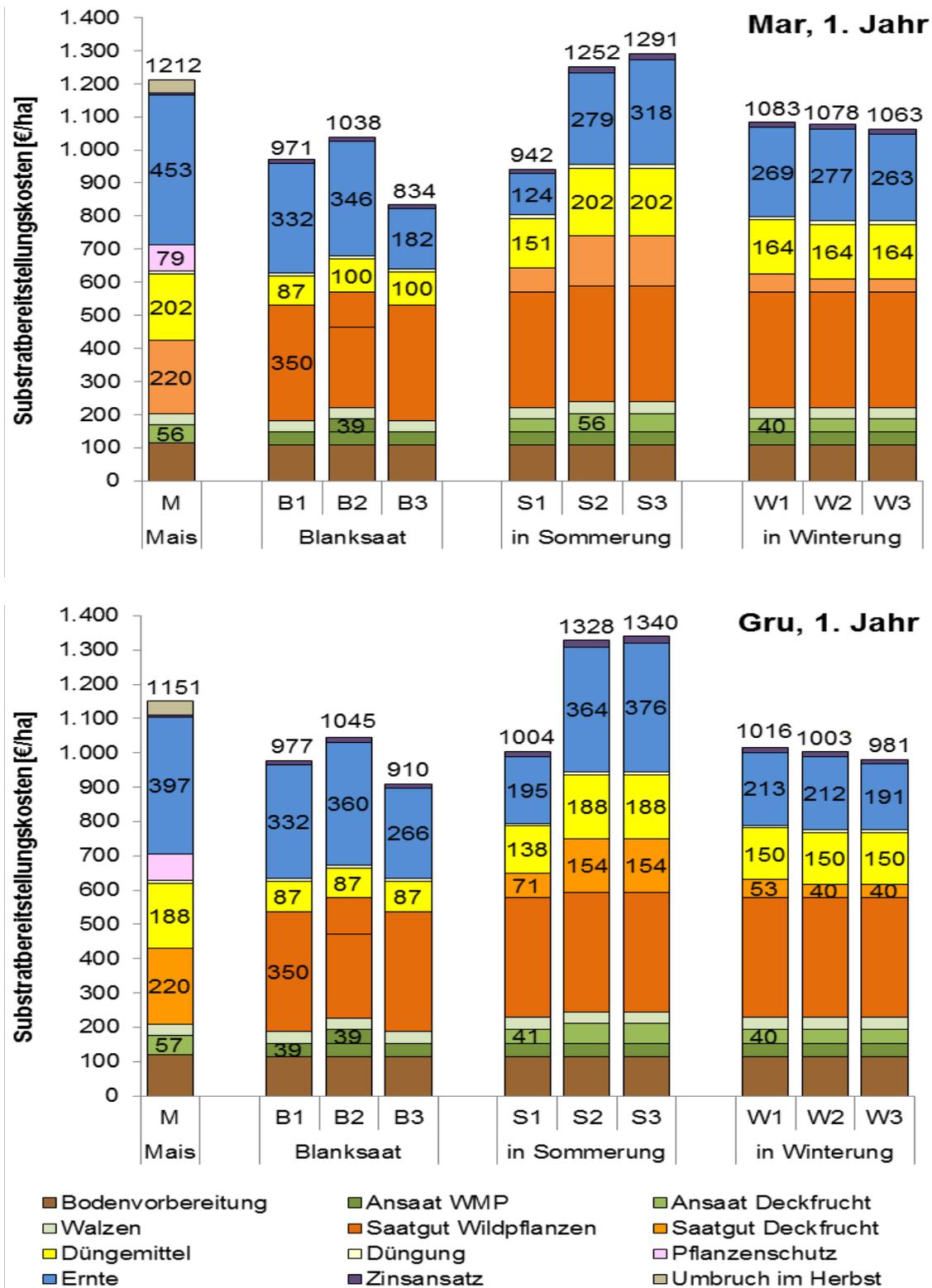


Abbildung 2.3.9: (a und b) Substratbereitstellungskosten im Jahr der Ansaat bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten und bei Silomais an den Standorten Marquardt (oben) und Grub (unten) (Versuch B12). (ohne Berücksichtigung von Pachtkosten und Flächenprämien).

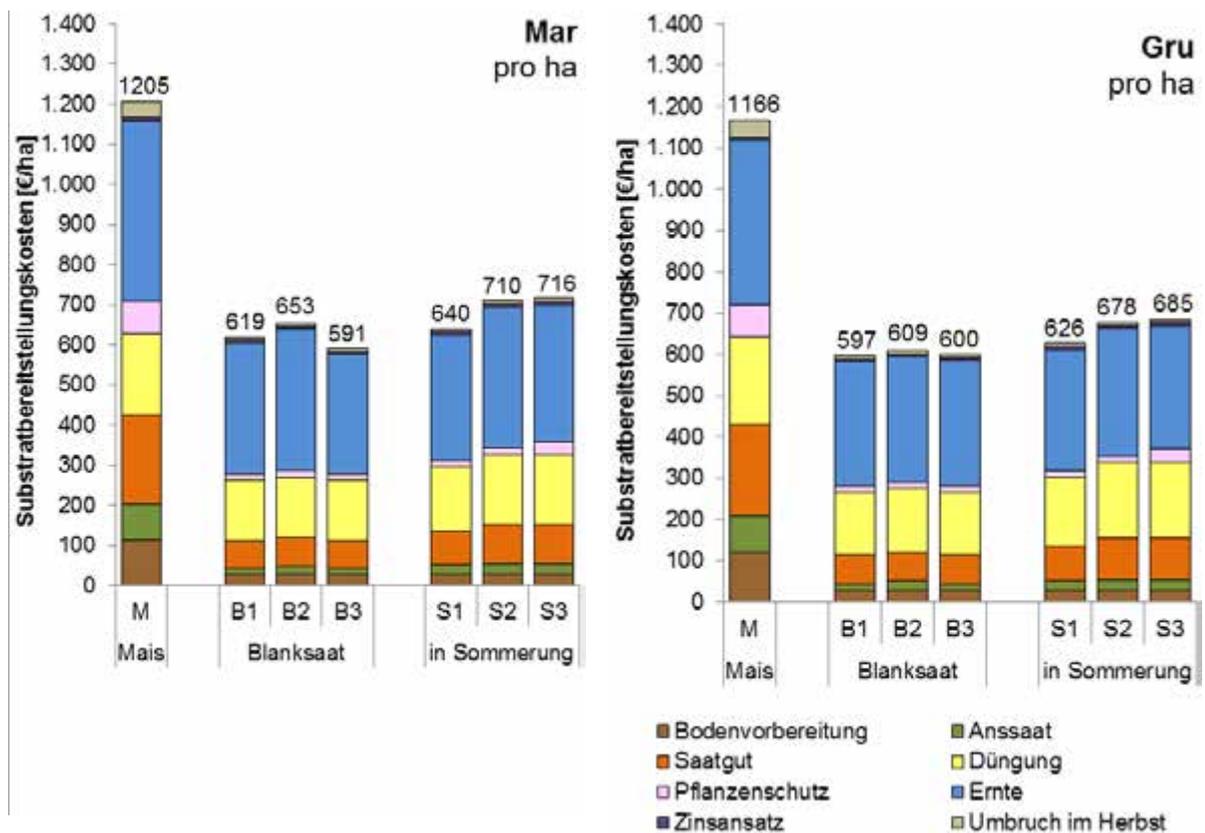


Abbildung 2.3.10: (a und b) Jährliche Substratbereitstellungskosten [€/ha] bei Unterstellung einer fünfjährigen Standzeit der WPM. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.9.

In den folgenden Jahren reduzieren sich die Kosten der Wildpflanzenvarianten, weil bei der mehrjährigen Kultur Arbeitsschritte wie Bodenvorbereitung und Ansaat wegfallen. Geht man von einer regulären Standzeit von fünf Jahren aus und berücksichtigt diese Arbeitsschritte bei Berechnung der jährlichen Kosten anteilig, ergeben sich bei der WPM wesentlich geringere jährliche Substratbereitstellungskosten als bei Silomais (Abbildung 2.3.10). Diese lagen mit Werten im Bereich zwischen 600 und 700 €/ha in etwa halb so hoch wie bei der Vergleichskultur. Bei längerer Nutzungsdauer sind die anteiligen Etablierungskosten noch niedriger als bei der hier zugrunde gelegten fünfjährigen Standzeit.

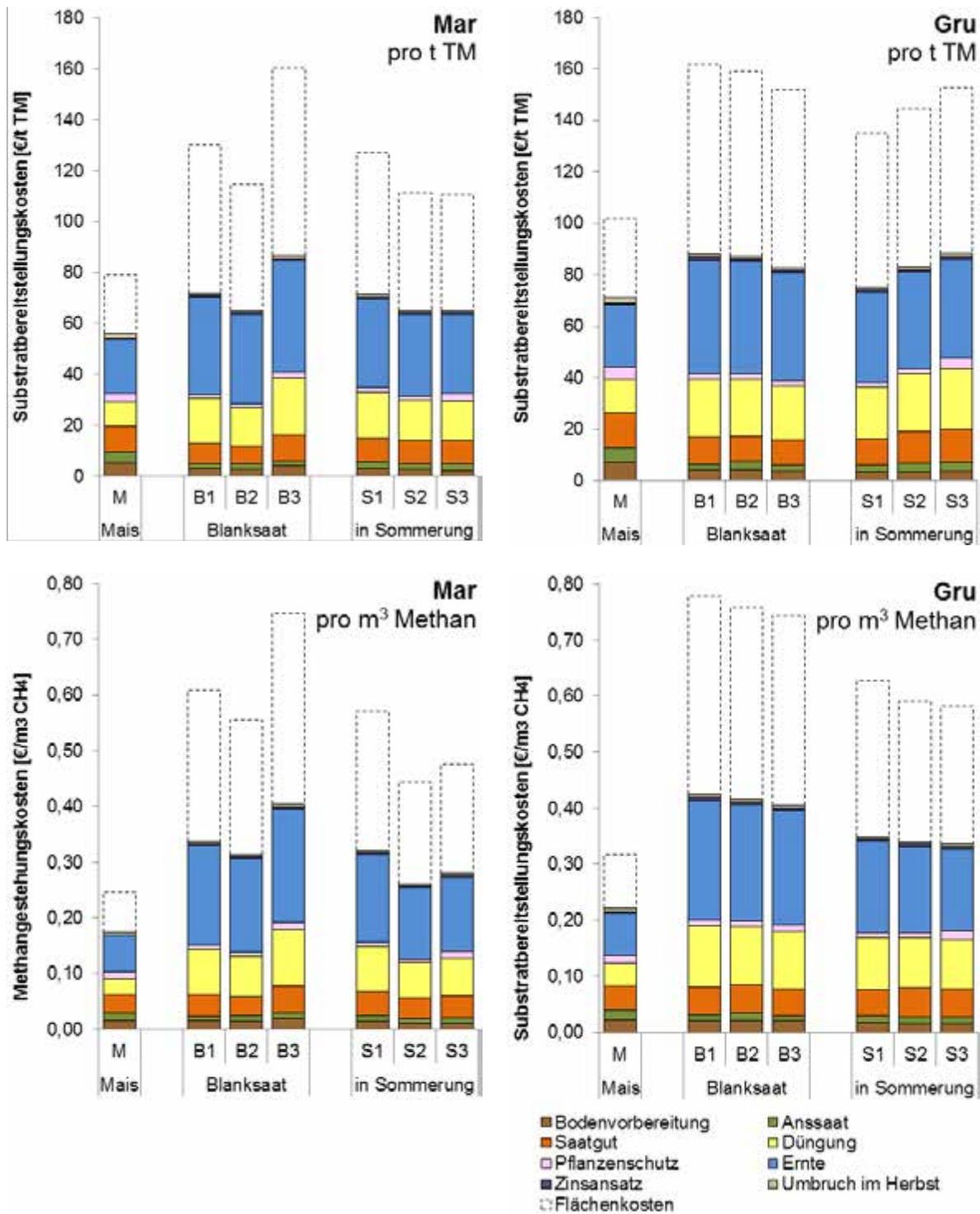


Abbildung 2.3.11: (a bis d) Substratbereitstellungskosten in [€/t TM] (a und b, oben) und in [€/m³ Methan] (c und d, unten) bei Unterstellung einer fünfjährigen Standzeit der WPM. Die gestrichelten Linien geben die Flächennutzungskosten bei einem angenommenen Pachtpreis von 500 €/ha an. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.9.

Fließen die geringeren Biomasseerträge der WPM ein, indem man die Kosten auf die Substratmenge bezieht, die auf der Fläche gewonnen werden kann, sind die Unterschiede zwischen den Varianten geringer (farbige Säulen, Abbildung 2.3.11a und b). Die niedrigsten Kosten pro Tonne Trockenmasse bereitgestelltes Substrat fielen am Standort Grub bei der Variante S1 (Bestandsgründung in Sommergerste) und bei Marquardt bei Variante S2 (Bestandsgründung durch zeitgleiche Saat in Silomais) an. Hier lagen die Substrat-Bereitstellungskosten (in [€/t TM]) in ähnlicher Höhe wie bei Silomais.

Tabelle 2.3.1: Methanausbeute des geernteten Biogassubstrats bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten im Vergleich zu Silomais sowie davon abgeleitete Substratpreise. Weil im ersten Standjahr unterschiedliche Deckfrüchte eingesetzt wurden, wird dieses separat betrachtet.

		Methanausbeute [NI/kg TM]		Substratpreise [€/t FM]	
		Marquardt	Grub	Marquardt	Grub
M		100%	100%	33,05	33,05
B1	1. SJ	66%	68%	21,66	22,60
B2	1. SJ	58%	71%	19,15	23,55
B3	1. SJ	keine Ernte	keine Ernte	-	-
S1	1. SJ	105%	83%	34,78	27,30
S2	1. SJ	109%	100%	36,14	33,00
S3	1. SJ	84%	107%	27,63	35,42
B1	ab 2. SJ	67%	64%	22,07	21,03
B2	ab 2. SJ	67%	64%	22,07	21,03
B3	ab 2. SJ	67%	64%	22,07	21,03
S1	ab 2. SJ	67%	64%	22,07	21,03
S2	ab 2. SJ	67%	64%	22,07	21,03
S3	ab 2. SJ	67%	64%	22,07	21,03

Wegen der geringeren Methanausbeute der WPM im Vergleich zu Silomais (Tabelle 2.3.1) lagen die auf die Methanmenge bezogenen Kosten bei den WPM dagegen höher als bei der Vergleichskultur (farbige Säulen, Abbildung 2.3.11c und d). Auch bei den Silomais-Untersaatvarianten (S2 und S3), bei denen höhere Anteile der Deckfrucht Silomais einfließen, sind die Kosten deshalb relativ zu den anderen Varianten geringer als in Abbildung 2.3.11a und b.

Bei den bisher genannten, durch farbige Säulen dargestellten Kostengruppen (farbige Säulen) sind die Flächennutzungskosten noch nicht berücksichtigt. Diese liegen bei Kulturen mit geringen Flächenerträgen höher, weil dann eine größere

Fläche benötigt wird, um eine bestimmte Substrat- bzw. Methanmenge bereitzustellen. Durch Flächennutzungskosten bedingte Mehrkosten werden in Abbildung 2.3.11 durch gestrichelten Linien dargestellt. Sie zeigen die Mehrkosten bei einem angenommenen Pachtpreis von 500 €/ha. Bei der WPM ergaben sich bereits bei diesen moderaten Flächenkosten höhere Substratbereitstellungs- und Methangestehungskosten als bei Silomais.

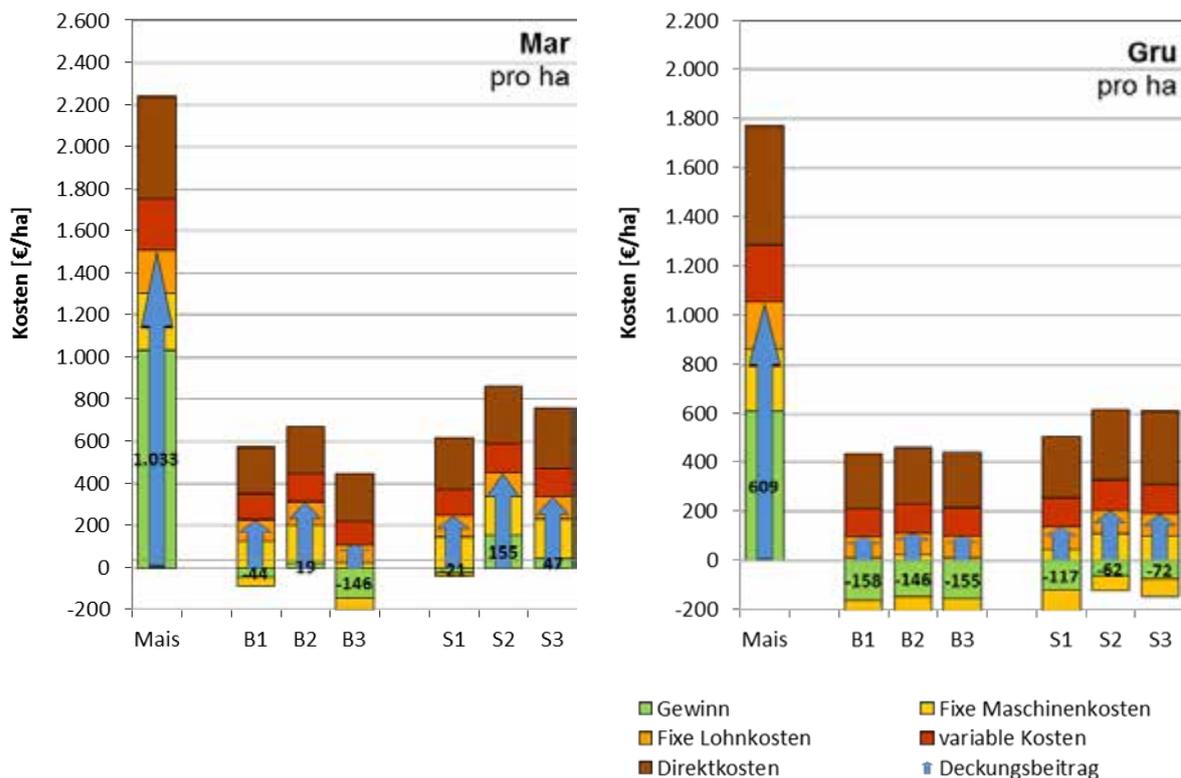


Abbildung 2.3.12: (a und b) Direktkosten, variable Kosten und fixe Kosten bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten und bei Silomais an den Standorten Marquardt (Mar, links) und Grub (Gru, rechts) (Versuch B12). Die Höhe der Säulen entspricht dem Substraterlös, der Deckungsbeitrag wird durch blaue Pfeile dargestellt. Die Zahlenwerte in den grünen Säulen geben die Gewinnbeiträge an. Bei der Kostenrechnung wurde eine fünfjährige Standzeit der WPM unterstellt. Die Flächennutzungskosten sind hier nicht berücksichtigt.

Um eine Aussage über die wirtschaftliche Vorzüglichkeit der Bestandsgründungsvarianten zu treffen und gegebenenfalls den erforderlichen Förderbedarf zur Herstellung der Wettbewerbsfähigkeit beim Anbau von WPM abzuleiten, wurden Deckungsbeitrag und Gewinnbeitrag pro Hektar Anbaufläche berechnet.

Das Ergebnis (Abbildung 2.3.12) zeigt eindeutig, dass der Anbau von Wildpflanzen zur energetischen Nutzung im Vergleich zu Silomais nicht wettbewerbsfähig ist. Für Silomais ergaben sich hohe Gewinnbeiträge von 1033 €/ha am Standort Marquardt

und 609 €/ha am Standort Grub. Bei den Wildpflanzenmischungen wurden nur bei dem ertragsstärkeren Standort Marquardt Gewinne verzeichnet. Sie lagen mit Werten zwischen 47 und bei 155 €/ha bei den beiden besten Bestandsgründungsvarianten wesentlich niedriger. Höhere Verluste wurden nur bei der spät gesäte Blanksaatvariante mit Ertragsausfall im ersten Jahr verzeichnet.

Vor allem am Standort Marquardt wird der enge Zusammenhang zwischen kumuliertem TM-Ertrag bzw. Methanhektarertrag und Betriebsergebnis deutlich. Die höchsten Gewinne wurden bei der in der Summe ertragsstärksten Silomais-Untersaat erzielt. Die zeitgleiche Saat der WPM (Variante S2, mit rund 51 % des Silomaisertrags, vgl. Abbildung 2.3.6) erwies sich dabei aus ökonomischer Sicht als noch etwas erfolgreicher als die spätere Saat (S3, nach der ersten Pflanzenschutzmaßnahme). Bei den Blanksaatvarianten führte das insgesamt höhere Ertragsniveau der Variante B2 (tiefere Saat der einjährigen Arten in einem separaten Saatvorgang) trotz des etwas höheren Saataufwands zu höheren Gewinnen als die bisher praktizierte Saat in einem Arbeitsgang.

2.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Weil die Bestandsetablierung bei der Frühjahrsansaat gemäß Praxisempfehlung (Oben-auf-Frühjahrsansaat) nicht immer erfolgreich war und es regelmäßig zu erheblichen Ertragseinbußen kam, erprobten wir neue Varianten der Bestandsgründung. Dabei wurden verschiedene Saattermine verglichen und auch klassische Ackerfrüchte als Deckfrucht eingesetzt. Um das Vorgehen an regionale und standörtliche Bedingungen anzupassen, wurden in den Versuch unterschiedlichen Klima- und Bodenregionen einbezogen. Ziel war es, durch eine standortangepasste Vorgehensweise bei der Bestandsgründung das Ertragsniveau und die Ertragssicherheit zu erhöhen.

Das beste Etablierungsergebnis wurde ausnahmslos bei Saat in Sommergerste (in 60 % der regulären Saatstärke) erzielt. Weil hier unerwünschte Beikräuter besser als bei allen anderen Varianten unterdrückt wurden, war diese Methode auch auf Flächen in schlechterem ackerbaulichem Zustand erfolgreich. Nach dem Schnitt der Gerste, die zum Schutz von Brutvögeln und anderen Wildtieren erst ab Mitte Juli erfolgte, entwickelte sich bis zum Spätherbst regelmäßig noch ein dichter, artenreicher Bestand aus kräftigen Wildpflanzen mit auffällig hohen Erträgen in den Folgejahren.

Auch bei der Herbstsaat war der Feldaufgang gut. Nach der Ernte der Winterfrucht bildete sich bis zum Herbst ein erster blühender Bestand, der meist noch nicht erntewürdig war; im darauffolgenden Jahr erzielten die Wildpflanzen sehr hohe Erträge. Vorteile durch den Herbstsaattermin sind vor allem auf Standorten mit geringer Wasserverfügbarkeit im Sommer zu erwarten (wie auch auf den flachgründigen Böden bei Grub oder den leichten Böden Marquardts), weil sich die Pflanzen über das Winterhalbjahr durch den Aufbau von Wurzelmasse stabilisieren können. In sehr strengen Wintern besteht das Restrisiko das Auswinterns.

Im Gegensatz dazu war der Feldaufgang in Maiskulturen (mit regulärer Saatstärke) nicht immer zufriedenstellend, weil der Mais die Untersaat sehr stark beschattet und erst spät geerntet wird. Vor allem bei späterer Saat der Wildpflanzen (nach der PSM-Behandlung der Maispflanzen) blieben die Wildpflanzenbestände nach der Maisernte oft lückig mit sehr schwachen Einzelpflanzen. Daraus resultierten in den Folgejahren teilweise stark erniedrigte Erträge bis hin zum Ernteausfall der von Beikräutern überwachsenen Flächen. Bei zeitgleicher Saat von Mais und Wildpflanzenmischung

(ohne PSM) war das Etablierungsergebnis etwas besser, wobei der höhere Konkurrenzdruck durch die kräftiger entwickelten Wildpflanzen und Beikräuter das Ertragsniveau der Deckfrucht Mais je nach Standort und Witterung sehr stark gegenüber der Mais-Reinkultur erniedrigen kann.

Die Ergebnisse belegen die große Bedeutung einer geeigneten, an die jeweiligen Standortbedingungen angepassten Vorgehensweise bei der Bestandsgründung, um eine sichere Bestandsetablierung der Wildpflanzenmischung zu gewährleisten. Vor allem unter schwierigen Kulturbedingungen, z. B. hohem Unkrautdruck am Standort oder extremer Trockenheit, besteht ein starker Einfluss auf Etablierungserfolg, Ertragshöhe und -sicherheit.

Bei einer fünfjährigen Nutzungsdauer der Wildpflanzenmischung werden gegenüber dem Anbau von Silomais (in Selbstfolge oder Fruchtfolge) in erheblichem Maß Arbeitsgänge und Betriebsmittel eingespart (um rund 50 %; einmalige Saat und Bodenbearbeitung in fünf Jahren, nur mäßige Düngung, kein Pflanzenschutz). Ob mit der Wildpflanzenmischung Gewinne erwirtschaftet werden können, hängt auch von dem Verfahren bei der Bestandsgründung ab. Mit sehr ertragsstarken Kulturen wie Silomais kann der Anbau von Wildpflanzen zur energetischen Nutzung wegen des wesentlich geringeren Ertragsniveaus dennoch voraussichtlich nicht wirtschaftlich konkurrieren.

Berücksichtigt man, dass Silomais aus Gründen der Nachhaltigkeit und zur Vermeidung von Pilzerkrankungen und Schädlingskalamitäten nicht als reine Selbstfolge, sondern in einer Fruchtfolge mit anderen (ertragsschwächeren) Kulturen angebaut werden sollte, kommt man zu einer etwas besseren wirtschaftlichen Bewertung des Wildpflanzenanbaus.

Wie unter 1.4 beschrieben, könnte das Betriebsergebnis weiter verbessert werden, indem Förderungsmöglichkeiten, beispielsweise zum Wasser- und Erosionsschutz, genutzt werden.

3. Entwicklung von Mischungsvarianten mit heimischen Stauden

3.1 Zielsetzung

Wesentliches Ziel des Arbeitspakets ist die Weiterentwicklung der Mischungen aus der ersten Projektphase. Dabei handelt es sich um noch vergleichsweise einfach aufgebaute Mischungen, die in Kleinparzellenversuchen in Unterfranken und im Nordwestdeutschen Tiefland untersucht worden sind. Auf diesen Ergebnissen aufbauend werden nun seit 2011 für verschiedene Klima- und Bodenregionen Mischungsvarianten mit heimischen Stauden entwickelt, die sich in der Gewichtung ökologischer und ökonomischer Ziele unterscheiden (Kapitel 3.3.2). Die Weiterführung älterer Ansaatflächen soll Ergebnisse über die Nutzungsdauer liefern (Kapitel 3.3.1), die sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht von großer Bedeutung sind. Mit dem Ziel, die Staudenetablierung zu verbessern, wurden in einem Nebenversuch verschiedene Deckfruchtmischungen getestet (Kapitel 3.3.3). Aufgrund aller neuen Erkenntnisse wurde eine grundlegende Überarbeitung der Mischung vorgenommen (Kapitel 3.3.4) Im Folgenden wird die Zielsetzung der einzelnen Arbeitspakete näher erläutert.

Mischungsvarianten in drei Anbauregionen

Bei der Mischungsentwicklung wurden zur Anpassung an verschiedene Naturräume Standorte im Ostdeutschen Tiefland, Nordwestdeutschen Tiefland und im Fränkischen Hügelland einbezogen. Für jeden Standort wurden drei Mischungsvarianten für verschiedene Zwecke konzipiert, die sich hinsichtlich der Gewichtung ökologischer oder ökonomischer Kriterien unterscheiden.

Bei allen Mischungsvarianten war eine Steigerung der Biomasseerträge wichtiges Ziel, beispielsweise durch die Verwendung inzwischen verfügbarer ertragsstarker Auslesen und durch eine verbesserte Abstimmung der Saatstärken der einzelnen Mischungskomponenten.

Bei einer ökonomisch ausgerichteten Variante stand die Ertragsmaximierung stärker im Vordergrund. Während hier ausschließlich eher kostengünstige Arten mit hohem Biomassepotenzial eingesetzt wurden, enthielten die anderen beiden Varianten zur Biodiversitätssteigerung weitere, weniger ertragreiche Arten.

In einer ökologisch optimierten Variante wurde zunehmend gebietseigenes Saatgut laut Erhaltungsmischungsverordnung (ErMiV) verwendet und regionaltypische Pflanzenarten einbezogen. Diese voraussichtlich etwas ertragsärmeren und teureren Mischungen sind für ökologische Maßnahmen auf Flächen vorgesehen, für die keine wirtschaftlichen Nutzungsalternativen bestehen (beispielsweise als Ausgleichflächen nach BNatSchG oder als ökologische Vorrangfläche in der 1. Säule der GAP).

Mit dem Ziel, die Energieerträge der Wildpflanzenmischungen zu erhöhen, wurden Batchuntersuchungen an den Hauptertragsarten vorgenommen. Auf Basis dieser Ergebnisse sollen in den Saatmischungen die Anteile von Arten mit geringer Methanausbeute reduziert und die Anteile von Arten mit hoher Methanausbeute erhöht werden, so dass die Methanausbeute der Gesamtmischung gesteigert wird.

Untersuchungen zur Nutzungsdauer

Neben hohen jährlichen Energieerträgen ist für die ökonomische Vorzüglichkeit des Anbausystems bedeutend, wie lange Wildpflanzenmischungen sinnvoll für die Biogaserzeugung genutzt werden können, weil der Bewirtschaftungsaufwand erst ab dem 2. Standjahr sehr gering ist. Auch um verschiedene ökologische Wirkungen wie Erosionsschutz, ein vermindertes Risiko von Stoffeinträgen in Oberflächengewässer oder die Bereitstellung von wertvollem Lebensraum für viele Wildtiere voll zu entfalten, ist eine längere Standzeit und Bodenruhe essenziell.

Zur Untersuchung der Standdauer stehen ältere Ansaaten aus Phase I zur Verfügung. Weil diese aufgrund ihrer geringen Parzellengröße verstärkt Randeinflüssen ausgesetzt sind, werden zur Beurteilung der Standdauer unter Praxisbedingungen auch Großparzellenversuche aus dem Jahr 2011 und Praxisflächen betrachtet. Ergebnisse zu längerfristigen Verschiebungen in der Artenzusammensetzung flossen bei der Mischungsentwicklung ein. Sie gaben Aufschluss über die Stabilität der eingesetzten Arten oder über die richtige Saatstärke, um einerseits die gewünschte Artmächtigkeit zu erreichen und andererseits eine (spätere) übermäßige Dominanz einzelner Arten zu vermeiden.

Staudenetablierung in Abhängigkeit von der Deckfruchtmischung

Weil die Etablierung der langlebigen Arten je nach Standortbedingungen und Witterungsverlauf nicht immer erfolgreich verlief, wurden verschiedene Verfahren der Bestandsgründung erprobt, bei der auch klassische Ackerfrüchte als Deckfrucht eingesetzt wurden (Kapitel 2). Dies hat den Nachteil, dass sich erst im zweiten Jahr blütenreiche Pflanzenbestände entwickeln. Gegenstand eines Nebenversuchs war es, unter Verwendung blütenreicher einjähriger Mischungen als Deckfrucht den Etablierungserfolg für zwei- und mehrjährige Arten zu optimieren, indem die Zusammenstellung der einjährigen Arten variiert wird. Dazu wurden hinsichtlich Bestandsstruktur und Phänologie sehr unterschiedliche Artkombinationen eingesetzt, der Feldaufgang verschiedener Teststaudenarten im Unterstand geprüft und die weitere Bestandsentwicklung vergleichend untersucht. Ziel war es, durch Einsatz der richtigen Deckfruchtmischung Feldaufgang und Bestandsentwicklung zu verbessern und dadurch eine längere Bestandsstabilität zu ermöglichen.

Grundlegende Mischungsüberarbeitung 2014

Für die Ansaaten im Jahr 2014 wurden die Versuchs- und Praxismischungen auf Basis der in den ersten beiden Projektjahren (Phase II) gewonnenen Ergebnisse grundlegend überarbeitet. Dieser Entwicklungsschritt war zur Gewährleistung einer hohen Biodiversität unerlässlich, nachdem sich 2013 mit fortgeschrittener Standdauer abzeichnete, dass die Artenvielfalt auf Versuchs- und Praxisflächen nach dem dritten Standjahr häufig massiv abnimmt.

Um über die gesamte Standzeit möglichst viele Wildtiere zu fördern, wurden Mischungen mit zusätzlichen, langlebigen Arten konzipiert. Des Weiteren wurden zweijährige Arten einbezogen, deren Zweitaufwuchs nach der Ernte zur Blüte kommt und sich bis zum Winter versamen kann. Durch Feldaufgang ausgefallener Samen sollen diese Arten in späteren Standjahren zu einer höheren Artenvielfalt beitragen. Eine zweite, spätsommerliche Blüte ist für viele blütenbesuchende Insekten wie auch für die Honigbiene wertvoll.

Eine weitere Veränderung betrifft Malven und Beifuß, die durch andere massewüchsige Arten ersetzt wurden. Diese Arten können an Praxisstandorten Probleme im Nachbau bereiten; Beifuß ist als möglicher Überträger des Rattlevirus in Kartoffelanbaugebieten nicht erwünscht.

Um frühzeitig Praxiserfahrungen mit den neuen Mischungen zu gewinnen, wurden neben randomisierten Versuchsanlagen umfangreiche Praxisflächen angelegt (siehe Kapitel 6). Im Rahmen der zweiten Projektphase sollen Ergebnisse für das erste Standjahr erarbeitet werden. Die Praxiseignung und Funktion während einer längeren Standdauer kann erst in einer folgenden Projektphase (III) geprüft werden.

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Für die in der Projektphase II aufgebauten Versuche zur Mischungsentwicklung standen Standorte in drei Anbauregionen zur Verfügung. Sie liegen im Nordwestdeutsches Tiefland (Wallenhorst bei Osnabrück und Saterland, Ursprungsgebiet 2 bzw. Produktionsraum 1 laut ErMiV, Niedersachsen), Süddeutsches Berg- und Hügelland (Schwarzenau, Ursprungsgebiet 11 bzw. Produktionsraum 7, Bayern) und im Ostdeutschen Tiefland (Marquardt und Phöben, Ursprungsgebiet 4 bzw. Produktionsraum 2, Brandenburg). Einen Überblick über Standortcharakteristika gibt Tabelle 3.2.1. An den Standorten bei Phöben war die Wasserverfügbarkeit höher als an den übrigen Standorten. Deshalb wurden hier in den Mischungen auch Arten mit höheren Ansprüchen an die Wasserversorgung verwendet. Bei Standorten mit bekanntermaßen hohem Beikrautdruck wurde zur Vermeidung von Ertragsausfällen im ersten Standjahr (durch Schröpfschnitt) Silomais bzw. Sommergerste als Deckfrucht eingesetzt (Kapitel 3.2.2).

Ansaaten zur Mischungsentwicklung erfolgten im Jahr 2012 und 2013 auf allen genannten Standorten (Ausnahme: Saterland im Jahr 2013), im Jahr 2014 wurden nur noch bei Wallenhorst und Schwarzenau neue Versuche angelegt. Hinzu kommt ein im Jahr 2011 aufgebauter Versuch am Standort Wallenhorst. Die Versuche der Jahre 2009 und 2010 lagen im Nordwestdeutschen Tiefland (Oldenburg und Saterland, Ursprungsgebiet 1 bzw. Produktionsraum 1) und in Unterfranken (Güntersleben und Miltenberg, Ursprungsgebiet 11 bzw. Produktionsraum 7, vgl. Vollrath et al. 2012). Für die Untersuchungen zur Etablierung unter verschiedenen Deckfruchtmischungen wurden im Jahr 2012 Versuche auf benachbarten Flächen bei Wallenhorst und Schwarzenau aufgebaut.

Tabelle 3.2.1: Kenngrößen der Standorte mit den Hauptversuchen zur Mischungsentwicklung

	Sch	Wal	Sat	Mar
	Schwarzenau	Wallenhorst	Saterland	Marquardt
Ackerzahl	78	34	20-25	32
Bodenart	schluffiger Lehm	lehmgiger Sand	anlehmiger Sand	anlehmiger Sand
Stärke der Krume [cm]	35	k. A.	50-70	30
mittlerer Niederschlag [mm]	520	757	672	522
Jahresdurchschnittstemperatur [°C]	9,3°C	9.1°C	9,2	8,7
Feuchtigkeitslage:	mittel	mittel	mittel	trocken
Höhenlage [m über NN]	220	90	6	42

Einen Überblick über Standortcharakteristika gibt Tabelle 3.2.1. Vor allem an den norddeutschen Standorten waren die Jahresdurchschnittstemperaturen in den Untersuchungsjahren höher als im langjährigen Mittel (Abbildung 3.2.1). Auffällig ist zudem, dass die Niederschlagssummen im Raum Oldenburg weit unter den langjährigen Werten und niedriger als an den übrigen Standorten lagen. Nähere Angaben zur Witterung finden sich im Anhang.

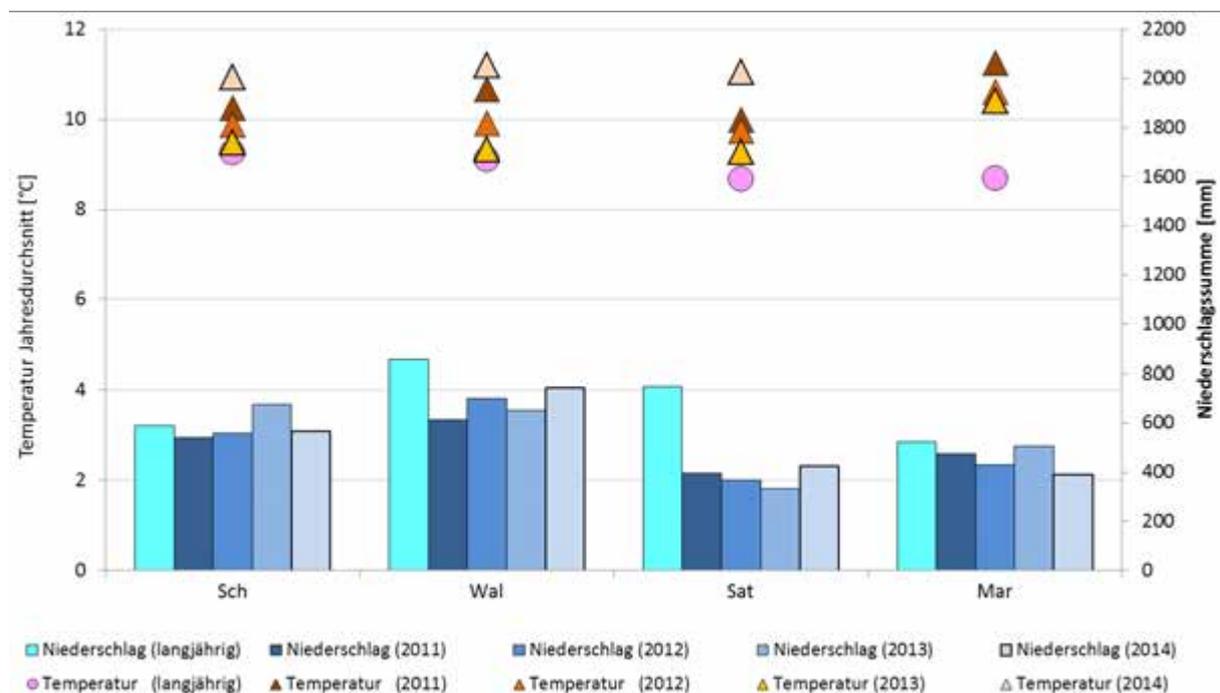


Abbildung 3.2.1: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge in den Untersuchungsjahren an den Standorten des Hauptversuchs zur Mischungsentwicklung. Dargestellt sind Daten (2011 bis 2014) von Schwarzenau, Wallenhorst und Marquardt. Für Saterland wurden Daten der Wetterstation Oldenburg herangezogen. Zum Vergleich wird jeweils das langjährige Mittel dargestellt.

3.2.2 Kulturführung

Die Kulturführung orientierte sich wie unter Kapitel 2.2. beschrieben an den im Ansaatjahr gültigen Anbauempfehlungen, die bei der WPM-Blanksaat eine N-Düngung von 100 kg N/ha im ersten Jahr und in den folgenden Jahren von 150 kg N/ha (inkl. N_{\min}) vorsehen. Im Allgemeinen wurde KAS eingesetzt. Ausnahmen waren die Maisuntersaat in Saterland, an dem der Landwirt Gülle verwendete, sowie der Standort Wallenhorst, der von einem Biobetrieb betreut wird, so dass kein mineralischer Dünger eingesetzt werden konnte.

Die Bestände wurden im Allgemeinen als Blanksaat etabliert, damit auch die einjährigen Arten der Gesamtmischungen untersucht werden können. Die Aussaat erfolgte von Hand im Frühjahr (in etwa zeitgleich zum Maissaattermin in der jeweiligen Region); anschließend wurde gewalzt. Anders vorgegangen wurde zum einen am Standort Saterland (Ansaat 2012). Hier wurde die Wildpflanzenmischung (ohne einjährige Arten) unter Mais als Deckfrucht gesät. Grund ist der dort sehr hohe Beikrautdruck (durch *Chenopodium album*), der bei älteren Versuchsansaaten zur Bestandssicherung einen Schröpfungsschnitt erforderlich machte. Die Maiskultur wurde (abgesehen von der Verwendung eines nur schwach bodenaktiven Pflanzenschutzmittels) praxisüblich geführt. Die Wildpflanzenansaat erfolgte hier nach der Karenzzeit des Pflanzenschutzmittels im 6-Blattstadium der Maisbestände. Diese Vorgehensweise entspricht der Variante S3 der Bestandsgründungsversuche (vgl. Kapitel 2.2.1).

Die zweite Abweichung betrifft das Ostdeutsche Tiefland (Ursprungsgebiet 4). Am frischen Standort Phöben wurde die Erstansaat 2012 von wellenartig auflaufender Hirse überwachsen, am Standort Marquardt war die Etablierung dagegen durch die anhaltende Trockenheit der sandigen Böden beeinträchtigt. Um bei den Neuansaaten in 2013 eine sichere Bestandsetablierung zu gewährleisten, wurde daher das Vorgehen bei der Bestandsgründung an diesen Standorten modifiziert, indem die Mischungen nicht als Blanksaat, sondern als Untersaat in Sommergerste gesät wurden. Dieses Vorgehen führte bei den Bestandsgründungsversuchen (Kap. 2.2.1, vergleiche Variante S1) selbst unter den schwierigen Kulturbedingungen zu einer guten Staudenetablierung. Am Standort Phöben konnte auch diese zweite Ansaat nicht verwertet werden, weil die Deckfrucht (Sommergerste) auf Grund einer

nicht bekannten Bodenkontamination auf über der Hälfte der Fläche abstarb und die Wildpflanzenentwicklung gleichfalls beeinträchtigt war.

3.2.3 Versuchsdesign

Alle Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen angelegt. Sie umfassen, wenn nicht anders angegeben, vier Wiederholungen. Die Parzellengröße betrug bei den Ansaaten 2011 bei Wallenhorst 60 m² und bei den Ansaaten ab 2012 70 m²; bei den 2009 und 2010 gesäten Altversuchen lag sie bei 24 bzw. 32 m². Der Versuch zur Staudenetablierung unter verschiedenen Deckfruchtmischungen wurde in dreifacher Wiederholung mit Parzellen einer Größe von 25 m² angelegt.

3.2.4 Mischungszusammensetzung

Die Mischungen wurden an der LWG gemäß den Angaben in Tabelle 3.2.2 bis Tabelle 3.2.7 aus den Einzelkomponenten zusammengemischt. Sie setzten sich aus massewüchsigen ein-, zwei- und mehrjährigen Pflanzenarten zusammen. Die schnellwüchsigen einjährigen Arten der Mischungen (überwiegend Kulturarten) haben neben der Ertragsbildung im ersten Jahr die Funktion, Beikräuter zu unterdrücken und günstige Etablierungsbedingungen für die längerlebigen Arten zu gewährleisten. Die zweijährigen Arten, die im zweiten Jahr ihren Wachstumshöhepunkt erreichen, dienen der Ertragsoptimierung, bis die mehrjährigen Stauden ihre volle Leistungsfähigkeit erlangt haben. An den Standorten, an denen klassische Ackerfrüchte wie Silomais oder Sommergerste als Deckfrucht eingesetzt wurden, wurden die Mischungen ohne die einjährigen Arten (oberer Abschnitt der Tabellen) verwendet. Die Mischungen wurden im Verlauf der gesamten Projektlaufzeit (2009 bis 2014) kontinuierlich weiterentwickelt.

Die Versuchs- und Praxisflächen von **2009 und 2010**, die für Untersuchungen zur langjährigen Entwicklung bis zum Ende der vorgesehenen Standzeit von fünf Jahren zur Verfügung standen (vgl. Zwischenbericht der Phase II, Kapitel 1.3.2), wurden mit vergleichsweise einfach aufgebauten Mischungen angelegt (Tabelle 3.2.2 bis Tabelle 3.2.4, Spalten „2009“ und „2010“).

Basierend auf den ersten Ergebnissen dieser Versuche, wurden **2011** vier Mischungen mit heimischen Stauden konzipiert (vgl. Tabelle 3.2 bis 3.5, Spalten „2011“) und in Großparzellen auf der Versuchsanlage bei Wallenhorst untersucht.

- 1) „Px“, „H“ für trockenen Standorte. „Px“ entspricht der im jeweiligen Anbaujahr auf Praxisstandorten eingesetzten Mischung. Sie berücksichtigt bei der Artzusammensetzung in stärkerem Maße Kosten und aktuelle Marktverfügbarkeit des Saatguts.
- 2) Bei „HC“ wurde zur Ertragssteigerung im ersten Standjahr Faserhanf (*Cannabis sativa*) als einjährige Art beigemischt, der durch seinen hohen, schmalen und lockeren Wuchs die Untersaat nur schwach beschattet.
- 3) „Hf“ für frische Standorte, enthält zusätzlich Arten mit höheren Ansprüchen an die Wasserversorgung.
- 4) „HV“ vornehmlich nach ökologischen Kriterien konzipierte Mischungsvarianten mit erhöhter Artenvielfalt und eine eher lockeren Bestandsstruktur zur Verbesserung der Habitateigenschaften für viele Tierarten.

Eine Biodiversitätssteigerung wird unter anderem dadurch erreicht, dass in geringerer Saatstärke zusätzliche, weniger ertragsstarke oder in der Saatgutproduktion aufwendigere Arten beigemischt werden, die für verschiedene Tiergruppen (Schmetterlinge, Bienen, Fledermäuse) besonders wertvoll sind.

Bei den Neuansäen auf insgesamt fünf Standorten in den folgenden Jahren **2012** und **2013** wurden jeweils drei an Standortansprüche und Anbauregion abgestimmte Mischungsvarianten mit heimischen Stauden eingesetzt (Tabelle 3.2.2 bis Tabelle 3.2.5, Spalten „2012“ und „2013“).

- 1) Eine der Praxismischung ähnliche Mischung (basierend auf „H“ bzw. „Hf“ und „Px“) (siehe oben).
- 2) Eine stärker ökologisch ausgerichtete Variante „HV“, die schrittweise zu regionalisierten Mischungen weiterentwickelt wurde, indem zunehmend gebietseigenes Saatgut laut Erhaltungsmischungsverordnung (ErMiV) verwendet und teilweise regionaltypische Pflanzenarten einbezogen wurden. Begrenzend war hier vielfach noch die fehlende Verfügbarkeit entsprechenden Saatguts. Die Regionalisierung in Verbindung mit einer stärkeren Berücksichtigung ökologischer Kriterien erfolgte insgesamt für sechs Ursprungsgebiete. Entsprechend der Lage der zur Verfügung stehenden Standorte wurden drei Varianten dieser HV-Mischungen in die hier vorgestellten Versuche einbezogen, die drei übrigen Mischungsvarianten

wurden auf Versuchsgütern der LfL in weiteren Anbauregionen Bayerns ausgesät. Für eine lockere Struktur im ersten Jahr bei dennoch hohen Biomasseerträgen wurde Faserhanf (*Cannabis sativa*, wie bei HC, 2011) beigemischt und auf Arten mit dichtem Wuchs (wie z. B. *Guizotia abyssinica*) weitestgehend verzichtet.

- 3) Hinzu kam eine Mischung „HM“, die durch Reduzierung auf die wichtigsten Ertragsarten besonders hohe Biomasseerträge liefern sollte.

Tabelle 3.2.2: Zusammensetzung der Praxismischung in den Jahren 2010 bis 2013 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]) (Zur Zusammensetzung 2014 siehe Tabelle 3.2.7)

"Px" = Praxismischung	2013	2012	2011	2010
<i>Fagopyron esculentum</i>	0,40	0,11	0,15	0,13
<i>Guizotia abyssinica</i>	0,20			
<i>Helianthus annuus Herbstschönheit</i>	1,80	1,71	2,73	2,37
<i>Malva mauritiana SYLVA</i>	0,30	0,50	0,69	0,60
<i>Malva verticillata var. crispa</i>	0,60	0,22	0,67	0,58
<i>Cichorium intybus</i>	0,10	0,31	0,33	0,29
<i>Daucus carota</i>	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Dipsacus sylvestris</i>	0,05	0,004	0,01	0,01
<i>Echium vulgare</i>	0,05	0,93	1,24	1,08
<i>Foeniculum vulgare</i>	0,10	0,03	0,06	0,05
<i>Malva sylvestris</i>	0,80	0,19	0,22	0,19
<i>Melilotus albus</i>			0,74	0,64
<i>Melilotus albus 'Adela'</i>		0,39		
<i>Melilotus albus 'Krajova'</i>	0,70	0,55		
<i>Melilotus officinalis</i>	0,70	1,47	0,50	0,43
<i>Reseda luteola</i>	0,03	0,001	0,003	0,002
<i>Verbascum thapsus</i>	0,02	0,01	0,01	0,01
<i>Althaea officinalis</i>	0,55	0,76	0,18	0,15
<i>Anthemis tinctoria</i>	0,01	0,004	0,01	0,01
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,05	0,11	0,18	0,15
<i>Centaurea nigra ssp. gigantea</i>	1,80	0,80	1,10	0,95
<i>Inula helenium</i>	0,40	1,21	0,25	0,21
<i>Malva alcea</i>	0,05		0,13	0,11
<i>Medicago sativa</i>	0,20	0,11	0,24	0,21
<i>Onobrychis viciifolia</i>	0,70	0,41	0,26	0,23
<i>Silene alba</i>	0,01	0,01	0,05	0,04
<i>Silene dioica</i>	0,02	0,01	0,05	0,04
<i>Tanacetum vulgare</i>	0,35	0,16	0,21	0,18
Summe [kg/ha]	10,00	10,00	10,00	8,67

Tabelle 3.2.3: Zusammensetzung der Versuchsmischungen für trockene Standorte in den Jahren 2009 bis 2013 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]). In den Jahren 2009 bis 2011 wurde der Deckfrucht *Cannabis sativa* (C) beigemischt (=Mischung HC). (Zur Zusammensetzung im Jahr 2014 siehe Tabelle 3.2.7)

"H" bzw. "HC" für trockene Standorte	2013	2012	2011 (C)	2010 (C)	2009 (C)
<i>Atriplex hortensis</i>			8,96		1,13
<i>Cannabis sativa</i>			8,38	4,38	4,38
<i>Chenopodium giganteum</i>				0,17	
<i>Fagopyron esculentum</i>	0,40	0,11			
<i>Guizotia abyssinica</i>	0,20				
<i>Helianthus annuus 'Herbstschönheit'</i>		1,76			
<i>Helianthus debilis</i>	1,80				
<i>Lavatera trimestris</i>			0,74	0,81	1,02
<i>Malva mauritiana SYLVA</i>	0,30	0,50			
<i>Malva verticillata var. crispa</i>	0,60	0,22	0,44	0,74	0,74
<i>Cichorium intybus</i>	0,10	0,30	0,36	0,24	0,24
<i>Daucus carota</i>	0,01	0,01			
<i>Dipsacus sylvestris</i>	0,05				
<i>Echium vulgare</i>	0,05	0,92	1,26	1,10	1,10
<i>Foeniculum vulgare</i>	0,10	0,03			
<i>Malva sylvestris</i>	0,80	0,19	1,02	0,59	0,59
<i>Melilotus albus</i>			0,30	0,32	0,32
<i>Melilotus albus 'Adela'</i>		0,39			
<i>Melilotus albus 'Krajova'</i>	0,70	0,55			
<i>Melilotus officinalis</i>	0,70	1,46	0,27	0,32	0,32
<i>Oenothera erythrosepala</i>			0,12	0,12	0,12
<i>Reseda luteola</i>	0,03		0,03		
<i>Verbascum thapsus</i>	0,02	0,01			
<i>Althaea officinalis</i>	0,55	0,77			
<i>Anthemis tinctoria</i>	0,01				
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,05	0,11	0,07	0,04	0,04
<i>Centaurea jacea ssp angustifolia</i>					0,74
<i>Centaurea nigra ssp. Gigantea</i>	1,80	0,79	0,77	0,84	
<i>Inula helenium</i>	0,40	1,22			
<i>Malva alcea</i>	0,05		0,33	0,33	
<i>Medicago falcata</i>			0,61	0,67	
<i>Medicago sativa</i>	0,20	0,11	0,14	0,57	0,86
<i>Onobrychis viciifolia</i>	0,70	0,41			
<i>Silene alba</i>	0,01	0,01			
<i>Silene dioica</i>	0,02	0,01			
<i>Solidago virgaurea</i>			1,15	1,00	
<i>Tanacetum corymbosum</i>					0,24
<i>Tanacetum vulgare</i>	0,35	0,16	0,06	1,40	0,07
Summe [kg/ha]	10,00	10,04	25,03	13,63	11,89

Tabelle 3.2.4: Zusammensetzung der Versuchsmischungen für frische Standorte in den Jahren 2009 bis 2013 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]). (*: Mischung aus *Helianthus annuus* ‚Herbstschönheit‘ und ‚Uniflorus‘; **: Verwendung regionalen Saatguts je nach Verfügbarkeit)

"Hf" für frische Standorte	2012/13	2011	2010	2009
<i>Atriplex hortensis</i>		12,80	0,68	1,58
<i>Fagopyron esculentum</i>	0,11			
<i>Helianthus annuus</i> *	2,88	5,93	4,71	4,71
<i>Malva mauritiana</i> SYLVA	0,50			
<i>Malva verticillata</i> var. <i>crispa</i>	0,22	0,67	0,74	0,74
<i>Pisum sativum</i> var. <i>saccharatum</i>				32,36
<i>Brassica oleracea</i> 'Ostfriesische				0,38
<i>Cichorium intybus</i>	0,30	0,36	0,81	0,81
<i>Daucus carota</i>	0,01			
<i>Dipsacus sylvestris</i>	0,00			
<i>Echium vulgare</i>	0,92			
<i>Foeniculum vulgare</i>	0,03			
<i>Malva sylvestris</i>	0,19			
<i>Melilotus albus</i>		0,45	0,32	0,32
<i>Melilotus albus</i> 'Adela'	0,39			
<i>Melilotus albus</i> 'Krajova'	0,55			
<i>Melilotus officinalis</i>	1,80	0,39	0,32	0,32
<i>Reseda luteola</i>	0,01	0,03		
<i>Verbascum thapsus</i>	0,01			
<i>Althaea officinalis</i>	1,89	1,03	2,00	0,00
<i>Anthemis tinctoria</i>	0,004			
<i>Artemisa vulgaris</i>	0,11	0,07	0,03	0,04
<i>Centaurea nigra</i> ssp. <i>gigantea</i>	1,22	0,77	1,67	0,56
<i>Epilobium hirsutum</i>	0,06	0,07	0,13	0,06
<i>Eupatorium cannabinum</i> **	0,29	0,36	0,32	0,32
<i>Filipendula ulmaria</i> **		2,12	0,50	0,17
<i>Inula helenium</i>	2,00			
<i>Lythrum salicaria</i> **	0,02	0,02	0,05	0,05
<i>Malva alcea</i>		0,33	0,33	
<i>Medicago sativa</i>	0,11			
<i>Onobrychis viciifolia</i>	0,41			
<i>Scrophularia nodosa</i>		0,03	0,04	0,04
<i>Silene alba</i>	0,01			
<i>Silene dioica</i>	0,01			
<i>Tanacetum vulgare</i>	0,24			
Summe [kg/ha]	14,29	25,45	12,64	42,44

Tabelle 3.2.5: Zusammensetzung der Versuchsmischungen mit hoher Vielfalt in den Jahren 2009 bis 2014 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]). (* in Schwarzenau verwendete Variante; ** Verwendung regionalen Saatguts je nach Verfügbarkeit)

"HV" mit hoher Vielfalt	2014*	2014	2013*	2013	2012*	2012 (f)	2011
<i>Amaranthus cruentus</i>	0,14	0,14	0,10	0,10			
<i>Atriplex hortensis</i>	0,57	0,57	0,40	0,40			
<i>Cannabis sativa</i>	2,14	2,14	1,50	1,50			
<i>Cosmos bipinnatus</i>	0,57	0,57	0,40	0,40			
<i>Fagopyron esculentum</i>							0,56
<i>Helianthus annuus 'Uniflorus'</i>							1,78
<i>Helianthus annuus 'Herbstschönheit'</i>					0,72	0,72	
<i>Helianthus debilis</i>	1,29	1,29	0,90	0,90			
<i>Lavatera trimestris</i>					0,21	0,21	
<i>Linum usitatissimum</i>	1,00	1,00	0,70	0,70			
<i>Malva mauritiana SYLVA</i>					0,88	0,88	0,53
<i>Malva verticillata ssp. crispa</i>	0,43	0,43	0,30	0,30	0,20	0,20	0,67
<i>Silybium marianum</i>	0,29	0,29	0,20	0,20			
<i>Carduus nutans</i> **	0,21	0,14	0,15	0,10			
<i>Cichorium intybus</i> **	0,57	0,57	0,40	0,40	0,29	0,29	0,29
<i>Daucus carota</i> **	0,17	0,14	0,12	0,10	0,01	0,01	0,02
<i>Dipsacus sylvestris</i>					0,00	0,00	0,01
<i>Echium vulgare</i> **	0,29	0,29	0,20	0,20	0,58	0,58	0,72
<i>Foeniculum vulgare</i>	1,14	1,14	0,80	0,80	0,11	0,11	0,21
<i>Galium verum</i>		0,29		0,20			
<i>Malva sylvestris</i> **	0,14	0,14	0,10	0,10	0,22	0,22	0,19
<i>Melilotus albus</i> **	0,71	0,71	0,50	0,50			1,02
<i>Melilotus albus 'Adela'</i>					0,37	0,37	0,00
<i>Melilotus albus 'Krajova'</i>					0,51	0,51	0,00
<i>Melilotus officinalis</i> **	0,71	0,71	0,50	0,50	1,39	1,39	0,43
<i>Oenothera biennis</i> **					0,09	0,09	0,00
<i>Pastinaca sativa</i> **	0,21	0,24	0,15	0,17			
<i>Reseda luteola</i> **					0,01	0,01	0,01
<i>Verbascum lychnitis</i>	0,04		0,03				
<i>Verbascum nigrum</i>		0,04		0,03			
<i>Verbascum thapsus</i> **					0,03	0,03	0,02
<i>Althaea officinalis</i>	1,14	1,14	0,80	0,80	1,02	1,02	0,15
<i>Anthemis tinctoria</i>					0,02	0,02	0,04
<i>Artemisia vulgaris</i> **	0,14	0,14	0,10	0,10	0,03	0,03	0,03
<i>Centaurea jacea ssp. angustifolia</i> **	1,00	1,00	0,70	0,70	0,11	0,11	
<i>Centaurea nigra ssp. gigantea</i>					0,36	0,36	0,83
<i>Epilobium hirsutum</i>						0,06	
<i>Eupatorium cannabinum</i>						0,29	
<i>Filipendula ulmaria</i>						0,70	
<i>Inula helenium</i>							0,25
<i>Leonurus cardiaca</i>					0,07	0,03	0,05
<i>Lythrum salicaria</i>						0,07	
<i>Malva alcea</i>	0,14		0,10		0,15		0,17
<i>Medicago sativa</i>	0,57	0,57	0,40	0,40	0,09	0,09	0,14
<i>Onobrychis viciifolia</i>					0,38	0,38	0,23
<i>Silene alba</i> **	0,29	0,14	0,20	0,10	0,03	0,03	0,04
<i>Silene dioica</i> **					0,01	0,01	0,04
<i>Solidago virgaurea</i>	0,21		0,15		0,38	0,38	0,49
<i>Tanacetum vulgare</i> **	0,14	0,14	0,10	0,10	0,08	0,08	0,18
<i>Vicia cracca</i>		0,29		0,20			
Summe [kg/ha]	14,29	14,29	10,00	10,00	8,35	9,28	9,07

Tabelle 3.2.6: Zusammensetzung der ertragsmaximierten Versuchsmischungen in den Jahren 2012 bis 2014 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]).

"HM", ertragsmaximiert	2014	2013	2012
<i>Amaranthus cruentus</i> 'SORTE'	0,30		
<i>Cosmos bipinnatus</i>	0,20	0,50	0,10
<i>Guizotia abyssinica</i>		0,40	0,07
<i>Helianthus annuus</i> 'Herbstschönheit'		1,00	2,15
<i>Helianthus annuus</i> 'Uniflorus'	1,00		
<i>Helianthus annuus</i> 'Metharoc'			0,05
<i>Malva mauritiana</i> SYLVA		1,00	1,52
<i>Malva verticillata</i> var. <i>crispa</i>		0,50	0,27
<i>Sorghum bicolor</i>	1,50		
<i>Cichorium</i> 'Kultur'	1,50		0,00
<i>Echium vulgare</i>		1,50	1,32
<i>Foeniculum vulgare</i>	0,80		
<i>Melilotus albus</i> 'Adela'		0,40	0,48
<i>Melilotus albus</i> 'Krajova'	0,20	0,60	0,67
<i>Melilotus officinalis</i>	0,30	1,50	1,80
<i>Alcea ficifolia</i>	0,50		
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,10	0,10	0,13
<i>Centaurea nigra</i> ssp. <i>gigantea</i>	2,00	1,50	0,73
<i>Leonurus cardiaca</i>	0,60		
<i>Medicago sativa</i>	0,20	0,20	0,11
<i>Tanacetum vulgare</i>	0,80	0,80	0,08
Summe [kg/ha]	10,00	10,00	9,49

Zur Erhöhung der Artenvielfalt in späteren Standjahren wurden die Mischungen für das Jahr 2014 grundlegend überarbeitet (Tabelle 3.2.7). In einer Variante wurde wie bei HC (vgl. Tabelle 3.2.3) zur Ertragsmaximierung im ersten Jahr Faserhanf (*Cannabis sativa*) der Saatstärke 2 kg/ha beigemischt.

Tabelle 3.2.7: Zusammensetzung der überarbeiteten Mischung, die seit 2014 auf Versuchs- zu Praxisstandorten erprobt wird (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]).

Mischung für trockene Standorte	2014
<i>Amaranth cruentus</i> 'SORTE'	0,15
<i>Anethum graveolens</i>	0,10
<i>Camelina sativa</i>	0,37
<i>Chrysanthemum segetum</i>	0,10
<i>Coreopsis tinctoria</i>	0,20
<i>Cosmos bipinnatus</i>	0,15
<i>Gaillarda pulchella</i>	0,03
<i>Helianthus debilis</i>	0,50
<i>Linum usitatissimum</i>	0,30
<i>Silybium marianum</i>	0,40
<i>Sorghum bicolor</i>	1,00
<i>Vicia sativa</i>	0,70
<i>Anthemis tinctoria</i>	0,15
<i>Arctium lappa</i>	0,15
<i>Arctium tomentosum</i>	0,15
<i>Cichorium intybus</i> Kultur	0,40
<i>Daucus carota</i>	0,15
<i>Foeniculum vulgare</i>	1,00
<i>Melilotus officinalis</i>	0,25
<i>Onopordon acanthium</i>	0,35
<i>Pastinaca sativa</i> Kultur	0,20
<i>Petroselinum sativum</i>	0,20
<i>Alcea ficifolia</i>	0,40
<i>Campanula trachelium</i>	0,02
<i>Centaurea nigra</i> ssp. <i>gigantea</i>	0,73
<i>Chaerophyllum aureum</i>	0,30
<i>Cichorium intybus</i>	0,30
<i>Galium verum</i>	0,20
<i>Leonurus cardiaca</i>	0,40
<i>Medicago sativa</i>	0,25
<i>Tanacetum vulgare</i>	0,35
<i>Verbascum nigrum</i>	0,05
Summe [kg/ha]	10,00

In dem Versuch zur **Staudenetablierung unter verschiedenen Kombinationen einjähriger Arten** wurden drei Deckfrucht-Varianten verglichen, die sich in Dichte und Höhe der Pflanzenbestände und Phänologie der eingesetzten Arten deutlich unterscheiden.

Zur Erzielung hoher Methanerträge wurden in den Mischungen Arten mit zeitgleicher Erntereife kombiniert (vgl. Tabelle 3.2.8).

- **Deckfruchtmischung 1:** Kombination einjähriger Arten mit eher später Reife; relativ lockere Struktur (u. a. mit *Helianthus annuus* ‚Herbstschönheit‘, *Malva verticillata*)
- **Deckfruchtmischung 2:** Kombination einjähriger Arten mit sehr später Reife; dichte, niedrige Struktur (u. a. mit *Cosmea bipinnata*, *Guizotia abyssinica* und *Tithonia rotundifolia*)
- **Deckfruchtmischung 3:** Kombination einjähriger Arten mit vergleichsweise früher Reife; lockere Struktur (u. a. mit *Cannabis sativa*, *Amaranthus hypochondriacus* und *Atriplex hortensis*)

Tabelle 3.2.8: Zusammensetzung der drei Deckfruchtmischungen (links) und der Testmischung (rechts) im Versuch zur Staudenetablierung (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]).

Deckfruchtmischung 1		Zweijährige Arten	
kg/ha		kg/ha	
<i>Helianthus annuus</i> ‚Herbstschönheit‘	2,09	<i>Cichorium intybus</i>	0,37
<i>Malva mauritiana</i> SYLVA	0,91	<i>Echium vulgare</i>	1,13
<i>Malva verticillata</i> ‚Krause Form‘	0,33	<i>Melilotus albus</i> ‚Krajova‘	0,67
<i>Melilotus albus</i> ‚Adela‘	0,44	Mehrfährige Arten	
Deckfruchtmischung 2		kg/ha	
<i>Cosmea bipinnatus</i>	0,10	<i>Althaea officinalis</i>	13,23
<i>Guizotia abyssinica</i>	0,15	<i>Artemisia vulgaris</i>	0,01
<i>Helianthus annuus</i> ‚Herbstschönheit‘	1,56	<i>Centaurea nigra</i> ssp. <i>gigantea</i>	0,12
<i>Malva mauritiana</i> SYLVA	0,61	<i>Chrysanthemum macrophyllum</i>	0,83
<i>Melilotus albus</i> ‚Adela‘	0,44	<i>Inula helenium</i>	7,99
<i>Tithonia rotundifolia</i>	0,88	<i>Onobrychis viciifolia</i>	1,28
Deckfruchtmischung 3		kg/ha	
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	0,09	<i>Tanacetum vulgare</i>	0,01
<i>Atriplex hortensis</i>	0,09		
<i>Cannabis sativa</i>	3,67		
<i>Malva verticillata</i> var. <i>crispa</i>	0,54		
<i>Melilotus albus</i> ‚Adela‘	0,44		

Als Testmischung zur Untersuchung des Etablierungserfolgs längerlebiger Arten wurde eine Mischung aus zwei- und mehrjährigen Arten verwendet (Tabelle 3.2.8, rechts). Sie enthielt die regelmäßig stark entwickelten, konkurrenzstarken heimischen Stauden *Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare* und *Centaurea nigra* nur in geringen Saatstärken, um eine Unterdrückung der anderen Arten zu vermeiden.

3.2.5 Untersuchungsmethoden

Die Bonituren und Messungen wurden wie in Kap. 1.2 beschrieben durchgeführt. Die Ertragsbestimmung erfolgte jedoch nicht maschinell, sondern durch Handernten auf einem 4 m² großen Kernbereich der einzelnen Parzellen. Bei den Erstansaat 2012 wurden neben dem Gesamtertrag bei ausgewählten Parzellen auch TM-Anteile der Hauptertragsarten bestimmt und deren TM-Gehalt und Methanausbeute bestimmt.



Bild 3.2.1: Probeernteeinsatz bei Wallenhorst. Bild von 24.09.2014.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Nutzungsdauer und kumulierte Erträge über fünf Standjahre

Mittlerweile haben die ersten Versuchsansaat mit Wildpflanzenmischungen zur Biogasgewinnung die vorgesehene Standzeit von fünf Jahren durchlaufen. Weil sich die Parzellenversuche 2009 und 2010 wegen ihrer geringen Parzellengröße (24 bzw. 36 m²) langfristig als sehr störungsanfällig erwiesen (z. B. durch vom Rand her einwandernde Gräser) und im Jahr 2013 nicht wie vorgegeben gedüngt wurden (Kulturführung durch Landwirte), werden primär praxisüblich geführte Großparzellenversuche und von Landwirten bewirtschaftete Ackerflächen betrachtet, um auf langjährige Ertragspotenziale unter Praxisbedingungen zu schließen.

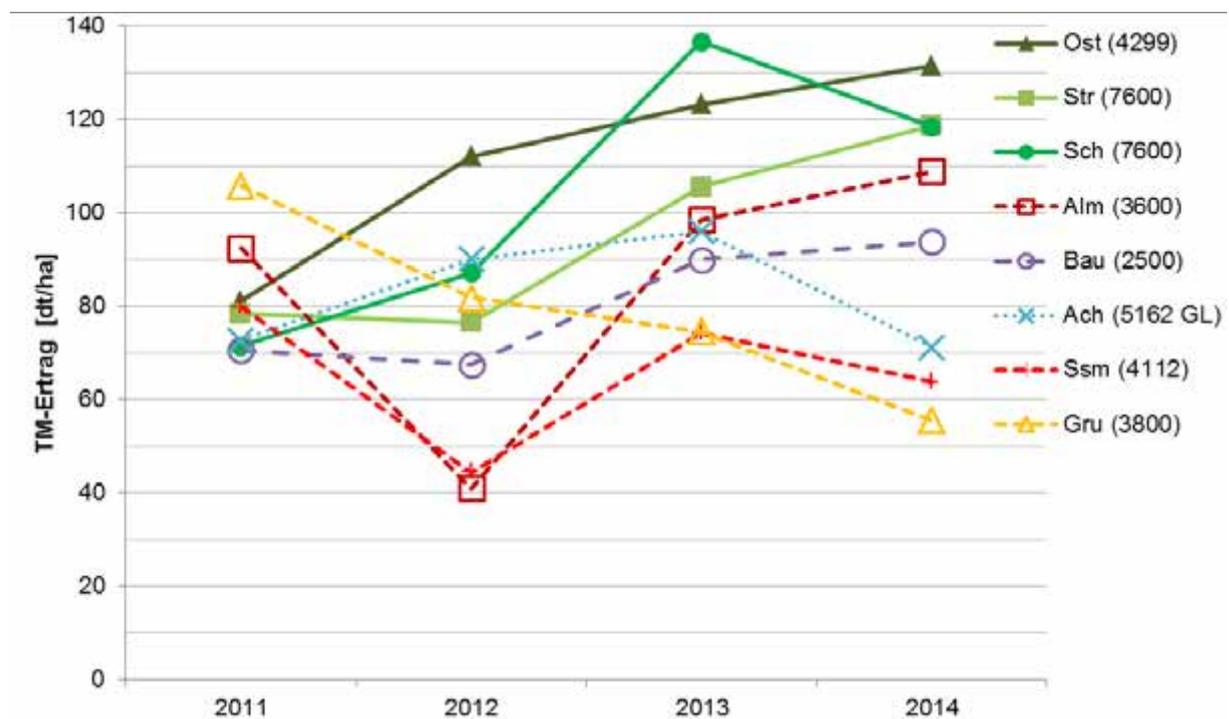


Abbildung 3.3.1: Wildpflanzenerträge auf acht Standorten in Bayern im Verlauf der ersten vier Standjahre (Mittelwerte, n=4). Die Ertragsmesszahl der Standorte ist angegeben (GL = Grünlandstandort; Standorte: Str = Straubing; Alm = Almesbach bei Weiden; Sch = Schwarzenau, Lkr. Kitzingen; Gru = Grub, Lkr. München; Bau = Baumannshof, Lkr. Pfaffenhofen; Ach = Achselschwang, Lkr. Landsberg/Lech; Ost = Osterseeon, Lkr. Ebersberg; Ssm = Strassmoos, Lkr. Neuburg-Schrobenhausen) (Vollrath und Marzini 2015).

Bei Großparzellenversuchen lagen Daten aus bis zu vier Standjahren vor (Ansaat 2011). Wegen der großen Zahl einbezogener Standorte und der einheitlichen Kulturführung gemäß Praxisempfehlung sind die Ergebnisse aus dem bayerischen Ringversuch besonders aufschlussreich (Abbildung 3.3.1). Auf den meisten Standorten wurden die Bestände im letzten schon vorliegenden (vierten) Standjahr

durch wenige Staudenarten (vor allem *Tanacetum vulgare* und *Artemisia vulgaris*) mit sehr vitalen Einzelindividuen dominiert. Der Beikrautdruck war meist gering, so dass voraussichtlich eine weitere Nutzung im Folgejahr (oder länger) problemlos möglich ist. Allgemein zeigen ältere Versuchsansaaten oft auch noch im fünften Standjahr noch eine geringe Deckung durch spontane Kräuter und Gräser. Häufiger traten hohe Deckungsanteile spontaner Arten im ersten Standjahr auf, beispielsweise durch Hirsen, wie auch unter den sehr trockenen Bedingungen am Standort Oldenburg im Jahr 2010 (vgl. Abbildung 3.3.2).

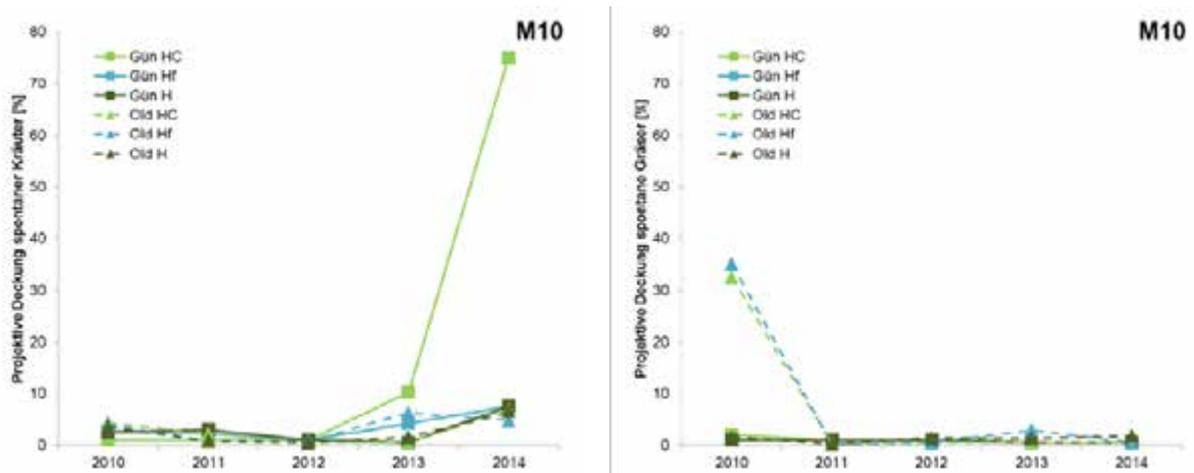


Abbildung 3.3.2: Projektive Deckung spontaner Kräuter (links) und Gräser (rechts) bei verschiedenen Mischungen an den Standorten Güntersleben (durchgezogene Linien) und Oldenburg (gestrichelte Linien) im Verlauf von fünf Standjahren (2010 bis 2014).

Auffällig war der Einfluss der Standortgüte auf den Ertragsverlauf: Auf den besseren Standorten mit höherer Ertragsmesszahl (Abbildung 3.3.1, durchgezogene Linien) nahmen die geernteten Biomasse mengen über den vierjährigen Zeitraum zu (drei Standorte, grüne Linien in Abbildung 3.3.1), während auf einigen schwächeren Standorten eine abnehmende Tendenz festzustellen war. Zu Beginn hohe Erträge und ein Ertragseinbruch im Folgejahr (gelbe und rote gestrichelte Linien) beruhten häufig auf einer unzureichenden Staudenetablierung infolge der sehr dichten Bestandsstruktur der Deckfrucht (durch hohe Deckung von *Helianthus annuus*, Standorte Almesbach, Strassmoos und Grub). Auch auf einer den ersten Versuchsansaaten in Güntersleben (2009) benachbarten, zeitgleich angelegten Praxisfläche war ein entsprechender Ertragseinbruch nach hohen Erträgen im ersten Jahr deutlich (Abbildung 3.3.3). In den folgenden Jahren nahmen die Biomassezuwächse häufig wieder zu (vgl. z. B. rote gestrichelte Linien in

Abbildung 3.3.1 und Abbildung 3.3.3), bei hoher Beikrautentwicklung oder **ungünstigen** Witterungsbedingungen blieben die Erträge jedoch auch im späteren Verlauf niedrig. Dies unterstreicht die herausragende Bedeutung einer geeigneten Deckfrucht für eine zufriedenstellende Ertragsentwicklung und lange Nutzbarkeit der Pflanzenbestände. Die weitere Entwicklung der Bestandsgründungsversuche (bislang drei Standjahre, Kap. 2), wird entscheidende Erkenntnisse zur Bestandsstabilität nach Etablierung unter verschiedenen Deckfrüchten liefern.

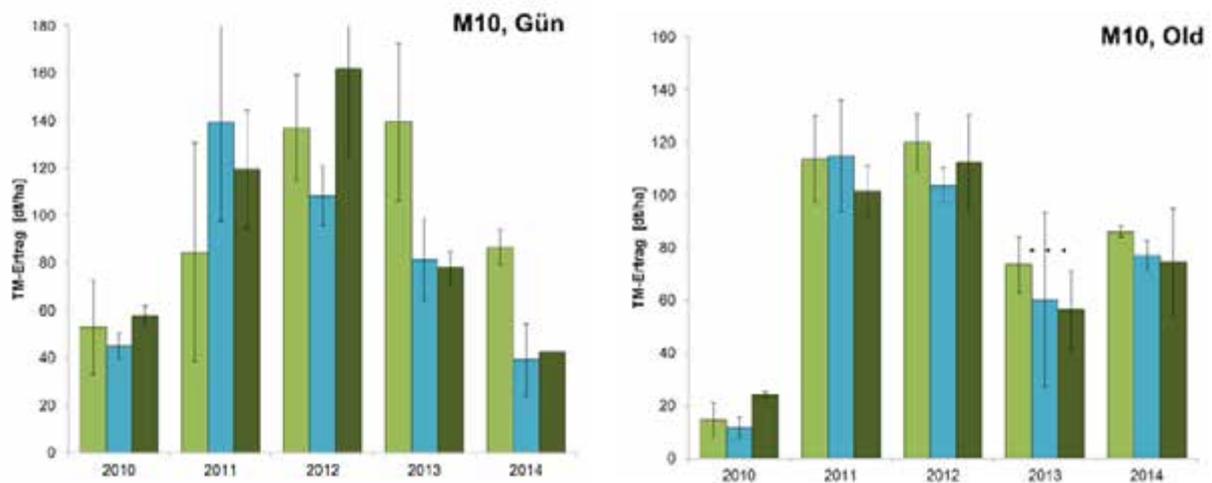


Abbildung 3.3.3: TM-Erträge von Versuchsansaat bei Güntersleben (Gün, 3.4a, links) und Oldenburg (Old, 3.4.b, rechts) im zeitlichen Verlauf. Die Versuche wurden mit den Mischungen HC (hellgrün), Hf (blau) und H (dunkelgrün) im Jahr 2010 (M10) angelegt. (* unzureichende N-Düngung)

Bei den 2010 angelegten Parzellenversuchen wurden in Oldenburg auch im letzten Standjahr (2014) noch zufriedenstellende Erträge festgestellt (mit leichter Zunahme gegenüber dem Vorjahr, in dem nicht gedüngt wurde, Abbildung 3.3.3b), in Güntersleben war dagegen nach sehr hohen Biomassezuwächsen zuletzt ein Ertragseinbruch festzustellen (Abbildung 3.3.3a).



Bild 3.3.1 und 3.3.2: Ansicht von zwei Wildpflanzenflächen am Standort Oldenburg am 21.07.2014. Die Flächen im 5. und 6. Standjahr wurden im Frühjahr 2010 (3.3.1 links) und 2009 (3.3.2, rechts) ausgesät.

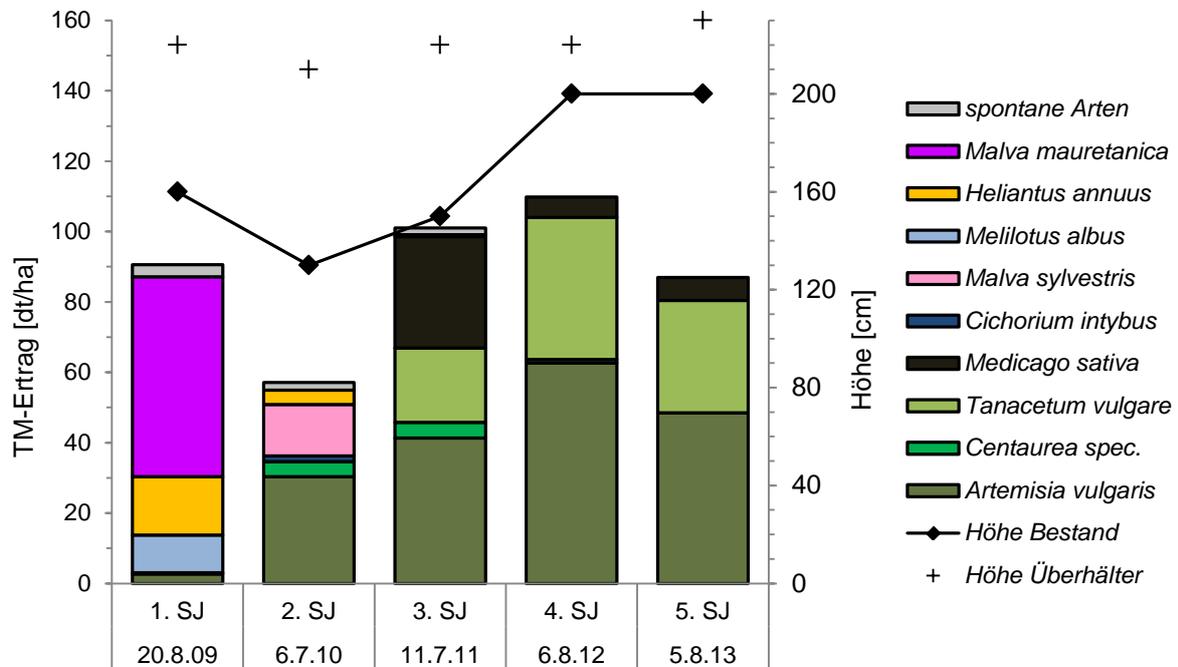


Abbildung 3.3.4: Erträge einer Praxisfläche bei Güntersleben im zeitlichen Verlauf. Die Farben symbolisieren die Masseanteile der wichtigsten ertragsbildenden Arten.

Bei einer benachbarten Praxisfläche wurden höhere Erträge im fünften Standjahr festgestellt (Abbildung 3.3.4). Für diese Praxisfläche, die noch mit einer vergleichsweise einfach aufgebauten Mischung angesät wurde, wird die Veränderung der Masseanteile der bestandsbildenden Arten über die fünfjährige Standzeit gezeigt, um den kontinuierlichen Umbau der Pflanzenbestände zu veranschaulichen. In den ersten beiden Standjahren waren ein- bis zweijährige Arten

ertragsbildend (gelbe und violette Säulen), ab dem dritten Standjahr fast ausschließlich Stauden im Erntematerial (grüne und schwarze Säulen). Im vierten Standjahr trat die Luzerne (*Medicago sativa*, schwarz) zugunsten von Rainfarn (*Tanacetum vulgare*) und Beifuß (*Artemisia vulgaris*) zurück. Danach waren nur noch geringe Verschiebungen in den Masseanteilen der dominierenden Stauden festzustellen. An vielen Standorten, wie auch in Oldenburg und Triesdorf (Bild 3.3.2 und Bild 3.3.4), war die mit der Nutzungsdauer zunehmende Dominanz des Rainfarns auffällig.



Bild 3.3.3 und 3.3.4: Praxisflächen bei Güntersleben (links, 25.6.2013) und Triesdorf (rechts, 4.8.2014) im 5. Standjahr.

In Abbildung 3.3.5 werden kumulierte Erträge für die ersten Ansaaten 2009 und 2010 gezeigt, die über die gesamte vorgesehene Standdauer von fünf Jahren untersucht wurden. Sie erreichten demnach etwa 50 bis 60 % der Trockenmasse von Silomais. Bei Betrachtung der erzielten Methanmenge pro Hektar liegt der Vergleichswert der Mischungen für trockene Standorte bei rund 50 % der konventionellen Kultur (Abbildung 3.3.5), bei der nicht an den Standort angepassten Mischung Hf für frische Standorte bei 30 % (Abbildung 3.3.6).

Die für die Methanerträge geringeren relativen Werte der WPM gehen auf eine geringe Methanausbeute des Pflanzenmaterials zurück. Sie wird unter anderem durch Arten bedingt, die zum Erntetermin bereits vertrocknet waren (z. B. *Centaurea jacea*) und mittlerweile nicht oder nur noch in geringen Mengen in den Saatmischungen enthalten sind.

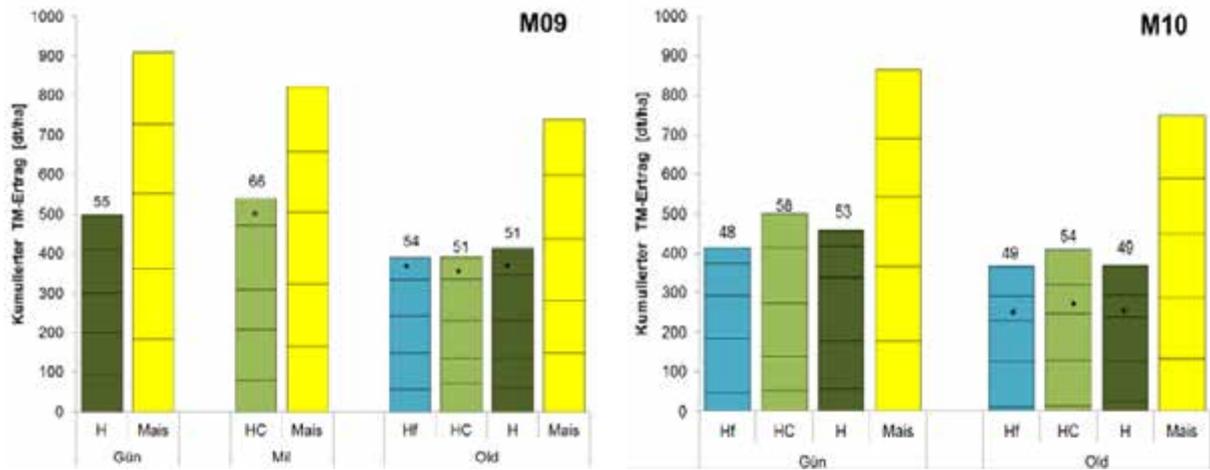


Abbildung 3.3.5: (a und b) Kumulierte TM-Erträge von Versuchsansaat bei Güntersleben (Gün), Miltenberg (Mil) und Oldenburg (Old) und von Silomais (Praxisdaten der Region). Die Versuche wurden 2009 (M09, links, 3.6a) bzw. 2010 (M10, rechts, 3.6b) angelegt (* unzureichende N-Düngung, Zahlenangaben: Erträge relativ zu Silomais [%]; (Ertragsberechnungen ohne Silierverluste). Silomais-Erträge 2014 von Unterfranken wurden durch Mittelwerte der Vorjahre geschätzt.

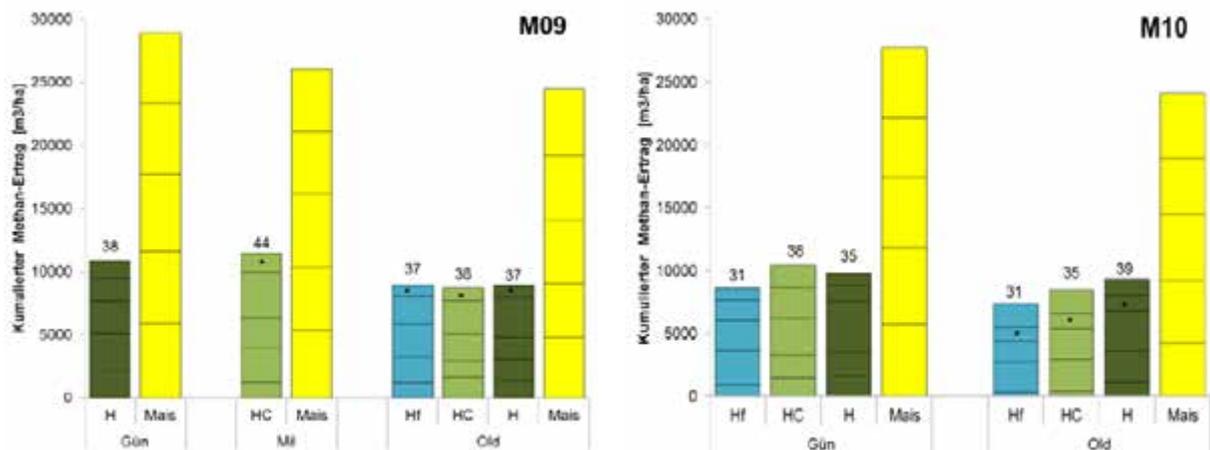


Abbildung 3.3.6: Kumulierte Methanhektar-Erträge von Versuchsansaat bei Güntersleben (Gün), Miltenberg (Mil) und Oldenburg (Old). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.5..

3.3.2 Mischungsvarianten in drei Anbauregionen

3.3.2.1 Bestandsentwicklung und Erträge

Ansaat 2011 (Versuch M11)

Am Standort Wallenhorst wurden im Jahr 2011 vier verschiedene Mischungen mit heimischen Stauden ausgesät. Diese Mischungen bilden eine wesentliche Grundlage für die im Folgejahr aufgebauten Versuche (siehe Kapitel 3.1). Die im ersten Standjahr ertragsbildenden Kulturarten erzielten mit Werten zwischen 40 und 70 dt TM/ha noch relativ niedrige Erträge (Abbildung 3.3.7). In den folgenden Jahren stiegen die Erträge an. Auf den bei allen Mischungen vom Steinklee dominierten Parzellen des zweiten Standjahrs (Bild 3.3.5) wurden knapp 100 dt TM/ha geerntet. Erst ab dem dritten Standjahr (2013) waren überwiegend Stauden ertragsbildend. Sie erzielten trotz der extremen Trockenheit in diesem Jahr höhere Erträge als die Bestände der Vorjahre (bis zu 120 dt TM/ha), im vierten Standjahr waren die Erträge bei eigentlich günstigeren Wuchsbedingungen wieder niedriger (Abbildung 3.3.7, vgl. auch Kapitel 3.3.1).



Bild 3.3.5: Ansicht der Versuchsansaat 2011 am Standort Wallenhorst im zweiten Standjahr (Versuch M11, Bild vom 25.07.2012).

Für die spezifische Methanausbeute wurden im zweiten Standjahr (2012) bei den besten Mischungen dieses Versuchs rund 280 NI/kg oTM ermittelt (Mischung H und HV, Abbildung 3.3.7, Zahlenangaben in den Säulen); im dritten Standjahr, das durch extreme Trockenheit gekennzeichnet war, lag sie bei allen Mischungen unter 200 NI/kg oTM. Im vierten Standjahr (2014) erreichte das Pflanzenmaterial der Mischung HV mit 215 NI/kg oTM den höchsten Wert. Bedingt durch höhere Werte für die Methanausbeute ergaben sich die bei dieser Mischung trotz vergleichsweise niedriger TM-Erträge relativ hohe kumulierte Methanhektarerträge über die bisherigen Standzeit (Abbildung 3.3.8b).

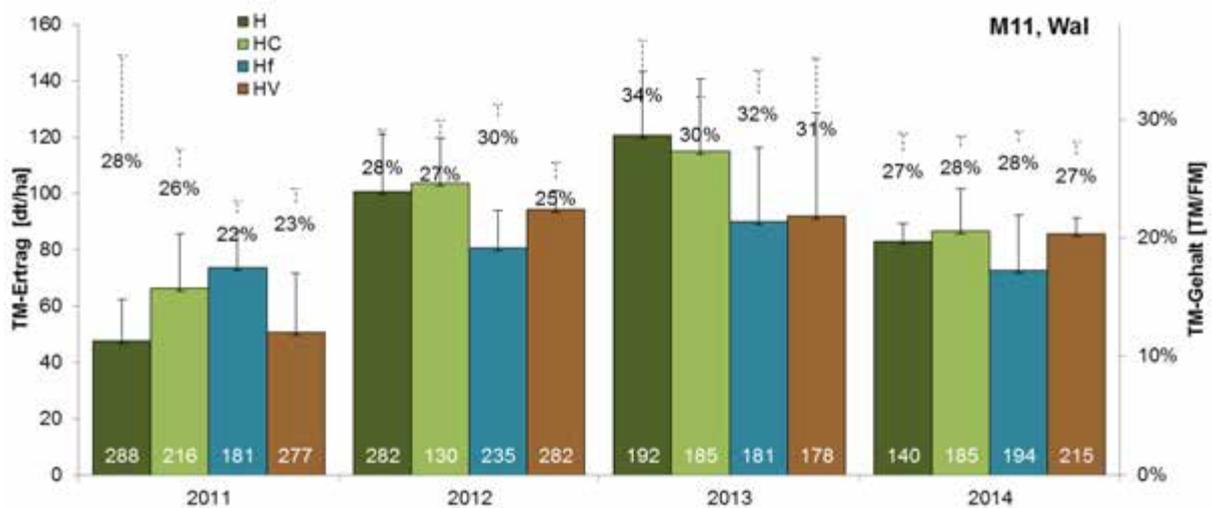


Abbildung 3.3.7: TM-Ertrag (Säulen), TM-Gehalt (Angaben oberhalb der Säulen) und Methanausbeute (NI/kg oTM, Werte in der Basis der Säulen) in den ersten vier Standjahren (2011 bis 2014) nach Aussaat der Mischungen H, HC, Hf und HV am Standort Wallenhorst im Jahr 2011 (n=4, Versuch M11).

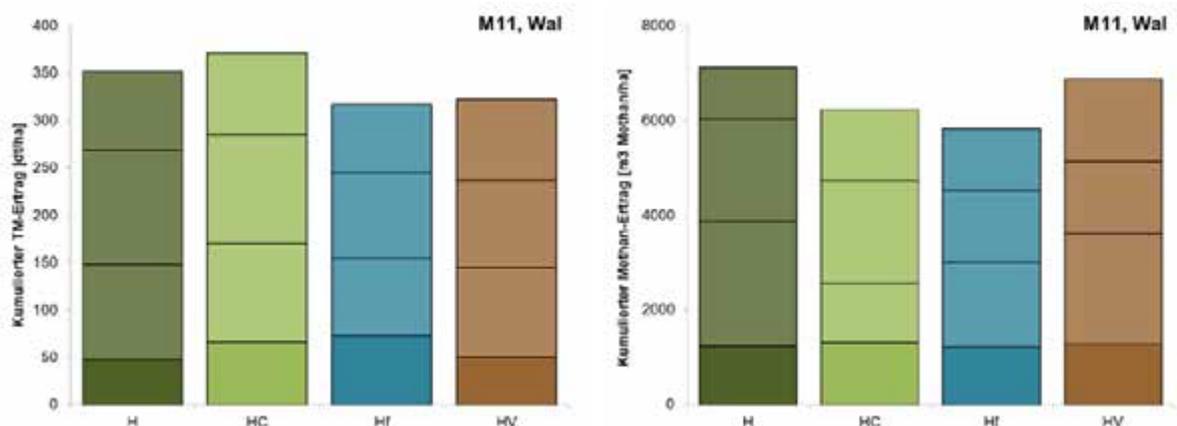


Abbildung 3.3.8: Kumulierter TM-Ertrag (links, 3.9a) und kumulierter Methanertrag (rechts 3.9b) nach Aussaat verschiedener Mischungen am Standort Wallenhorst im Jahr 2011.

Ansaat 2012 bis 2014 (Versuche M12, M13 und M14)

Die Ertragsdaten der im Rahmen der Projektphase II in den Jahren 2012 bis 2014 angelegten Versuche gehen aus Abbildung 3.3.9 (Ansaat 2012) und 3.11 (Ansaat 2013 und 2014) hervor.

Erstes Standjahr – Deckfrucht

In Saterland wurde der Bestand durch Saat in junge Maisbestände gegründet, so dass im ersten Standjahr (2012) die Deckfrucht Silomais geerntet wurde (hohe Erträge in Abbildung 3.3.9, oben rechts). An den Standorten Phöben und Marquardt wurde bei der Ansaat im Jahr 2013 dagegen Sommergerste als Deckfrucht eingesetzt (ohne Ertragsbestimmung), weil sich die Erstansaat (2012) infolge des hohen Beikrautdrucks nicht zufriedenstellend entwickelten (vgl. Kapitel 3.2.2, Bild 3.3.6 und Bild 3.3.7) und bei den Bestandsgründungsversuchen dieses Vorgehen zu den besten Ergebnissen führte (vgl. Kapitel 2). Am Standort Phöben konnte wegen einer unbekanntem Bodenkontamination auch diese zweite Ansaat nicht verwertet werden (vgl. 3.2.2).

Am Standort Wallenhorst war das Auflaufen bedingt durch anhaltende Trockenheit im Frühsommer stark verzögert. Die teilweise sehr lückigen Bestände des ersten Standjahrs erzielten daher häufig nur geringe Erträge (für 2012 siehe Abbildung 3.3.9 oben Mitte), 2013 waren sie nicht erntewürdig (Bild 3.3.6). Bei der Ansaat 2014 lagen sie mit rund 80 dt TM/ha etwas höher (Abbildung 3.3.10 oben rechts). Wie anhand der niedrigen TM-Werte ersichtlich, wurde hier zu früh geerntet. Der Biomassezuwachs war daher möglicherweise noch nicht abgeschlossen.

Am Standort Schwarzenau wurden dagegen bereits im ersten Standjahr teilweise sehr hohe Biomassezuwächse erzielt. So wurden bei der Mischung H im Jahr 2012 etwa 130 dt TM/ha geerntet, bei der ökologisch optimierten Mischung HV mit erwartungsgemäß lockerer Bestandsstruktur knapp 100 dt TM/ha. Bei den Ansaaten 2013 (mit extremer Frühsommertrockenheit) wurden geringere (Abbildung 3.3.10 oben links), und 2014 (bei zu früher Ernte) im Mittel höhere Erträge erzielt (Abbildung 3.3.10 Mitte). Extrem hohe Erträge von 165 dt TM/ha erreichte die Mischung HV, die seit 2013 *Cannabis sativa* enthält.

Die Methausbeute lag im ersten Standjahr bei den WPM zwischen 204 und 307 NI/kg oTM, beim Einsatz von Silomais als Deckfrucht bei rund 340 NI/kg oTM. Auf die Artzusammensetzung der Pflanzenbestände und Methanausbeute der ertragsbildenden Arten wird in Kapitel 3.3.3.2 bzw. 3.3.3.3 näher eingegangen.



Bild 3.3.6, 3.3.7 und 3.3.8: Versuche mit nicht zufriedenstellender Bestandsentwicklung im ersten Standjahr. Es handelt sich um die Ansaat 2012 in Phöben (Bild vom 21.06.2012, links oben), Marquardt (Bild vom 08.06.2012, rechts oben) und die Ansaat 2013 in Wallenhorst (Bild vom 23.07.2013, links unten)

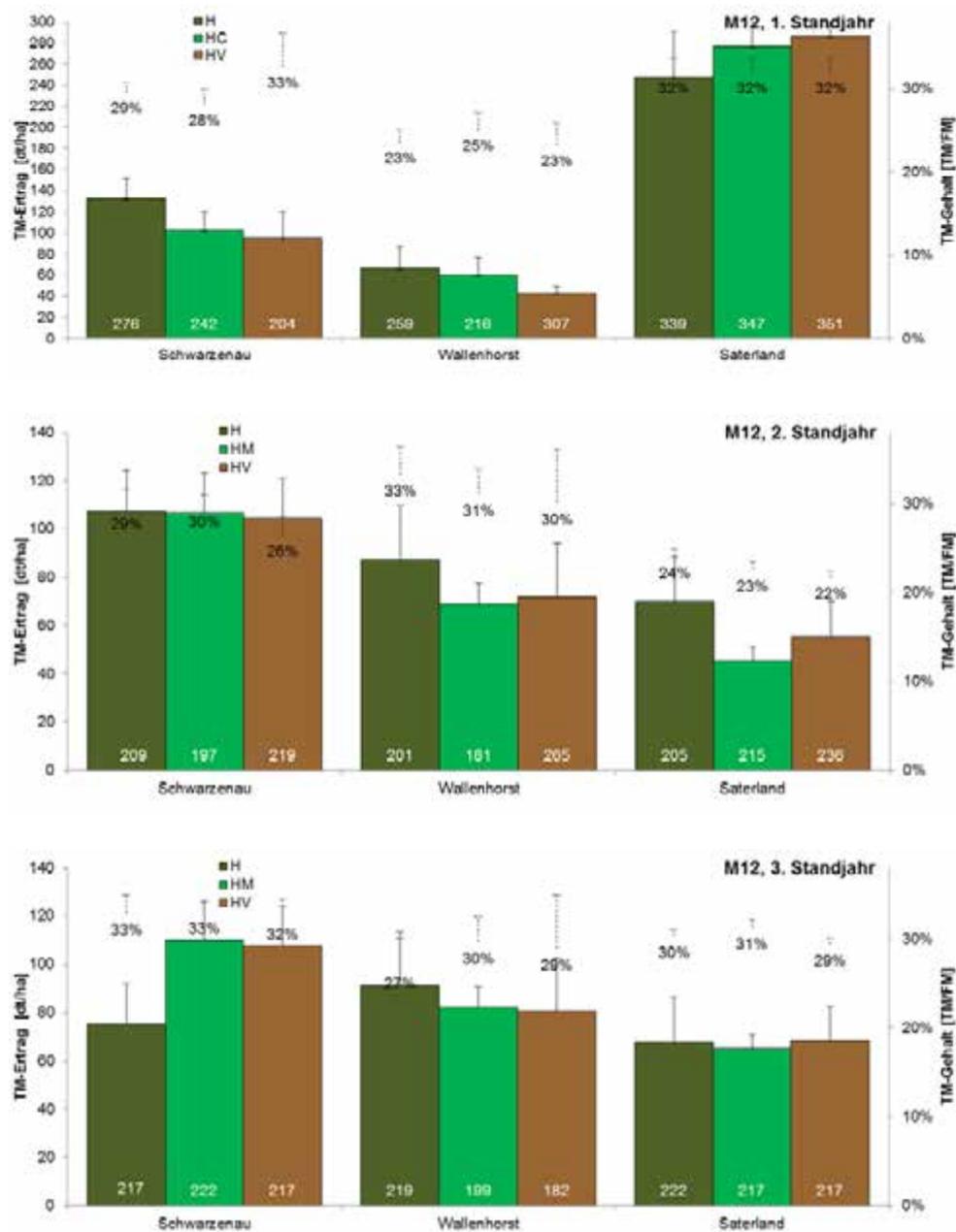


Abbildung 3.3.9: TM-Ertrag (Säulen), TM-Gehalt (Angaben oberhalb der Säulen) und Methanausbeute (Werte in der Basis der Säulen) im ersten (oben, 2012), zweiten (Mitte, 2013) und dritten Standjahr (unten, 2014) nach Aussaat der Mischungen H, HM und HV an den Standorten Schwarzenau, Wallenhorst und Saterland im Jahr 2012 (n=4, Versuch M12). Der Bestand bei Saterland wurde durch Saat in junge Maisbestände gegründet (In Saterland 2014 unzureichende N-Düngung von einmalig 70 kg N/ha).

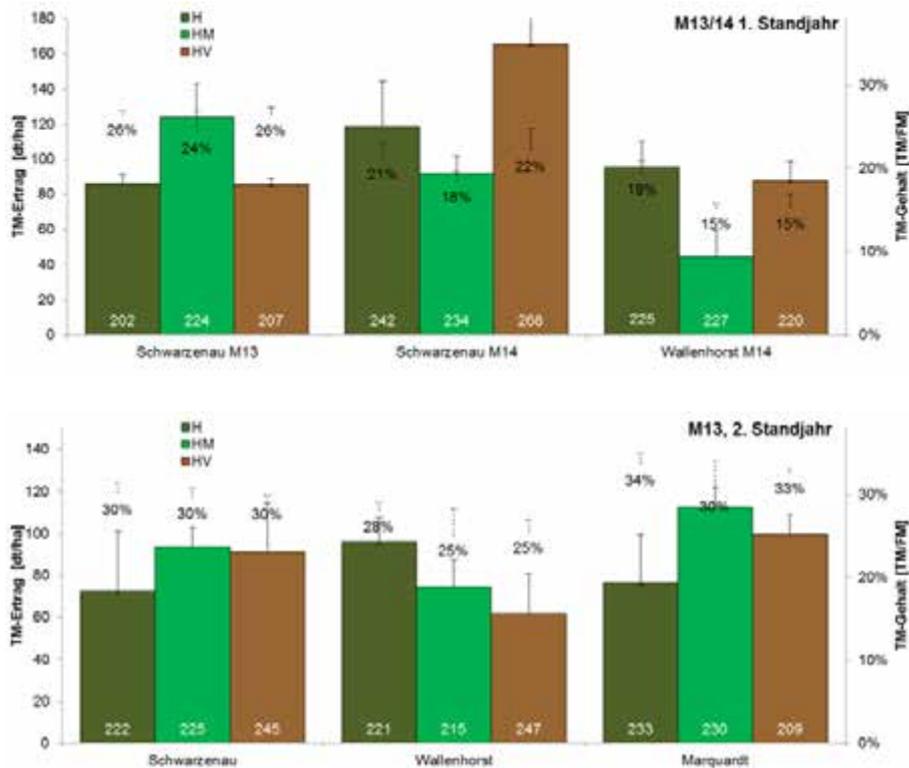


Abbildung 3.3.10: TM-Ertrag (Säulen), TM-Gehalt (Angaben oberhalb der Säulen) und Methanausbeute (Werte in der Basis der Säulen) im ersten (oben, 2013 bzw. 2014) und zweiten Standjahr (unten, 2014) nach Aussaat der Mischungen H, HM und HV an den Standorten Schwarzenau (Sch, oben), Wallenhorst (Wal, Mitte) und Marquardt (Mar, unten) im Jahr 2013 bzw. 2014 (n=4, Versuche M13 und M14).

Zweites bis drittes Standjahr

Bei der Ansaat 2012 wurden bei den in Direktsaat gegründeten WPM im zweiten Standjahr (2013) rund 110 dt TM/ha in Schwarzenau und 90 dt TM/ha am Standort Wallenhorst bestimmt (Abbildung 3.3.9, Mitte), bei der Ansaat 2013 lagen die Erträge trotz der besseren Wuchsbedingungen etwas niedriger (Abbildung 3.3.10, unten). Bis zum dritten Standjahr (bisher nur bei Ansaat 2012 vorliegend) blieben die geernteten Biomasse mengen weitestgehend konstant, nur bei Mischung H am Standort Schwarzenau war ein klarer Ertragsabfall festzustellen.

Am Standort Saterland war die Entwicklung der Pflanzenbestände im zweiten Standjahr verzögert und die Erträge gering. Dies geht vermutlich auf die längere Beschattung durch die Deckfrucht Silomais zurück. Geringere Erträge im 2. Standjahr bei Etablierung durch Aussaat in junge Maisbestände wurden auch in den Bestandsgründungsversuchen (Kapitel 2, Variante S3) festgestellt. Im dritten Standjahr lagen die Erträge mit Werten um 70 dt TM/ha bei Saterland ebenfalls niedrig. Als Ursache ist hier eine unzureichende N-Versorgung der Pflanzenbestände

möglich, weil die Flächen witterungsbedingt nicht wie vorgesehen ein zweites Mal gedüngt werden konnten und deshalb nur 70 kg N/ha erhielten.

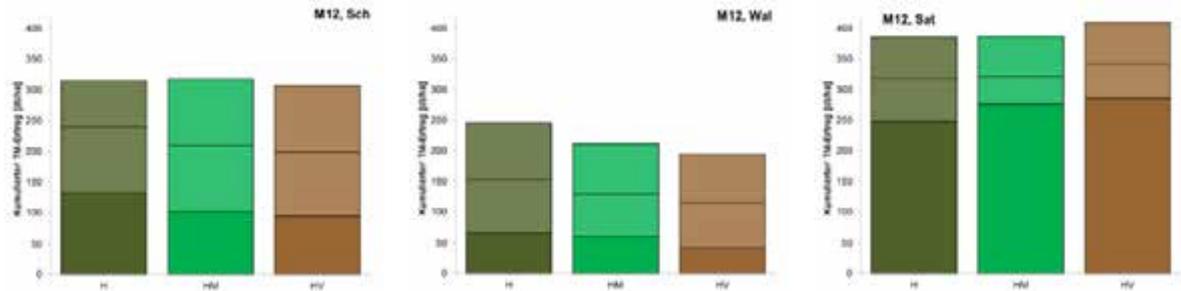


Abbildung 3.3.11: Kumulierter TM-Ertrag nach Aussaat verschiedener Mischungen an den Standorten Schwarzenau (Sch), Wallenhorst (Wal) und Saterland (Sat) im Frühjahr 2012. Der Bestand bei Saterland wurde durch Saat in junge Maisbestände gegründet.

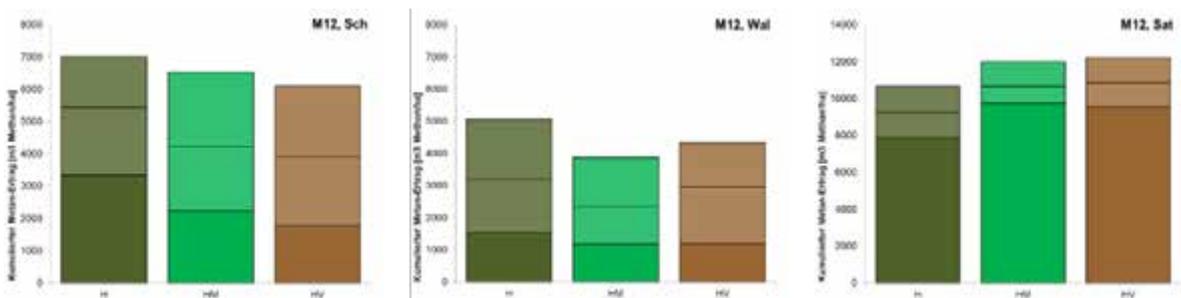


Abbildung 3.3.12: Kumulierter Methanertrag nach Aussaat verschiedener Mischungen an den Standorten Schwarzenau (Sch), Wallenhorst (Wal) und Saterland (Sat) im Frühjahr 2012. Der Bestand bei Saterland wurde durch Saat in junge Maisbestände gegründet.

An den Standorten Schwarzenau und Saterland waren die Ertragsunterschiede zwischen den drei Mischungen in der Summe der drei vorliegenden Standjahre gering, bei Wallenhorst wurde bei der Mischung H am meisten und bei HV am wenigsten Trockenmasse geerntet (Abbildung 3.3.11). Bedingt durch die etwas größere Methanausbeute, war der Methanhektarertrag der Mischung H in der Summe der drei Standjahre etwas höher (Abbildung 3.3.12).

3.3.2.2 Artzusammensetzung und Methanausbeute der Einzelarten

Eine Möglichkeit der Weiterentwicklung der Mischungen ist es, die Anteile von Arten zu reduzieren, deren Methanausbeute bereits zum Erntetermin niedrig ist, und umgekehrt die relativen Anteile von Arten mit hoher Methanausbeute zu erhöhen. Dazu war es erforderlich, nicht nur von der Gesamtmischung, sondern auch von den Hauptertragsarten Methanausbeutebestimmungen vorzunehmen und ihren Anteil an der Gesamtmasse abzuschätzen. Erste Anhaltspunkte zur Artzusammensetzung des Erntematerials lieferten Bonituren zur der projektiven Deckung der Einzelarten.

Der Zusammenhang zwischen projektiver Deckung und geernteter Biomassemenge ist von Habitus und Morphologie (Pflanzenhöhe, hohle bzw. gefüllte Stängel) abhängig und daher bei den Arten unterschiedlich. Daher wurden zur Einschätzung der Artanteile im Erntematerial auch Biomassebestimmungen an den wichtigsten Hauptertragsarten der Mischungen vorgenommen.

Ansaat 2011 (Versuch M11)

Alle Saatmischungen entwickelten sich zu blütenreichen Pflanzenbeständen, die jährlich bis zur Ernte zu einer Höhe zwischen 1,5 und 2 m aufwuchsen und von bis zu 2,3 m Überhältern überragt wurden. Die Artzusammensetzung der Pflanzenbestände in Wallenhorst im Verlauf der ersten vier Standjahre geht im Einzelnen aus Abbildung 3.3.13 hervor. Hier wird die projektive Deckung der ertragsbildenden Arten der vier Mischungen durch verschiedene Farben dargestellt.

Die projektive Deckung durch Beikräuter war im ersten Standjahr im Mittel etwas höher und die Gesamtdeckung der Pflanzenbestände meist noch niedriger als in den folgenden Standjahren. Im vierten Standjahr wanderten vermehrt Gräser ein, die während des Frühsommers große Deckungsanteile eroberten und bis zur Ernte weitestgehend vertrockneten (rote Säulen in Abbildung 3.3.13). Im Zuge der Vergrasung wurden die ertragsbildenden Stauden zurückgedrängt, erkennbar an der zur Ernte eine geringere Gesamtdeckung gesäter Arten.

Erstes Standjahr - Deckfrucht

Das Erscheinungsbild der verschiedenen Mischungen unterschied sich durch die verschiedenen als Deckfrucht eingesetzten Kulturarten. So war bei Mischung HC *Cannabis sativa* in hoher Saatstärke (etwa 8 kg/ha) enthalten, der wesentlich zum Biomasseertrag beitrug (mit ca. 30 %, blassgelb in Abbildung 3.3.14, siehe auch Bild 3.3.9). Wie der deutliche Abfall der Methanausbeute vom früheren bis zum vier Wochen späteren Erntetermin Anfang Oktober belegt (von 391 auf 189 NI/kg oTM), ist bei dieser Art für hohe Energieerträge eine rechtzeitige Ernte erforderlich. Einen noch etwas größeren Anteil der geernteten Trockenmasse bildete die Sonnenblume (orange), während *Malva verticillata* (gelb) zwar relativ hohe Deckungswerte eroberte, bei dieser Mischung aber nur geringe Anteile des Erntematerials ausmachte. Von eher untergeordneter Rolle waren *Malva sylvestris* (pink) und *Melilotus spec.* (hellblau) und *Lavatera tripteris* (hellrosa). Die Malvenarten fielen durch ihre regelmäßig hohen Methanausbeuten auf (Werte zwischen 322 und 355 NI/kg oTM, Angaben in Abbildung 3.3.14).



Bild 3.3.9 und 3.3.10: Mischung HC mit *Cannabis sativa* (links) und Mischung HV (rechts) am Standort Wallenhorst im 1. Standjahr (Versuch M11, Bilder vom 05.09.2011).

Die Deckfrucht der Mischung Hf war durch eine sehr hohe Dichte der Sonnenblume gekennzeichnet. Bei der Ernte Anfang Oktober wurden daneben große Mengen von *Malva verticillata* geerntet (ca. 30 % der Biomasse), die als einzige einjährige Malvenart in dieser Mischung enthalten war und eher unauffällige, kleine Blüten bildet. Sie fiel (wie auch die übrigen Malvenarten) durch ihre regelmäßig hohe

Methanausbeute auf (355 NI/ha, Angaben in Abbildung 3.3.14). Nur geringen Anteil an der geernteten Biomasse bildete *Atriplex hortensis* (braungelb).

Die Mischungen H und HV präsentierten sich vielfältiger (Abbildung 3.3.13). Neben der Sonnenblume blühten hier verschiedene Malvenarten (Bild 3.3.9). Die Pflanzenbestände der ökologisch ausgerichteten Mischung HV waren dabei erwartungsgemäß insgesamt lockerer als die (der Praxismischung des Ansaatjahrs 2011 ähnliche) Mischung H.

Zweites bis drittes Standjahr



Bild 3.3.11 und 3.3.12: Mischung HC (links) und Mischung HV (rechts) am Standort Wallenhorst im 2. Standjahr. Versuch M11, Bilder vom 25.07.2012.



Bild 3.3.13 und 3.3.14: Mischung HV am Standort Wallenhorst im 3. (links) und 4. Standjahr (rechts). Versuch M11, Bilder vom 05.08.2014.

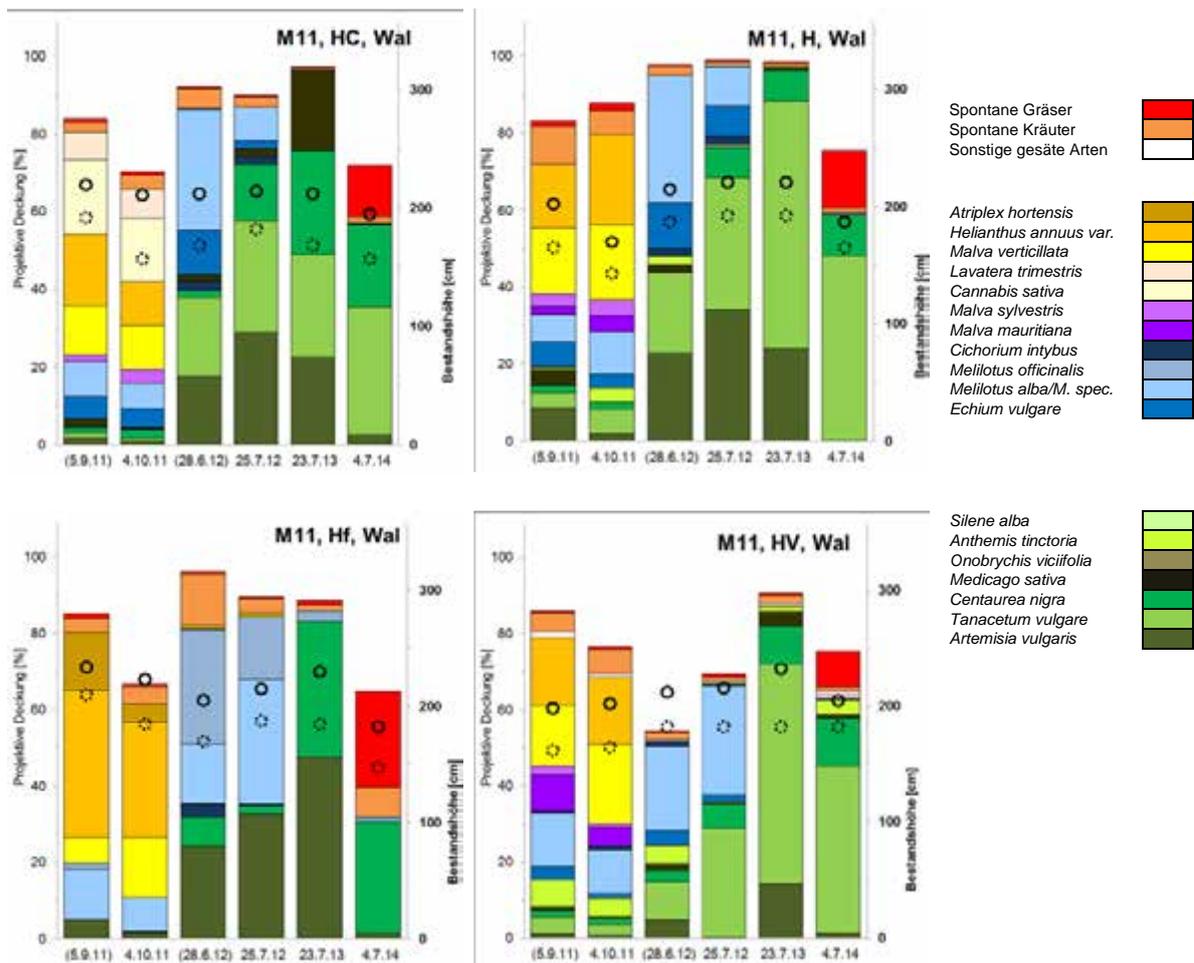


Abbildung 3.3.13: (a bis d) Bestandsentwicklung nach Aussaat der Mischungen „HC“, H, Hf und HV im Jahr 2011 (Versuch M11) am Standort Wallenhorst (Wal). Angegeben sind die projektive Deckung der wichtigsten Arten der Mischung sowie die Höhe von Bestand (gestrichelte Kreise) und Überhäktern (Kreise) im Verlauf von vier Standjahren (n=4). Gesäte Arten, deren Deckung zu allen Terminen unter 1 % lag, wurden zusammenfasst (weiße Säulen). Die Bonituren erfolgten höchstens zwei Wochen vor der jährlichen Ernte (Terminangabe unter der horizontalen Achse).

Im zweiten Standjahr entwickelten sich von *Melilotus spec.* geprägte gelb und weiß blühende Bestände (Bild 3.3.11 und Bild 3.3.11), *Echium vulgare* trug vor allem bei H und HC mit blauen Blüten zu einem bunten Erscheinungsbild bei. Bis zur Ernte eroberten auch mehrjährige Arten zunehmend Deckungsanteile. Sie stellten mit Wegfall der zweijährigen Arten ab dem dritten Standjahr den gesamten Biomasseertrag. In den Mischbeständen des zweiten und dritten Standjahrs spielten *Tanacetum vulgare*, *Artemisia vulgaris* und *Centaurea nigra* eine prägende Rolle, bei HC und HV trug auch *Medicago sativa* wesentlich zu den Erträgen bei. In den Beständen der Mischung HV dominierte *Tanacetum vulgare* (Bild 3.3.13), während *Artemisia vulgaris* etwas zurücktrat. Weitere ertragsbildende Arten waren *Anthemis*

tinctoria und *Silene alba*. Bei Hf war *Tanacetum vulgare* nicht in der Saatmischung und entsprechend auch nicht im Erntematerial enthalten.

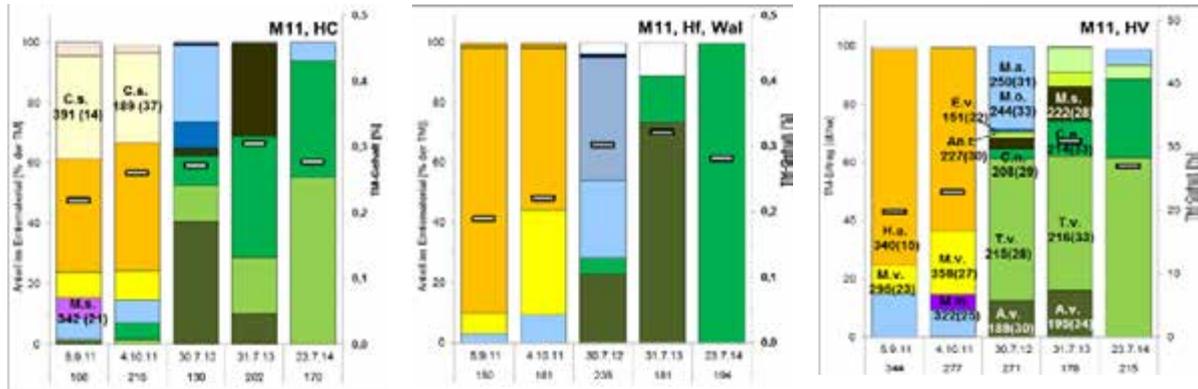


Abbildung 3.3.14: (a bis c) Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM] in den ersten vier Standjahren nach Aussaat der Mischung HC (links), Hf (Mitte) und HV (rechts) im Jahr 2011. (Standort Wallenhorst, Artlegende siehe Abbildung 3.3.13). Die wichtigsten Arten wurden separat auf Methanausbeute und TM-Gehalt untersucht (Werte in den Säulen, TM-Gehalt in Klammern). Unter den Säulen wird zum Vergleich die in Abbildung 3.3.7 gezeigte Methanausbeute gemischten Erntematerials angegeben.

Einheitlich über alle Mischungen spielte *Artemisia vulgaris* im vierten Standjahr nur noch eine untergeordnete Rolle. Die vergrasteten Bestände präsentierten sich artenärmer als in den ersten Standjahren. Wie anhand des vermehrten Auftretens im vierten Standjahr ersichtlich (Bild 3.3.13), konnte sich bei HV die zweijährige Karde (*Dipsacus fullonum*) durch Selbstaussaat etablieren.

Die Methanausbeute lag bei den meisten ertragsbildenden Stauden bei der Ernte um 220 NI/kg oTM, bei *Artemisia vulgaris* mit rund 190 NI/kg deutlich niedriger. Unter den zweijährigen Arten erreichte *Melilotus spec.* mit 250 NI/kg oTM relativ hohe Werte, bei *Echium vulgare* war sie trotz des noch geringen TM-Gehalts extrem niedrig (155 NI/kg oTM).

Ansaat 2012 bis 2014 (Versuche M12, M13 und M14)

Bei der Ansaat 2012 war das Erscheinungsbild an den in Direktsaat gegründeten Beständen der Standorte Schwarzenau und Wallenhorst im ersten Jahr durch Sonnenblumen und Malven geprägt (Bild 3.3.15. und Bild 3.3.16), die auch den ganz überwiegenden Anteil der Biomasse bildeten (Abbildung 3.3.16, 3.19 und 3.21, oben links). Am Standort Wallenhorst war der Anteil der Malven mit bis zu 20 % der Biomasse wesentlich höher (*Malva mauritiana*, *Lavatera trimestris* und bei H, *Malva verticillata*), auch trugen hier bereits Arten der *Melilotus*-Gruppe in stärkerem Maße zum Biomassezuwachs bei. Diese dominierten im zweiten Standjahr an beiden Standorten die fröhsommerlichen Bestände und stellten den überwiegenden Teil des Erntematerials.



Bild 3.3.15 und 3.3.16: Erstes Standjahr der Mischung HM (links) und der Mischung HV (rechts) am Standort Schwarzenau (Bilder vom 17.07.2012, Versuch M12)



Bild 3.3.17 und 3.3.18: Mischung HV am Standort Saterland im 2. (links) und 3. Standjahr (rechts). Der Bestand wurde als Untersaat in junge Maisbestände gegründet (M12, 24.07.2013 und 26.06.14).



Bild 3.3.19 und 3.3.20: Mischung HV am Standort Wallenhorst im 2. (links) und 3. Standjahr (M12, 23.07.2013 und 17.07.2014)



Bild 3.3.21 und Bild 3.3.22: Mischung HV am Standort Schwarzenau im 2. (links) und 3. Standjahr (rechts; M12, 23.07.2013 und 16.07.2014)



Bild 3.3.23 und 3.3.24: Erstes Standjahr der Mischung H (links) und der Mischung HV (rechts) am Standort Schwarzenau (24.07.2013, Versuch M13)

Am Standort Saterland, der als Maisuntersaat gegründet wurde, spielte *Melilotus spec.* dagegen eine nur untergeordnete Rolle (Abbildung 3.3.16 ,3.3.19 und 3.3.21, oben rechts). Infolge der im ersten Jahr langen Beschattung der Untersaat durch die Maispflanzen waren die Erträge im zweiten Standjahr allgemein relativ niedrig (siehe Kapitel 3.3.2.1), der Unkrautdruck war vergleichsweise hoch.



Bild 3.3.25, 3.3.26 und 3.3.27: (a und b) Mischungen HV (oben, 3.26), H (Mitte, 3.27) und HM (unten, 3.28) an den Standorten Schwarzenau (a, links; Bilder vom 05.08. und 05.09.2014 (unten links) und Wallenhorst (b, rechts, 24.09.2014) im ersten Standjahr (M14)



Bild 3.3.28, 3.3.29 und 3.3.30: (a und b) Mischungen HV (oben 3.29), H (Mitte 3.30) und HM (unten 3.31) am Standort Schwarzenau am 4.6.2014 (a, links) und am 17.07.2014 (b, rechts) im 2. Standjahr (Versuch M13).



Bild 3.3.31, 3.3.32 und 3.3.33: (a und b) Mischungen HV (oben, 3.32), H (Mitte, 3.33) und HM (unten, 3.34) am Standort Wallenhorst (a, links, Bilder vom 17.07.2014) und in Marquardt (b, rechts, Bilder vom 06.08.2014, D. Kruiskamp) im 2. Standjahr (Versuch M13).

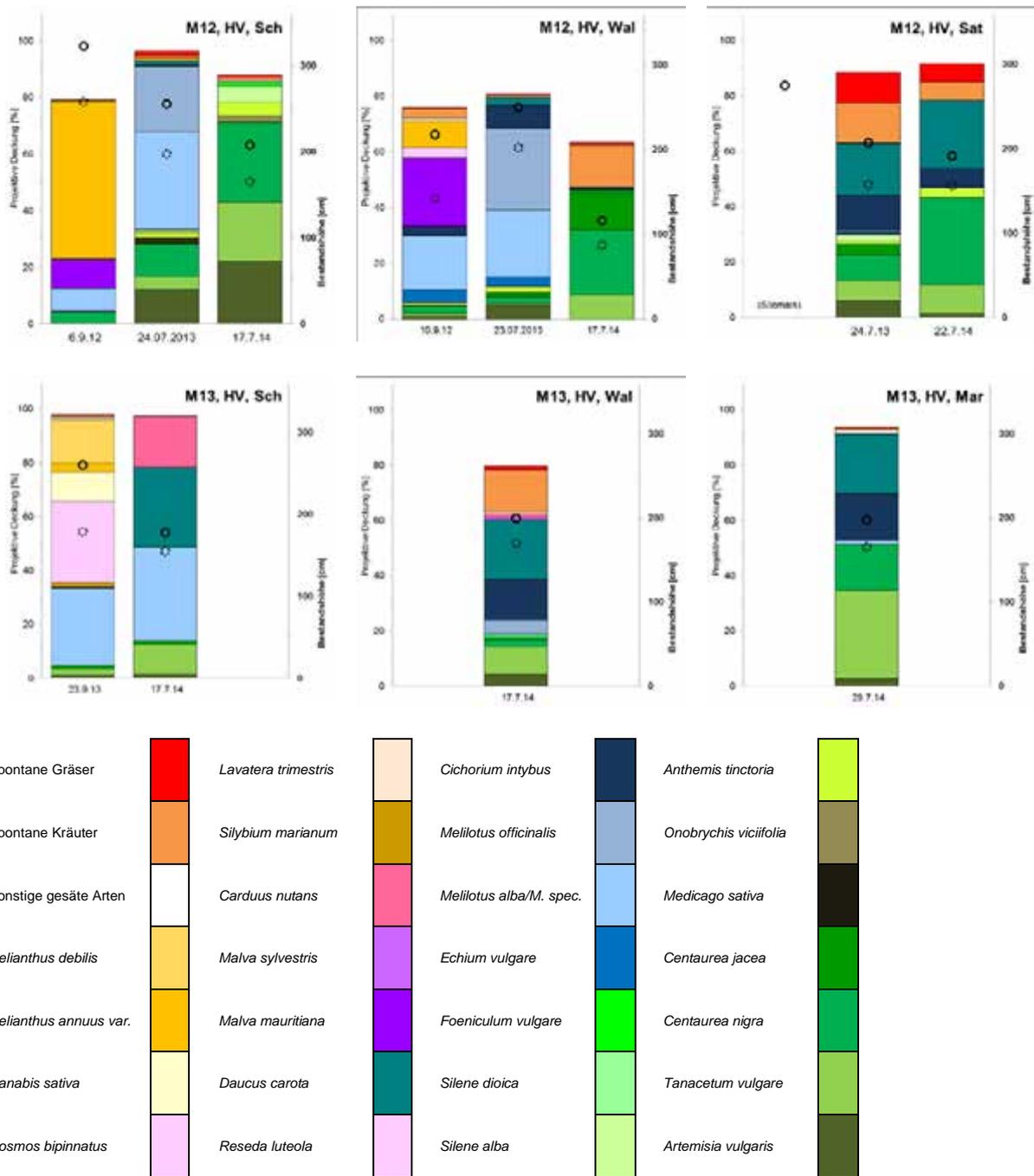


Abbildung 3.3.15: Bestandsentwicklung nach Aussaat der Mischung H (oben) im Jahr 2012 (oben) und 2013 (unten; Standorte Schwarzenau (Sch), Wallenhorst (Wal) und Saterland (Sat)). Angegeben sind die projektive Deckung der wichtigsten Arten der Mischung sowie die Höhe von Bestand (gestrichelte Kreise) und Überhältern (Kreise) im Verlauf von vier Standjahren. Gesäte Arten, deren Deckung zu allen Terminen unter 1 % lag, wurden zusammenfasst (weiße Säulen). Unter der horizontalen Achse sind die Boniturtermine angegeben. Sie erfolgten höchstens zwei Wochen vor der jährlichen Ernte.

Vor allem HV war durch eine lockere Bestandsstruktur und ein vielfältiges buntes Erscheinungsbild gekennzeichnet, das sich an den Standorten deutlich in Artzusammensetzung und Erscheinungsbild unterschied (Bild 3.3.17 bis Bild 3.3.21).

Bei dieser Mischung ökologischer Zielrichtung war die Entwicklung von Segetalarten begünstigt, deutlich erkennbar an den roten Blüten von *Papaver rhoeas* am Standort Wallenhorst (Bild 3.3.19). Eine lockere Struktur der Pflanzendecke eignet sich für viele heimische Wildtiere (z. B. Rebhühner) besonders gut als Lebensraum.

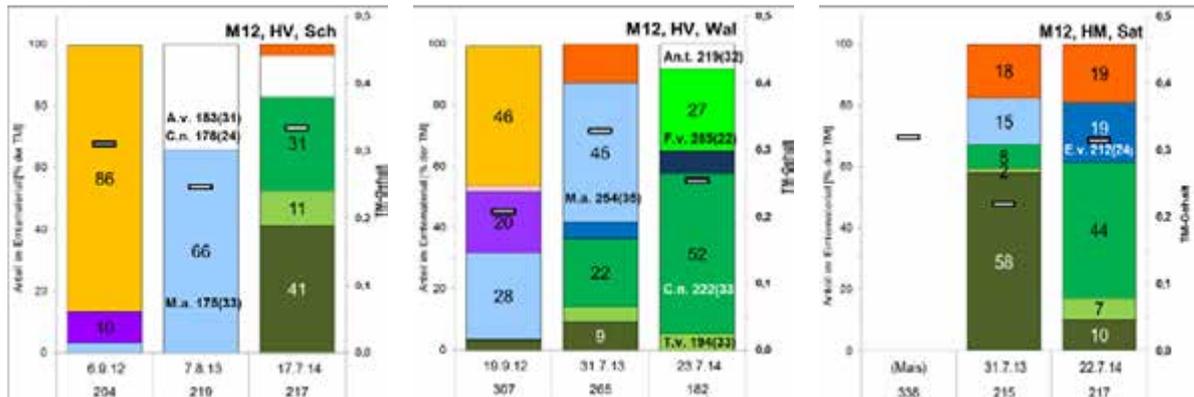


Abbildung 3.3.16: Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM] in den ersten drei Standjahren nach Aussaat der Mischung H (oben), HM (Mitte) und HV (unten) im Jahr 2012. (Standorte Wallenhorst (Wal), Saterland (Sat) und Schwarzenau (Sch), Artlegende siehe Abb. 3.3.14a, orangerot: spontane Arten.). Die wichtigsten Arten wurden separat auf Methanausbeute und TM-Gehalt untersucht (Werte in den Säulen, TM-Gehalt in Klammern). Unter den Säulen wird zum Vergleich die in Abbildung 3.3.7 gezeigte Methanausbeute gemischten Erntematerials angegeben.

Durch die geringere Deckung von *Melilotus spec.* waren in Saterland die Unterschiede zwischen den Mischungen bereits im zweiten Standjahr deutlich. Bei Mischung HV eroberten *Daucus carota* und *Cichorium intybus* größere Deckungsanteile. Die beiden Arten waren im dritten Standjahr weiterhin bestandsbildend. Sie stellen mit bis zu 30 % größere Anteile der Biomasse (Abbildung 3.3.16 rechts), die Methanausbeute lag bei 249 (*D. carota*) bzw. 214 NI/kg oTM (*C. intybus*). In den bunten Pflanzenbeständen trugen unter anderem *Silene alba*, *Anthemis tinctoria*, *Centaurea jacea*, *Leonurus cardiaca* und *Verbascum nigrum* zu der hohen Blütenvielfalt bei. *Artemisia vulgaris*, die nur in sehr geringer Saatstärke ausgesät worden war (0,03 kg/ha), spielte eine untergeordnete Rolle und war im 3. Standjahr nur noch vereinzelt zu finden. Die zunächst ebenfalls noch geringen Deckungsanteile von *Tanacetum vulgare* und *Centaurea nigra* nahmen dagegen zu. Sie stellten im 3. Standjahr neben der blau blühenden Wegwarte (*Cichorium intybus*) die wichtigen ertragsbildenden Arten. Zweijährige Arten wie *Malva sylvestris* oder *Echium vulgare* sorgten in einigen Parzellen für ein buntes

Erscheinungsbild (Bild 3.3.26). Bei Mischung HV war des Weiteren die starke Entwicklung von sehr großen, vitalen Einzelpflanzen von *Foeniculum vulgare* auffällig, die zu großen Biomassezuwächsen führten. Diese Art war bei der Zweitansaat (2013) in deutlich höherer Saatstärke enthalten und trug dort bereits im zweiten Jahr zu einer deutlichen Ertragssteigerung bei. Sie erzielte zum Erntetermin eine hohe Methanausbeute (285 NI/kg oTM).

In Mischung H waren ebenfalls *Daucus carota* und *Cichorium intybus* vertreten, ihre projektive Deckung und Anteile in der Biomasse waren aber deutlich geringer als bei HV. Dies trifft auch die meisten anderen genannten Arten zu (Ausnahme: *Silene dioica* mit höheren Anteilen). Bei der artenärmeren Mischung HM war die Deckung von *Echium vulgare* auffällig hoch.

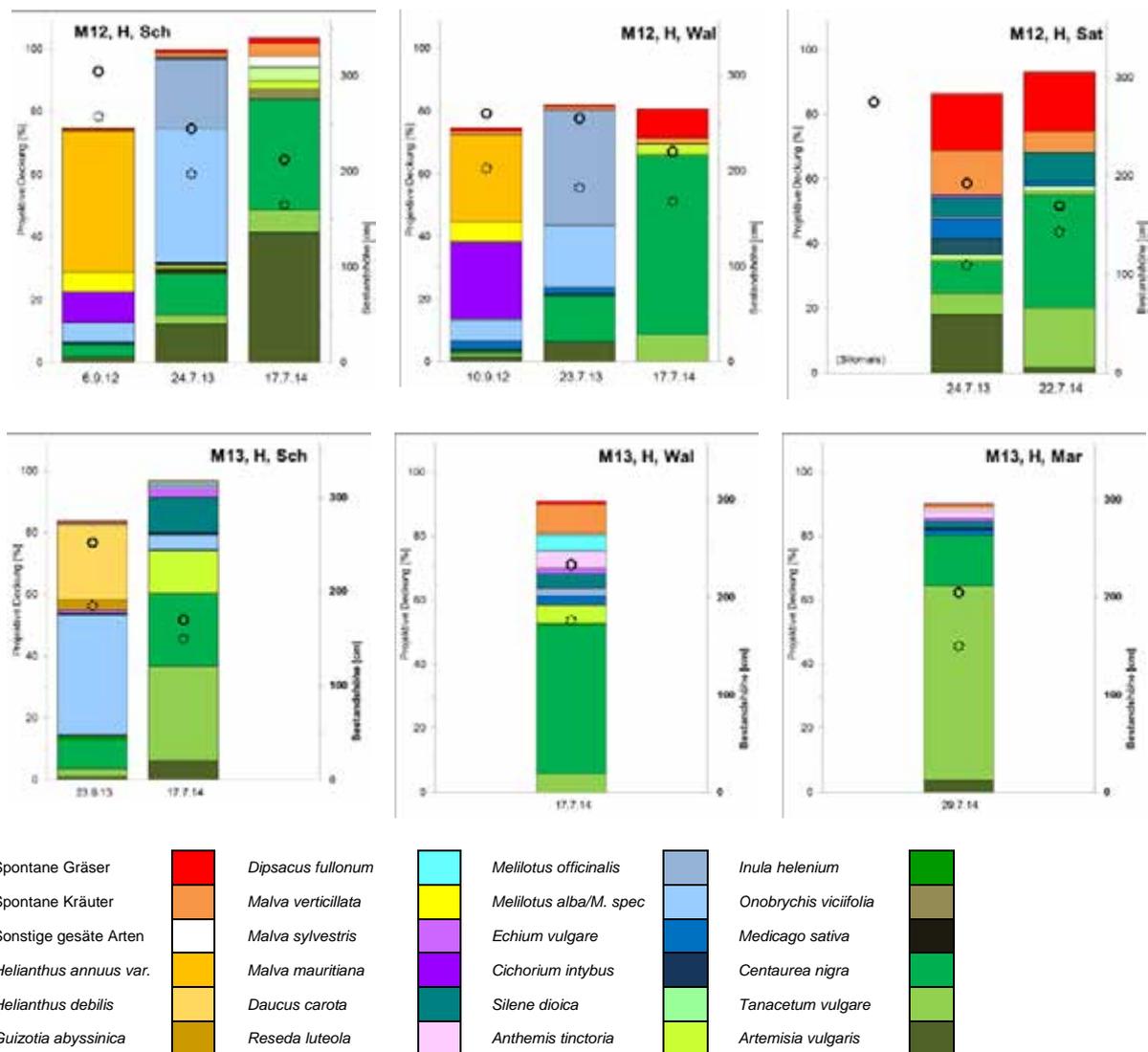


Abbildung 3.3.17: Bestandentwicklung nach Aussaat der Mischung H (oben) im Jahr 2012 (oben) und 2013 (unten). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.15.

Bei der Ansaat 2013 wurde für die Mischung HV eine neue Deckfrucht eingesetzt. *Linum usitatissimum*, der zum Erntezeitpunkt bereits fruchtete und als niedrige Art weniger zur Ertragsbildung beitrug, sorgte bereits im Frühsommer für ein attraktives Erscheinungsbild und stellte frühzeitig Nahrung für blütenbesuchende Insekten zur Verfügung. Ertragsbildend waren neben einer Sonnenblumenmischung mit *Helianthus debilis* unter anderem *Cannabis sativa* (in geringerer Saatstärke als bei HC der Ansaat 2011, vergl. oben und Abbildung 3.3.13a) sowie *Cosmos bipinnatus* mit attraktiven weißen und rosa Blüten. Daneben stellte *Melilotus spec.* größere Deckungsanteile (Abbildung 3.3.15 links unten). *Atriplex hortensis* und *Amaranthus cruentus*, die ebenfalls im Saatgut enthalten waren, spielten dagegen eine untergeordnete Rolle.



Bild 3.3.34 und Bild 3.3.35: (a und b) Mischungen HV (oben, 3.35) und HM (unten, 3.36) am Standort Schwarzenau (a, links, 04.08.2014 (oben) und 05.09.2014 (unten)) und in Wallenhorst (b, rechts, Bilder vom 05.08.2014) im 1. Standjahr (Versuch M14).

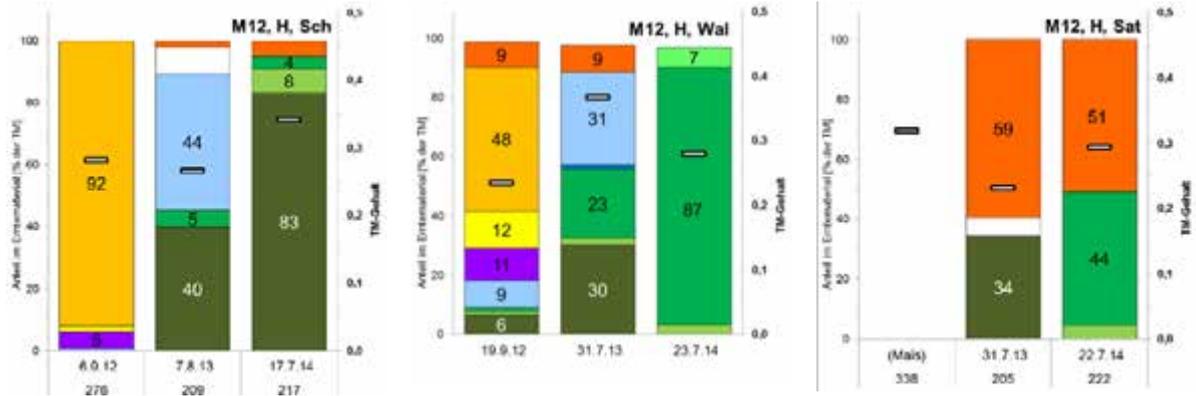


Abbildung 3.3.18: Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM]. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.16.

Auch im zweiten Standjahr unterschied sich die Ansaat 2013 deutlich in der Bestandszusammensetzung von der Ansaat 2012. Bei Mischung HV entwickelten sich im Frühsommer Blütenstände von *Carduus nutans*, die in Schwarzenau eine sehr hohe Deckung erzielte (Bild 3.3.28a und Abbildung 3.3.15 unten). Später war insbesondere die starke Entwicklung von *Foeniculum vulgare* (für Wallenhorst Bild 3.3.24a) auffällig, der mit massiven Einzelpflanzen einen wesentlich Beitrag zum Energieertrag der Mischung leistete. Die Individuenzahl dieser Art war (möglicherweise auch infolge der höheren Saatstärke von 0,8 kg/ha gegenüber vorher 0,11) wesentlich größer als bei der Ansaat 2012. Bei HV war, ähnlich wie in Saterland (Ansaat 2012), die projektive Deckung von *Cichorium intybus* und *Daucus carota* gleichfalls sehr hoch (deutlich in Bild 3.3.28b und Bild 3.3.35b, siehe auch Abbildung 3.3.15).

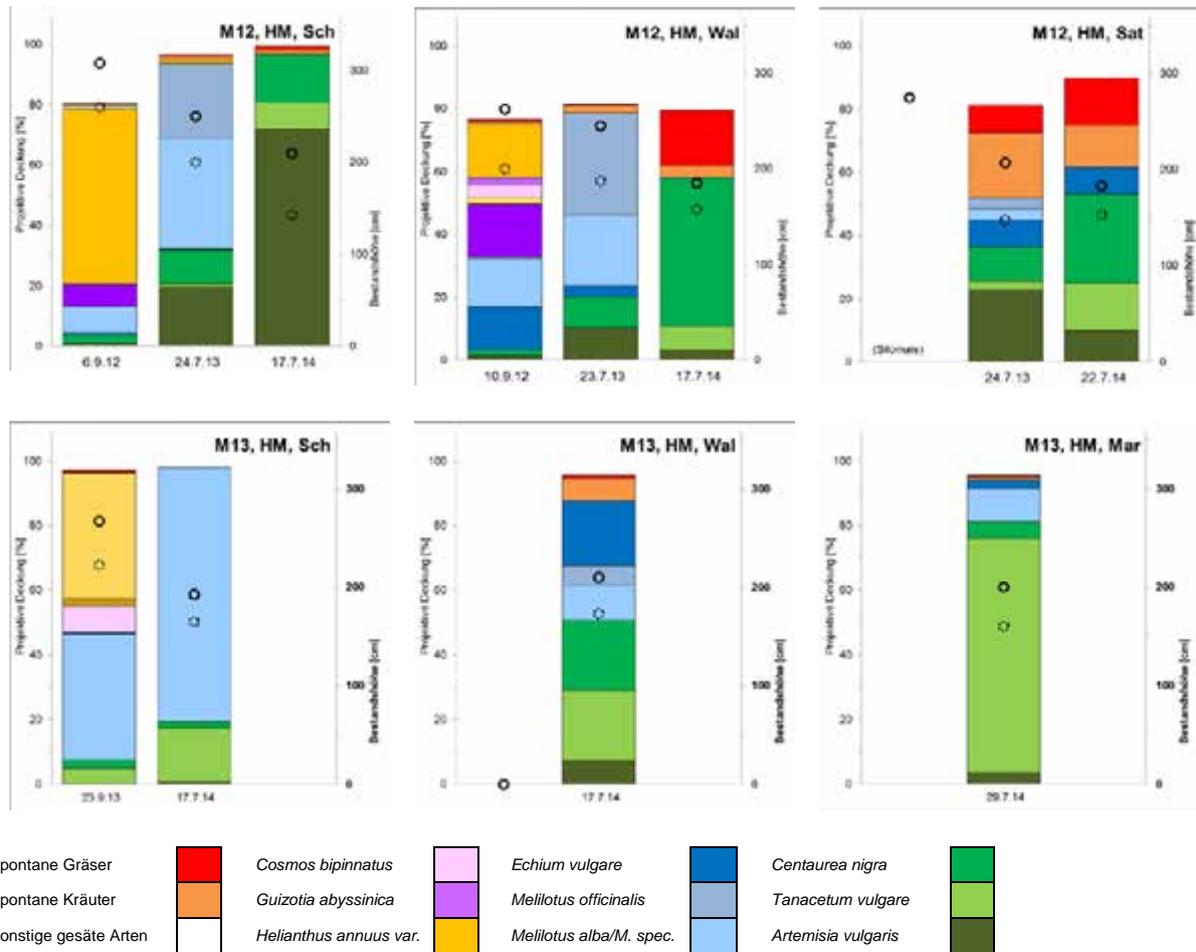


Abbildung 3.3.19: Bestandentwicklung nach Aussaat der Mischung H (oben) im Jahr 2012 (oben) und 2013 (unten). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.15.

Bei Mischung H überragten die Blüten von *Reseda luteola* die *Melilotus*-dominierten Fröhsommer-Bestände (Bild 3.3.29a). Später fiel die große Artmächtigkeit von *Dipsacus sylvestris* auf, der die Überhälter der Pflanzenbestände bildete (besonders dicht in Wallenhorst, Bild 3.3.29b und Bild 3.3.31b). Am Standort Marquardt eroberte sich *Tanacetum vulgare* größere Flächenanteile (Bild 3.3.32b und Abbildung 3.3.17 rechts).

Bei der artenärmeren Mischung HM (vgl. Abbildung 3.3.19 unten) stellten *Tanacetum vulgare* (in Marquardt dominierend, Bild 3.3.33b) und *Melilotus spec.* (in Schwarzenau besonders stark entwickelt, Bild 3.3.30a und b) wichtige Ertragsarten. In Wallenhorst bildeten daneben *Centaurea nigra* und *Echium vulgare* (Bild 3.3.33a) große Deckungsanteile.

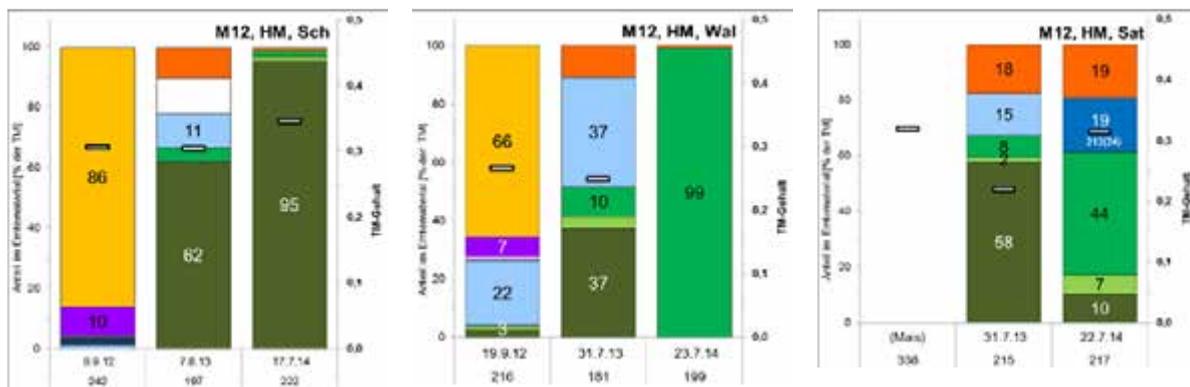


Abbildung 3.3.20: Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM]. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.16.

Im Jahr 2014 wurde die Mischung HV in um 40 % höherer Saatstärke ausgesät. Es entwickelten sich vergleichsweise dichte Bestände, in denen zunächst *Linum usitatissimum* und *Silybium marianum* (Bild 3.3.34), später dann Sonnenblumen und *Cosmos bipinnatus* blühten (Bild 3.3.35b).

Bei HM wurden Malven (wegen möglicher Probleme bei der Nachkultur, vgl. folgendes Kapitel) und (weil es in den Beständen des Vorjahrs nicht zur Blüte kam) Ramtillkraut (*Guizotia abyssinica*) aus der Deckfrucht herausgenommen. Als Sonnenblume wurde eine gefüllte einköpfige Sorte verwendet (*Helianthus annuus* Uniflorus), die etwa zeitgleich mit *Cosmos bipinnatus* blühte (Bild 3.3.35). Diese Arten waren zusammen mit *Sorghum bicolor* die wichtigsten Ertragsarten des ersten Standjahrs, der ebenfalls ausgesäte *Amaranthus cruentus* spielte nur eine untergeordnete Rolle.

Auf die Entwicklung der Mischung H, die grundlegend überarbeitet wurde, wird im folgenden Kapitel (3.3.4) näher eingegangen.

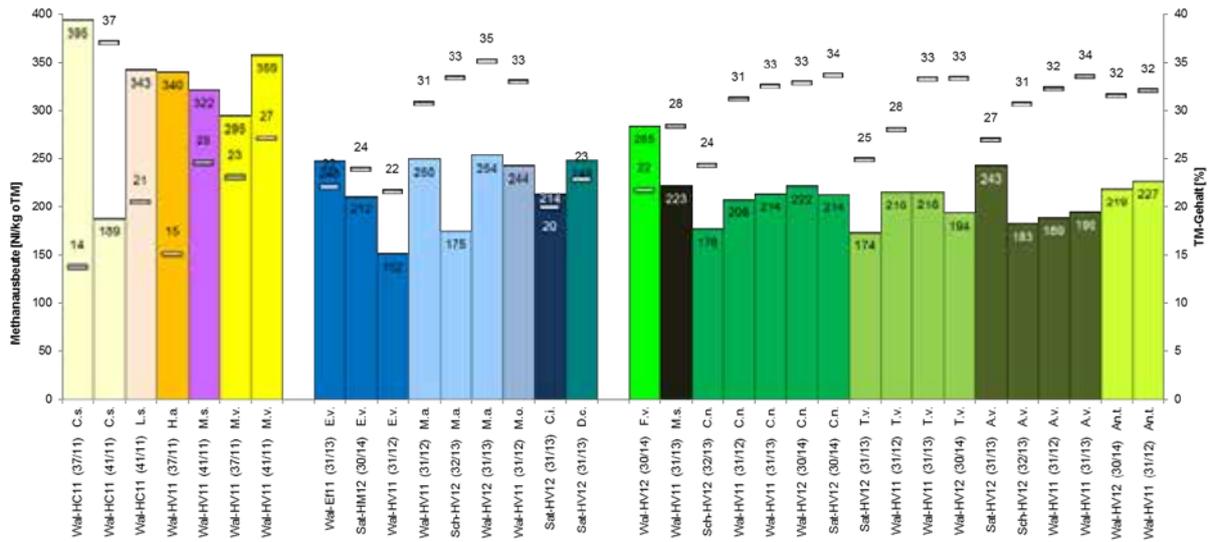


Abbildung 3.3.21: Methanausbeute und TM-Gehalt der Hauptertragsarten des ersten (links), zweiten (Mitte) und späterer Standjahre der Versuche M11 (Ansaat 2011) und M12 (Ansaat 2012). Sammelort (Wal=Wallenhorst, Sch=Schwarzenau und Sat=Saterland) sowie Mischung und Ansaatjahr sind angegeben; Erntetermine stehen in Klammern (Kalenderwoche/Jahr). Innerhalb der Arten wurde nach zunehmendem TM-Gehalt sortiert.

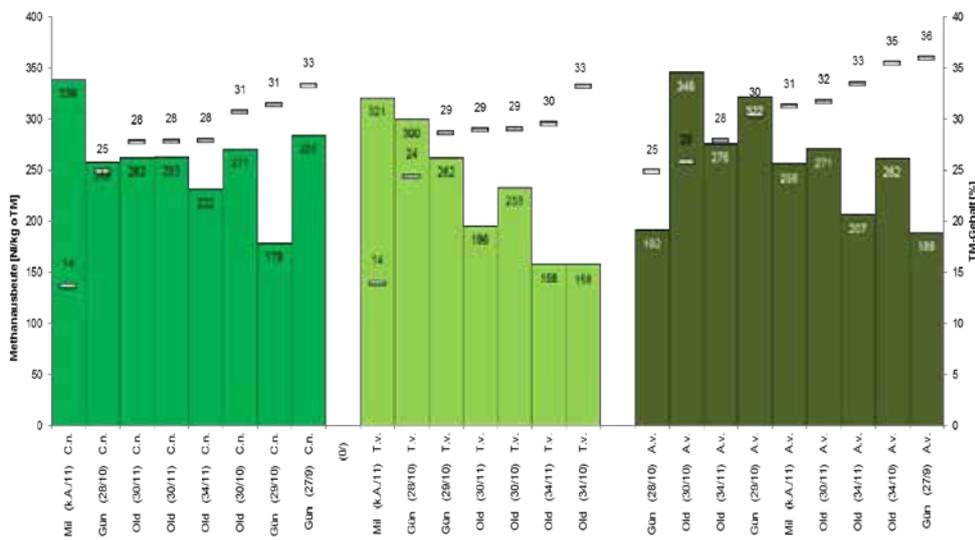


Abbildung 3.3.22: Methanausbeute und TM-Gehalt bei den Hauptertragsarten Centaurea nigra, Tanacetum vulgare und Artemisia vulgaris (Daten 2009 bis 2011; Sammelort (Gün=Güntersleben, Mil=Miltenberg, Old=Oldenburg). Erntetermine stehen in Klammern (Kalenderwoche/Jahr). Innerhalb der Arten wurde nach zunehmendem TM-Gehalt sortiert.

Einen Überblick über die spezifische Methanausbeute der ertragsbildenden Einzelarten der Versuche M11 (Ansaat 2011) und M12 (Ansaat 2012) gibt Abbildung 3.3.21. Deutlich erkennbar ist die bei den längerlebigen Arten im Mittel geringere Methanausbeute. Einjährige Kulturarten der Deckfrucht erzielten meist Werte von mindestens 300 NI/kg oTM, bei den zweijährigen wurde meist rund 250 und bei den Stauden etwa 220 NI/kg oTM bestimmt. Auffällig niedrig ist insbesondere die für *Artemisia vulgaris* festgestellte spezifische Methanausbeute. Zeiternterversuche zeigen, dass die Methanausbeute dieser Art bei verspäteter Ernte besonders steil abnimmt (Kapitel 5.3.1).

In Abbildung 3.3.22 werden zum Vergleich Ergebnisse von Batchuntersuchungen an Proben der Versuche der ersten Projektphase gezeigt. Die Verteilung der Methanausbeutedaten der Arten *Tanacetum vulgare*, *Centaurea nigra* und *Artemisia vulgaris* zeigt, dass die meisten Werte hier zwischen 230 und 270 NI/kg oTM und damit auf einem höheren Niveau lagen, die Spannweite ist jedoch groß (160 bis 340 NI/kg oTM). Sehr niedrigere Methanausbeuten wurden überwiegend bei Proben ermittelt, die bereits einen relativ hohen TM-Gehalt aufwiesen, während Höchstwerte überwiegend bei Proben mit geringen TM-Gehalt (14 %) ermittelt wurden.

3.3.3 Staudenetablierung in Abhängigkeit von der Deckfruchtmischung

Im ersten Standjahr entwickelten sich die Pflanzenbestände erwartungsgemäß mit einer eher lockeren Struktur der Deckfrucht E3 (Abbildung 3.3.23a, Säulen), die sich auch in geringeren Erträgen dieser Variante bei der ersten Ernte widerspiegelte (Abbildung 3.3.24a, Säulen). Die frühere Erntereife von E3 ist an den höheren TM-Gehalten erkennbar (bei zeitgleicher Ernte aller Varianten, Abbildung 3.3.24a, Linien). Am Standort Schwarzenau waren auch zwischen E1 und E2 Unterschiede von Bestandsdichte und Ertragsniveau erkennbar (vgl. Abbildung 3.3.24a und 3.26a).

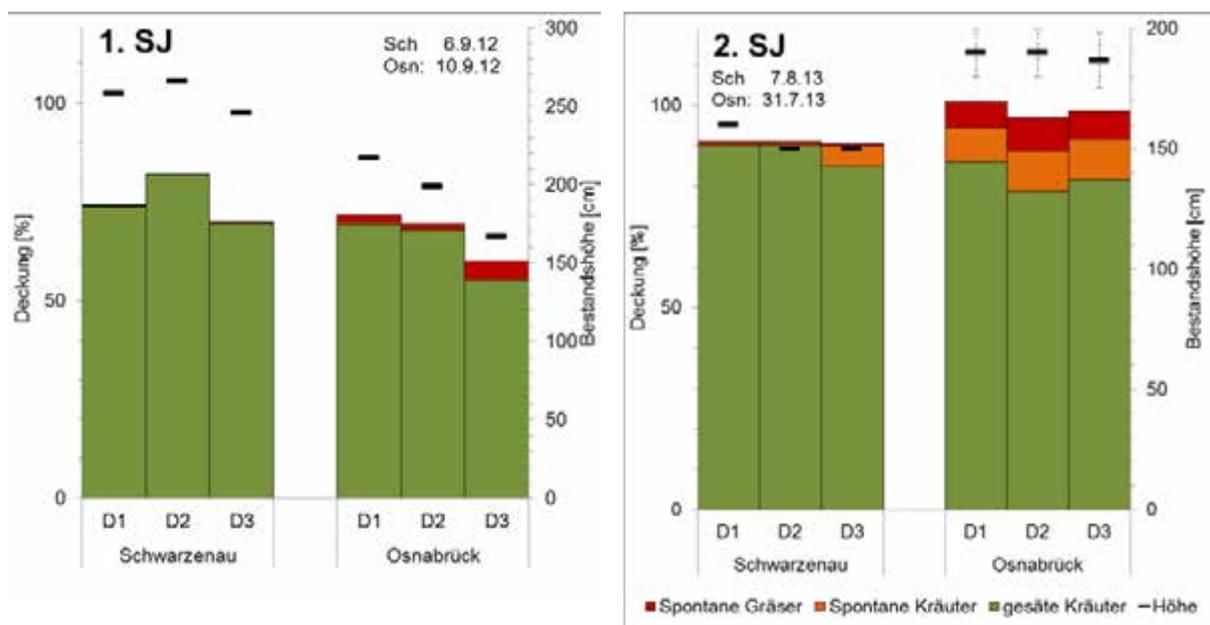


Abbildung 3.3.23: (a und b) Bestandszusammensetzung und -höhe bei den verschiedenen Mischungsvarianten (Ansaat 2012) an den Standorten Schwarzenau (Sch) und Wallenhorst bei Osnabrück (Wal) im ersten (links, a) und im zweiten Standjahr (rechts, b). Die Linien geben die Höhe der Pflanzenbestände an. Das Boniturdatum ist angegeben.

Im zweiten Standjahr wurden Parzellen von zweijährigem Weißen Steinklee (*Melilotus alba* ‚Krajova‘) dominiert, der auch den überwiegenden Anteil der geernteten Pflanzenmasse stellte. Die Ertragsunterschiede waren dabei gering (Abbildung 3.3.24b).

Der Etablierungserfolg in Abhängigkeit von der eingesetzten Deckfrucht wird aus der Bonitur im Frühjahr des 2. Standjahrs ersichtlich (Abbildung 3.3.25). Der relative Wert für den Etablierungserfolg war bei den mit E3 eingesäten Flächen noch am höchsten. Unter den lockeren Beständen von E3 im ersten Standjahr konnte sich eine größere Anzahl der gesäten Staudenarten etablieren, die Pflanzen waren später häufiger vorzufinden und vitaler als bei den dichteren einjährigen Artkombinationen.

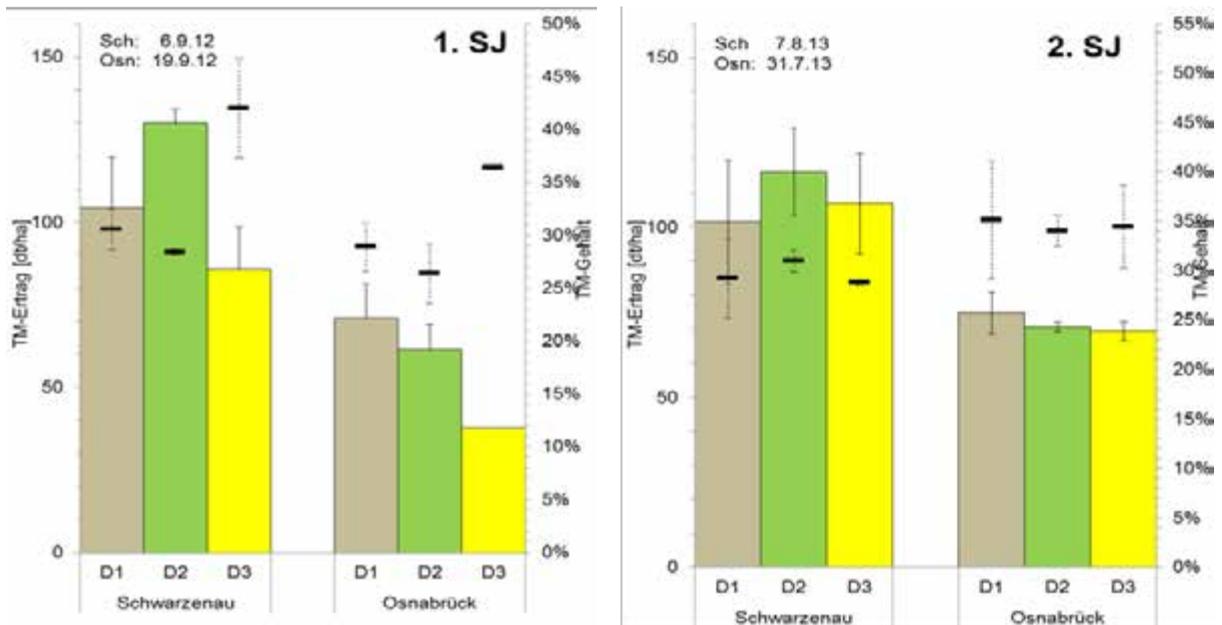


Abbildung 3.3.24: TM-Ertrag (Säulen) und –Gehalt (Linien) bei Verwendung der Deckfrüchte D1, D2 und D3 an den Standorten Schwarzenau und Wallenhorst bei Osnabrück im ersten (links, a), und im zweiten Standjahr (rechts, b)

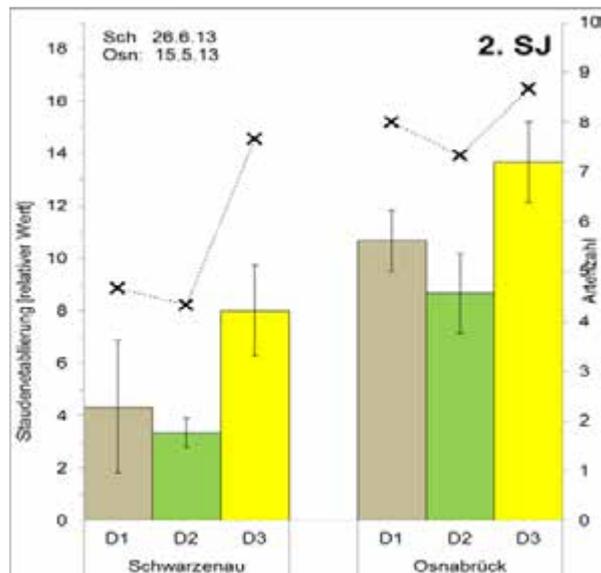


Abbildung 3.3.25: Etablierungserfolg unter den Deckfrüchten D1, D2 und D3 an den Standorten Schwarzenau und Wallenhorst bei Osnabrück. Die Symbole stellen die Anzahl zwei- bis mehrjähriger Arten im zweiten Standjahr dar, die Säulen zeigen einen relativen Wert für den Etablierungserfolg der Stauden (zur Methode siehe Kap. 2.2.2). Die Daten wurden im 2. Standjahr kurz nach dem Neuaustrieb erhoben.

Die Ergebnisse unterstreichen die große Bedeutung der Deckfrucht für den Etablierungserfolg der Stauden.



Bild 3.3.36: (a bis c) Deckfrucht 1 (a, links oben), Deckfrucht 2 (b, rechts oben) und Deckfrucht 3 (c, links unten; Bilder vom 10.09.2012, Standort Wallenhorst bei Osnabrück).

3.3.4 Grundlegende Mischungsüberarbeitung 2014

Im Jahr 2014 wurde aufgrund der Entwicklungen des letzten Standjahrs eine grundlegende Überarbeitung der Mischung H vorgenommen, die als Standardmischung für trockene Standorte konzipiert worden ist. Grund waren die letzten Ergebnisse sowie Entwicklungen, die sich mit zunehmender Standdauer der Versuchsmischungen immer mehr abzeichneten.

1) Abnehmende Artenvielfalt ab dem dritten Standjahr

Die Strukturvielfalt war in den späteren Standjahren meist gering. Auch bei den artenreicheren Saatmischungen des Ansaatjahrs 2011 waren ab dem dritten Standjahr häufig nur noch zwei bis vier Arten bestandsbildend, während weniger konkurrenzstarke Begleitarten (z. B. *Malva alcea*, *Onobrychis viciifolia*) immer mehr zurückgedrängt wurden (vgl. Kapitel 3.3.1).

2) Geringe Stabilität der Methanausbeute

Methanausbeutebestimmungen an den Hauptertragsarten späterer Standjahre (Abbildung 3.3.21 rechts und Abbildung 3.3.22) sowie Zeiternteveruche im Jahr 2013 (Kapitel 5.3.1) machten deutlich, dass für eine größere Ertragssicherheit ab dem dritten Standjahr verstärkt auf Arten gesetzt werden muss, deren Methanausbeute über einen längeren Zeitraum stabil ist. Insbesondere der in den Mischungen häufig stark dominierende Beifuß (*Artemisia vulgaris*) mit einem sehr steilen Abfall der Methanausbeute bei verspäteter Ernte wirkte sich häufig nachteilig auf die Methanausbeute der Gesamtmischung aus.

3) Malven und Beifuß können im Nachbau Probleme bereiten

Beim Nachbau von Biogaswildpflanzenmischungen kamen auf verschiedenen Praxisflächen die in den Mischungen eingesetzten Malven und Beifuß auf. Der Beifuß, der eine extrem hohe Anzahl sehr feiner Samen bildet, bereitete vor allem auf Standorten mit leichten, sandigen Böden immer wieder Probleme und kann zu einem höheren Pestizideinsatz in der Folgekultur führen.



Bild 3.3.37: (a und b) Überarbeitete Mischung am Standort Schwarzenau (a, oben, 04.08.2014) und in Wallenhorst (b, unten, 24.09.2014) im 1. Standjahr (Versuch M14).

4) Beifuß ist in Kartoffelanbaugesellschaften nicht erwünscht

Der Anbau von Beifuß, einem möglichen Überträger des Rattlevirus, wurde von Landwirten in Kartoffelanbaugesellschaften abgelehnt. Auch ist ein größerer Flächenumfang wegen der allergieauslösende Wirkung beim Menschen problematisch.

Aus den genannten Gründen wurde *Artemisia vulgaris* in der überarbeiteten Mischung durch andere massewüchsige Arten ersetzt. Für eine hohe Artenvielfalt, auch in späteren Standjahren, wurden einerseits verstärkt weitere langlebige Arten wie Herzgespann (*Leonurus cardiaca*), Fenchel (*Foeniculum vulgare*), Kälberkropf (*Chaerophyllum aureum*), Wegwarte (*Cichorium intybus*) und Stockrose (*Althaea ficifolia*) verwendet. Hinzu kommen zweijährige Arten, die nach der Ernte erneut Triebe bilden, nochmals zur Blüten kommen und sich versamen können (beispielsweise *Arctium lappa* und *Arctium tomentosum*). Sie sollen sich im dritten Jahr wieder als Jungpflanzen etablieren und im vierten Jahr zum zweiten Mal als ertragsbildende Art zur Verfügung stehen.

Auch die im Nachbau problematischen Malven sind nicht mehr in den Mischungen enthalten. Für ein vielfältiges Erscheinungsbild und einen langen Blühzeitraum wurden für die Deckfrucht neue Arten eingesetzt. Die Artzusammensetzung geht im Einzelnen aus Tabelle 3.2.7 hervor.

Erste Ergebnisse

Für die überarbeitete Mischung liegen bisher Ergebnisse für das erste Standjahr vor. Die Deckfrucht präsentierte sich auf den beiden einbezogenen Standorten Schwarzenau und Wallenhorst sehr blütenreich (Bild 3.3.37). *Camelina sativa*, *Silybium marianum*, *Anethum graveolens* und *Chrysanthemum segetum* sorgten für einen frühen Blühaspekt. Etwas später entwickelte *Coreopsis tinctoria* seine auffälligen Blüten, ab Ende August folgten *Cosmos bipinnatus* und Sonnenblumen. Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*) und Amaranth (*Amaranthus cruentus*) trugen zu einer hohen Strukturvielfalt bei. Auch blühten bereits einige zwei- und mehrjährige Arten wie Wegwarte (*Cichorium intybus* KULTUR), *Anthemis tinctoria* und *Foeniculum vulgare*. Letztgenannte Art etablierte sich vor allem in Wallenhorst in hoher Pflanzendichte. Aufgrund der Ergebnisse älterer Versuchsansaatungen ist davon

auszugehen, dass sich die jetzt noch zarten Pflanzen im folgenden Jahr zu kräftigen und ertragreichen Pflanzen entwickeln, die als Überhälter die Hauptschicht der Pflanzenbestände überragen werden. Einige wichtige Ertragsarten der späteren Standjahre (wie *Alcea ficifolia* und *Arctium spec.*) konnten bereits im Unterstand nachgewiesen werden (Bild 3.3.38).



Bild 3.3.38: Klette (*Arctium spec.*), Fenchel (*Foeniculum vulgare*) und *Alcea ficifolia* im Unterstand der einjährigen Bestände (Standort Wallenhorst, Bild vom 05.08.14 (Versuch M14)).

Daten aus Sichtungsversuchen bei Stetten (20 km nördlich von Würzburg) belegen, dass viele der neuen Arten hohe spezifische Methanausbeuten erzielen können (Abbildung 3.3.23, für Fenchel vergl. Abbildung 3.3.21).

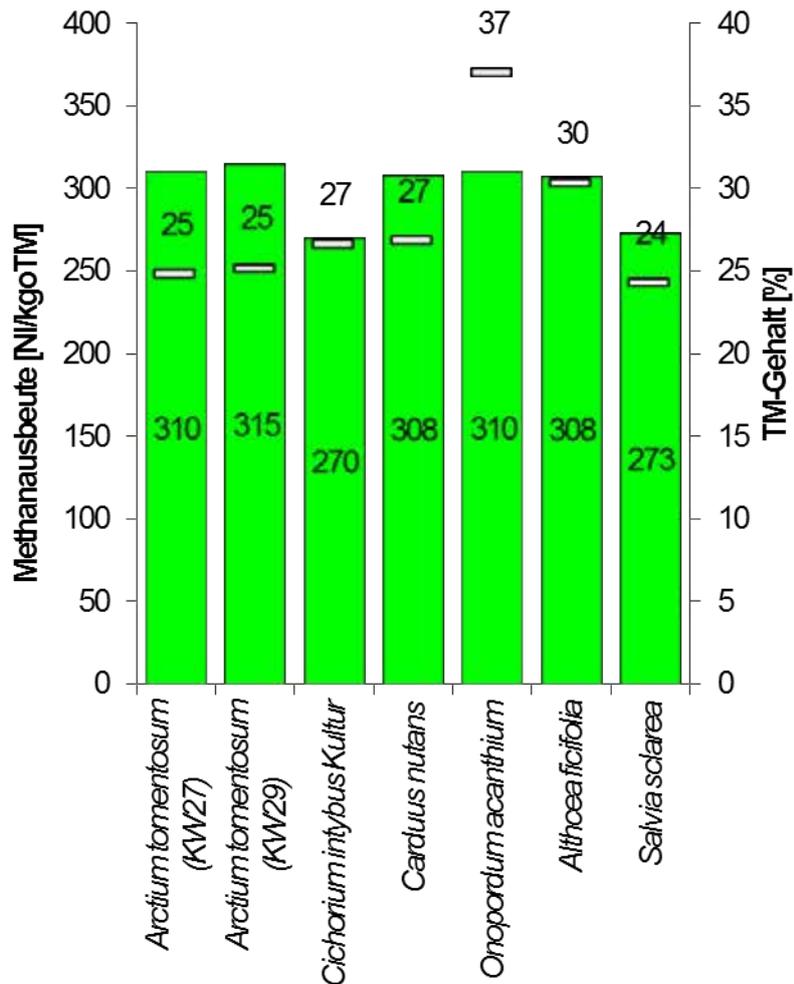


Abbildung 3.3.26: Methanausbeute und TM-Gehalt neuer Arten aus Sichtungsversuchen in Stetten. Die Probennahme erfolgte 2014 in Kalenderwoche 27 (KW27), bei *Arcium tomentosum* zusätzlich in KW29.

Auch erste Praxiserfahrungen für das erste Standjahr liegen bereits vor. Sie zeigten, dass Saat und Ernte der einjährigen Blühbestände problemlos ist (Kapitel 6). Um die Mischung zur Praxisreife zu führen, müssen jedoch unbedingt die folgenden Standjahre abgewartet und bestehende Versuche durch weitere Ansaaten, auch in weiteren Regionen, ergänzt werden. Erst in den folgenden Jahren wird sich zeigen, ob sich die Mischungen in der vorliegenden Form erwartungsgemäß entwickeln oder andernfalls noch Anpassungen der Saatstärke oder Korrekturen der Artzusammensetzung erforderlich sind.

3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Aufbauend auf Versuchen der ersten Projektphase wurden für verschiedene Klima- und Bodenregionen Mischungsvarianten mit heimischen Stauden konzipiert, die sich in der Gewichtung ökologischer und ökonomischer Ziele unterscheiden. Die Mischungen wurden in den Jahren 2012 bis 2014 auf Standorten im Ostdeutschen Tiefland, Nordwestdeutschen Tiefland und im Fränkischen Hügelland ausgesät und fortlaufend hinsichtlich Bestandsentwicklung, Biomasse- und Energieerträgen untersucht. Um zur Mischungsoptimierung Erkenntnisse über langfristige Entwicklungen und zur Bestandsstabilität zu gewinnen, wurden auch Untersuchungen an älteren Ansaatflächen fortgeführt. Mit dem Ziel, die Staudenetablierung zu verbessern, wurden in einem Nebenversuch verschiedene Deckfruchtmischungen getestet. 2014 wurde auf Basis aller vorliegenden Ergebnisse eine grundlegende Mischungsüberarbeitung vorgenommen

Die meisten der untersuchten älteren Ansaatflächen waren über fünf Jahren stabil, eine Ertragsabnahme bzw. übermäßige Beikrautentwicklung zum Ende der Standzeit wurde vorwiegend auf schlechteren Standorten oder bei unzureichender Staudenetablierung im ersten Jahr festgestellt. In einem Nebenversuch zeigte sich ein klarer Zusammenhang zwischen Struktur der Deckfruchtmischung und Etablierungserfolg.

Bei den Mischungen der 2. Projektphase wurden im ersten Standjahr am Standort Schwarzenau (Unterfranken) regelmäßig TM-Erträge zwischen 90 und 130 dt/ha erzielt, einen extrem hohen Biomassezuwachs erfuhr eine im Jahr 2013 gesäte Mischung mit *Cannabis sativa* (165 dt/ha). Am Standort Wallenhorst bei Osnabrück (Nordwestdeutsches Tiefland) lagen die Erträge im Jahr 2012 zwischen 60 und 90 dt/ha, 2013 war der Feldaufgang infolge der anhaltenden Trockenheit lückig. Bei Marquardt und am frischen Standort Phöben (Nordestdeutsches Tiefland) wurden die Flächen von Beikräutern überwachsen.

Im zweiten Standjahr dominierte am Standort Schwarzenau und, bei der Erstansaat 2012 auch in Wallenhorst, bei allen Mischungen Steinklee (*Melilotus spec.*). Bei den durch Maisuntersaat gegründeten Beständen im Saterland und den 2013 in Wallenhorst und Marquardt angelegten Versuchen unterschied sich die Bestandszusammensetzung der zweijährigen Bestände deutlicher. Besonders die ökologisch ausgerichtete Mischung „HV“ zeigte ein vielfältiges blütenreiches

Erscheinungsbild. Auch wegen ihrer lockeren Bestandsstruktur ist diese Mischung voraussichtlich für viele heimische Wildtiere besonders gut als Lebensraum geeignet. Das Ertragsniveau lag bei Werten zwischen 70 und 120 dt/ha und war bei Schwarzenau und Marquardt höher als an den Standorten Nordwestdeutschlands. Die Methanausbeute erreichte im ersten Standjahr Werte zwischen 200 und 310 NI/kg oTM, in den folgenden Jahren war sie im Mittel niedriger. Die getrennte Untersuchung ertragsbildender Arten ergab bei einigen Pflanzenproben der häufig dominierenden Arten *Artemisia vulgaris* und *Tanacetum vulgare* sehr niedrige Werte.

Auf Grund der zunehmenden Artenverarmung bei den bisher verwendeten Mischungen im fortgeschrittenen Alter wurden ab 2014 die Saatmischungen grundlegend umgebaut. Aus agronomischer Sicht problematische Arten (z. B. *Artemisia vulgaris*) wurden durch andere Ertragsarten ersetzt, die in Sichtungsversuchen teilweise hohe Methanausbeuten erzielten (z. B. *Foeniculum vulgare* und *Arctium spec.*). Die überarbeitete Mischung war im ersten Jahr sehr blütenreich und entwickelte von Frühsommer bis Spätsommer wechselnde Blühaspekte. Die Kulturarten des ersten Jahres sorgten als Deckfrüchte dafür, dass sich im Unterwuchs Ertragsarten der späteren Standjahre (zweijährige Arten und Stauden) etablierten. Die zweijährige Arten ermöglichten gute Erträge im 2. Jahr, danach werden die mehrjährigen Staudenarten bestandsprägend sein. Einige dieser Arten (z. B. *Foeniculum vulgare* und *Arctium spec.*) erzielten in einem zweijährigen Sichtungsversuch wesentlich höhere Methanausbeuten als die meisten bisher verwendeten Staudenarten. Aus Gründen der Strukturvielfalt sollten bis zum fünften Standjahr noch 4-5 Hauptertragsarten vorhanden sein. Ob dies bei der überarbeiteten Mischung bereits gewährleistet ist oder andernfalls eine weitere Anpassung der Saatgutzusammensetzung erforderlich ist, wird sich in den folgenden Jahren zeigen.

4. Entwicklung von Hochleistungsmischungen mit Präriestauden

Ein Projektziel war die Ertragsoptimierung mit Stauden der nordamerikanischen Hochstaudenprairie. Sie unterscheiden sich von heimischen Stauden durch ihre langsamere phänologische Entwicklung und werden wegen ihres späteren Erntetermins in eigenen Mischungen kombiniert.

Verschiedene Präriestaudenarten erwiesen sich als sehr massewüchsig und zeigten in Zeiternteversuchen (Kapitel 5) eine hohe, über einen längeren Zeitraum weitestgehend konstante Methanausbeute. Durch ihre langsamere Reifung und ihre stabile Methanausbeute sind deshalb beim Anbau dieser Arten innerhalb eines größeren Zeitfensters gleichbleibende Energieerträge zu erwarten. Dies hat in der Praxis den Vorteil, dass die Ernte flexibler gestaltet werden und voraussichtlich auch zeitgleich mit Silomais erfolgen kann. Dadurch entfallen zusätzliche Ernteeinsätze wie beim Anbau heimischer Stauden. Durch den geringen Aufwand (Bestandsgründung durch Saat) in Verbindung mit hohen Erträgen ist von einer großen Anbaubereitschaft der Landwirte auszugehen. Die Mischungen könnten verstärkt Einsatzbereiche in intensiven Ackerregionen erschließen. Wesentliche ökologische Vorteile des späten Ernteeingriffs liegen in dem längeren Blühzeitraum mit Bereitstellung von Pollen und Nektar bis in den Spätsommer.

Erste Ergebnisse

Erste Mischungen mit Präriestauden wurden 2009 konzipiert. Sie wurden im Frühjahr auf Kleinparzellen in Blanksaat oder als Maisuntersaat (vgl. Schlussbericht der 1. Projektphase) ausgesät. Bei diesem Saattermin war die Etablierung der Präriestauden unzureichend, die Lücken im Bestand wurden zunehmend von spontanen Arten oder heimische Stauden der Nachbarparzellen ausgefüllt. Eine Ausnahme war der Standort Saterland, an dem jährlich gelb blühende Mischungen aus *Inula helenium* und einigen Präriestaudenarten aufwuchsen. Diese Pflanzenbestände blieben bis über das fünfte Standjahr hinaus stabil (Bild 4 1).



Bild 4 1: Als Maisuntersaat gegründete Mischung mit dominierendem Mädchenauge (*Coreopsis tripteris*) und Alant (*Inula helenium*) im 5. Standjahr (rechte Hälfte). Links ist eine Mischung mit den heimischen Stauden zu sehen (Bild vom 24.07.2013, Ansaat 2009).

Wegen des meist sehr schlechten Etablierungserfolgs wurden seit 2012 neue Saattermine im Herbst und im Winter erprobt und neue Saatvarianten getestet, bei denen ein- bis zweijährigen Blütenpflanzen als Deckfrucht dienten, teilweise wurde auch Grünroggen als Deckfrucht eingesetzt. Die erste Versuchsansaat erfolgte im Dezember 2012 bei Stetten nahe Würzburg, weitere Versuche wurden im Herbst 2013 bei Schwarzenau, Wallenhorst und Achselschwang aufgebaut. Im Jahr 2014 wurden erste größere Flächen bei Hannover (Dasselsbruch, LWK Niedersachsen) und bei Hassloch (BSA, jeweils etwa 600 m²) sowie eine erste Praxisfläche (Hilpertshausen nahe Würzburg, 0,5 ha) angelegt. Nach Umstellung des Saattermins wurden überwiegend gute Etablierungsergebnisse erzielt. Die Pflanzendecke war in der ersten Vegetationsperiode nach der Aussaat meist noch eher niedrig (Ausnahme: Achselschwang, Bild 4 2) und wuchs im darauffolgenden Sommer zu hohen, farbenfrohen Blühbeständen auf (Bild 4 3).

Trotz der vielversprechenden Ergebnisse ist der Forschungsbedarf noch groß. So sind für eine sichere Bestandsetablierung weiterführende Versuche notwendig. Auch zur optimalen Kulturführung unter Praxisbedingungen, beispielsweise zum Düngbedarf oder zu möglicherweise erforderlichen Pflanzenschutzmaßnahmen, liegen aktuell noch kaum Erfahrungen oder Versuchsergebnisse vor.



Bild 4 2: Ansicht einer Präriestaudenparzelle des Sichtungsversuchs bei Stetten (zweite Vegetationsperiode nach Aussaat im Dezember 2012, Bild vom 17.09.2014, Versuch P12).



Bild 4 3: Blühaspekt einer Präriestaudenmischung am Standort Achselschwang im Jahr nach der Ansaat (Bild vom 07.10.2014). Die Etablierung erfolgte am 15.10.2013 durch Blanksaat. Die attraktiven Blühbestände eignen sich hervorragend zur Imageförderung in der Landwirtschaft.

5. Zeiternterversuche an den Hauptertragsarten

5.1 Zielsetzung

Weil viele der in den Mischungen enthaltenen Wildstauden während der Vegetationsperiode lignifizieren und die Methanausbeute des Pflanzenmaterials abnimmt, ist für die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Biogassubstrat eine rechtzeitige Ernte wichtig. Um ein reichhaltiges Angebot an blühenden Pflanzen bereitzustellen und Eingriffe während der Brut und Aufzucht von Jungtieren zu vermeiden, darf andererseits nicht zu früh geerntet werden. Möglicherweise ist auch zur Ausschöpfung des Biomassepotenzials und für ausreichende hohe TM-Gehalte des Erntematerials (für Silierung und Transport) eine späte Ernte sinnvoll. Dem Erntetermin kommt somit sowohl aus agronomischer Sicht als auch im Hinblick auf die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen große Bedeutung zu.

Die Festlegung des Erntetermins ist bei Mischansaat im Vergleich zu Reinkulturen jedoch stark erschwert, weil selbst bei der gleichen Saatmischung Artzusammensetzung und Entwicklungszustand der einzelnen Arten in den sich entwickelnden Pflanzenbeständen in Abhängigkeit von Standort, Witterungsverlauf und Standjahr variieren. Sie kann deshalb nicht einheitlich anhand bestimmter, festgelegter Arten erfolgen, sondern muss sich primär an den dominierenden Arten des jeweiligen Pflanzenbestands orientieren.

Hauptziel dieses Arbeitspakets war es, durch die separate Untersuchung der wichtigsten ertragsbildenden Arten der Wildpflanzenmischungen eine differenziertere Betrachtung bei der Festlegung des Erntetermins von Wildpflanzenmischungen zu ermöglichen. Dazu wird die zeitliche Dynamik von Merkmalen erfasst, die sich entscheidend auf Methanhektarertrag und Eignung des Pflanzenmaterials zur Verwertung in Biogasanlagen auswirken. Sie sollen mit einfach festzustellenden Merkmalen wie dem Entwicklungszustand der jeweiligen Pflanzenarten bzw. Varietäten in Beziehung gesetzt werden, um abzuleiten, wie anhand dieser Merkmale auf den optimalen Erntetermin geschlossen werden kann. Dadurch sollen einerseits die Praxisumsetzung erleichtert und andererseits durch eine bessere Terminierung der Ernte höhere Methanhektarerträge erzielt werden.

Neben Mischungen mit heimischen Stauden befinden sich erste Mischungen mit Präriestauden in der Entwicklung. Sie bieten durch den mit Mais synchronisierten, späteren Erntetermin praxisrelevante Vorteile. Hier ist zur Vermeidung von Florenverfälschung eine besonders sorgfältige Artauswahl erforderlich. Die hübschen, bunten Mischungen sind als spätsommerliche Tracht für viele blütenbesuchende Insekten wie auch der Honigbiene von besonders hohem Wert. Einige Arten, die sich in ersten Testversuchen durch Direktsaat etablieren ließen, wurden bereits in diese Versuchsreihe aufgenommen.

5.2 Versuchsaufbau und Durchführung

Die Versuche erfolgten an der Prüfstelle Rethmar des BSA an vorkultivierten, aufgepflanzten Reinkulturen. Untersuchungen zweier weiterer Arten fanden an gesäten Reinbeständen in Phöben statt (Standortcharakteristika siehe Kapitel 3.2).

In den Jahren 2012 und 2013 wurden für insgesamt 15 Arten 10 m x 25 m große Versuchsfelder angelegt, von denen 11 Arten in den Jahren 2013 bzw. 2014 untersucht wurden. Die Pflanzendichte variierte je nach Art zwischen 4 und 6 Pflanzen pro Quadratmeter. Durch Pflege von Hand entstanden nahezu beikrautfreie Reinbestände mit einem bei den meisten Arten sehr gleichmäßigen Wuchsbild.

Die Pflanzflächen wurden in drei Blöcke (n=3) mit je vier Parzellen unterteilt, die den Zeiternteterminen 1 bis 4 zufällig zugeordnet wurden. Die Zeiternten erfolgten im zwei- bis dreiwöchigen Abstand auf 2 m x 2 m großen Flächen im zentralen Parzellenbereich. Um den Termin der ersten Zeiternte festzulegen, wurden, beginnend mit den ersten offenen Blüten im Bestand, im zweiwöchigen Abstand TM-Bestimmungen an Pflanzen außerhalb der vorgesehenen Erntebereiche vorgenommen. Die erste Parzellenbeprobung erfolgte spätestens zwei Wochen nachdem ein TM-Gehalt von 27 % erreicht war. Kurz vor der Ernte wurden Höhe, projektive Deckung der gesäten Art und von spontanen Arten festgehalten. Der Entwicklungszustand der Zielart wurde durch den BBCH-Wert beschrieben (zur Methode siehe Kapitel 1.2.4.4) und anhand von Fotos von Bestand und Einzelblüten dokumentiert. Die Pflanzen der Erntefläche wurden in ca. 10 cm Höhe geschnitten, gewogen und mit einem Standhäckser zerkleinert. Das relativ grob gehäckselte Material (bis zu 2 cm lange Stücke) wurde anschließend durchmischte. Zur Ermittlung

von TM- und Ligningehalt wurden ca. 300 g Probematerial aus den einzelnen Parzellen eingewogen und getrocknet. Batchuntersuchungen erfolgten, wenn nicht anders angegeben, ebenfalls wiederholungsscharf. Dazu wurde jeweils 3 kg des gehäckselten Erntematerials zeitnah eingefroren (zur Methode siehe Kapitel 1.2.4.1).

Die Zeiternten fanden meist im zweiten Standjahr der Pflanzenbestände statt. Bei einigen außereuropäischen Arten, die ihr Wachstumspotential erst später erreichten, wurde im zweiten Standjahr nur eine Probeernte zur Hauptblüte durchgeführt, Zeiternten folgten dann im dritten Standjahr (2014). Bei einer Art (*Tanacetum vulgare*) wurden sowohl im 2. als auch im 3. Standjahr Zeiternteversuche umgesetzt.

Weitere Zeiternten nach demselben Schema erfolgten 2013 an zwei Reinkulturen, die im Jahr 2011 von der Firma Saaten Zeller bei Phöben zur Samenproduktion angelegt worden waren und sich somit im dritten Standjahr befanden. Hier konnte neben der wichtigen ertragsbildende Staudenart *Tanacetum vulgare* auch *Centaurea nigra* untersucht werden, deren Bestände am Standort Rethmar infolge von Auswinterungsschäden ein zu ungleichmäßiges Wuchsbild zeigten.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Heimische Stauden und Kulturarten

In den bis 2013 auf Versuchs- und Praxisflächen eingesetzten WPM-Mischungen war der Beifuß (*Artemisia vulgaris*) eine der wichtigsten ertragsbildenden Arten, die vor allem im dritten Standjahr und meist auch noch in den folgenden Jahren große Anteile an der Biomasse stellte (vgl. Kap. 3.3.2). Deswegen wirkt sich die Methanausbeute dieser Art in besonders starkem Maße auch auf den Energieertrag der Gesamtmischung aus. Weitere wichtige Ertragsarten der WPM mit heimischen Stauden, die in den Praxismischungen häufig zum Ende der Standzeit dominierten, waren *Centaurea nigra* und *Tanacetum vulgare*.

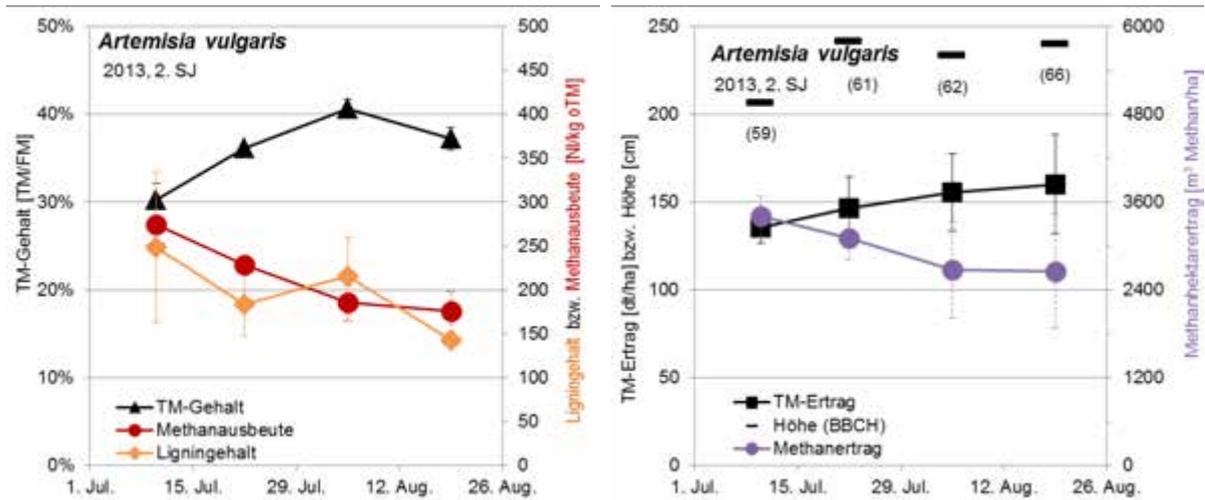


Abbildung 5.3.1: Ergebnis der Zeiternteveruche bei *Artemisia vulgaris*. Die Untersuchungen erfolgten an gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar. In der Abbildung links sind TM-Gehalt (schwarz), Methanausbeute (rot) und Ligningehalt (gelb, in %) im zeitlichen Verlauf dargestellt, auf der Abbildung rechts TM- (schwarz) und Methanertrag (lila).

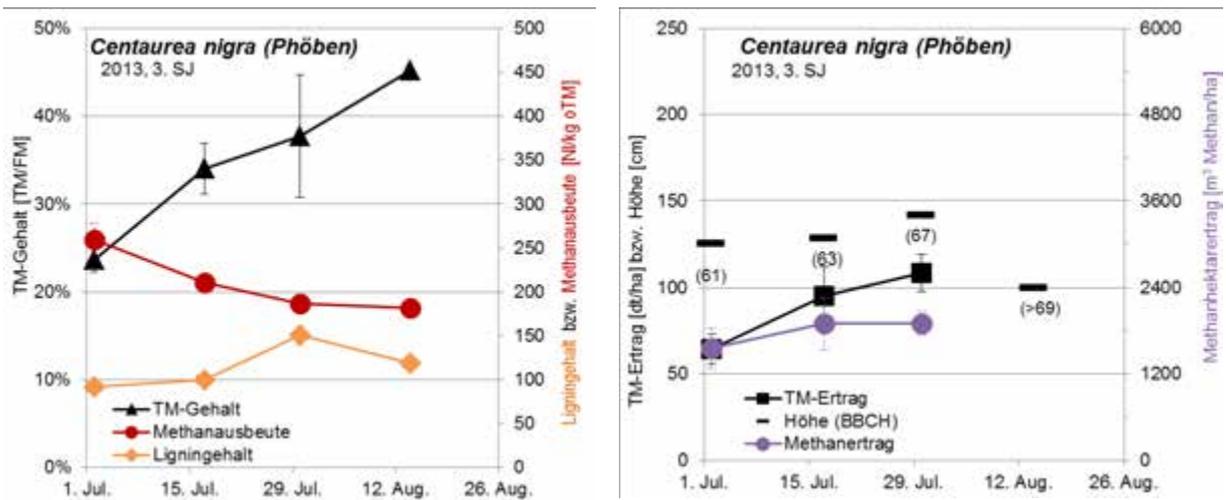


Abbildung 5.3.2: Ergebnis der Zeiternteveruche an *Centaurea nigra*. Die Untersuchungen erfolgten an gesäten Reinbeständen am Standort Phöben (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1). (Fehlwert beim TM-Ertrag Mitte August durch vorzeitige Ernte der Vermehrungsbestände, Höhen- und BBCH-Ermittlung erfolgte an kleiner Restfläche)

Die erste Zeiternte von *Artemisia vulgaris* wurde in Rethmar am 10. Juli 2013 bereits kurz vor Blühbeginn (BBCH 59) und bei noch nicht abgeschlossenem Höhen- und Biomassezuwachs durchgeführt (vgl. Anstieg der schwarzen Symbole in Abbildung 5.3.1 rechts).



Blütenentwicklungszustand von Reinbeständen heimischer Stauden der Praxismischung bei Erntereife:

Bild 5.3.1: *Artemisia vulgaris*
(23.7.13, Rethmar, BBCH 61)

Bild 5.3.2: *Centaurea nigra*
(30.7.13, Phöben, BBCH 67),



Bild 5.3.3 *Tanacetum vulgare*
(30.7.13, Phöben, BBCH 65)

Bild 5.3.4 *Inula helenium*
(Rethmar, 19.7.13, BBCH 65),



Bild 5.3.5 *Althaea officinalis*
(23.7.14, Rethmar, BBCH 65),

Bild 5.3.6 *Leonurus cardiaca*
(24.7.14, Rethmar, BBCH 69)

Zu diesem Termin, der kurz vor dem aus ökologischen Gründen (z. B. zum Schutz brütender Vögel) empfohlenen Erntezeitfenster liegt, war die Methanausbeute mit Werten von knapp 300 NI/kg oTM noch sehr hoch. In den folgenden Wochen fiel sie (bei abnehmender Ligningehalten (gelbe Linie) und steil ansteigenden TM-Gehalten (schwarze Linie), Abbildung 5.3.1 links) steil ab und erreichte am 5. August bei beginnender Blüte (BBCH 62) nunmehr ein niedriges Niveau (180 NI/kg oTM). Obgleich die Bestände noch größere Biomassezuwächse verzeichneten, resultierte daraus eine klare Abnahme der Methanhektarerträge (um über 20 %, lila Linien). Als aus agronomischer Sicht günstig war bei dieser Art somit ein früher Erntetermin in etwa bei Blühbeginn. Dieser phänologische Entwicklungszustand wurde unter den in diesem Jahr sehr trockenen Wuchsbedingungen bereits Mitte/Ende Juli erreicht.

Ein ähnliches Bild mit etwas flacherem Abfall der Methanausbeute zeigte sich bei der Schwarzen Flockenblume (*Centaurea nigra*, Abbildung 5.3.2), die bei Phöben an gesäten Vermehrungsbeständen der Firma Saaten Zeller untersucht wurde. Hier stiegen die TM-Gehalte im Zeitraum vom 2. Juli bis 18. August steil von 25 auf 45 % an. Die Methanausbeute fiel gegenläufig ab und lag Ende Juli, kurz nach der Vollblüte, bei rund 190 NI/kg oTM.

Beim Rainfarn (*Tanacetum vulgare*, Abbildung 5.3.3) streute die Methanausbeute stark und zeigte im Jahr 2013 (mit extremer Sommertrockenheit) Ende Juli einen deutlichen Abfall. Danach nahmen die Werte der Methanausbeute wieder zu und erreichten am Standort Rethmar bis Anfang September das ursprüngliche Niveau. Abgesehen von dem temporären Abfall bewegten sich die Methanausbeute meist auf einem Niveau von rund 200 NI/kg oTM. Im Jahr 2014 war der Verlauf der Methanausbeutewerte gleichmäßiger. Ein Abfall der Methanhektarerträge war in diesem Jahr erst zu dem letzten Termin Anfang September bei abgehender Blüte festzustellen. Sie war zum einen durch eine Abnahme der Methanausbeute und zum anderen durch geringere TM-Erträge (vermutlich aufgrund von Blattverlusten) bedingt.

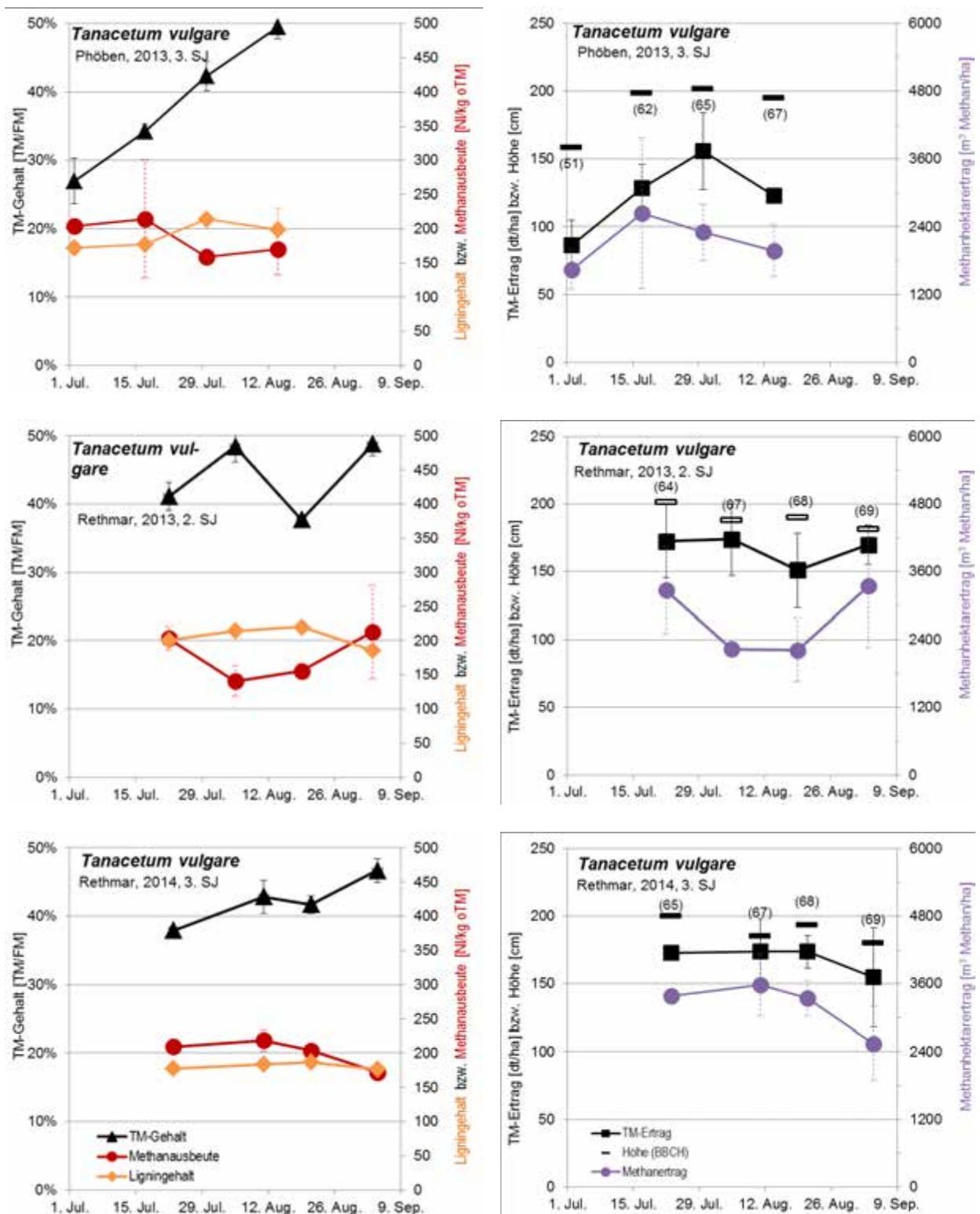


Abbildung 5.3.3: Ergebnis der Zeiternterversuche an *Tanacetum vulgare*. Die Untersuchungen erfolgten an gesäten Reinbeständen am Standort Phöben bzw. an gepflanzten Beständen am Standort Rethmar im Jahr 2013 (Mitte) und 2014 (unten; 1. Termin: Einzelwert) erhoben (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

Beim Alant (*Inula helenium*, Abbildung 5.3.4) erfolgten die Untersuchungen im Extremjahr 2013. Hier lag die Methananausbeute mit rund 250 NI/kg oTM höher und blieb, anders als bei den vorgenannten Arten, auch zu dem letzten Erntetermin (bei abgehender Blüte, BBCH 69) weitestgehend konstant. Auch der TM-Ertrag veränderte sich kaum, so dass die Energieerträge in dem ernterelevanten Zeitraum nur schwach abfielen. Erntereife mit über 30 % TM-Gehalt bestand bei dieser Art bereits Ende Juli (BBCH 63), eine spätere Ernte (bis Anfang September, BBCH 69) führt jedoch zu keinem Ertragsverlust.

Ebenfalls vergleichsweise hohe Methananausbeuten (rund 250 NI/kg oTM) bei lange nahezu konstanten Werten wurden beim Echten Eibisch (*Althaea officinalis*, Abbildung 5.3.5) ermittelt. Diese Art war bisher nur in geringerem Maße an der Ertragsbildung der Mischungen beteiligt. Im Gegensatz zu den Daten der bisher vorgestellten Arten waren die Methananausbeutewerte zum letzten Beprobungstermin (am 19. August) am höchsten. Dadurch erreichten auch die Methanhektarerträge zu diesem letzten Erntetermin die größten Werte. Anders als bei den zuvor genannten Arten lag der TM-Gehalt bei sehr früher Ernte Anfang/Mitte Juli (bei BBCH 63) unter 25 %. Damit das Erntematerial für Transport und Silierung ausreichend hohe TM-Gehalte aufweist, sollte folglich im Praxisanbau bei *Althaea*-dominierten Beständen nicht zu früh (nicht vor der Vollblüte) geerntet werden.

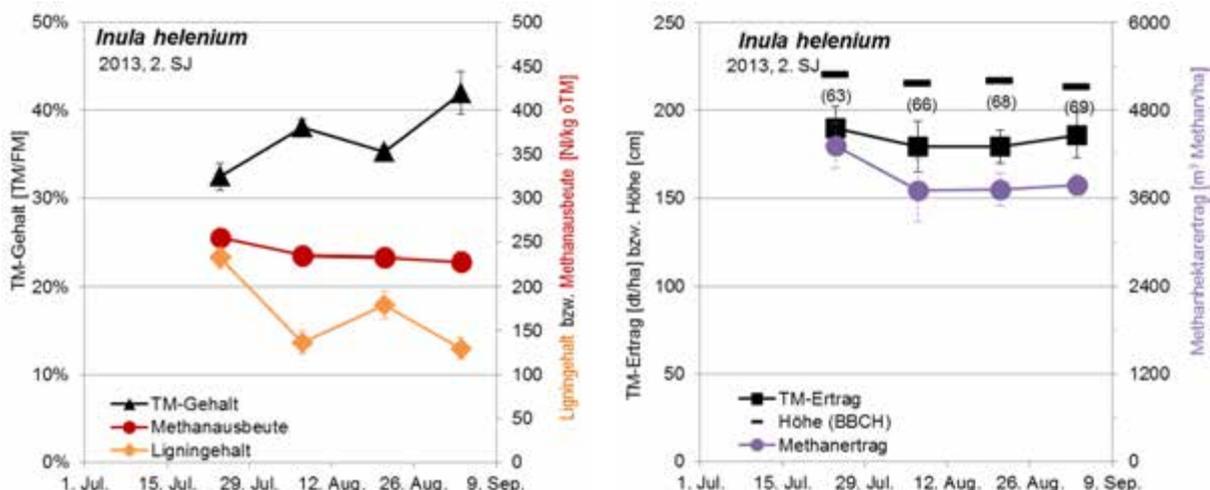


Abbildung 5.3.4: Ergebnis der Zeiternteveruche an *Inula helenium*. Untersucht wurden im Jahr 2012 gepflanzte Reinbestände am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1.).

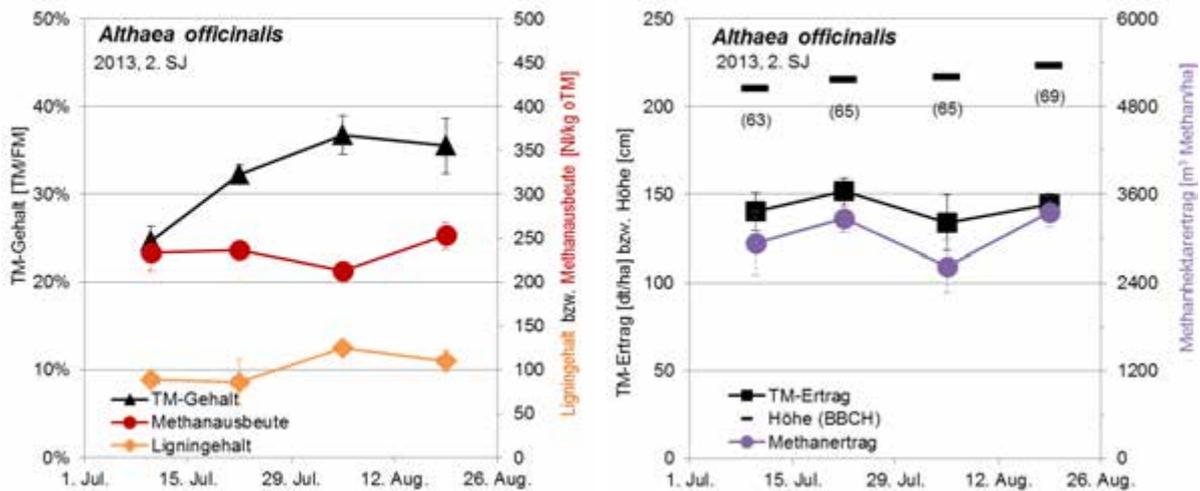


Abbildung 5.3.5: Ergebnis der Zeiternteveruche an *Althaea officinalis*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

Weitere Arten, die anhand der Sichtungversuche als vielsprechend eingeschätzt wurden und deshalb teilweise schon zur Mischungsoptimierung hinzugenommen wurden, waren *Pastinaca sativa*, *Leonurus cardiaca* (Abbildung 5.3.6) und *Alcea ficifolia* (Abbildung 5.3.7 und Bild 5.3.7). Sie wurden 2013 in die Versuchsanlage aufgenommen, Zeiternten erfolgten bei den beiden letztgenannten Arten im Jahr 2014 (im 2. Standjahr). *Pastinaca sativa* wurde nicht weiter untersucht, weil die hier verwendete Kulturform bereits Anfang Juli fast verblüht war (BBCH 69) und deshalb in den Mischungen durch die später blühende Wildform ersetzt wurde.



Bild 5.3.7: Ansicht des Versuchsbestands mit *Alcea ficifolia* im Vordergrund (Bild vom 1.7.2014).

Leonurus cardiaca blühte bereits im Juni, das Ende der Blüte wurde bereits am 23. Juli erreicht (BBCH 69). Zu diesem Zeitpunkt zeigte sich erst eine leichte, tendenzielle Abnahme der Methanausbeute, des TM-Ertrags und folglich auch des Methanhektarertrags (Die weitere Entwicklung der Methanausbeute wurde hier nicht untersucht). Dies belegt, dass eine Ernte weit nach der Vollblüte nicht mit erniedrigten Energieerträgen einhergeht.

Alcea ficifolia war ebenfalls am 23. Juli fast verblüht (BBCH 69). Bei dieser Art fiel die Methanausbeute im ernterelevanten Zeitfenster zwischen Mitte Juli und Mitte August zwar stetig ab, lag jedoch allgemein auf einem vergleichsweise hohem Niveau (zwischen 310 und 250 NI/kg oTM). Ertragsmindernd wirkten sich bei später Ernte hier primär die abnehmenden TM-Erträge aus, die vermutlich durch den kontinuierlichen Verlust von mittlerweile trockenen Blättern bedingt sind.

Für einen Mischanbau der genannten Arten ergeben sich aus den Ergebnissen optimale Erntetermine zwischen Mitte Juli und Mitte August, bei dominierendem Beifuß (*Artemisia vulgaris*) oder *Alcea ficifolia* sowie bei extrem trockenen Witterungsbedingungen kann ein früher Ernteezeitpunkt (Mitte Juli) entscheidend für hohe Energieerträge sein..

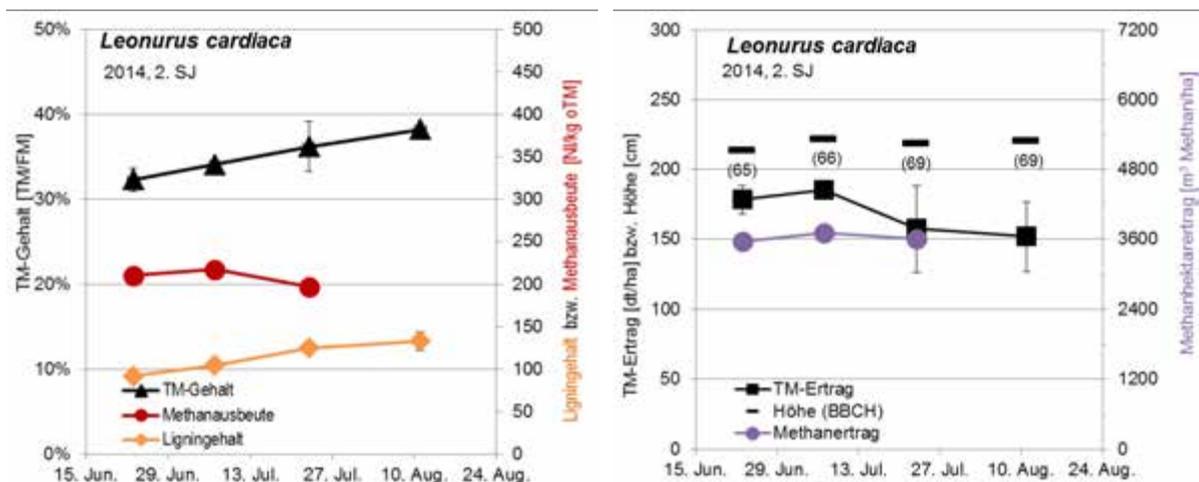


Abbildung 5.3.6: Ergebnis der Zeiternteveruche an *Leonurus cardiaca*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2013 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1; bei der Methanausbeute konnten aus Kostengründen nur Einzelbestimmungen zu den ersten drei Terminen durchgeführt werden).

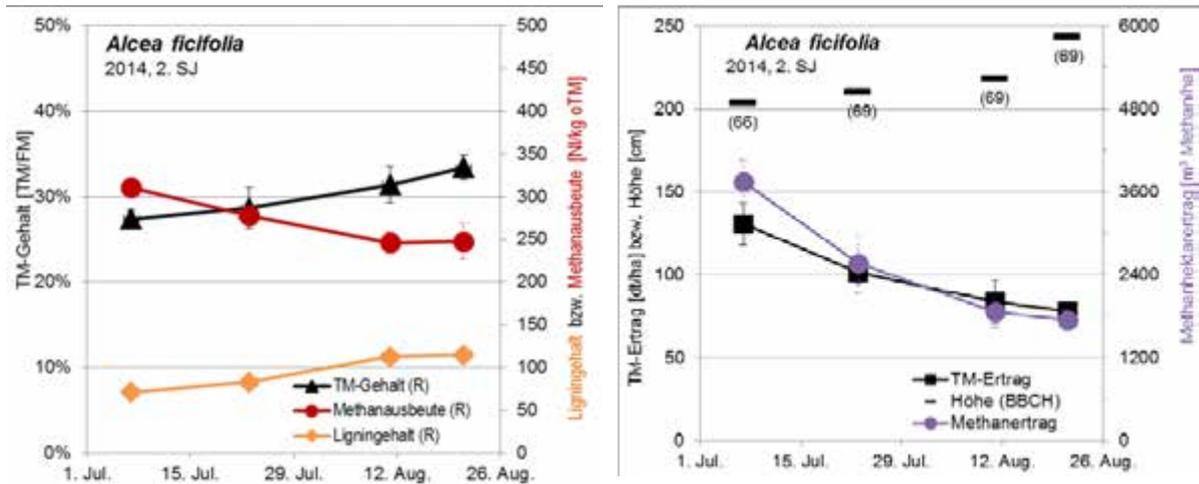


Abbildung 5.3.7: Ergebnis der Zeiternteveruche an *Alcea ficifolia*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2013 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

5.3.2 Präriearten

In Sichtungsvorversuchen mit gepflanzten Reinbeständen und ersten Tastversuchen mit gesäten Mischungen zeigten verschiedene Präriestaudenarten eine wesentlich langsamere phänologische Entwicklung als die in anderen Mischungen verwendeten heimischen Staudenarten mit Blütenbildung bis in den Spätherbst. Dadurch sind sie als spätsommerliche Tracht für viele blütenbesuchende Insekten wie auch der Honigbiene von besonders hohem Wert. Bei einem mit der Maiseernte synchronisierten Erntetermin bieten sie darüber hinaus entscheidende praxisrelevante Vorteile. Einige Arten waren wegen ihrer sehr hohen Zuwächse und späten Blüte besonders vielversprechend und konnten in ersten Versuchsansäen bereits in Direktsaat etabliert werden. Sie wurden zur näheren Prüfung in die Versuchsreihe mit aufgenommen. Die meisten Arten erreichten erst im dritten Standjahr ihr Ertragspotential und wurden daher erst im Jahr 2014 untersucht.



Bild 5.3.8: Versuchsfelder mit gepflanzten Rein-beständen wuchsstarker zwei- und mehrjähriger Arten bei Rethmar am 09.08.2013. Während die heimischen Stauden überwiegend bereits abgeblüht sind, befinden sich die Arten der Amerikanischen Prärie noch in einem frühen Blühstadium (vorne gelbblühend: *Helenium autumnale*)

Die Vollblüte der Präriearten wurde im Zeitraum zwischen 18. August und Anfang September (bei *Coreopsis tripteris*) erreicht und lag damit erwartungsgemäß weit hinter den heimischen Stauden, die zu diesem Zeitpunkt überwiegend bereits abgeblüht waren (Bild 5.3.8). Die Bestände der zweijährigen Art *Gaura longifolia* und bei *Vernonia gigantea* waren bis Oktober (2013 und 2014) immer noch blütenreich (BBCH von höchstens 69, Bild 5.3.9 und 5.3.10).



Bild 5.3.9 und 5.3.10: Gepflanzte Bestände der Staude *Vernonia gigantea* am 02.10.2014 (links) sowie der zweijährigen Art *Gaura longifolia* am 22.10.2013 (rechts).

Im Jahr 2013 lag das Ertragsniveau zwischen 147 und 190 dt/ha und damit bei fast allen untersuchten Arten höher als bei Silomais (153 dt/ha, Daten eines Nachbarversuchs, siehe Kapitel 2.3.1). Im Jahr 2014 wurden bei *Helenium autumnale* und *Coreopsis tripteris* über 200 dt/ha geerntet und bei *Solidago rigida* 180 dt/ha. *Vernonia gigantea* blieb aus unbekanntem Gründen auch in diesem Jahr ungewöhnlich niedrig im Wuchs und mit Erträgen von bis zu 140 dt/ha hinter den Erwartungen zurück. Der Vergleichswert für Silomais lag in diesem Jahr höher als bei den Präriestauden (240 dt/ha).



Reinbestände blühender Präriestauden bei Rethmar (BBCH von ca. 65 bis 66)

Bild 5.3.11: *Vernonia gigantea*
(16.9.14, BBCH 66)

Bild 5.3.12: *Helenium autumnale*
(13.8.13, BBCH 66)



Bild 5.3.13: *Solidago rigida*
(19.8.14 BBCH 65),

Bild 5.3.14: *Coreopsis tripteris*
(13.8.13, BBCH 64)

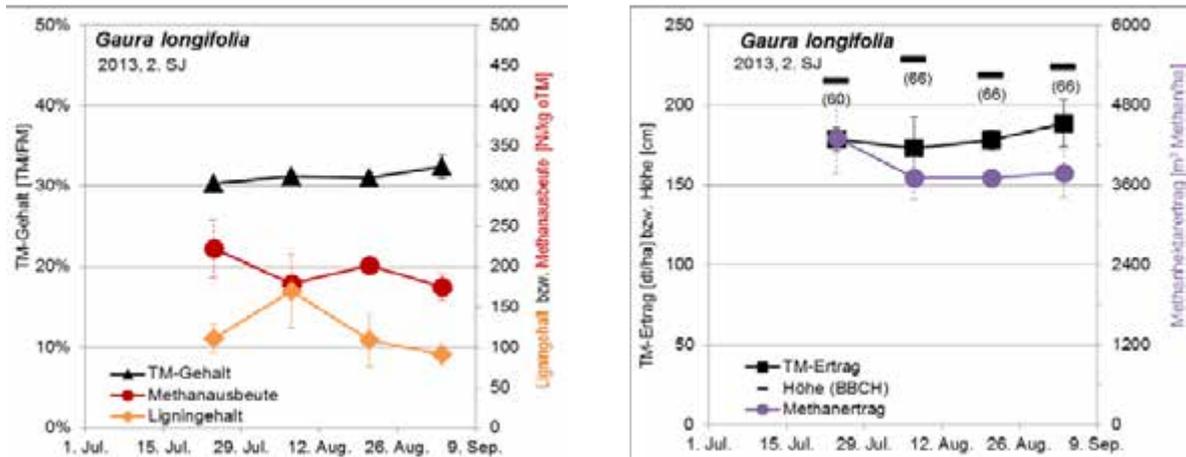


Abbildung 5.3.8: Ergebnis der Zeiternteveruche an der zweijährigen Prärieart *Gaura longifolia*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

Im Gegensatz zu einigen heimischen Stauden (Kapitel 5.3.1) blieb die Methanausbeute bei den untersuchten Präriestauden im ernterelevanten Zeitraum um die Vollblüte relativ konstant, wobei die Höchstwerte zwischen 200 und 250 NI/kg lagen. Bis Mitte September war bei keiner der betrachteten Präriestaudenarten ein Abfall der Methanausbeute oder reduzierte TM-Erträge festzustellen, bei einer Art (*Coreopsis tripteris*) waren bis dahin noch leichte Biomassezuwächse zu verzeichnen. Dies belegt, dass bei einer Ernte bis zu diesem Zeitpunkt, d. h. bis zum Blütenende der meisten Arten, noch keine erniedrigten Methanhektarerträge zu erwarten sind. Es ist daher auch davon auszugehen, dass eine Ernte Mitte September zum Ende der Blüperiode auch bei in Mischung angebaute Präriearten zu maximalen Ertragswerten führt.

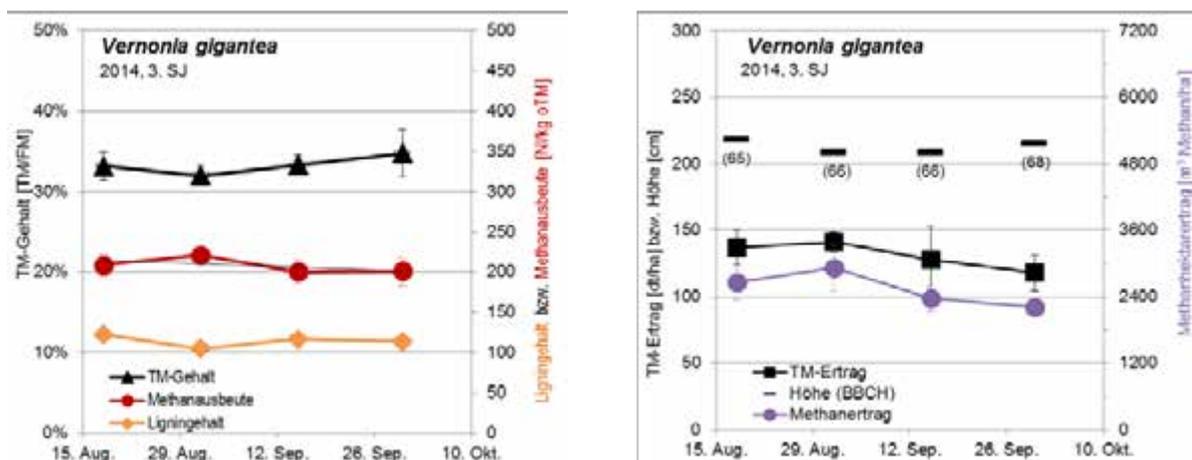


Abbildung 5.3.9: Ergebnis der Zeiternteveruche an *Vernonia gigantea*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

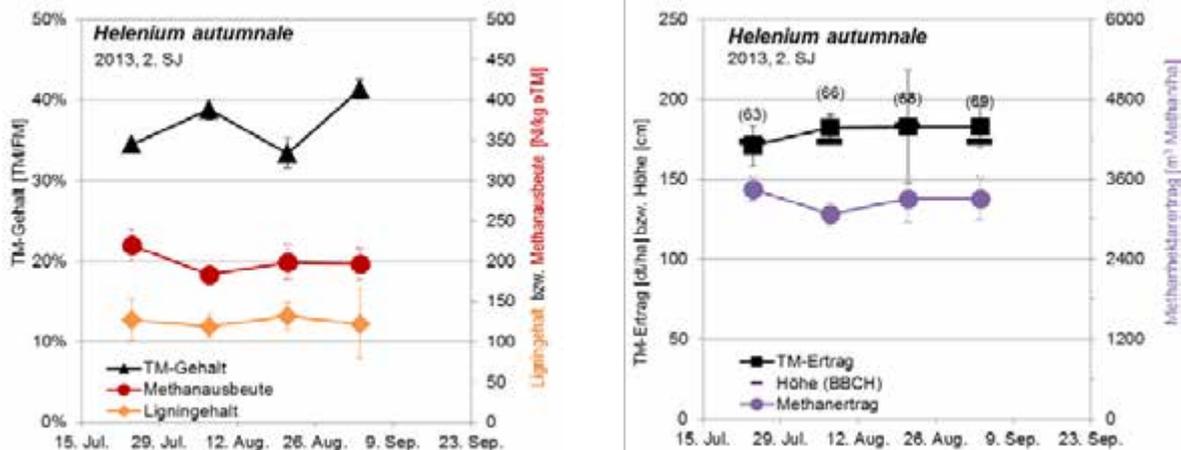


Abbildung 5.3.10: Ergebnis der Zeiterntversuche an *Helenium autumnale*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

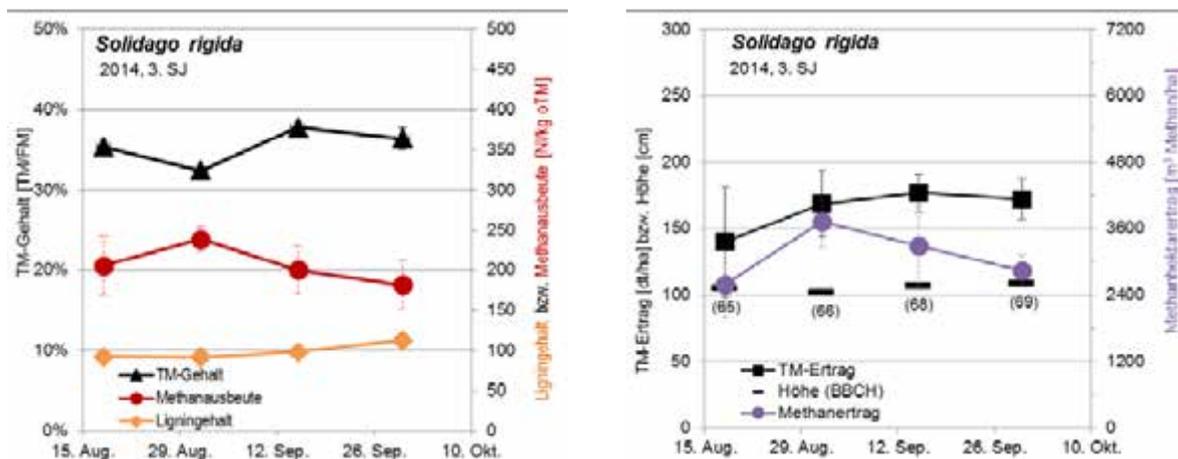


Abbildung 5.3.11: Ergebnis der Zeiterntversuche an *Solidago rigida*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

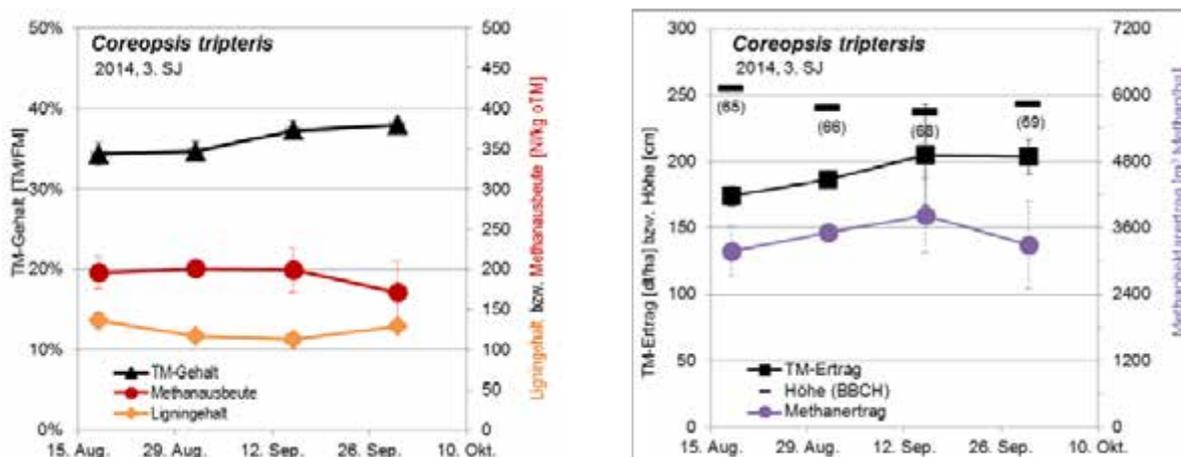


Abbildung 5.3.12: Ergebnis der Zeiterntversuche an *Coreopsis tripteris*. Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).

5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Dem Erntetermin kommt sowohl aus agronomischer Sicht (Ertragsmaximierung, Qualität des Biogassubstrats) als auch im Hinblick auf die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Blütenangebot, Habitatfunktion) große Bedeutung zu. Seine Festlegung ist jedoch bei Mischansaaten im Vergleich zu Reinkulturen erschwert, weil die Artzusammensetzung des Pflanzenbestands von vielfältigen Faktoren abhängig ist und daher eine differenzierte Betrachtung unter besonderer Berücksichtigung der jeweiligen Hauptertragsarten erforderlich ist. Zur Optimierung des Erntetermins wurden daher im relevanten Zeitfenster (während der Blüte bis Abschluss des Biomassezuwachses) engmaschige Zeiternten an Reinkulturen durchgeführt. Die Versuche mit 11 wichtiger Ertragsarten im Rahmen des Projekts entwickelter Mischungen (heimische Stauden, Kulturarten und Präriearten) umfassten Untersuchungen zum TM-Ertrag, TM-Gehalt, zur Methanausbeute sowie zum Entwicklungszustand der Blüten (BBCH-Wert).

Die Zeiternteveruche an den Standorten Rethmar und Phöben zeigten zwischen den Arten deutliche Unterschiede in phänologischer Entwicklung und im Verlauf wichtiger ertragsrelevanter Merkmale. Die Gruppe der heimischen Stauden und Kulturarten ließ sich dabei erwartungsgemäß deutlich von der Gruppe der Präriearten abgrenzen. Vor allem bei den heimischen Stauden ergaben sich häufig innerhalb kurzer Zeiträume (zwei Wochen) große Unterschiede im erzielbaren Methanhektarertrag, bei Präriestauden war die genaue Terminierung dagegen weniger entscheidend für den Energieertrag. Die Ergebnisse geben wertvolle Hinweise, wie in der Praxis anhand des Blüten-Entwicklungszustands der Hauptertragsarten auf den optimalen Erntetermin geschlossen und so der Energieertrag gesteigert werden kann.

Bei den heimischen Stauden- und Kulturarten wurde spätestens bis Ende Juli die Vollblüte erreicht, bei zwei Arten (*Leonurus cardiaca* und *Alcea ficifolia*) sogar wesentlich früher. Höhenwachstum und Biomassezuwächse waren zu dem Termin bereits abgeschlossen. Eine Ausnahme war der Beifuß (*Artemisia vulgaris*), der sich Ende Juli noch in einem frühen Blütenstadium (BBCH 61 bis 62) befand und bis Mitte August Biomassezuwächse verzeichnete. Für Transport- und Silierung geeignete TM-Gehalte lagen bei allen betrachteten Arten spätestens bis Mitte Juli vor.

Die Methanausbeute nahm bei den meisten Arten im ernterelevanten Zeitraum mehr oder weniger deutlich ab. Ein besonders starker und früher Abfall (ab Mitte Juli) wurden im Jahr 2013 bei *Artemisia vulgaris* und *Centaurea nigra* und – zum Teil reversibel - auch bei *Tanacetum vulgare* festgestellt. Der auffällig schnelle Abfall ist im Zusammenhang mit den extrem trockenen Wuchsbedingungen des Untersuchungsjahres (2013) zu sehen. Bei den im Jahr 2014 untersuchten Arten blieb die Methanausbeute bis Mitte August (*Tanacetum vulgare*) oder sogar bis Ende August (*Inula helenium*, *Althaea officinalis*) stabil. Allein bei der Stockrose (*Alcea ficifolia*) war 2014 ein frühzeitiger, stetiger Abfall (ab Anfang Juli) der zunächst sehr hohen Methanausbeute festzustellen, daneben erniedrigten fortgesetzte Biomasseverluste die Energieerträge kontinuierlich.

Für einen Mischanbau der genannten Arten ergeben sich aus den Ergebnissen optimale Erntetermine zwischen Mitte Juli und Mitte August, bei dominierendem Beifuß (*Artemisia vulgaris*) oder *Alcea ficifolia* sowie bei extrem trockenen Witterungsbedingungen kann ein früher Ernteezeitpunkt (Mitte Juli) entscheidend für hohe Energieerträge sein. Bei den meisten Arten war eine Ernte bei oder kurz nach der Vollblüte günstig, bei *Artemisia vulgaris* wird jedoch bereits bei Blühbeginn (BBCH 61 bis 62) und bei *Leonurus cardiaca* und *Alcea ficifolia* erst bei abgehender Blüte (BBCH 69) geerntet. Bei *Inula helenium* und *Althaea officinalis* waren die Energieerträge bis Mitte August relativ konstant, so dass der genauen Festlegung des Erntetermin bei diesen beiden Arten geringere Bedeutung zukommt.

Bei den Präriearten wurde die Vollblüte wesentlich später, nämlich zwischen Mitte August und Anfang September, erreicht. Alle betrachteten Arten blühten noch bis Mitte September, zwei Arten (*Gaura longifolia* und *Vernonia gigantea*) sogar bis in den Oktober hinein.

Die Methanausbeute blieb bei den betrachteten Präriearten von Mitte August bis Mitte September relativ konstant. Ab Mitte August waren die Biomassezuwächse gering, allein bei *Coreopsis tripteris* setzten sie sich noch bis Mitte September fort. Aufgrund dessen sind die höchsten Methanhektarerträge voraussichtlich bei einer Ernte zwischen Mitte August (meist Vollblüte) und Mitte September (zum Ende der Blühperiode) zu erwarten, bei *Coreopsis tripteris* sollte für maximale Erträge erst Mitte September geerntet werden. Der späte Erntetermin bietet praxisrelevante Vorteile, weil so zeitgleich mit frühen Silomaisarten geerntet werden kann, so dass

zusätzliche Ernteeinsätze vermieden werden können. Ein später Erntetermin zum Ende der Blühperiode ist jedoch auch aus ökologischen Gründen von Vorteil. So werden Eingriffe während der Brut- und Aufzuchtzeiten vermieden und über einen sehr langen Zeitraum von Ende Juli bis in den Herbst Blüten bereitgestellt, die Bienen und anderen Blütenbesuchern als Nahrungsquelle dienen.

6. Modellhafte Umsetzung in Praxisversuchen

Bisherige Ergebnisse und Empfehlungen zur Kulturführung und Verwertung basieren überwiegend auf Parzellenversuchen und Untersuchungen im Labormaßstab. Um das Anbausystem in den Produktionsprozess von Biogasanlagen zu integrieren, ist eine Zusammenarbeit mit Praxisbetrieben mit regionaltypischer Ausstattung notwendig. Dabei sollen alle wesentlichen Produktionsschritte wie Aussaat, Ernte, Logistik, Silierfähigkeit und die energetische Verwertung berücksichtigt werden.

Im Jahr 2012 wurden bundesweit bereits 670 ha der Biogas-Praxismischung mit heimischen Wildpflanzen angesät. Seit 2013 bieten Saaten Zeller und sein Vertriebspartner Feldsaaten Freudenberg die Praxismischung in zwei Varianten an, nämlich als BG 70 und BG 90 (letztere ohne einjährige Arten, gedacht als Untersaat unter Deckfrüchte wie Mais oder Sommergerste, die mit reduzierter Saatstärke ausgebracht werden). Diese Mischungen werden zum Preis von rund 380 €/ha verkauft. 2013 kamen nun insgesamt weitere 410 ha hinzu, davon 250 ha BG 70 und 160 ha BG 90. Sie wurden schwerpunktmäßig in Brandenburg und Sachsen-Anhalt ausgesät. 2014 kamen bundesweit rund 350 ha hinzu. Insgesamt stehen zum Ende der Projektlaufzeit in Deutschland rund 1.500 ha Wildpflanzenmischungen für die Biogasproduktion.



Bild 6.1: Praxisflächen bei Aiterhofen im zweiten Standjahr (Bilder vom 18.07.2012)

Im Frühjahr 2014 wurde durch die LWG Saatgut für 10 ha einer überarbeiteten Wildpflanzenmischung (vgl. Kapitel 3) bereitgestellt und bei Praxislandwirten im Raum Lüchow-Danneberg und bei Würzburg sowie auf Versuchsgütern der LfL ausgesät.

Als neue Arten wurden u.a. Stockrose, Fenchel, Klette, Herzgespann, Wegwarte und Muskatellersalbei für das mehrjährige Modul verwendet. Im einjährigen Deckfruchtmodul kamen zur Sonnenblume Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*), Schmuckkorbchen (*Cosmea bipinnata*) und Amaranth (*Amaranthus cruentus*) zum Einsatz.

Im gleichen Zeitraum und als Ergebnis der bisherigen Parzellen- und Einzelpflanzensichtungsversuche wurde 2014, in Zusammenarbeit mit einem Biogasbetrieb in Hilpertshausen (Lkr. Würzburg), auf 2 ha Fläche die gleiche Mischung mit der Ergänzung der Deckfrucht durch Hanf ausgesät.



Bild 6.2: Ernte der Deckfrucht mit GPS-Vorsatz (20.09.2014, Hilpertshausen; Bildautor: Zimmermann)

Diese beiden Praxisansätze zeigten, dass sich durch die Zumischung von Hanf der Ertrag im ersten Jahr wesentlich erhöhen lässt, ohne dass die Etablierung der in den späteren Jahren ertragsbildenden Stauden beeinträchtigt wird. Auf der Praxisfläche in Hilpertshausen konnten auf diese Weise im ersten Jahr bis zu 130 dt/ha geerntet werden. Dies entspricht in etwa doppelt so hohen Erträgen wie in den letzten Jahren mit der vorher verwendeten Praxismischung erzielt wurden. Der Aufwuchs des ersten Jahres wird zeitgleich mit der Maisernte durchgeführt. In den Folgejahren liegt der Erntezeitpunkt Ende Juli.

Der Ernteerfolg des ersten Standjahres und der positive Einfluss der Deckfrucht auf die Etablierungsrate der mehrjährigen Arten bis zum Herbst 2014 war Anlass, in Zusammenarbeit mit dem Fachverband Biogas, Regionalgruppe Mittelfranken eine Kampagne zu starten. Unter dem Motto: „Biogas bietet Lebensräume“ wurden freiwillig 50-70 ha WPM angelegt, um Tierwelt in der Agrarlandschaft zu fördern. Durch diese Aktion möchte der Fachverband Biogas die fehlende Anerkennung der mehrjährigen Biogas-Wildpflanzenmischungen im Rahmen des Greenings einfordern.

Um die dafür benötigte Saatgutmenge von 1 t Hanf-Mischung gewährleisten zu können, musste die Kooperation auf weitere Saatgutfirmen erweitert werden. Damit beteiligen sich inzwischen Züchter von Kulturpflanzen und weitere Erzeuger von Wildpflanzen an dem Projekt.

Weiterhin wurde der Versuchsansatz der Ertragsoptimierung mit Stauden der nordamerikanischen Hochstaudenprairie in den Praxisanbau überführt. Im Herbst 2014 wurde eine Fläche von 5.000 m² des Praxisbetriebes in Hilpertshausen mit einer Hochstaudenmischung angesät. Der Vorteil dieser Mischung liegt, neben erwarteten Höchsterträgen, im gemeinsamen Erntetermin mit Mais während der gesamten Standzeit, die (ähnlich wie bei der Durchwachsenen Silphie in Reinkultur) voraussichtlich 10 Jahre und mehr betragen kann.



Bild 6.3: Praxisfläche bei Hilpertshausen mit beigemischten Faserhanf in der Deckfrucht (19.08. 2014).

Die Praxisflächen sollen auch als Demonstrationsobjekte dienen, um Landwirten und Jägern, Betreibern von Biogasanlagen und Naturschützern das Projekt zu veranschaulichen. Um die weitere Verbreitung der Wildpflanzenmischungen und die praktische Beratung der Landwirte kümmert sich auch das „Netzwerk Lebensraum Feldflur“ (siehe www.lebensraum-brache.de), mit dem die LWG im Austausch steht.

Durch die Zusammenarbeit mit dem über die FNR geförderten Projekt „Upscaling neue Energiepflanzen“ der Universität Osnabrück (01.10.2011 bis 31.01.2015) sind wertvolle Synergieeffekte zu erzielen. Aus diesem Grund konnte auf eine Neuansaat von Praxisflächen in den betreffenden Regionen verzichtet werden.

7. Begleituntersuchungen

7.1 Bodenuntersuchungen (Dr. Manfred Klemisch, LWG)

7.1.1 Zielsetzung

Auf Flächen mit mehrjährig stehenden Kulturen, welche ohne mechanische Bodenbearbeitung auskommen, wird die Mineralisierung der organischen Substanz deutlich reduziert. Die fehlende Nivellierung durch das Pflügen bewirkt ein verändertes Tiefenprofil der Humusgehalte im Boden. Im Vergleich zu Fruchtfolgen mit hohen Maisanteilen ist somit eine andere Entwicklung der Humusqualität sowie auch des Humusgehalts zu erwarten (durch Bodenbearbeitung, Streu, Ernterückstände, ganzjährige Bodenbedeckung u.a.).

Zur Klärung der beschriebenen Hypothese erfolgte eine Zusammenarbeit mit der Universität Osnabrück - Institut für Geographie (Frau Prof. Dr. Gabriele Broll, Herr Dr. Hans-Jörg Brauckmann) im Rahmen des FNR-Projektes „Optimierte Energiepflanzen-Anbausysteme zur nachhaltigen Biogasproduktion - Upscaling der FuE-Ergebnisse zu neuen Kulturen und deren Implementierung“. Auf den Versuchsstandorten Kyritz und Fürstenhagen (Brandenburg) konnte die Entwicklung der Humus- und Nährstoffgehalte unter der mehrjährigen Wildpflanzenmischung im Vergleich zu herkömmlichem Maisanbau verfolgt werden.

7.1.2 Methoden

An beiden Standorten des o.g. Projekts war von den verantwortlichen Versuchsanstellern eine Streifenanlage mit jeweils vier Wiederholungen angelegt worden. Die Größe der Versuchspartellen betrug 5 ha. Innerhalb der Wiederholungen waren die folgenden Energiepflanzen-Sortimente geprüft worden:

- Mais (MA)
- Sommergerste/Kleegrass (SoG/KG)
- Durchwachsene Silphie (SI)
- LWG-Wildpflanzenmischung (WPM)
- LWG-Wildpflanzenmischung als Untersaat in Mais (WuM)

Die Varianten Mais und Sommergerste/Kleegras dienen im Projekt der Universität Osnabrück als konventionelle Referenz gegenüber den zu prüfenden Varianten der Durchwachsenen Silphie sowie der Wildpflanzenmischung der LWG. Aufgrund von Erfahrungen mit Problemen der LWG-Wildpflanzenmischung bei der Etablierung der einjährigen Arten im ersten Wuchsjahr wurde zusätzlich eine Variante mitgeführt, bei der die mehrjährigen Arten als Untersaat in den Mais gesät worden waren.



Abbildung 7.1.1: Anordnung der Parzellenversuche der Standorte „Fürstenhagen“ (links) und „Kyritz“ (rechts) des FNR-Projektes „Optimierte Energiepflanzen-Anbausysteme zur nachhaltigen Biogasproduktion - Upscaling der FuE-Ergebnisse zu neuen Kulturen und deren Implementierung“ (Bilder: Dr. Brauckmann, Universität Osnabrück)

Jährlich im Herbst nach der Beerntung aller Varianten und vor dem Umbruch der Flächen wurden Bodenproben entnommen. Angesichts der Größe der einzelnen Versuchspartellen wurde besonderes Augenmerk auf die Reproduzierbarkeit der ermittelten Bodendaten gelegt. Der erwartete, hohe Einfluss der räumlichen Variabilität der betrachteten Bodeneigenschaften auf die Aussagekraft der ermittelten Bodenuntersuchungsdaten wurde durch GPS-gestützte Entnahme der Bodenproben kontrolliert.

Bei der ersten Bodenprobenziehung im Jahr 2012 wurden die GPS-Koordinaten der Entnahmestellen erfasst. In den Folgejahren wurde die Ziehung an denselben Stellen

wiederholt. Im Wesentlichen erfolgte die Probenahme als Transekt der einzelnen Versuchspartzen mit 20 Einstichen je Mischprobe entlang der Schmalseiten der Partzen mit einem Abstand von ca. 80m zum Feldrand. Die Bodenproben wurden im Labor des Fachzentrums Analytik an der LWG Veitshöchheim analysiert. Dabei wurden die folgenden Parameter ermittelt (Untersuchungsmethoden gemäß Methodenbuch, Band I, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, VDLUFA):

- Mineralischer Stickstoff, N_{\min} (VDLUFA, A 6.1.4.1)
- pH-Wert (VDLUFA, A 5.1.1)
- Phosphor, Kalium im CAL-Auszug (VDLUFA, A 6.2.1.1)
- Humus (VDLUFA, A 4.1.3.2)
- Gesamt-Stickstoff N_t (VDLUFA, A 2.2.5)
- Organisch gebundener Stickstoff, heißwasserlöslich, N_{hwl} (VDLUFA, A 6.1.7.1)

7.1.3 Ergebnisse

Im dreijährigen Mittel erbrachten die N_{\min} -Untersuchungen deutliche Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten. Auf den Maispartzen waren in 0 – 60cm Tiefe nach der Ernte durchschnittlich 49 kg N/ha (Fürstehagen) bzw. 58 kg N/ha (Kyriz) vorzufinden. Auf den Wildpflanzenpartzen lagen die N_{\min} -Gehalte in derselben Tiefenzone mit 29 kg N/ha (Fürstehagen) bzw. 28 kg N/ha (Kyriz) deutlich niedriger.

Die Ursache dafür liegt sehr wahrscheinlich vor allem in dem erhöhten N-Input zu Mais. Zum eindeutigen Abgleich der vorgefundenen Bodenuntersuchungswerte wären Bewirtschaftungsdaten der untersuchten Standorte notwendig (z.B. Erntemengen, Nährstoffbilanzen, Düngeraufwand). Leider wurden bis zum Abschluss der Auswertungen sowohl vom Betrieb als auch vom Projektpartner keine konkreten Bewirtschaftungsdaten zu den beiden Standorten bereitgestellt.

Gleichwohl sind der unterschiedlich hohe N-Input sowie die daraus resultierenden unterschiedlichen N_{\min} -Gehalte nach der Ernte ein wesentliches Kriterium bei der Bewertung der Anbauverfahren. Die im Vergleich zum Mais niedrigeren Rest- N_{\min} -

Gehalte nach der Ernte sind unter anderem im geringeren N-Input auf den Wildpflanzen-Parzellen begründet. Da das Anbauverfahren auf den beobachteten Versuchsstandorten als praxisnah zu sehen ist, kann durchaus gefolgert werden, dass eine derartige Bestandesführung sehr sicher zu reduzierten Rest-N_{min}-Mengen im Boden führt.

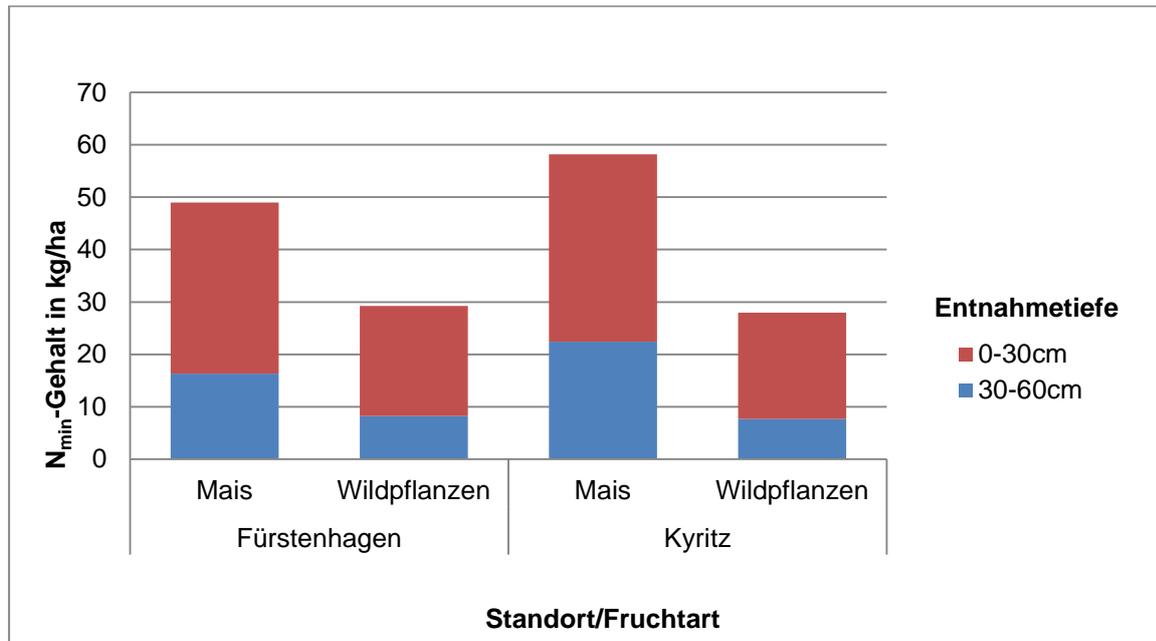


Abbildung 7.1.2: Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden nach der Ernte, Mittel aus 2012 – 2014

Bei den Humusgehalten wurden im Herbst 2014 an beiden Standorten erwartungsgemäß Werte gefunden, die in der absoluten Höhe sehr ähnlich den Vorjahreswerten waren. Dabei wurden keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Energiepflanzen-Varianten festgestellt. Ebenso wenig war eine Tendenz zur Veränderung der gemessenen Humusgehalte während der Beobachtungsphase festzustellen. Insgesamt bewegten sich die Messwerte für die verschiedenen Varianten, Standorte und Jahre im Bereich zwischen 1,3 % und 2,1 % Humus. Demgegenüber bestätigte sich die Beobachtung, dass die Humusgehalte in der Beprobungstiefe 0-10cm gegenüber 10-30cm in Fürstenhagen einen deutlichen Abfall aufwiesen – im Gegensatz zu Kyritz (Abbildung 7.1.3). Dies ist sehr wahrscheinlich eine Folge der langjährigen nichtwendenden Bodenbearbeitung und damit einhergehenden Entmischung der organischen Substanz im Boden, welche vorwiegend aus Ernterückständen und organischen Düngern aufgefüllt wird.

Im Rahmen der dreijährigen Laufzeit der Untersuchungen konnte eine Veränderung der gemessenen Bodenparameter als Konsequenz unterschiedlicher Energiepflanzensortimente nicht nachgewiesen werden. Im Wesentlichen ist dafür der für derartige Interpretationen kurze Zeitraum verantwortlich. Die Ableitung einer Reaktion der beobachteten Bodeneigenschaften aus der Flächenbewirtschaftung mit bestimmten Energiepflanzensortimenten ist – wenn überhaupt - erst anhand langjähriger Vergleiche möglich. Insofern waren die beschriebenen Untersuchungen von vorne herein als begleitende Dokumentation von Bodendaten konzipiert, deren Interpretation vor allem auf eine mögliche Langzeitbetrachtung der projektierten Versuchsstandorte relevant würde. Gleichwohl werden die ermittelten Bodendaten in Abbildung 7.1.3 dargestellt. Die Werte entsprechen jeweils dem Mittelwert über vier Wiederholungen der Kombination Variante x Standort.

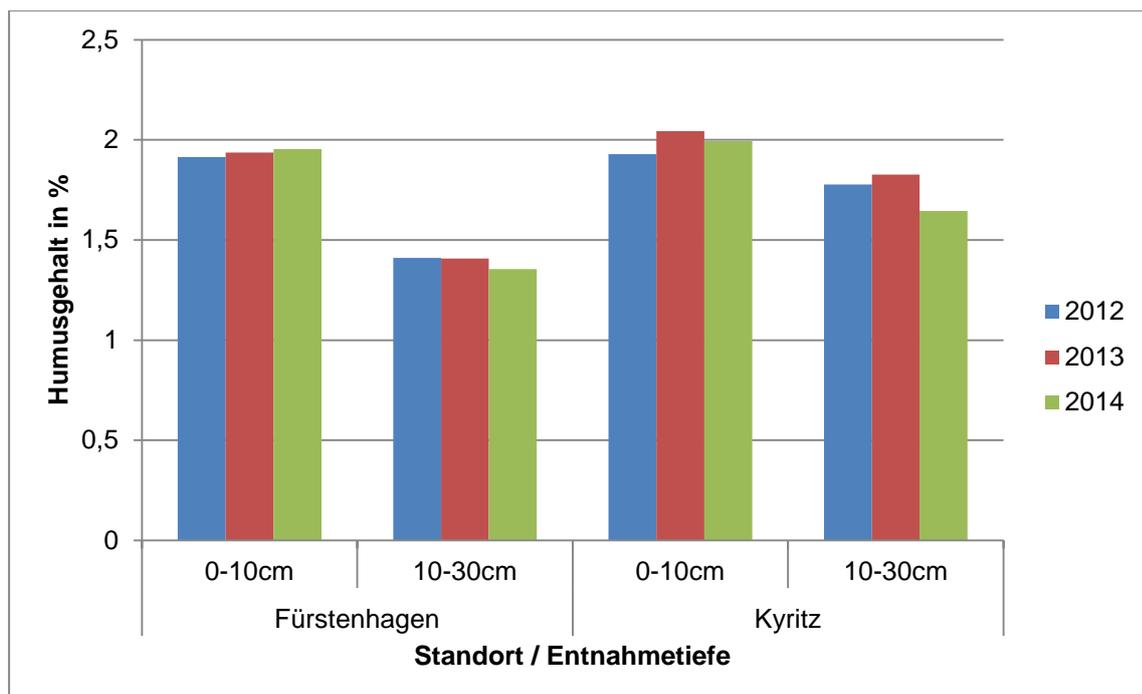


Abbildung 7.1.3: Humusgehalt der Standorte nach Jahrgang und Entnahmetiefe

Tabelle 7.1.1: pH-Werte der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz

Standort	Fürstehagen					Kyritz				
	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM
2012	6,2	5,9	6,2	6,0	6,3	5,5	5,4	5,4	5,3	5,6
2013	6,4	6,3	6,1	6,2	6,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8
2014	6,3	6,3	6,1	6,2	6,5	5,6	5,7	5,6	5,7	5,7
Mittel	6,3	6,1	6,1	6,1	6,4	5,6	5,6	5,6	5,6	5,7

Tabelle 7.1.2: P₂O₅ Gehalt in mg/100g der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz

Standort	Fürstehagen					Kyritz				
	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM
2012	21	27	24	22	17	31	29	26	28	29
2013	23	28	22	22	16	31	29	26	29	27
2014	16	26	22	17	15	23	28	27	23	28
Mittel	19	27	23	20	16	27	29	26	26	28

Tabelle 7.1.3: K₂O-Gehalte in mg/100g der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz

Standort	Fürstehagen					Kyritz				
	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM
2012	15	19	14	14	13	13	13	12	13	14
2013	19	23	16	20	18	12	16	13	13	14
2014	13	27	21	15	19	9	20	19	12	19
Mittel	15	23	17	16	17	11	16	14	12	16

Die Weiterführung der Messungen würde der Absicherung der bisher gewonnenen Daten bzw. der Dokumentation gegebenenfalls auftretender Trends in der stofflichen Zusammensetzung der Böden als Folge der speziellen Bewirtschaftung dienen. Voraussetzung hierfür ist die Fortführung der Parzellenversuche der Universität Osnabrück auf den Standorten Fürstehagen und Kyritz. Andernfalls sind die vorliegenden Bodenuntersuchungsergebnisse eine solide, ergänzende Informationsbasis zu den weiteren Ergebnissen des hier beschriebenen Projekts.

Tabelle 7.1.4: Humusgehalte in % 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstenhagen und Kyritz

Standort	Fürstenhagen					Kyritz					
	Kultur	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM
2012		1,6	1,8	1,6	1,6	1,7	2,0	2,0	1,8	1,8	1,7
2013		1,7	1,8	1,5	1,8	1,6	2,1	2,0	1,8	1,9	1,8
2014		1,3	1,8	1,6	1,3	1,7	1,5	1,9	1,9	1,4	1,7
Mittel		1,5	1,8	1,6	1,5	1,7	1,8	2,0	1,8	1,7	1,7

Tabelle 7.1.5: N_t-Gehalte in % der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstenhagen und Kyritz

Standort	Fürstenhagen					Kyritz					
	Kultur	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM
2012		0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,06	0,07	0,06
2013		0,07	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06
2014		0,05	0,07	0,06	0,05	0,07	0,07	0,09	0,09	0,06	0,08
Mittel		0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06

Tabelle 7.1.6: N_{hwl}-Gehalte in % der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstenhagen und Kyritz

Standort	Fürstenhagen					Kyritz					
	Kultur	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM	Mais	SoG/KG	Silphie	WPM	WuM
2012											
2013		5,5	6,9	5,5	6,3	5,0	7,9	7,5	6,6	7,2	6,5
2014		3,8	7,0	5,5	4,2	4,5	6,2	9,3	8,4	5,9	7,8
Mittel		4,5	6,9	5,5	5,0	4,8	6,9	8,4	7,5	6,4	7,2

7.2 Habitatnutzung durch Vögel (Dr. Krista Dziewiaty)

7.2.1 Hintergrund

Für die Vögel der Agrarlandschaft lassen die Wildpflanzenmischungen (WPM) besonders positive Auswirkungen erwarten, da ab dem zweiten Standjahr während der gesamten Brutzeit keine Bearbeitung auf den Flächen stattfindet. Zwar ist eine Düngung der Pflanzen für gute Ernteerträge erforderlich, aber es findet keinerlei Bodenbearbeitung oder Pflanzenschutz statt, sobald sich der Bestand im ersten Anbaujahr etabliert hat. Nach der Ernte bleiben die Flächen unbearbeitet und bieten den Vögeln auch im Winter Deckung, Schutz und Nahrung.

7.2.2 Untersuchungsflächen

Im Auftrag der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau wurden auf insgesamt 40 Hektar mit WPM bestellter Fläche bei Vehlow/Kyritz (Amt Gumtow in Brandenburg) Brutvögel und Nahrungsgäste kartiert. Der Anbauversuch wird im Rahmen eines ebenfalls vom BMELV über die FNR geförderten Projektes „Optimierte Energiepflanzen-Anbausysteme zur nachhaltigen Biogasproduktion - Upscaling der FuE-Ergebnisse zu neuen Kulturen und deren Implementierung“ von der Universität Osnabrück durchgeführt. Die Versuche werden als „Energy-on-Farm-Research“ - Projekt beschrieben, in dem die Ruhe Agrar GmbH und die Universität Osnabrück auf insgesamt 400 Hektar neue Energiepflanzen wie die Durchwachsene Silphie, Ungarisches Energiegras (Szarvasi) und WPM testen.

In den Biogasanlagen der Ruhe Agrar werden die geernteten Pflanzen vergoren und die Biogaserträge ermittelt. Die Ruhe Agrar GmbH bewirtschaftet an vier Standorten ca. 5.600 ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Auf jedem Standort wird eine Biogasanlage mit je fünf BHKW (526 kW_{el}) betrieben.

Auf jedem der vier Betriebe wurde ein Versuchsfeld von ca. 100 ha Größe eingerichtet. Jede der vier Versuchsflächen wurde in Streifen mit einer Breite von drei Bearbeitungsbreiten (Fahrspuren) je 36 m, also 108 m und mindestens 500 m Länge untergliedert. Auf den 20 Streifen mit einer Fläche von mindestens je 5 ha sollen fünf Kulturen mit vier Wiederholungen getestet werden. Damit ist jede zu testende Kultur mit mindestens 20 ha je Betrieb vertreten.

Diese Flächengröße wurde ausgewählt, um einerseits belastbare Daten zum Anbau zu gewinnen, andererseits kann so sichergestellt werden, dass genügend Biomasse zur Silierung und zur Bestimmung des Gasertrages geerntet werden kann. Dabei dienen Mais und eine Fruchtfolge des EVA Projektes, deren Auswahl in Abstimmung mit dem ZALF und der TLL erfolgt, als Referenzen.

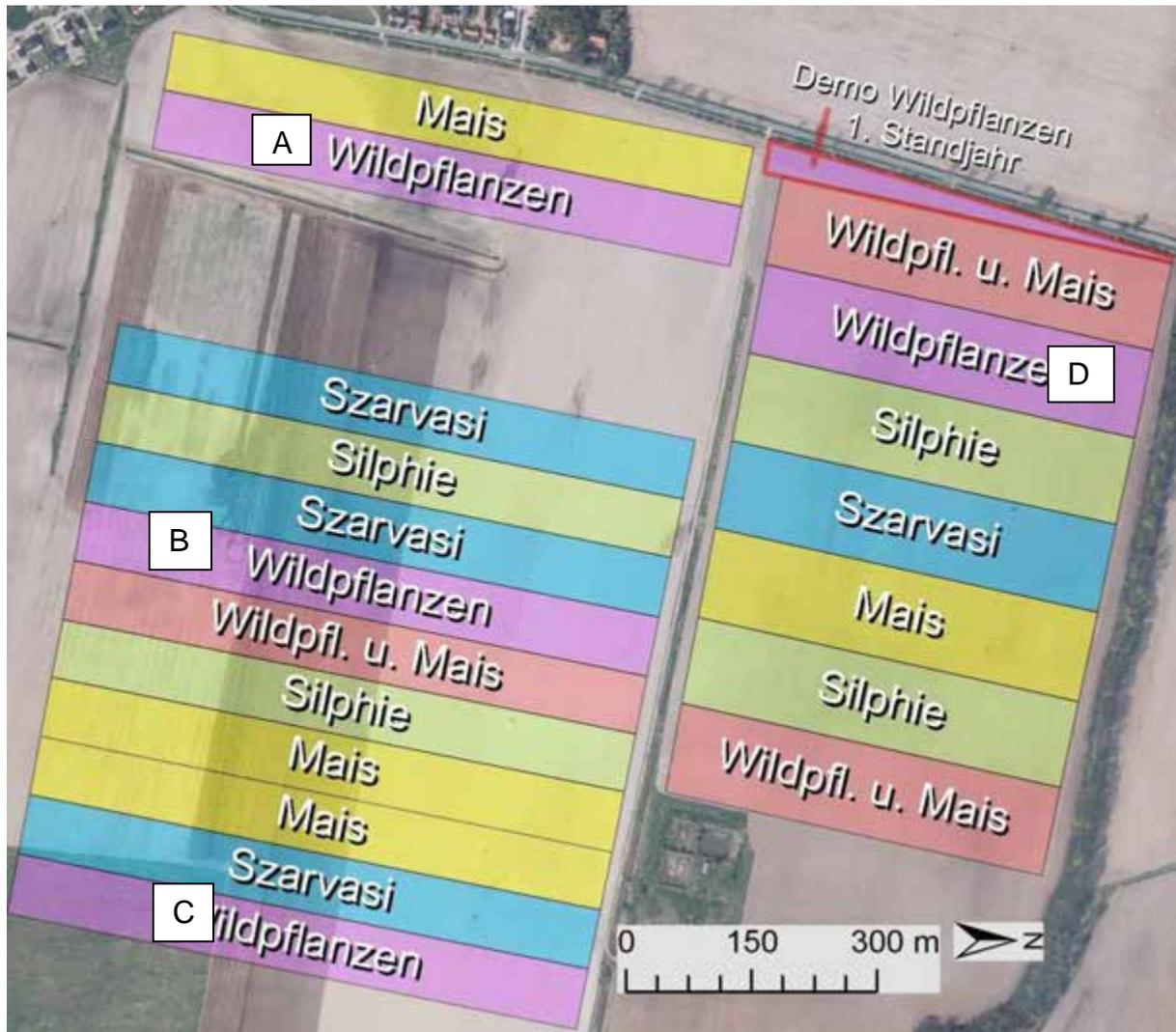


Abbildung 7.2.1: Übersicht über die Kulturen in Vehlow/Kyritz 2014. Untersucht wurden die Wildpflanzen A-D. Quelle: Dr. H.-J. Brauckmann.

Auf dem Betrieb in Vehlow/Kyritz wurden folgende Varianten jeweils auf vier mal fünf Hektar angebaut:

- Wildpflanzen für Biogas, Aussaat Frühjahr 2012, 2014 im 3. Standjahr
- Wildpflanzen für Biogas als Untersaat im Mais 2012, dann 2013 und 2014 reine Wildpflanzenmischung
- Durchwachsene Silphie
- Mais
- Szarvasigras

Untersucht wurden jeweils die vier Flächen mit der Wildpflanzenmischung BG 70 die im Frühjahr 2012 ausgedrillt wurden (Abbildung 7.2.1). 2014 war das 3. Standjahr der Wildpflanzen.

7.2.3 Kartierung Brutvögel und Nahrungsgäste

Die Kartierung erfolgte in Form einer Revierkartierung, wobei die Flächen mit den Wildpflanzen jeweils abgegangen wurden. Es wurden alle Vogelarten erfasst, die sich direkt auf der Fläche, angrenzend auf der Nachbarfläche oder auch Nahrung suchend in der Luft befanden. Die Erfassung erfolgte durch Verhören und Sichtbeobachtung. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte für die einzelnen Arten zahlenmäßig getrennt nach Brutrevieren und Nahrungsgästen.

Mit der Kartierung wurde Anfang bis Mitte April begonnen, es wurden 2013 und 2014 insgesamt sechs Begehungen durchgeführt. Bei der ersten von 4 Begehungen 2012 (5.6.2012) waren die WPM erst ganz frisch eingesät, so dass die frisch bearbeiteten Flächen völlig vegetationsfrei waren. Die Tagesbegehungen wurden möglichst in den frühen Morgenstunden bei geeigneter Witterung an folgenden Tagen durchgeführt:

- 5. Juni, 21. Juli, 6. August, 28. August (2012)
- 12. April, 4. Mai, 15. Mai, 30. Mai, 17. Juni, 5. Juli (2013)
- 6. April, 29. April, 12. Mai, 30. Mai, 21. Juni, 9. Juli (2014)

7.2.4 Wetterverhältnisse

2012: Nach einem frostreichen, niederschlagsarmen Winter war auch das Frühjahr 2012 wieder sehr trocken. Im gesamten März fielen lediglich 8 mm Niederschlag, im April 44 mm und bis Ende Mai lediglich 16 mm. Erst am letzten Maitag gab es stärkere Niederschläge in Höhe von 26 mm. Nach Aufzeichnungen der Avifaunistischen Arbeitsgemeinschaft Lüchow- Dannenberg war der März 2012 der trockenste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen!

2013: Durch den außergewöhnlich lange andauernden Spätwinter mit einem schneereichen ersten Aprildrittel und regelmäßigen Nachtfrösten begannen die Vögel 2013 erst verzögert mit der Revierbesetzung. Erst nach Beendigung des Dauerfrostes begann auch die Vegetationsentwicklung, entsprechende Verzögerungen waren auch bei der Entwicklung von Insekten zu beobachten. Nach einer Trockenphase im April folgte dann ein sehr nasser Mai.

2014: Der Winter 2013/2014 war ausgesprochen mild und niederschlagsarm und im März 2014 wurden bereits Tageshöchsttemperaturen bis zu 20 Grad gemessen. Der Blattaustrieb und die Vegetationsentwicklung waren gegenüber dem langjährigen Mittel ca. 2 Wochen verfrüht. Die Vögel haben in etwa auch 2 Wochen früher als nach dem kalten März 2013 mit der Brut begonnen. Der März war 2014 ausgesprochen trocken, und auch im April gab es Mitte des Monats nur geringe Niederschläge. Ein Starkregenereignis mit 60 mm gab es dagegen am 11. Juni.

7.2.5 Ergebnisse

Insgesamt wurden 2014 auf den 40 ha mit WPM bestellter Fläche wie im Vorjahr 27 verschiedene Vogelarten ermittelt, die die Wildpflanzen als Bruthabitat oder zur Nahrungssuche nutzten (Tabelle 7.2.1). 2012 waren es erst 15 Arten. Davon stehen 14 Arten auf der Roten Liste (RL) Brandenburgs oder Deutschlands (2013: 13 Arten und 2012 7 Arten). 13 verschiedene Arten nutzen die Wildpflanzen bzw. die jeweils direkt angrenzende Nachbarfläche als Bruthabitat (2013: 12 Arten und 2012 6 Arten), wovon 6 Arten (2013: 7 Arten) in den RL geführt werden. 14 Vogelarten wurden 2014 als Nahrungsgast ermittelt, hiervon werden 5 Arten in den RL geführt.

Die **Feldlerche** ist im 3. Untersuchungsjahr 2014 mit 32 Revieren der mit Abstand häufigste Brutvogel in den Wildpflanzen (Tabelle 7.2.2). Im Vergleich zu den Vorjahren hat die Anzahl an Revieren nochmal zugenommen, wobei 2012 aufgrund

der späten Aussaat der Wildpflanzen nicht als Vergleich herangezogen werden kann. Im Vorjahr 2013 wurden 24 Feldlerchenreviere ermittelt.

2014 boten der milde Winter und das sehr trockene Frühjahr sehr gute Brutbedingungen für Bodenbrüter, so dass die Vögel mit der Brut mind. 2 Wochen früher anfangen als im Vorjahr bzw. im Mittel der Jahre. Weiterhin ist die sehr hohe Anzahl von 16 Brutrevieren der **Grauammer** als zweithäufigste Art hervorzuheben. Bei der Grauammer wurden 2014 auf und direkt an den Wildpflanzen 2 Reviere mehr als 2013 registriert. Grauammern hatten sich in den letzten Jahren in Brandenburg vor allem in den Stilllegungsflächen sehr gut reproduzieren können, sind aber mit dem Verschwinden der Stilllegungsflächen auf andere Bruthabitate angewiesen. Hier scheinen die Wildpflanzenmischungen eine sehr gute Alternative darzustellen, sie nutzen auch gern höhere Pflanzen als Sitzwarte.

Fast genau so häufig wie Grauammern waren Reviere der **Schafstelze** in den Wildpflanzen (Tabelle 7.2.3). Hier wurden 2014 insgesamt 14 Reviere registriert, das sind ebenfalls 2 Reviere mehr als im Vorjahr. Sehr erfreulich war auch der Nachweis von 3 **Braunkehlchen**revieren, hier gab es im Vorjahr lediglich 1 Nachweis in den Wildpflanzen. Erstmals wurde ein Fasanenpaar sowie 1 einzelnes **Rebhuhn** in der Brutzeit festgestellt. Beide Arten sind Standvögel, die sich meist ganzjährig im Brutgebiet aufhalten. Einzelnachweise gab es von Wachtel, Dorngrasmücke und Sumpfrohrsänger in den WPM und von Bachstelze, Neuntöter, Goldammer und Rohrammer in den Flächen oder auch Gebüsch direkt an die Wildpflanzen angrenzend.

Die in der östlich an die Wildpflanzenfläche „D“ angrenzenden Hecke registrierten Brutvögel wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt, da sie eindeutig der Hecke zugeordnet werden konnten. Zum Teil suchten aber beispielsweise in der Hecke brütende Buchfinken auch in den Wildpflanzen Nahrung, insofern werden sie als Nahrungsgast aufgeführt.

Die Wildpflanzen wurden 2014 wahrscheinlich im März mit Gülle oder Gärrest gedüngt, bei der 1. Begehung Anfang April war die Gülle schon sehr eingetrocknet. Für die Bodenbrüter ist ein frühes Ausbringen des Düngers günstig, da das Befahren der Fläche bzw. die Störung auf der Fläche nicht in den Brutbeginn fällt. Nach der Düngung fanden dann während der gesamten Brutzeit keine weiteren Bearbeitungsgänge in den Wildpflanzen statt.

Tabelle 7.2.1: Alle 2012-2014 nachgewiesenen Vogelarten in und an den WPM-Parzellen und deren Schutzstatus in den Roten Listen (RL) Brandenburgs 2008 und Deutschlands 2007. BV= Brutvogel, NG= Nahrungsgast

Artnamen	Wissenschaftl. Name	RL BB	RL D	2012	2013	2014	Anmerkung
Bachstelze	Motacilla alba				BV	BV	
Bergfink	Fringilla montifringilla				NG	-	
Bluthänfling	Carduelis cannabina	RL III			NG		
Buchfink	Fringilla coelebs				NG	NG	
Braunkehlchen	Saxicola rubetra	RL II	RL III		BV	BV	
Dohle	Coloeus monedula	RL I		NG	NG	NG	
Dorngrasmücke	Sylvia communis				BV	BV	
Elster	Pica pica					NG	
Fasan	Phasianus colchicus				BV	BV	
Feldlerche	Alauda arvensis	RL III	RL III	BV		BV	
Feldsperling	Passer montanus	RL V	RL V			NG	
Goldammer	Emberiza citrinella			BV	BV	BV	
Grauammer	Emberiza calandra		RL III	BV	BV	BV	
Kolkrabe	Corvus corax			NG	NG	NG	
Kranich	Grus grus				NG	NG	
Lachmöwe	Larus ridibundus			NG			
Mäusebussard	Buteo buteo			NG	NG	NG	
Nebelkrähe	Corvus c. cornix			NG	NG	NG	
Neuntöter	Lanius collurio	RL V		BV	BV	BV	BV Randbereich
Ortolan	Emberiza hortulana	RL III	RL V		BV		BV Randbereich
Ringeltaube	Columba palumbus			NG	NG	NG	
Rohrhammer	Emberiza schoeniclus				BV	BV	BV Randbereich
Rohrweihe	Circus aeruginosus		RL III		NG	NG	
Roter Milan	Milvus milvus	RL III		NG	NG	NG	
Rebhuhn	Perdix perdix	RL II	RL II			BV	1-malig beobachtet
Schafstelze	Motacilla flava	RL V		BV	BV	BV	
Schwarzkehlchen	Saxicola rubicola		RL V		BV		BV Randbereich
Sperber	Accipiter nisus	RL V			NG		
Star	Sturnus vulgaris			NG	NG	NG	
Steinschmätzer	Oenanthe oenanthe	RL 1	RL 1		NG	NG	
Sumpfrohrsänger	Acrocephalus palustris					BV	
Turmfalke	Falco tinnunculus	RL V		NG	NG	NG	
Wachtel	Coturnix coturnix			BV	BV	BV	

Legende: RL D = Rote Liste Deutschland (2007), RL BB = Rote Liste Brandenburg (2008), 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, R = Art mit geographischer Restriktion, V = Vorwarnliste, Fettdruck (Deutscher Artname): kennzeichnet RL- Arten; Farbig hinterlegt: Brutvogel in der Fläche.

Insgesamt wirkt sich die Offenheit der Fläche, der sich schnell erwärmende und wasserzügige Sandboden sowie die Vielfalt der kleinräumigen Nutzung (jeweils 5 ha Schläge) sehr günstig auf die Besiedlung durch Bodenbrüter aus. Im Untersuchungsjahr 2014 waren die Flächen mit Szarvasigras bei der Begehung am 21. Juni relativ frisch gemäht. Durch die Mahd gab es sicher auch Verluste bei den Bodenbrütern, nach der Mahd wurden die offenen Flächen dann gern zur Nahrungssuche genutzt und auch schnell wieder besiedelt. Ähnlich günstig wirken sich auch die breiten Wegrandstreifen aus, die mit Klee gras bestellt waren und ebenfalls gemäht wurden. Für die späteren Bruten nutzen vor allem die Feldlerchen dann eher die offenen Flächen oder Fehlstellen in den Wildpflanzen zur Brut. Grauammern, Schafstelzen und Braunkehlchen nutzen die hoch aufgewachsenen Wildpflanzen dann sehr gern als Sitzwarte, sie brüten auch noch gern in den hoch aufgewachsenen Wildpflanzen.

Tabelle 7.2.2: Zusammenfassung der häufigen Brutvögel in den Wildpflanzen von 2012-2014.

Art	Reviere 2012	Reviere 2013	Reviere 2014
Feldlerche	7	24	32
Grauammer	5	14	16
Schafstelze	7	12	14
Braunkehlchen		1	3

In Tabelle 7.2.3 ist die Anzahl der Reviere der einzelnen Brutvogelarten für die vier verschiedenen Wildpflanzenflächen 2014 zusammenfassend dargestellt. Da auch die Brutpaare in den Nachbarflächen von dem Insektenreichtum an den Wildpflanzen profitieren und eine ganz klare Abgrenzung der Reviere nicht immer ganz einfach ist, ist in der Tabelle jeweils die Gesamtzahl der Paare in der direkt angrenzenden Fläche mit aufgeführt.

So grenzten beispielsweise an die Wildpflanzenflächen „B“ und „D“ ebenfalls Wildpflanzen an, die 2012 als Untersaat im Mais gesät wurden. Sie waren 2013 anfangs deutlich kleiner, konnten dies aber im Verlauf des Jahres aufholen und 2014 gab es keinen sichtbaren Unterschied mehr.

Tabelle 7.2.3: Häufigkeit der nachgewiesenen Brutvogelarten (eigene Kartierung) auf den Wildpflanzen- und direkten Nachbarflächen 2014.

Art	Brutzeitfeststellung				Brutverdacht				Brutnachweis				Gesamt Reviere	Reviere benachbart	
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D			
Bachstelze															1
Braunkehlchen						1	1		1					3	1
Dorngrasmücke					1									1	3
Fasan					1									1	
Feldlerche	1	2	2	2	4	6	6	3	2	2	1	1	32	18	
Goldammer															2
Grauhammer	1	1	2		4	2	2	2	1		1		16	6	
Neuntöter															2
Rebhuhn		1												1	
Rohrhammer															2
Schafstelze	1	1		1	2	2	2	1	1	1		2	14	4	
Sumpfrohrsänger				1										1	
Wachtel		1												1	1

Für die Nahrungsgäste ist jeweils die Höchstzahl der auf den Wildpflanzenflächen beobachteten Vögel für das 3. Untersuchungsjahr 2014 dargestellt (Tabelle 7.2.4). So wurden beispielsweise bei fast jeder Begehung jagende Mäusebussarde oder auch die Rohrweihe beobachtet. Auch bei Nahrung suchenden Staren auf den Flächen ist jeweils die höchste vorgefundene Zahl der Vögel angegeben und nicht die Summe aller Beobachtungen. Als vom Aussterben bedrohte Arten traten Steinschmätzer und Dohle als Nahrungsgäste auf. Zusätzlich sind in Tabelle 7.2.4 die auf den direkt benachbarten Flächen beobachteten Nahrungsgäste mit aufgeführt.

Auffällig war bei den Kranichen, dass sich zu Brutbeginn 1 Paar auf den Flächen aufhielt und bei einer späteren Begehung nur 1 Einzelvogel beobachtet wurde. Hier wird eine Brut in der Nähe vermutet.

Tabelle 7.2.4: Häufigkeit der Nahrungsgäste (eigene Brutvogelkartierung) auf den Wildpflanzenflächen 2014.

Art	Anzahl Nahrungsgäste auf den vier Wildpflanzenflächen				Benachbarte Flächen
	A	B	C	D	
Buchfink		50	18	32	
Dohle		20			50
Feldlerche		12	16	30	
Feldsperling	26				20
Kolkrabe	2			2	
Kranich	2			1	1
Mäusebussard	2				
Nebelkrähe	24		10		17
Ringeltaube	5	16		23	
Rohrweihe	1				
Roter Milan	1				
Star	25	40		28	40
Steinschmätzer			5		
Turmfalke	1				

7.2.6 Zusammenfassung Avifauna

Auf den vier untersuchten Flächen mit WPM konnten 2014 wie im Vorjahr insgesamt 27 verschiedene Vogelarten ermittelt werden, wovon 13 Arten die Flächen als Bruthabitat nutzten. Auf Grund des sehr milden Winters und des trockenen Frühjahrs begannen die Bodenbrüter 2014 mindestens 2 Wochen früher mit der Brut als 2013. Erfreulicherweise erfolgte die Düngung mit Gärrest oder Gülle bereits im März, so dass die Wildpflanzen während der gesamten Brutzeit nicht mehr befahren wurden und die Vögel ungestört brüten konnten.

Insgesamt konnte in den Wildpflanzen 2014 wiederum eine geringfügig höhere Anzahl an Revieren nachgewiesen werden als 2013 und eine wesentlich höhere Anzahl als 2012. Dies erklärt sich für 2012 durch die sehr späte Einsaat der Flächen. Besonders zu erwähnen sind 2014 die hohe Zahl an Feldlerchen- (32 Rev.), Grauammer- (16 Rev.) und Schafstelzerevieren (14 Rev.).

Durch den Blütenreichtum finden sich in den Wildpflanzen eine Vielzahl von Insekten, die auch den auf den Nachbarflächen brütenden Vögeln eine ausreichende Nahrungsversorgung sichern. Bis in den Juli hinein waren die Wildpflanzen völlig ungestört, eine Mahd ab August hat kaum negative Auswirkungen mehr auf die Brutvögel.

Durch die gute Nahrungsverfügbarkeit und den Schutz der hohen Wildpflanzen halten sich die Familienverbände sicher noch lange in den Flächen auf. Allerdings ist durch das hohe Wachstum der Wildpflanzen ein Brutbeginn ab Mitte/Ende Juni für Offenlandarten wie vor allem die Feldlerche sehr unwahrscheinlich. Viele Feldvögel nutzen eher niedrig und lückig wachsende Kulturen als Bruthabitat, hier boten sich 2014 die Szarvasigrasflächen an, die im Juni gemäht wurden.

Auch BÖHME et al. (2014) stellen fest, dass die Bestände während der Vegetationszeit für Wildtiere zu dicht sind und vor allem am Rand genutzt werden. Lässt man jedoch etwa 20-25cm hohe Stoppeln stehen, bieten die WPM-Flächen im Winterhalbjahr wertvolle Nahrung und Deckung, zumal bis zum Winter noch ein etwa kniehohes Aufwuchs erfolgt.

7.2.7 Fotodokumentation



Bild 7.2.1: Anfang April gab es Deckung und auch noch offene Bereiche.



Bild 7.2.2: Mitte Mai gab es eine viele unterschiedliche Strukturen in den Wildpflanzen.



Bild 7.2.3 und 7.2.4: Günstig wirken sich offene Bereiche bzw. Fehlstellen sowie die sehr breiten Wegrandtreifen in Vehlow für die Besiedlung durch Bodenbrüter aus.



Bild 7.2.5: Wildpflanzen Mitte Juni mit vielen Blüten, angrenzend ein Maisacker.



Bild 7.2.6: Blütenvielfalt Mitte Juni.

7.3 Faunistische Untersuchungen zur Artenvielfalt bei Kleintieren (Helmut Stumpf, ÖAW)

Wie in der Projektphase I wurden auch in den Jahren 2012 bis 2014 faunistische Begleituntersuchungen an Kleintieren durch Helmut Stumpf von der Ökologischen Arbeitsgemeinschaft Würzburg (ÖAW) durchgeführt. Somit liegen 6 Erfassungsjahre vor. Schwerpunktmäßig wurden dabei epigäische Arthropoden (Spinnen und Laufkäfer) erfasst. Ergänzend wurden weitere Tiergruppen aus den Bodenfallenbeifängen berücksichtigt (Wanzen, Ameisen). Daneben wurden weitere Tiergruppen wie Tagfalter und Heuschrecken bearbeitet.

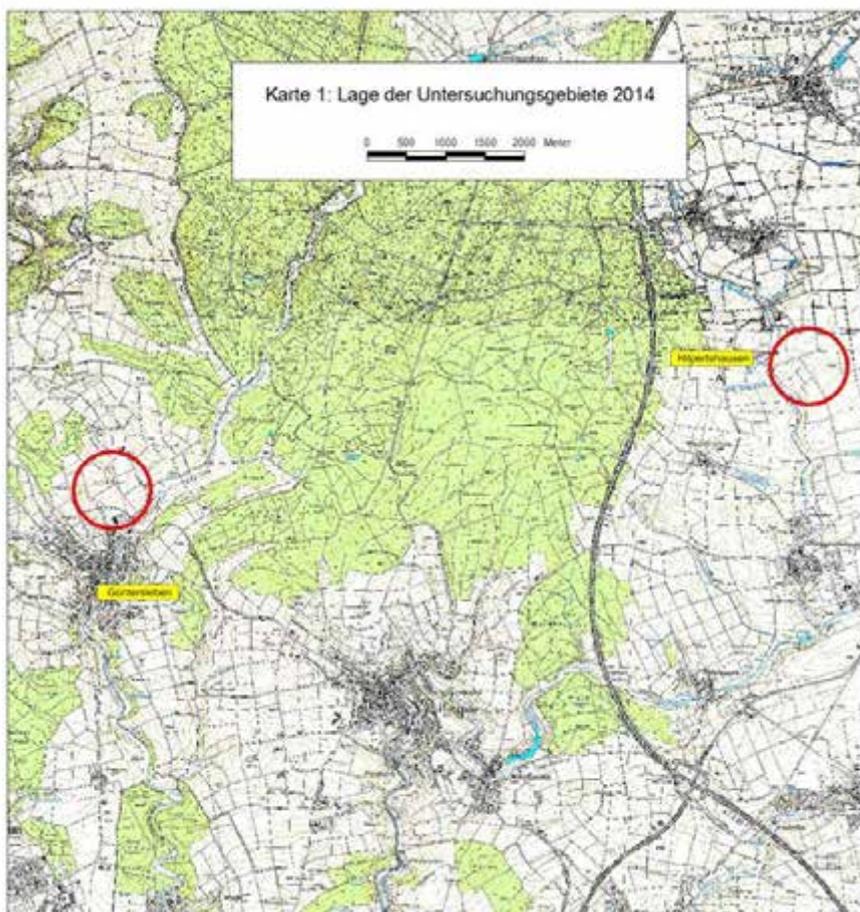


Abbildung 7.3.1: Lage der beiden Untersuchungsgebiete für Kleintiere (Güntersleben und Hilpertshausen)

7.3.1 Untersuchungsgebiet und Probeflächen

Die Untersuchungen fanden in der Gemeinde Güntersleben im Bereich der Flurlage „Roter Rain“ statt („Gün“, Lkr. Würzburg), 2014 kamen zwei Flächen bei Hilpertshausen der Gemeinde Unterpleichfeld („Hil“) hinzu.

In der Tabelle 7.3.1 sind allgemeine Angaben zu den Untersuchungsgebieten zusammengefasst. Die Lage der Probeflächen ist in der Abbildung 7.3.1 dargestellt.

Tabelle 7.3.1: Allgemeine Angaben zum Untersuchungsgebiet

	Güntersleben, „Roter Rain“	Hilpertshausen
Landkreis	Würzburg	Würzburg
Gemeinde	Güntersleben	Unterpleichfeld
Naturraum	135-A – Wern-Lauer-Hochfläche	134 – Gäuplatten im Maindreieck
Geologie	Muschelkalk	Keuper (z. T. Lößüberdeckung)
Höhe über NN	290-305 m	280-285 m
Niederschläge	550-600 mm	550-600 mm
Probeflächen	E, G, H, I, J, K, M 1-6	L, M 7

In Güntersleben wurden im Bereich der Flurlage „Roter Rain“ in den Jahren 2012-2014 insgesamt 3 Ansaatflächen jährlich und jeweils 1 Maisacker als Vergleichsfläche untersucht. Nur 2012 wurden zwei weitere WPM-Flächen bearbeitet. Diese Probeflächen sowie die als Vergleichsflächen bearbeiteten Maisäcker (M4-6) liegen nördlich von Güntersleben auf einer Kuppe, umgeben von meist intensiv genutztem Ackerland. In der Tabelle 7.3.2 sind Angaben zur Größe und Ausprägung der Probeflächen zusammengestellt. Die Nummerierung der Probeflächen, die bereits in den Vorjahren (Projektphase I, 2009-2011) untersucht worden waren, wurde beibehalten.

Die beiden Untersuchungsflächen (1 Ansaatfläche, 1 Maisacker als Vergleichsfläche) im Bereich von Hilpertshausen, Gem. Unterpleichfeld, liegen auf einem nach Westen geneigten Hang in einem strukturarmen, intensiv landwirtschaftlich genutzten Umfeld.

Tabelle 7.3.2: Bezeichnung und Flächengröße der Probeflächen sowie Angaben zur Kultur. Die Flächen liegen bei Güntersleben (Gün) und Hilpertshausen (Hil). (+) hohe Bodengüte, (-) niedrige Bodengüte;

Bezeichnung	Bezeichnung ÖAW	Fläche	Kultur	Untersuchung
K (-)	XII	0,5 ha (Gün)	WPM-Ansaat 2012	2012-2014
I (+)	X	0,5 ha (Gün)	WPM-Ansaat 2011	2012-2014
J (-)	XI	0,6 ha (Gün)	WPM-Ansaat 2011	2012
E (+)	II	0,15 ha (Gün)	WPM-Ansaat 2009	2012-2014
G (-)	VII	0,15 ha (Gün)	WPM-Ansaat 2009	2012
M1 bis M6 (+)	M1-6	> 0,6 ha (Gün)	konventioneller Maisanbau	2012, 2013, 2014
L (-)	XIII	2,4 ha (Hil)	WPM-Ansaat 2014	2014
M7 (-)	M7	1,8 ha (Hil)	konventioneller Maisanbau	2014

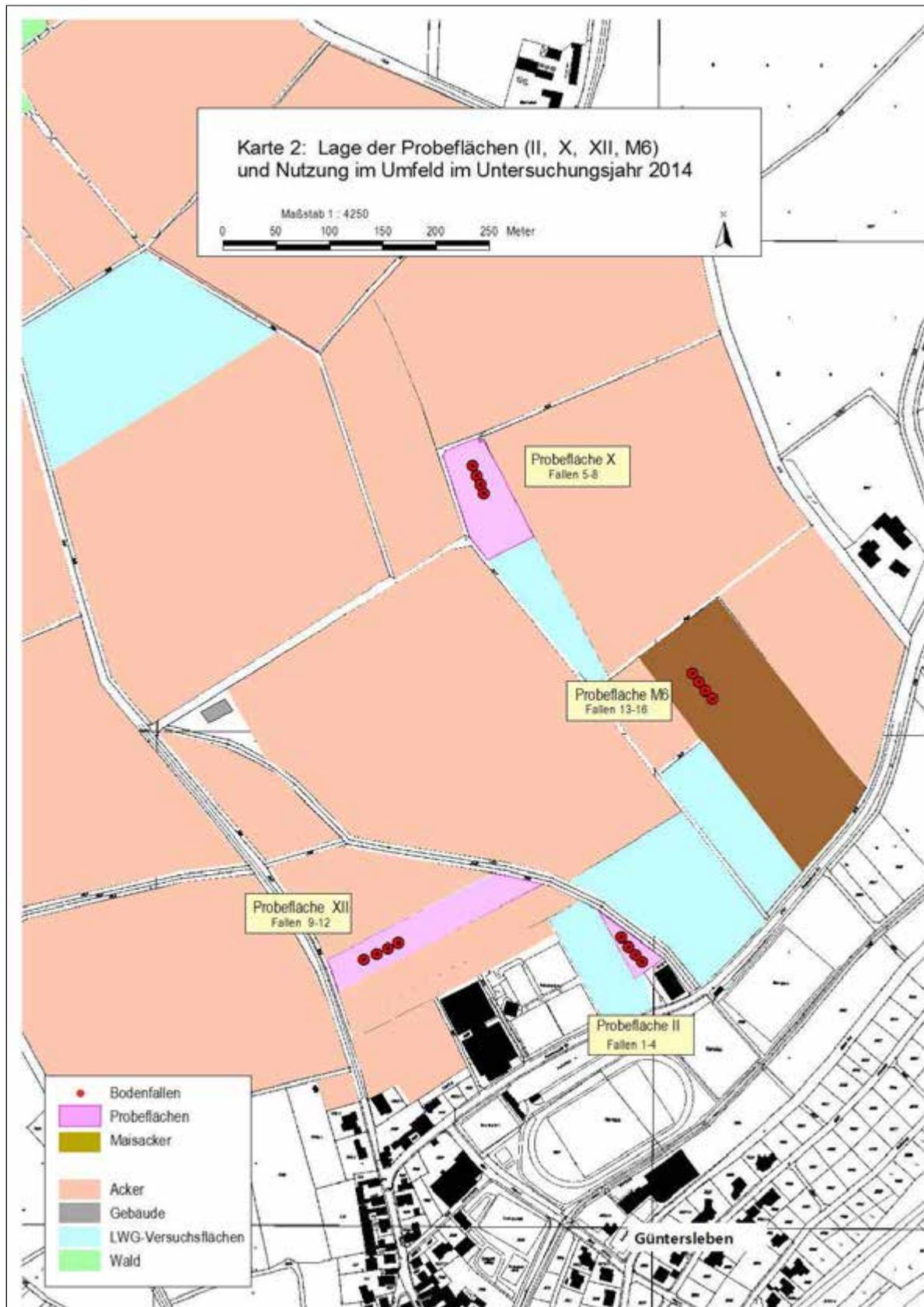


Abbildung 7.3.2: Lage der Probeflächen und Bodenfallen in Güntersleben 2014

7.3.2 Material und Methoden

Der Schwerpunkt der faunistischen Untersuchungen lag auf der Erfassung bodenbewohnender (epigäischer) Arthropoden, insbesondere von Spinnen und Laufkäfern. Daneben wurden auch Beifänge aus anderen Gruppen (Ameisen, Wanzen, Heuschrecken etc.) berücksichtigt.

Zur Erfassung der epigäischen Fauna wurden Bodenfallen eingesetzt. Diese ökologische Standardmethode ist weitgehend unempfindlich gegenüber Störungen und widrigen Witterungseinflüssen. Die Fallen sind über lange Zeiträume ungestört fängig und die Tiere werden ungeachtet ihrer tages- und jahreszeitlichen Periodik kontinuierlich erfasst. Die Methode eignet sich daher gut zur Erfassung laufaktiver Tiere der Bodenschicht und der unteren Krautschicht, wobei vor allem bei der qualitativen Erfassung des Artenbestandes eines Untersuchungsgebietes gute Ergebnisse erzielt werden. Mit dieser Methode können bereits bei relativ geringem Aufwand interpretierbare Ergebnisse erzielt werden.

Bei der Interpretation der Bodenfallenfänge ist zu berücksichtigen, dass diese nur bedingt die „realen“ Abundanzverhältnisse an den Fallenstandorten widerspiegeln: Mit Bodenfallen werden hauptsächlich laufaktive Individuen erfasst, so dass wenig mobile Arten bzw. Entwicklungsstadien in der Regel unterrepräsentiert sind („Aktivitätsdichten“).

Als Bodenfallen wurden Fanggefäße (8 cm Öffnungsdurchmesser, 9,5 cm Tiefe) so eingegraben, dass ihre Oberkante bündig mit der Bodenoberfläche abschloss. Fangflüssigkeit war eine 4 %ige Formalinlösung (zur Fixierung und Konservierung der hineingefallenen Tiere), der ein Detergenz zur Verringerung der Oberflächenspannung beigegeben war, damit auch kleine Tiere schnell versanken. Die gefangenen Tiere wurden bei der Leerung der Fallen in 70 %igen Alkohol überführt, im Labor nach Tiergruppen sortiert und anschließend determiniert.

In den Untersuchungsjahren 2012 und 2014 waren auf 6 Probeflächen je 4 Fallen ausgebracht, insgesamt 24 Bodenfallen. 2013 waren es auf 4 Probeflächen je 4 Fallen. Die Fallen waren auf den Probeflächen in Güntersleben (II, X, XII, M6) im Zeitraum vom 15. Mai bis 5. August 2014 durchgängig fängig (80 Fangtage/Falle). Auf den beiden Probeflächen in Hilpertshausen (XIII, M7) dauerte die Fangperiode vom 16.5. bis 17.9.2014 (80 Fangtage/Falle). 2013 waren die Fallen im Zeitraum vom 17. Mai bis 5. August 2013 durchgängig fängig. Auf den Probeflächen II, X, XII

und M4 waren die Fallen im Zeitraum vom 1. Juni bis 5. September 2012 fängig. Die Probeflächen VII und XI wurden am 17.8.2012 umgebrochen, die Standzeit der Fallen auf diesen Flächen ist dementsprechend kürzer.

Die im Gebiet nachgewiesenen Arten wurden entsprechend ihrer bevorzugten Lebensräume und Habitate verschiedenen „Ökotypen“ zugeordnet, um die aktuelle Ausprägung der Artengemeinschaften an den Fallenstandorten (Anteile der jeweiligen Ökotypen am Artenspektrum) einschätzen und vergleichen zu können. Es wurden folgende Ökotypen unterschieden:

xerothermophil (x): Arten, die bevorzugt trocken-warme, weitgehend unbestockte bis nur sehr licht mit Gehölzen bestandene Lebensräume besiedeln

Offenlandarten (O): Arten, die hauptsächlich offene unbeschattete Standorte der Kulturlandschaft besiedeln (Magerrasen, Wiesen, Brachflächen, Äcker). In diese Gruppe sind auch **Spinnenarten** eingeordnet, die aufgrund ihrer hohen Mobilität und autökologischen Ansprüchen als Erstbesiedler in frühen Sukzessionsstadien (Pionierarten) bzw. auf stark gestörten Standorten wie Äckern erscheinen (a: agrobionte Arten)

agrobionte/-phile Arten (a): **Laufkäferarten** mit Schwerpunktverkommen auf landwirtschaftlich genutzten Standorten (Äckern, Weinberge, Wiesen)

mesophil (m): **Spinnenarten**, die teilweise oder vollständig beschattete Standorte bevorzugen (Wälder, Verbuschungen, Hecken etc.)

Waldarten (W): **Laufkäferarten**, die teilweise bis vollständig beschattete Standorte besiedeln (Wälder, kleinere Gehölze, Verbuschungen etc.)

eurytpe Arten (e): Arten, die verschiedene Lebensräume ohne erkennbare Schwerpunktverkommen besiedeln

hygrophil (h): Arten feuchter bis nasser Standorte

Zusätzlich zu den intensiver bearbeiteten Tiergruppen (s. o.) wurden auch Arten aus weiteren Tiergruppen berücksichtigt, die bei den Untersuchungen als Beifänge in den Bodenfallen erfasst wurden. Das Vorkommen besonders naturschutzrelevanter Arten kann weitere Hinweise auf die Wertigkeit der untersuchten Standorte bzw. Nutzungsformen aus der Sicht des Arten- und Naturschutzes liefern.

Zur Erfassung der **Tagfalter**fauna der Probeflächen wurde eine modifizierte Transektmethode angewandt. Dabei wurden die Flächen an jeweils 7 Begehungsterminen bei günstigen Witterungsbedingungen abgelaufen und alle Tagfalter registriert, die in einem Zeitraum von ca. 20 min auf den Flächen beobachtet wurden. Individuen, bei denen eine Artbestimmung nicht per Sichtbeobachtung möglich war, wurden gefangen, bestimmt und anschließend wieder freigelassen. Dabei wurden die Bestimmungszeiten bei der Dauer der Begehungen nicht berücksichtigt, so dass die Begehungsdauer auf allen Flächen an allen Terminen vergleichbar war.

Die Falterbeobachtungen an den 7 Begehungsterminen wurden zusammengefasst und nach Arten getrennt quantifiziert, wobei folgende Häufigkeitsklassen unterschieden wurden:

- r sehr selten (1 Individuum pro Vegetationsperiode)
- + selten (2-4 Individuen pro Vegetationsperiode)
- 1 zerstreut (5-10 Individuen pro Vegetationsperiode)
- 2 ziemlich häufig (>10 Individuen/Vegetationsperiode; Maximum <10 Ind.).
- 3 häufig (Maximum: 10-40 Individuen)
- 4 sehr häufig (Maximum: 41-100 Individuen)
- 5 gemein, massenhaft (Maximum: >100 Individuen)

Als Wert bestimmende Kriterien bei der Bewertung der Probeflächen aus Sicht des Arten- und Naturschutzes werden die Artendiversität, der Anteil besonders naturschutzrelevanter Arten (Rote Liste) sowie die Ausprägung der Artengemeinschaften (standortgemäße Zusammensetzung, Vorkommen bzw. Fehlen charakteristischer Arten) verwendet.

Bei der Darstellung und Interpretation der Ergebnisse werden einfache ökologische Kenngrößen wie Artenzahl, Abundanz oder die Dominanzstruktur verwendet.

7.3.3 Ergebnisse

In Tabelle 7.3.3 sind Arten- und Individuenzahlen sowie der Anzahl nachgewiesener besonders naturschutzrelevanter Arten auf den Probeflächen zusammengefasst:

Tabelle 7.3.3: Arten und Individuenzahlen sowie Anzahl naturschutzrelevanter Arten auf den Probeflächen 2012 bis 2014. (n. u. = nicht untersucht)

	WPM-Ansaatflächen 2012			Vergleichsfläche (Mais)		
	Artenzahl	Individuenzahl	Arten der Roten Liste	Artenzahl	Individuenzahl	Arten der Roten Liste
Spinnen	23-42	400-943	0-2	17	302	1
Laufkäfer	23-39	264-1703	0-4	18	697	0
Wanzen	6-11	12-60	0-4	0	0	0
Ameisen	4-6	46-482	0-3	4	72	2
Tagfalter	7-12	n. u.	1-2	2	n. u.	0

	WPM-Ansaatflächen 2013			Vergleichsfläche (Mais)		
	Artenzahl	Individuenzahl	Arten der Roten Liste	Artenzahl	Individuenzahl	Arten der Roten Liste
Spinnen	35-48	547-1788	0-5	20	240	0
Laufkäfer	31-40	415-2885	0-4	28	726	0
Wanzen	4-16	13-60	0-6	0	0	0
Ameisen	5-11	160-237	1-5	5	79	1
Tagfalter	8-16	n. u.	0	1	n. u.	0

	WPM-Ansaatflächen 2014			Vergleichsfläche (Mais)		
	Artenzahl	Individuenzahl	Arten der Roten Liste	Artenzahl	Individuenzahl	Arten der Roten Liste
Spinnen	28-46	775-1204	0-3	24-28	639-654	1-2
Laufkäfer	22-28	197-1387	0-2	21-22	372-709	1
Wanzen	9-16	15-29	1-4	1-7	1-8	0-3
Ameisen	3-7	45-374	0-2	5-6	32-34	2
Tagfalter	7-16	n. u.	0-2	1	n. u.	0

Insgesamt lagen die Arten- und Individuenzahlen im Jahr 2013 am höchsten und im Jahr 2012 am niedrigsten. Höhere Werte im zweiten Untersuchungsjahr waren auch bei Betrachtung individueller Flächen festzustellen. So stiegen auf allen fortlaufend untersuchten Flächen die Arten- und Individuenzahlen der Laufkäfer und Spinnen von 2012 bis 2013 an (Abbildung 7.3.3). Diese Entwicklung setzte sich bei den Spinnen im Jahr 2014 auf den meisten Flächen fort. Bei den Laufkäfern nahmen die Artenzahlen dagegen zuletzt wieder ab. Da diese Entwicklung auf allen Flächen, also

auch bei den Vergleichsstandorten mit konventionellem Maisanbau zu beobachten war, ist sie voraussichtlich nicht durch die zunehmende Standzeit der WPM, sondern durch die Witterung in den jeweiligen Jahren bedingt.

In allen Jahren und bei fast allen bearbeiteten Tiergruppen wurden auf den WPM-Ansaatflächen deutlich höhere Artenzahlen festgestellt als auf den benachbarten Maisflächen (Abbildung 7.3.3). Dies trifft auf beide Untersuchungsgebiete zu. Die Artengemeinschaften der WPM-Ansaatflächen waren geprägt von einem hohen Anteil typischer Arten der offenen Kulturlandschaft, darunter viele ausgesprochen agrobionte oder agrophile Arten (Abbildung 7.3.4 und Abbildung 7.3.5). Daneben traten jedoch insbesondere auf den trockeneren Standorten G, I oder J auch xerothermophile Arten auf. Zu dieser Gruppe gehören auch die meisten der nachgewiesenen besonders naturschutzrelevanten Arten (Rote-Liste-Arten).

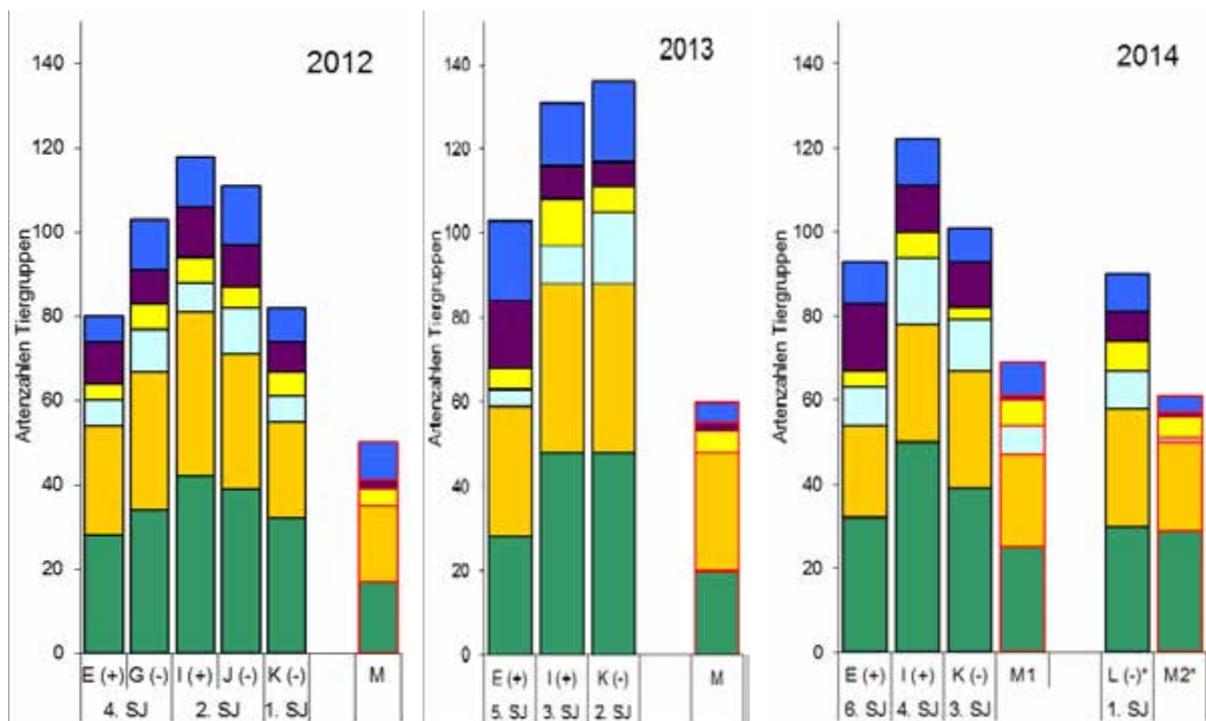


Abbildung 7.3.3: Entwicklung der Gesamtartenzahlen auf Probeflächen bei Güntersleben im Verlauf mehrerer Standjahre. Im Jahr 2014 wurden zusätzlich zwei Flächen bei Hilpertshausen untersucht (*). (+) hohe Bodengüte, (-) niedrige Bodengüte; M = Mais; Farben von unten nach oben: grün = Spinnen, orange = Laufkäfer, hellblau = Wanzen, gelb = Ameisen, lila = Tagfalter, dunkelblau = sonstige Arten.

Im Vergleich dazu waren die Artengemeinschaften der untersuchten Maisäcker regelmäßig deutlich artenärmer und es dominierten ausschließlich typische Ackerarten. Die Anzahl der besonders naturschutzrelevanten Arten war ebenfalls fast immer geringer als auf den Ansaatflächen (Abbildung 7.3.5).

Abbildung 7.3.3. zeigt deutlich, dass bei den WPM die Artenzahlen vom 1. Standjahr zum 2.-3. Standjahr ansteigen und in älteren WPM-Beständen wieder abnehmen. Diese Ergebnis war auch schon in Projektphase I festgestellt worden und hängt mit dem Rückgang der Strukturvielfalt der WPM im fortgeschrittenem Stadium auf Grund der Artenverarmung zusammen.

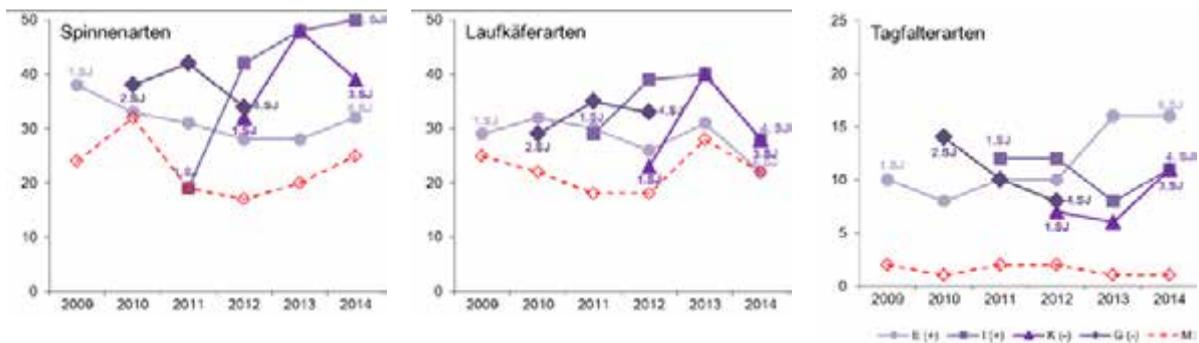


Abbildung 7.3.4: Entwicklung der Gesamtartenzahlen auf vier WPM-Ansaatflächen bei Güntersleben im Verlauf mehrerer Standjahre (Illa). Zum Vergleich wurden jährlich mit Mais bestellte Ackerflächen untersucht (M, rote gestrichelte Linie)

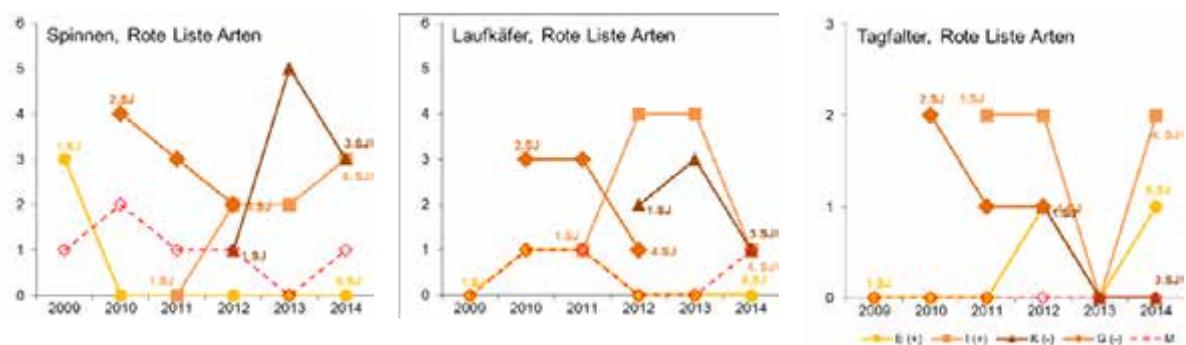


Abbildung 7.3.5: Entwicklung der Anzahl der besonders naturschutzrelevanten Tierarten (rechts) auf vier WPM-Ansaatflächen bei Güntersleben im Verlauf mehrerer Standjahre (Illa). Zum Vergleich wurden jährlich mit Mais bestellte Ackerflächen untersucht (M, rote gestrichelte Linie)

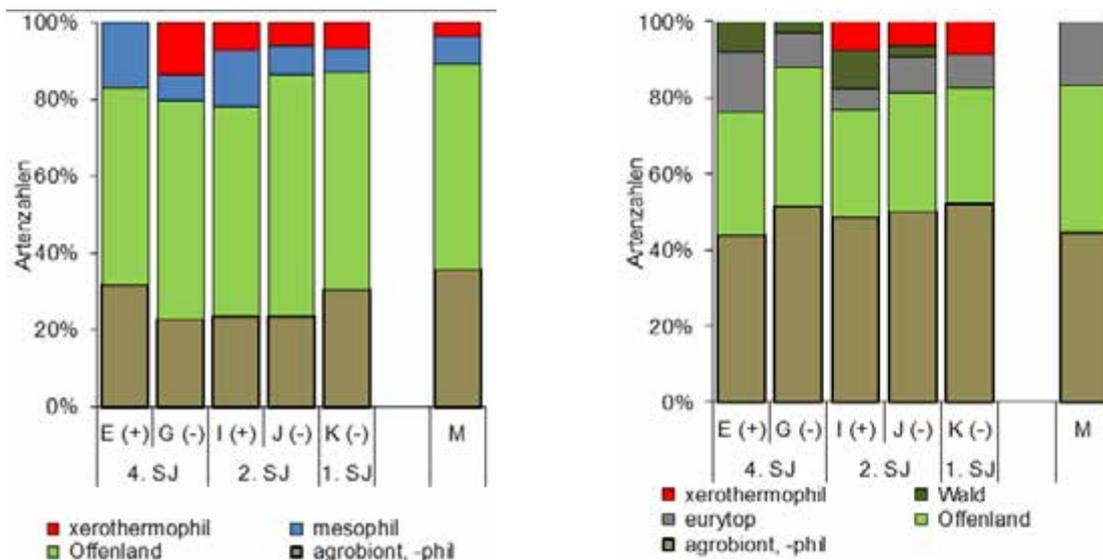


Abbildung 7.3.6: (a und b) Ökologische Einstufung der 2012 auf den Probeflächen nachgewiesenen Spinnen- (links) und Laufkäferarten (rechts) auf WPM-Flächen unterschiedlicher Standjahre und verschiedener Bodengüte.

Wie Abbildung 7.3.6 zeigt, sind die Artengemeinschaften der WPM insgesamt noch sehr ähnlich dem Maisacker. Dies betrifft insbesondere die Laufkäfer, während bei den Spinnen die agrobionten Arten bei den WPM einen etwas geringeren Anteil aufweisen als beim Maisacker.

Das Artenspektrum der **Spinnen** ist 2014 weitgehend identisch mit dem in den Vorjahren festgestellten. Es handelt sich bei den häufigen Arten fast ausschließlich um Arten der offenen Kulturlandschaft, insbesondere um Arten, die als ausgesprochen agrophil oder agrobiont gelten („Ackerarten“). Häufigste Arten waren die Baldachinspinnen *Oedothorax apicatus* (24,4 % der Individuen), *Erigone atra* (19,8 %), und *E. dentipalpis* (17,4 %) sowie die Wolfspinne *Pardosa agrestis* (7,0 %). Diese Arten sind aufgrund ihrer Biologie (hohe Mobilität, hohe Fortpflanzungsraten) in der Lage, Äcker und andere intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen zu besiedeln. Sie werden daher oft als Pionierarten eingestuft und treten häufig auf stark gestörten Standorten und in frühen Sukzessionsstadien auf. Diese Arten dominieren auf allen Probeflächen das Artenspektrum. Besonders hoch ist der Anteil dieser Arten auf den Ackerflächen (M6: 97 %, M7: 93 %) und der Ansaatfläche im 1. Standjahr (XIII: 96 %). Die älteren Ansaatflächen weisen einen deutlich geringeren Individuenanteil der typischen Ackerarten auf (49-80 %). Auch typische mesophile Arten (Wald- und Gebüscharten) spielen in den Artengemeinschaften der Probeflächen nur eine geringe Rolle (0,8-3,1 % der Individuen).

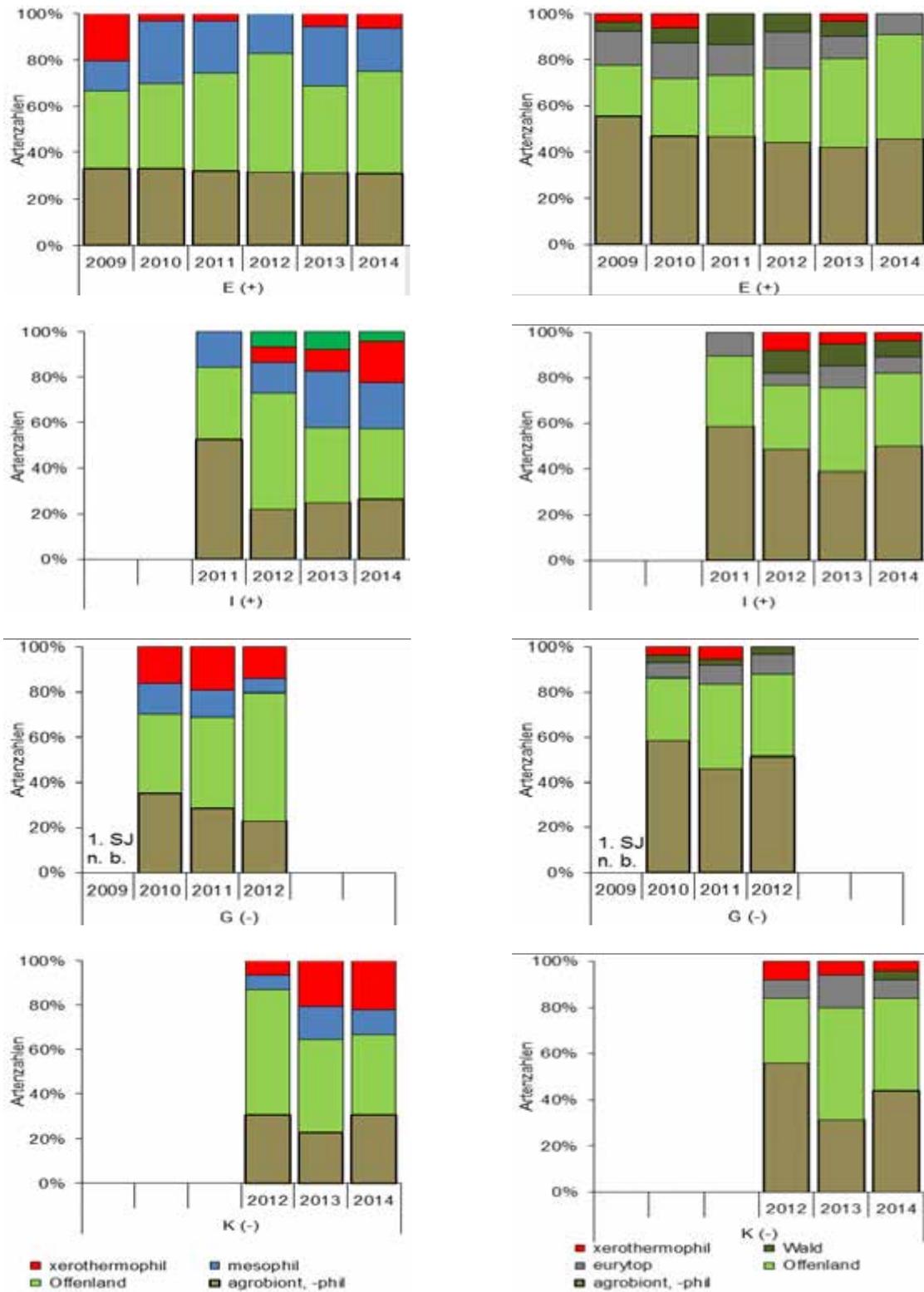


Abbildung 7.3.7: (a und b) Ökologische Einstufung der auf den Probeflächen nachgewiesenen Spinnen- (links) und Laufkäferarten (rechts) im Ansaatjahr (Säule links) und im Verlauf weiterer Standjahre (n. b.: nicht bestimmt)

Die in den Roten Listen Bayerns und Deutschlands als stark gefährdet eingestufte Plattbauchspinne *Haplodrassus minor* wurde 2014 auf allen Untersuchungsflächen nachgewiesen (außer Probefläche II). Die Art bevorzugt offene, steinige Xerotherm-Standorte mit geringer Bodenbedeckung und fand im trocken-warmen Untersuchungsjahr wahrscheinlich an vielen Standorten günstige Bedingungen vor. Wie auch in den Vorjahren wurde die Art auch auf den Ackerstandorten nachgewiesen.

Die **Laufkäfer**-Artengemeinschaften der Probeflächen sind gekennzeichnet durch hohe Artenanteile von eurytopen Arten und Offenlandarten mit Verbreitungsschwerpunkten auf Ackerstandorten (54-73 % der Arten, 58-97 % der Individuen). Dabei ist die Dominanz der agrobionten und agrophilen Arten auf den beiden Vergleichsflächen (M6, M7) sowie der jungen Ansaatfläche XIII mit 89-97 % deutlich höher als auf den älteren Ansaatflächen mit 58-79 % der Individuen.

Neben dem geringeren Anteil typischer Ackerarten weisen die Ansaatflächen im Vergleich zu den Vergleichsflächen und der jungen Ansaatfläche auch einen höheren Anteil von (eurytopen) Offenlandarten am Artenspektrum der Laufkäfergemeinschaften auf (20-42 % gegenüber 2-8 % der Individuen).

Häufigste **Tagfalter**art war der Kleine Kohlweißling, der auf allen Probeflächen nachgewiesen wurde. Der mobile Kulturfolger tritt in allen offenen Lebensräumen auf und sucht blütenreiche Bereiche auf. Daneben trat das Große Ochsenauge (*Maniola jurtina*) häufig auf, das auf allen Ansaatflächen beobachtet wurde. Die Raupen dieser weit verbreiteten Arten leben auf verschiedenen Grasarten.

Unter den auf den Probeflächen beobachteten Arten waren drei, die in der deutschen oder der bayerischen Roten Liste in eine der Gefährdungskategorien eingestuft sind. Der Magerrasen-Perlmutterfalter (*Boloria dia*) bevorzugt als Lebensraum offene, magere und trockene Habitate. Der Kleine Schlehen-Zipfelfalter lebt in Bayern bevorzugt an trockenwarmen Standorten (Trocken- und Halbtrockenrasen in besonnener Lage), an denen Gehölzstrukturen (Schlehen) vorhanden sind. Beide Arten wurden vereinzelt auf der Ansaatfläche X nachgewiesen.

Der Große Feuerfalter (*Lycaena dispar*) ist auf Vorkommen seiner Raupenfraßpflanzen (oxalatarme Ampferarten) angewiesen. Die Art wurde als Einzeltier auf der Ansaatfläche II beobachtet.

Wie in den Vorjahren wiesen die Ansaatflächen deutlich höhere Artenzahlen auf als die Vergleichsfläche (8-16 Arten gegenüber 1 Art).

7.3.4 Zusammenfassung Kleintiere

Die Artengemeinschaften der WPM sind den Ackerflächen (Maisacker) noch sehr ähnlich, insbesondere was die Artenzahlen betrifft. Dagegen tritt bei den Individuenzahlen eine Verschiebung von agrobionten (Pionier-) Arten, die noch im 1. Standjahr dominieren, in den weiteren Standjahren hin zu Offenlandarten ein.

Dass auf den WPM-Flächen deutlich höhere Artenzahlen festgestellt worden sind als auf Maisäckern, besonders ausgeprägt bei den Tagfaltern, ist auf Grund der höheren Strukturvielfalt zu erwarten gewesen. Vor allem bei den naturschutzrelevanten Arten der Roten Liste, die offene und trockene Xerothermstandorte bevorzugen, haben die Ansaatflächen Vorteile.

Im 2. und 3. Standjahr (je nach Zusammensetzung des Bestandes auch noch im 4. Standjahr) ist die Artenvielfalt bei den untersuchten Tierartengruppen am höchsten und nimmt danach wieder ab. Dies hängt unmittelbar mit der Artenvielfalt des Pflanzenbestandes und der damit verbundenen Strukturvielfalt des Lebensraumes zusammen; bei der ausgesäten Mischung bleiben oft neben den Hauptertragsarten Beifuß und Rainfarn im fortgeschrittenen Alter kaum noch andere Arten übrig.

7.4 Honigbienen (Dr. Ingrid Illies)

7.4.1 Hintergrund

Für Bienenvölker ist mit der Veränderung der Kulturlandschaft in den letzten Jahren ein Trachtfleißband, das heißt, eine kontinuierliche Versorgung mit Nektar und Pollen, an vielen Standorten nicht mehr gegeben. Bienenvölker legen große Honigvorräte an, die bei einer Trachtlücke dem Volk Energiereserven bieten. Einschränkungen im Pollenangebot können jedoch von den Bienen nicht abgefangen werden.

Pollen stellt für Honigbienen die einzige nutzbare Quelle für Proteine und Aminosäuren dar und ist für die Aufzucht von Bienenbrut und für den Proteinstoffwechsel der erwachsenen Bienen erforderlich. Ein starkes Bienenvolk benötigt jährlich mindestens 35 kg Pollen. Das Pollenangebot hat direkten Einfluss auf die Volkentwicklung, da bei Pollenmangel das Brutnest eingeschränkt wird und bei einer Mangelernährung die Lebensdauer der Einzelbiene abnimmt.

Ein gute Nektar- und Pollenversorgung der Bienenvölker ist die Basis für eine wirtschaftliche Imkerei. Eine Steigerung des Honigertrages ist durch die gezielte Wanderung von Bienenvölkern in Massentrachten (Raps, Obst, Akazie, Heide) möglich. Der überwiegende Teil der Imkerschaft in Deutschland betreibt jedoch eine Standimkerei und ist auf ein gutes regionales Trachtangebot angewiesen. Flächen, die während der gesamten Vegetationsperiode Nektar und Pollen bieten, sind deshalb für die Imkerei besonders wertvoll.

Die in den Wildpflanzenmischungen enthaltenen Pflanzen stellen für Honigbienen und andere blütenbesuchende Insekten wichtige Nektar- und Pollenquellen dar. Im Rahmen der Projektphase II sollte der Einfluss des Anbaus von Energiepflanzenmischungen auf Bienenvölker untersucht werden. Schwerpunkte der Untersuchungen waren folgende Fragestellungen:

1) Wie entwickeln sich Bienenvölker, die im Umfeld der Mischungen zur Zeit der Blüte aufgestellt werden?

Ziel war es, zu überprüfen, in welchem Maße die Mischungen von den aufgestellten Bienenvölkern als Bienenweide genutzt wurden und inwieweit sich der Eintrag von Nektar und Pollen auf die Entwicklung der Völker im Spätsommer und auf die Überwinterungsfähigkeit auswirkt.

2) Effekte einzelner Wildpflanzenarten auf die Bienengesundheit und Honigqualität am Beispiel von Pyrrolizidinalkaloiden

In den entwickelten Pflanzenmischungen ist *Echium vulgare* (Natternkopf) enthalten. Im Nektar und Pollen von *Echium* sind Pyrrolizidinalkaloide vorhanden. Diese Stoffgruppe ist z. B. auch im Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea*) enthalten. Pyrrolizidinalkaloide (PAs) sind in hohen Dosen giftig und können bei Menschen zu Leberschäden führen. Sie sind ebenfalls für Weidetiere gefährlich und haben bei Pferden und Wiederkäuern bereits Todesfälle verursacht. Über den Nektar und Pollen gelangen PAs in den Honig. Die Toxizität von PAs auf Bienen (adulte Tiere und Larven) wird zur Zeit in mehreren Studien untersucht. Da bisher Wildpflanzen wie *Echium* nicht landwirtschaftlich genutzt wurden und natürlicherweise die Pflanzenbestände keine große Dichte erreichen, gibt es in Deutschland bisher keine Honige, die hohe Anteile an Nektar und Pollen von *Echium vulgare* enthalten.

Bei einem großflächigen Anbau von Pflanzenmischungen mit *Echium* besteht aber die Gefahr, dass der Nektaranteil von *Echium* im Honig so groß wird, dass größere Mengen von PAs in den Honig gelangen. Im Rahmen des Projektes wurde Honig aus Bienenvölkern, die direkt an den Flächen aufgestellt waren, auf PAs untersucht. Mit Hilfe von Zeltversuchen wurde überprüft, ob Bienen, die auf einer Pflanzenmischung mit Natternkopf Nektar und Pollen sammeln, beeinträchtigt werden und ob die eingetragene Menge an Pyrrolizidinalkaloiden zu Rückständen im Honig führt.

7.4.2 Material und Methoden

7.4.2.1 Einflüsse von Blümmischungen im Umfeld von Bienenvölkern auf die Volksentwicklung und Überwinterungsfähigkeit

In den Untersuchungsjahren 2012, 2013 und 2014 wurde der Einfluss der Ansaatmischungen im Umfeld von Bienenvölkern auf deren Volksentwicklung und die Überwinterungsfähigkeit überprüft.

Im Jahr 2012 wurden 21 Bienenvölker mit Geschwisterköniginnen aus dem Bienenwirtschaftsbetrieb des Fachzentrums Bienen an drei Standorten (jeweils 7 Völker je Standort) im Landkreis Würzburg aufgestellt. An einem Standort befand sich die Biogastestmischung im 1. Standjahr, an einem weiteren Standort im

2. Standjahr. Als Kontrollstandort wurde ein Bienenstand in der Gemeinde Retzstadt ausgewählt, da dieser den typischen Trachtbedingungen in Mainfranken entspricht.

Jeweils nach Ende der Blüte wurden die Bienenvölker abgewandert und am Standort Veitshöchheim gemeinsam aufgestellt. Hier fand die Überwinterung aller Gruppen, auch der Kontrolle, unter gleichen Standortbedingungen statt. Von den 21 Völkern konnten 20 Völker ausgewintert werden, ein Volk aus der Kontrollgruppe war bei der Durchsicht im März ohne Königin, daher wurde dieser Datensatz bei der Bewertung der Überwinterung nicht berücksichtigt.



Bild 7.4.1 und 7.4.2: Bienenstände im Untersuchungsjahr 2012; links Rimpar 2. Standjahr, rechts Rimpar 1. Standjahr.

Im Jahr 2013 wurden an der Fläche in Rimpar im 2. Standjahr und am Kontrollstandort in Retzstadt jeweils 5 Völker aufgestellt. Ein zweiter Standort (1. Standjahr 2013) konnte nicht genutzt werden, da der Bestand auf Grund der sehr späten Saat zu spät zur Blüte kam und so keine praxisbezogene Aussage möglich gewesen wäre.



Bild 7.4.3: Bienenstand im Untersuchungsjahr 2013 an der Versuchsfläche im 2. Standjahr in Rimpar.



Bild 7.4.4: Bienenstand im Untersuchungsjahr 2014 an der Versuchsfläche im 1. Standjahr in Unterpleichfeld

Im Untersuchungsjahr 2014 wurden erneut eine Fläche im ersten und eine Fläche im zweiten Standjahr angewandert. Da an der Fläche im zweiten Standjahr in Werneck ein Teil der Fläche bereits frühzeitig gemäht wurde und dann einige Arten noch im Spätsommer zur Blüte kamen, wurde hier die Beobachtungsdauer verlängert. Neben einem Kontrollstandort in der Nähe von Würzburg (Zell) wurde ein weiterer Standort in der Nähe von Erlangen (Kairlindach) eingerichtet. Während 2012 und 2013 Wirtschaftsvölker für die Versuche genutzt wurden, kamen 2014 als Versuchsvölker Kunstschwärme zum Einsatz. Die Kunstschwärme wurden einheitlich mit 2,5 kg Bienenmasse im Juni gebildet und zunächst an einem Standplatz gemeinsam aufgestellt. Von diesem Stand aus wurden sie dann im Juli auf die Versuchsstandorte bzw. Kontrollstandorte verteilt. Für jeden Standort wurden 6 Völker gebildet.

An allen Völkern wurden vor Versuchsbeginn, nach Ende der Blüte vor der Einfütterung, zur Einwinterung und bei der Auswinterung Populationsschätzungen vorgenommen (Liebefelder Schätzmethode). Bei diesen Populationsschätzungen wurde die Anzahl der Bienen und Brutzellen sowie die Vorräte an Pollen und Honig erfasst.



Bild 7.4.5 und 7.4.6: Bienenstand im Untersuchungsjahr 2014 an der Versuchsfläche im 2. Standjahr. Ein Teil der Fläche wurde bereits frühzeitig gemäht, so dass nach Abschluss der Blüte der eigentlichen Fläche durch die dann blühenden Malven eine weiteres Trachtangebot zur Verfügung stand.

An jeweils zwei Bienenvölkern je Bienenstand wurde während der Blüte 2012 Pollen mit Hilfe einer Pollenfalle gesammelt. Diese Pollenfalle besteht aus einem Gitter, welches in die Bienenvölker eingelegt wird und das von den heimkehrenden Sammlerinnen passiert werden muss. Das Gitter ist eng, so dass die Tiere ihre Pollenhöschen beim Durchlaufen verlieren. Der herabfallende Pollen wird in einer Schale aufgefangen und entnommen (siehe Bild 7.4.7 und 7.4.8). Der Pollen wurde getrocknet und gewogen. Diese Daten ermöglichen eine Aussage über die Pollentracht an den jeweiligen Standorten während der Blüte. Diese Versuche wurden 2013 mit allen Versuchsvölkern (Kontrolle und 2. Standjahr) über fünf Tage wiederholt.



Bild 7.4.7 und 7.4.8: Entnahme der Pollenproben aus den Versuchsvölkern.

7.4.2.2 Effekte einzelner Wildpflanzenarten auf die Bienengesundheit und Honigqualität am Beispiel von Pyrrolizidinalkaloiden

Mit Hilfe von Zeltversuchen sollte überprüft werden, ob Bienen, die auf einer Pflanzenmischung mit Natternkopf Nektar und Pollen sammeln, beeinträchtigt werden und ob die eingetragene Menge an Pyrrolizidinalkaloiden zu Rückständen im Honig führt.

Für diesen Versuch wurden zunächst Parzellen mit einer Wildpflanzenmischung angelegt, die unterschiedliche Anteile an *Echium* enthielt. Auf den Parzellen wurden dann Flugzelte mit einer Grundfläche von 16 m² aufgestellt und Bienenvölker mit einer Bienenmasse von knapp 5000 Bienen eingesetzt. Die Völker wurden als Kunstschwärme gebildet und erhielten nur etwas Futterteig aus Zucker als Futtermittel. So waren die Tiere gezwungen, auf der Fläche nach Nahrung zu suchen.

Die projektive Deckung mit *Echium vulgare* wurde in den einzelnen Zelten zu Versuchsbeginn ermittelt (50 %, 10 % und 5 %; nach Braun-Blanquet). Die Bienenvölker wurden in regelmäßigen Abständen kontrolliert und die Anlage des Brutnestes erfasst. Am Ende des Versuches (nach 27 Tagen) wurden aus allen Völkern Honigproben entnommen und die botanische Herkunft von 500 Pollen ausgewertet. Die Honige wurden zusätzlich auf Pyrrolizidinalkaloide untersucht. Neben den Versuchsvölkern wurde zusätzlich Honig von Völkern untersucht, die an einer Vermehrungsfläche für Natternkopf aufgestellt waren. Eine weitere Sammelprobe stammte von Bienenvölkern, die zeitgleich abgeerntet wurden in deren Umfeld aber keine größeren Bestände von *Echium* vorhanden waren (Referenzhonig).



Bild 7.4.9: Versuchszelte mit unterschiedlichen Anteilen an *Echium vulgare*.

Honigproben aus Versuchsbienenvölkern, die unmittelbar an den Versuchsfeldern im Freiland aufgestellt waren, wurden ebenfalls auf den Anteil von *Echium*-Pollen und auf PAs analysiert.



Bild 7.4.10 und 7.4.11: *Echium vulgare* in den Versuchszelten. In jedes Zelt wurde ein Bienenvolk eingesetzt, welches als Kunstschwarm ohne Pollenvorräte gebildet wurde. Die Entwicklung der Völker wurde genau protokolliert.



Bild 7.4.12 und 7.4.13: Vermehrungsfläche mit Echium vulgare. Kunstschwärme in Miniplusbeuten wurden zur Vollblüte ohne Vorräte an der Fläche aufgestellt.

7.4.3 Ergebnisse

7.4.3.1 Entwicklung von Bienenvölkern im Umfeld der WPM

In Abbildung 7.4.1 ist die Volksentwicklung im Jahr 2012 und die Auswinterung 2013 der Völker an der Fläche im 1. Standjahr und an der Kontrolle dargestellt. Ende August sind die Völker an der Versuchsfläche im 1. Standjahr im Mittel mit 15.000 Bienen stärker als die Kontrolle (knapp 10.000 Bienen), gleiches gilt auch für die Anzahl an Brutzellen. Die Abnahme im Herbst entspricht dem üblichen saisonalen Verlauf. Besondere Aufmerksamkeit verdient die große Brutzellenzahl (knapp 28.000 Zellen) im Frühjahr bei den Völkern, die an der Fläche 1. Standjahr aufgestellt waren. Die hohe Brutzellenzahl bei vergleichsweise geringer Bienenzahl bedeutet eine hohe Pflegeleistung für die einzelne Biene. Dies ist nur möglich, wenn diese im Spätsommer erbrüteten Bienen ausreichend Pollen während der Aufzucht und als erwachsene Biene aufnehmen konnten.

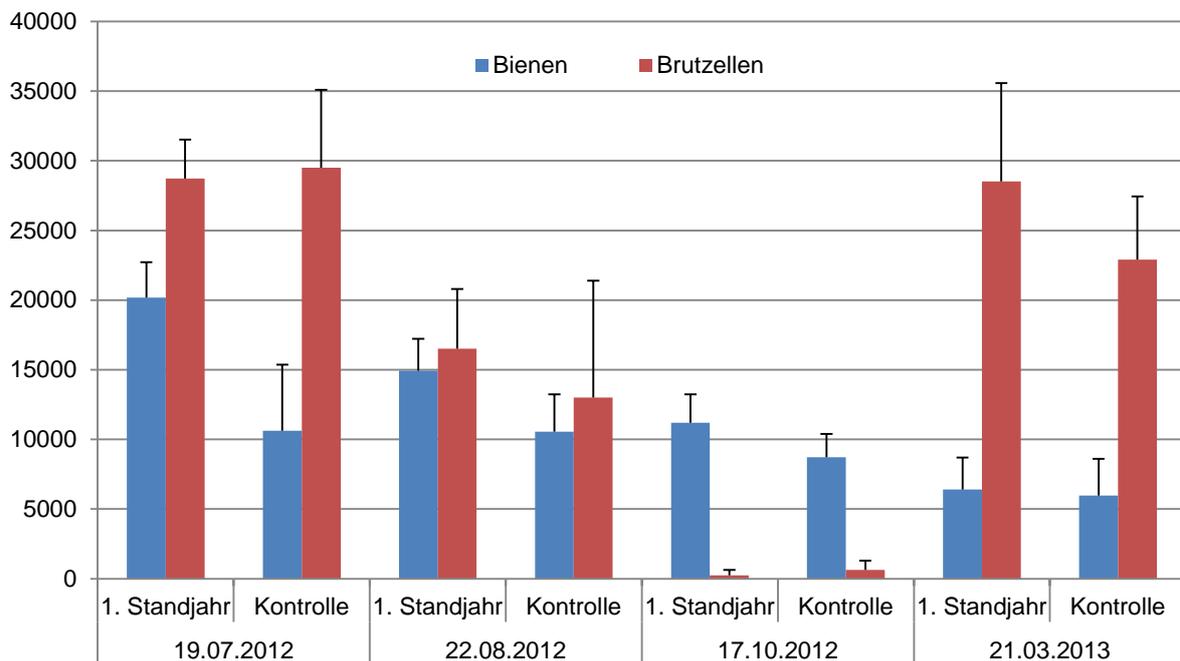


Abbildung 7.4.1: Entwicklung der Bienenvölker im Untersuchungsjahr 2012 an der Fläche im 1. Standjahr und der Kontrolle. Dargestellt sind die Anzahl Bienen und Brutzellen (Mittelwert und Standardabweichung).

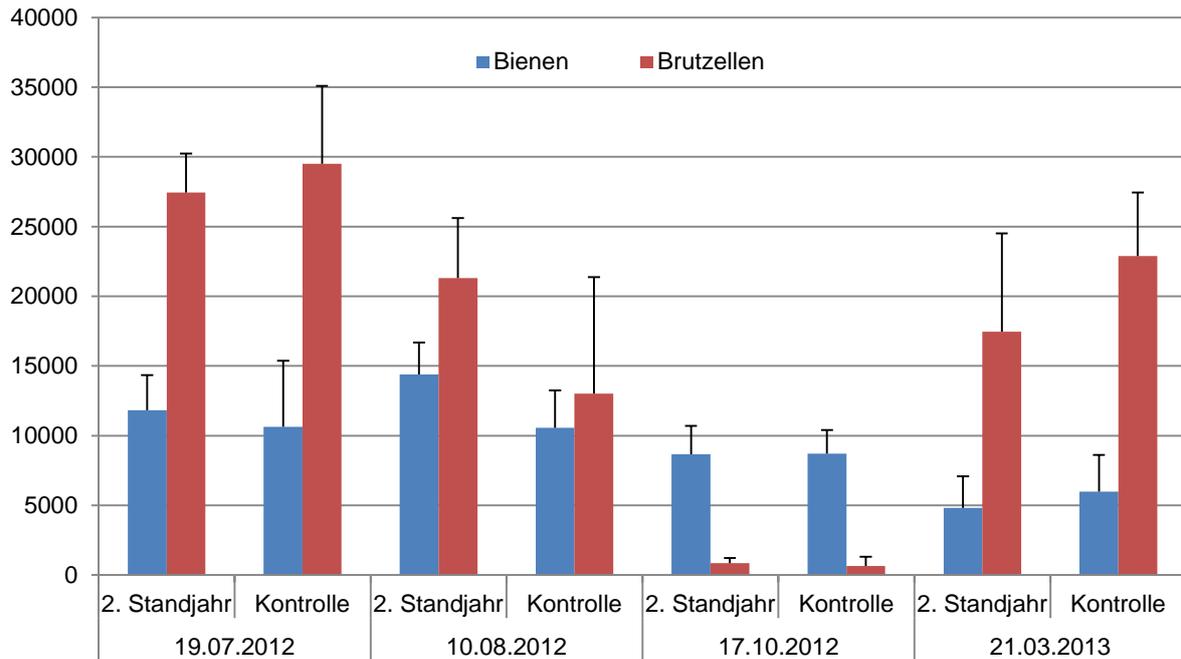


Abbildung 7.4.2: Entwicklung der Bienenvölker im Untersuchungsjahr 2012 an der Fläche im 2. Standjahr und der Kontrolle. Dargestellt sind die Anzahl Bienen und Brutzellen (Mittelwert und Standardabweichung).

Die Völker im 2. Standjahr (Abbildung 7.4.2) sind am Ende der Blüte stärker im Vergleich zur Kontrolle. Zum Zeitpunkt der Auswinterung ist die Brutzellenzahl gegenüber der Kontrolle geringer, ebenso die Bienenzahl.

Im Untersuchungsjahr 2012 wurde der Polleneintrag der Bienenvölker genauer analysiert. In Abbildung 7.4.3 ist das mittlere Trockengewicht der Proben dargestellt. Es wurden jeweils zwei Völker je Standort beprobt. Die Pollenfalle aus den Kontrollvölkern wurde nach Abschluss der Probennahmen in Rimpar 2. Standjahr entnommen und mit Beginn der Probennahme in Rimpar 1. Standjahr wieder eingelegt. Während es zwischen der Kontrolle und Rimpar 2. Standjahr keine Unterschiede gibt, ist der Polleneintrag in die Bienenvölker bei Rimpar 2. Standjahr gegenüber der Kontrolle deutlich erhöht.

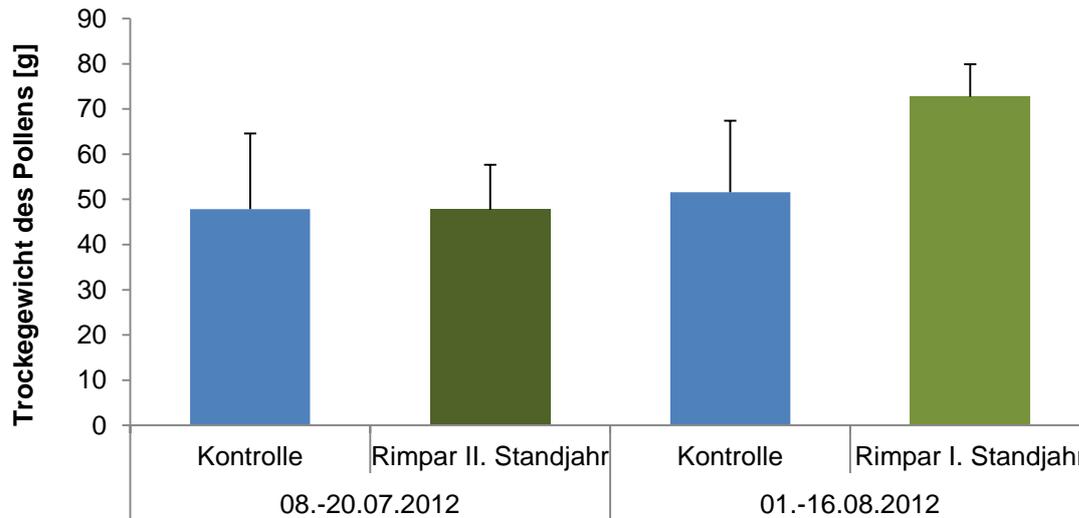


Abbildung 7.4.3: Mittleres Trockengewicht der Pollenproben aus den Versuchsvölkern 2012. Während der Blüte von Rimpar 2. Standjahr wurden 6 Proben aus jeweils 2 Völkern entnommen, während der Blüte von Rimpar 1. Standjahr wurden 7 Proben aus jeweils 2 Völkern entnommen. Dargestellt sind die mittleren Trockengewichte und die Standardabweichungen.

In 2013 wurde in allen Versuchsvölkern über 5 Tage eine Pollenfalle eingelegt und der Polleneintrag täglich entnommen, getrocknet und gewogen. Für jedes Volk wurde ein Mittelwert bestimmt und aus diesen Wert ein Standmittel (siehe Abbildung 7.4.4). Es konnte kein Unterschied zwischen Kontrolle und der Fläche im 2. Standjahr ermittelt werden.

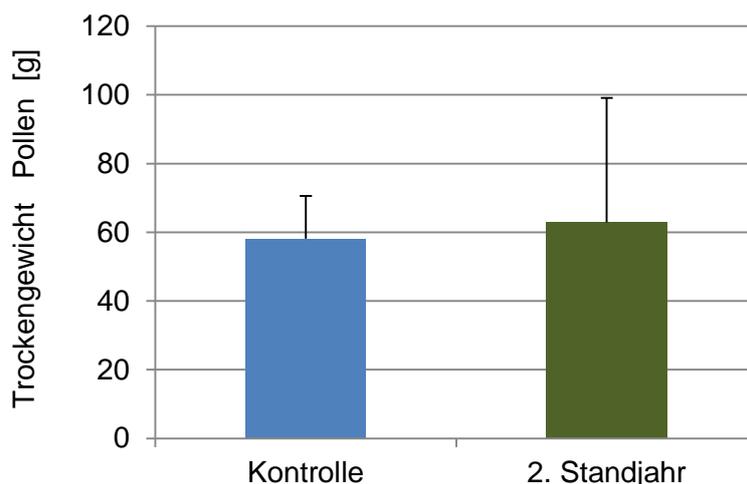


Abbildung 7.4.4: Mittleres Trockengewicht der Pollenproben aus den Versuchsvölkern 2013. Während der Blüte von Rimpar 2. Standjahr wurde an allen Völkern über 5 Tage hinweg Pollen gesammelt. Aus den Daten der Völker wurde ein Tagesmittel errechnet. Dargestellt sind die Mittelwerte der Trockengewichte für die Kontrolle und Rimpar 2. Standjahr (n=5).

Der Polleneintrag war in beiden Untersuchungsjahren mit 50 bis 60 g Trockengewicht/Tag gut. Die Pollenversorgung am Kontrollstandort war zum Zeitpunkt der

Datenerfassung allerdings sehr gut, so dass hier keine Unterschiede zwischen den Gruppen nachweisbar sind.

Berücksichtigt man jedoch die Pollenvorräte, die durch die Populationsschätzungen im Oktober 2013 ermittelt wurden, gibt es zwischen den Gruppen deutliche Unterschiede (Abbildung 7.4.5). Während die Völker der Versuchsstandorte jeweils knapp 3000 Zellen Pollen einlagerten, waren die Vorräte bei den Völkern des Kontrollstandortes mit knapp 750 Zellen deutlich geringer.

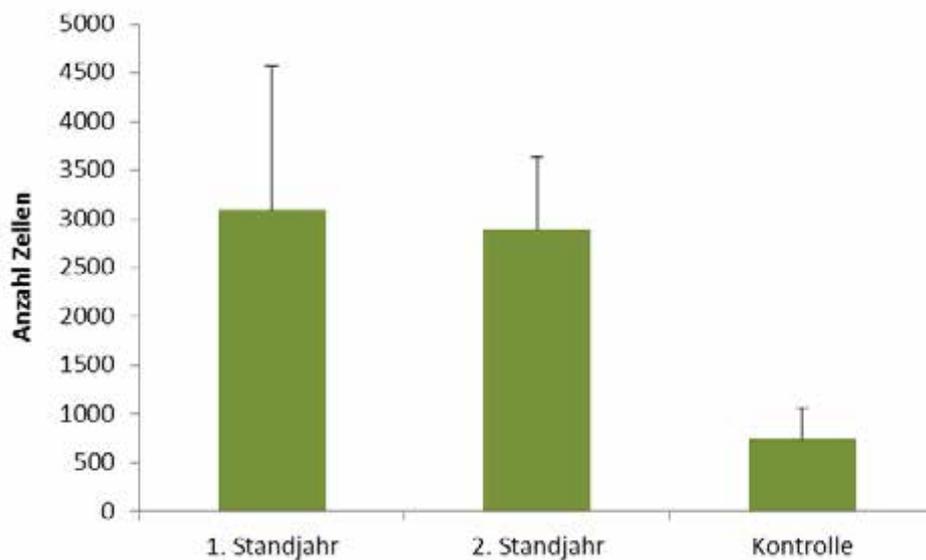


Abbildung 7.4.5: Pollenvorräte der Bienenvölker im Oktober 2012. Dargestellt sind die Anzahl Zellen mit Pollen (Mittelwerte und Standardabweichungen) von n=7 Völkern je Gruppe.

Im Untersuchungsjahr 2014 wurden die Versuchsvölker als Kunstschwärme gebildet und mussten sich bis zur Einfütterung selbst versorgen. Die Ergebnisse der Populationsschätzung zur Einwinterung und Auswinterung sind in der Abbildung 7.4.6 dargestellt.

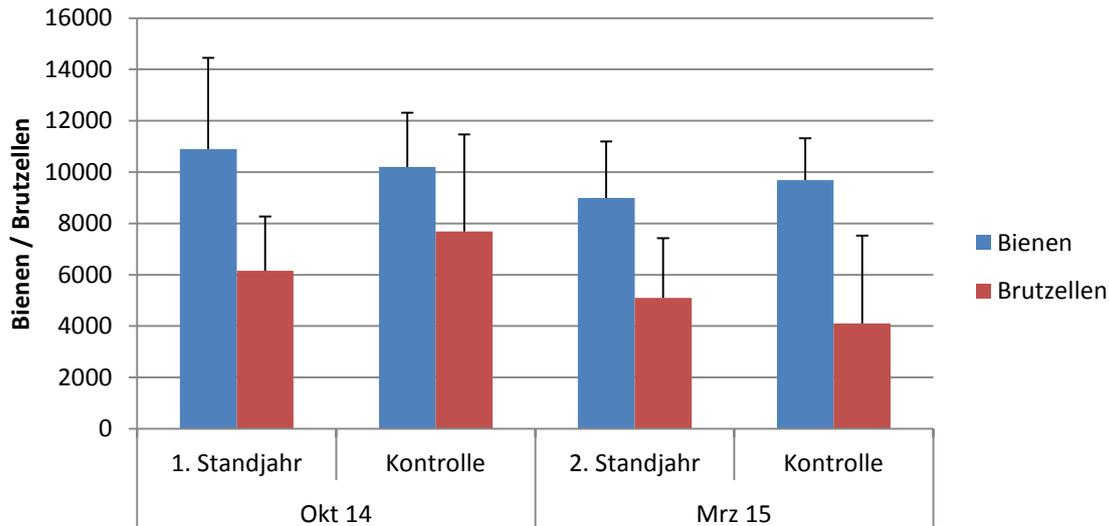


Abbildung 7.4.6: Ergebnisse der Populationsschätzung im Herbst 2014 und im März 2015. Dargestellt sind die Anzahl Bienen und Brutzellen (Mittelwert und Standardabweichung, $n = 6$).

Die Überwinterung eines Bienenvolkes wird mit Hilfe des Überwinterungsquotienten beurteilt. Dazu wird die Bienenzahl bei der Auswinterung durch die Bienenzahl bei der Einwinterung geteilt. In der Regel nimmt die Bienenmasse über den Winter ab, der Wert liegt unter eins, ist aber sehr variabel. Für die Überwinterung 2014 wurde der Überwinterungsindex für beide Bienengruppen ermittelt. Das Ergebnis liegt ist in Abbildung 7.4.7 dargestellt.

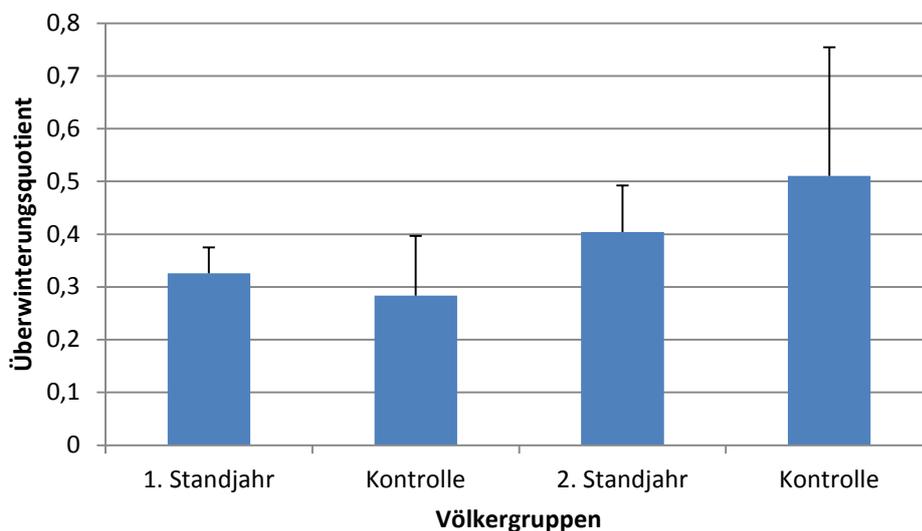


Abbildung 7.4.7: Überwinterungsquotient der Versuchsbienenvölker aus der Überwinterung 2014 / 2015 (Mittelwert und Standardabweichung, $n = 6$).

Bienenvölker, die an den Energiepflanzenflächen aufgestellt waren, überwinterten 2014/2015 ähnlich wie die jeweilige Kontrollgruppe. Es konnten keine Unterschiede beobachtet werden.

7.4.3.2 Effekte einzelner Wildpflanzenarten auf die Bienengesundheit und Honigqualität am Beispiel von Pyrrolizidinalkaloiden

Der Zeltversuch wurde im Sommer 2013 durchgeführt. Die aus Kunstschwärmen gebildeten Bienenvölker entwickelten sich in den ersten Tagen in den Zelten sehr gut. Alle Königinnen gingen in Eilage und auch die Entwicklung der Larven war zunächst unproblematisch. Es konnte bereits nach wenigen Tagen die Einlagerung des auffälligen *Echium*-Pollens in den Waben beobachtet werden. Allerdings stiegen während des Versuchs die Temperaturen stark an und erreichten in der zweiten Julihälfte Tageshöchsttemperaturen von bis zu 37°C. Dies hat dazu geführt, dass die Versuchsvölker im Zelt die Brutnesttemperatur nicht ausreichend regulieren konnten und ein Teil der Brut ausgeräumt wurde. Diese Umstände erschweren die Interpretation der Daten. In Abbildung 7.4.8 und 7.4.8 ist die Entwicklung der Anzahl an Eiern und Larven dargestellt.

Trotz der hohen Ausräumraten kann bis zum Zeitpunkt, an die Brut ausgeräumt wird, kein Unterschied zwischen den Völkern beobachtet werden. Ein eindeutig negativer Effekt eines hohen *Echium*-Anteils auf die Bienenbrut lässt sich nicht nachweisen. Gestützt wird diese Aussage durch Versuche an Vermehrungsflächen von *Echium*. Dort wurden ebenfalls Kunstschwärme ohne Futtermittel aufgestellt und die Völker entwickelten sich normal.

Der Anteil an *Echium*-Pollen in den Honigproben aus den Versuchsvölkern war erwartungsgemäß hoch, ebenso der Anteil an Pyrrolizidinalkaloiden. Die Ergebnisse aus Tabelle 7.4.1 zeigen, dass mit steigendem Pollenanteil im Honig auch der PA-Gehalt im Honig zunimmt. Dabei ist zu bedenken, dass PAs sowohl im Pollen als auch im Nektar der Pflanze vorkommen. Die Analyse erfolgte durch ein externes Labor.

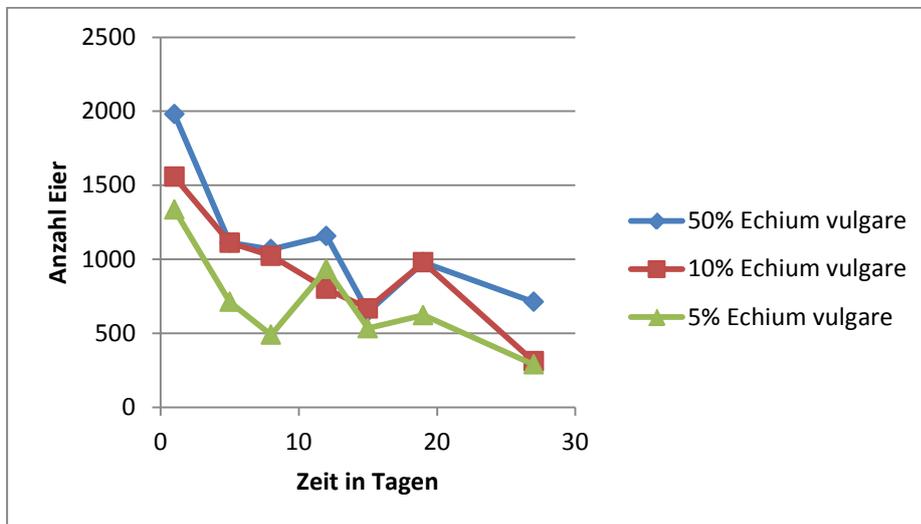
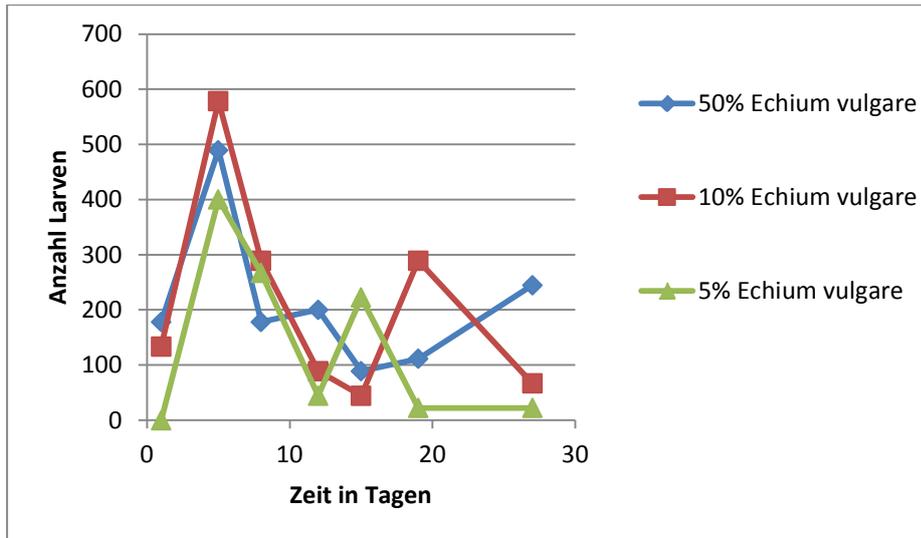


Abbildung 7.4.8 und 7.4.9: Entwicklung des Brutnestes der Völker in den Versuchszelten. Dargestellt sind die Anzahl Eier und Larven über den Versuchszeitraum von 27 Tagen.

Tabelle 7.4.1: Pollenspektren der Honigproben aus den Versuchsvölkern

Zeit 1: 50 % Deckung		Zeit 2: 10 % Deckung		Zeit 3: 5 % Deckung	
Pflanzengattung	Anzahl Pollen	Pflanzengattung	Anzahl Pollen	Pflanzengattung	Anzahl Pollen
Echium	350	Echium	287	Echium	250
Taraxacum	50	Achillea	51	Trifolium	76
Prunus Pyrus Rubus	39	Taraxacum	25	Taraxacum	37
Brassica Sinapis Trifolium Parthenocissus Anthriscus Plantago Serratula Helianthus	61	Caryophyllacea Brassica Sinapis Prunus Pyrus Rubus Plantago Carduus Centaurea Artemisia	137	Achillea	20
				Brassica Sinapis Prunus Pyrus Rubus Plantago Helianthus	117

Der Honig, der an der Vermehrungsfläche aus den Bienenvölkern entnommen wurde, konnte für ein weiterführendes Experiment genutzt werden. Dazu wurden Bienen in einem Käfigversuch über 23 Tage ausschließlich mit verschiedenen Honigdiäten gefüttert und der Einfluss auf die Mortalität analysiert. Für jede Honigdiät wurden jeweils fünf Käfige mit 20 Bienen besetzt und täglich der Futterverbrauch und die Mortalität erfasst. Neben dem Echium-Honig wurden ein Blütenhonig, ein Waldhonig und ein Futtersirup aus dem Imkereihandel getestet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7.4.10 dargestellt.

Es konnten keine negativen Effekte des Echium-Honigs auf die erwachsene Biene im Käfigversuch nachgewiesen werden. Die Mortalität lag bei Fütterung von *Echium*-Honig zwar leicht über der Mortalität von Blütenhonig, aber unter der Mortalität bei Fütterung des Sirups.

Tabelle 7.4.2: Konzentrationen an Pyrrolizidinalkaloiden im Honig aus den Versuchsvölkern des Zeltversuches sowie im Referenzhonig und im Honig von Versuchsvölkern der *Echium-vulgare*-Vermehrungsfläche

	5 %- Echium Deckung	10 %- Echium- Deckung	50 %-Echium- Deckung	Echium vulgare- Vermehrungsfläche	Referenzhonig ohne Echium vulgare
Echimidin in µg/kg	250	270	200	250	11
Echimidin-NOx in µg/kg	31	57	402	130	17
Retrorsin in µg/kg	-	-	3,3	-	-
Summe PAs in µg/kg	281	327	603	380	28

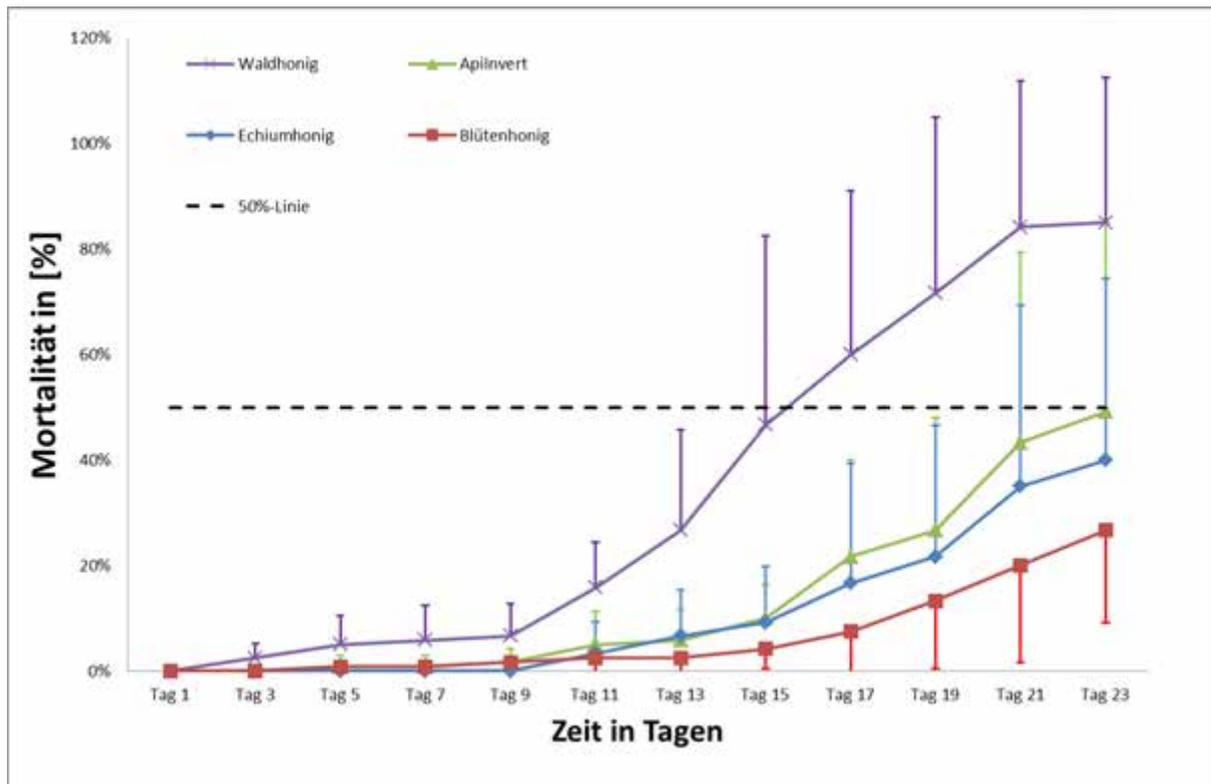


Abbildung 7.4.10: Mortalität von Honigbienen im Käfigversuch bei Verfütterung verschiedener Honige. Die PA Konzentration des Echium-Honigs lag bei 380 ppb, die des Blütenhonigs bei 28 ppb.

Aus den Bienenvölkern an den Versuchsflächen wurden Honigproben entnommen und der Anteil an Echium-Pollen im Honig bestimmt (Tabelle 7.4.3). Diese Untersuchung wurde vom Fachzentrum Analytik der LWG durchgeführt. Dabei wurde der Anteil von Echium ab 1 Prozent quantifiziert. Bei Nachweis einzelner Echium-Pollen wurden diese Proben mit x gekennzeichnet. Die Ergebnisse der Analyse der Honige auf Pyrrolizidinalkaloide sind in Tabelle 7.4.4 dargestellt.

Tabelle 7.4.3: Anteil Echium-Pollen am Gesamtpollen im Honigsediment. Ausgewertet wurden 500 Pollenkörner. Bei Nachweis einzelner Pollenkörner wurde die Probe mit „X“ gekennzeichnet.

% Echium Pollen	1. Standjahr 2012	2. Standjahr 2012	Kontrolle 2012	2. Standjahr 2014	Kontrolle 2014
n =	6	7	7	5	6
Volk 1	x	x	0	4	3
Volk 2	x	x	0	x	16
Volk 3	x	2	x	0	8
Volk 4	x	x	0	0	10
Volk 5	x	x	x	8	21
Volk 6	3	x	x		1
Volk 7		6	0		
Anzahl Honige	6	7	3	3	6
mit Echium-Pollen	Honige insgesamt mit Echium-Pollen > 1 Prozent: 44 Prozent				

Tabelle 7.4.4: Konzentrationen an Pyrrolizidinalkaloiden im Honig aus den Versuchsvölkern an den Versuchsflächen.

PA Gesamt µg/kg	1. Standjahr 2012	2. Standjahr 2012	Kontrolle 2012	2. Standjahr 2014	Kontrolle 2014
n =	6	7	7	5	6
Volk 1	80,6	0	0	82,2	4,3
Volk 2	41	0	0	22,4	24,0
Volk 3	52,5	0	5,1	69,6	21,0
Volk 4	41,4	0	0	32,5	24,2
Volk 5	161,1	0	18,2	32,2	46,8
Volk 6	315,5	15	7,6		12,1
Volk 7		0	0		
Mittelwert	115,4	2,1	4,4	47,8	22,1
Standardabweichung	108,0	5,7	6,8	26,4	14,4

Es konnten Pyrrolizidinalkaloide in fast allen Honigproben nachgewiesen werden. Überraschend waren relativ hohe PA-Werte in Proben aus Bienenvölkern, die an einer Fläche im 1. Standjahr 2012 standen (im Mittel 115,4 ppb). Im ersten Standjahr blühte dort kein Echium. Es ist denkbar, dass die PA-Gehalte durch den Eintrag von Nektar anderer Pflanzen entstanden sind (Jakobskreuzkraut, Borretsch). Allerdings konnten im Pollenspektrum keine dieser Pflanzen in nennenswerten Mengen nachgewiesen werden.

In 2014 wurden PAs in Bienenvölkern vom Kontrollstandort (22,1 ppb) als auch in Bienenvölkern, die an einer Fläche im zweiten Standjahr aufgestellt waren (47,8 ppb), nachgewiesen. Es konnte nur in wenigen Honigproben größere Mengen an Echium nachgewiesen werden. Echium ist vor allem im zweiten Standjahr in den Mischungen zu finden.

7.4.4 Diskussion

Die Entwicklung der Bienenvölker war in allen Untersuchungsjahren gut. Allerdings konnte an keinem Standort und in keinem Jahr Honig geerntet werden. Die Völker mussten am Ende der Blüte direkt für die Einwinterung gefüttert werden. Der von den Bienen eingetragene Nektar wurde im Brutnestbereich abgelegt, nicht im bereitgestellten Honigraum. Ein solches Verhalten ist im Spätsommer nicht ungewöhnlich, denn die Bienen befinden sich dann bereits in der Vorbereitung auf die Winterruhe. Nur bei größerer Nektarverfügbarkeit wird der Honig dann noch im Honigraum abgelegt.

Der Nektareintrag hat bei den Völkern an den Flächen im ersten Standjahr zu einer Futterersparnis geführt, die von Jahr zu Jahr schwankte. 2012 konnten 7 kg und damit die Hälfte des Winterfutters eingespart werden. In 2013 und 2014 wurden ähnliche Werte erreicht. Dabei ist nicht nur die finanzielle Ersparnis für eingespartes Futter zu berücksichtigen, sondern auch der geringere Arbeitsaufwand in der Imkerei.

Der kontinuierliche Eintrag von Nektar und Pollen hatte in keinem Jahr Effekte auf die Behandlung gegen die Varroose gezeigt. Die Völker konnten frühzeitig mit Ameisensäure behandelt und mit einem geringen Milbenbefall eingewintert werden.

An allen Versuchsflächen war eine Bearbeitung der Völker auch während des Bienenflugs im Juli/August möglich, da auf Grund des guten Nektar- und Pollenangebotes keine Räuberei auftrat. So ist auch die Gefahr einer Reinvansion (Eintrag von Varroamilben durch räubernde Bienen) als gering einzuschätzen.

Im Zeltversuch stieg mit höherem Anteil von *Echium vulgare* an der Mischung auch der Eintrag von Pyrrolizidinalkaloiden an. Es konnten jedoch keine Effekte auf die Brut oder die erwachsene Biene nachgewiesen werden. Auch im Käfigversuch konnte kein Effekt bei Verfütterung eines *Echium*-Honigs über drei Wochen beobachtet werden.

In den Freilandvölkern wurden PAs auch im Honig von Völkern nachgewiesen, die keinen oder nur geringen Zugang zu *Echium vulgare* hatten. Es gibt zur Zeit keinen Grenzwert für Pyrrolizidinalkaloide im Honig. Allerdings empfiehlt das Bundesamt für Risikobewertung (Stand 2013), dass die tägliche Aufnahme von PAs $0,007 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht nicht überschreiten sollte. Eine 70 kg schwere Person kann also eine tägliche Honigportion von 20 g Honig mit 25 ppb PAs zu sich nehmen. Dieser Wert wird bei einigen Proben überschritten. Allerdings wurde in keinem Jahr Honig geerntet und es ist auch nicht davon auszugehen, dass über das Winterfutter größere Mengen dieses Honigs in den Frühtrachthonig gelangen.

Ein Risiko geht allerdings von Vermehrungsflächen von *Echium vulgare* aus. Hier können hohe Belastungen mit PAs im Honig erreicht werden und es muss eine entsprechende Aufklärung bei Saatguterzeugern und Imkern erfolgen.

7.4.5 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

In allen Untersuchungsjahren entwickelten sich die Bienenvölker an den Wildpflanzenmischungen sehr gut und zeigten im Vergleich zu den Kontrollstandorten eine bessere Futtersorgung. Die Völker konnten gute Pollenvorräte anlegen und lagerten im Brutnestbereich Honig ein. Es war keine zusätzliche Honigernte möglich, aber eine Ersparnis beim Winterfutter bis zu 50 Prozent. Die Besorgnis aus der Imkerschaft, dass die Bienenvölker durch die späte Tracht das Brutgeschäft ausdehnen und die Varroabefallsentwicklung ungünstig beeinflusst wird, konnte nicht bestätigt werden. Im Gegenteil: Die kontinuierliche Tracht hat die Gefahr der Räuberei gedämpft und eine Varroa-Behandlung mit Ameisensäure war ohne Probleme in allen Jahren möglich.

Echium vulgare ist in den Honigproben der Versuchsvölker an den Versuchsfeldern im zweiten Standjahr nachweisbar, allerdings in geringen Mengen. Es können zwar Pyrrolizidinalkaloide nachgewiesen werden, diese spielen aber im Winterfutter der Bienenvölker sehr wahrscheinlich keine Rolle. Effekte auf die Bienenbrut konnten im Zeltversuch und Effekte auf die erwachsene Biene im Käfigversuch nicht nachgewiesen werden.

Als Beratungsempfehlung muss jedoch auf das Risiko von PA-Eintrag bei Aufstellung von Bienenvölkern in der Nähe von Vermehrungsflächen von *Echium vulgare* hingewiesen werden. Honig sollte von diesen Völkern nicht geerntet bzw. nicht vermarktet werden. Die Empfehlung findet bereits Anwendung in der Fachberatung für Bienenzucht in Bayern.

8. Verwertung der Ergebnisse

Die Mischungszusammensetzung der Praxistestmischung (heimisch) hat die LWG erstmals in dlz agrarmagazin 12/2012 publiziert. Produzenten von Wildpflanzen-saatgut haben nun die Möglichkeit, diese Mischungen selbst herzustellen sowie regional und standörtlich anzupassen.

Seit 2012 bieten Saaten Zeller und sein Vertriebspartner Feldsaaten Freudenberger die Praxismischung in zwei Varianten an, nämlich als BG 70 und BG 90 (letztere ohne einjährige Arten, gedacht als Untersaat unter Deckfrüchte wie Mais oder Sommergerste, die mit reduzierter Saatstärke ausgebracht werden). Diese Mischungen werden zum Preis von rund 380 €/ha verkauft. 2013 kamen insgesamt weitere 410ha hinzu, davon 250ha BG 70 und 160ha BG 90. Diese wurden schwerpunktmäßig in Brandenburg und Sachsen-Anhalt ausgesät. 2014 wurde deutlich weniger verkauft.

Ein gewerbliches Schutzrecht hat Saaten Zeller bislang nicht angemeldet, dies steht diesem und anderen Unternehmen grundsätzlich frei. Die LWG hat nicht vor, ein Schutzrecht auf eine dieser Mischungen anzumelden, da sie als staatliche Institution kein wirtschaftliches Interesse an einem Warenzeichen hat.

Beim Einsatz von Wildpflanzen ist naturgemäß noch eine große Streuung bei verschiedenen Wachstumsparametern zu beobachten (Unterschiede im Feldaufgang, der Wuchshöhe und auch der Erntereife). Dies ist aus Naturschutzsicht zwar wünschenswert, erschwert dagegen die wirtschaftliche Biogasnutzung, so dass sich durch gezielte Auslese Spielräume zur Ertragssteigerung eröffnen. Dies kann auch in der Anmeldung von Sorten durch Saatgutproduzenten münden.

Das heute erreichte Ertragsniveau z.B. von Mais basiert auf jahrzehntelangen Anstrengungen in Züchtung und Forschung. Das bei den Forschungsarbeiten zum Thema artenreiche Wildpflanzenmischungen zur Biogaserzeugung mittlerweile erzielte Ertragsniveau von ca. 50 % des Maisertrags ist zufriedenstellend. Hinzu kommt der Mehrfachnutzen, nämlich auch für die Tierwelt, wie bereits für die ersten Standjahre aufgezeigt werden konnte.

9. Erkenntnisse von Dritten

Im europäischen Raum wurden keine anderweitigen Forschungsarbeiten mit vergleichbarer Zielrichtung in der Fachwelt veröffentlicht, wie Recherchen in Fachzeitschriften und in Literaturdatenbanken mit internationalen Quellenangaben („current contents“, „web of science“) ergaben.

In Deutschland gab es zwei Forschungsprojekte, die unter anderem den gezielten Anbau von heimischen Wildpflanzenarten in Mischungen zum Inhalt haben oder die die Verwendung artenreicher Saatgutmischungen zur Etablierung mehrjährig stabiler Bestände zur Biomasse- und Biogasgewinnung untersuchen.

Im Jahr 2011 wurde an fünf Standorten in Baden-Württemberg mit dem Versuch „Dauerkulturen zur Biogasnutzung“ begonnen (LTZ Augustenberg in Kooperation mit LAZBW Aulendorf), bei dem neben drei anderen Dauerkulturen (Topinambur, Virginiamalve und Durchwachsene Silphie) auch Wildpflanzenmischungen zur Biogasgewinnung angebaut und untersucht werden. Es handelt sich dabei um eine von der LWG noch nicht näher geprüfte Mischung der Fa. Rieger-Hoffmann sowie um die im Rahmen des vorliegenden Projekts entwickelte Praxismischung, die über die Fa. Saaten-Zeller zur Verfügung gestellt wurde. Letztgenannte Mischung wurde an drei Standorten zusätzlich in den Jahren 2012 ausgesät. Die Untersuchungen umfassen Ertragsbestimmungen und verschiedene Analysen des Erntematerials. Dabei wurden 8-13 t TM/ha erreicht. Der Methanhektarertrag lag bei knapp 40 % des Maisertrags, bei guten Siliereigenschaften. Insgesamt wurden die WPM als interessante Alternative zu Energiemais bewertet, die insbesondere wegen der ökologischen Vorteile überzeugen (Zürcher & Messner 2015).

Im Oktober 2011 startete das FNR-Projekt der Universität Osnabrück „Optimierte Energiepflanzen – Anbausysteme zur nachhaltigen Biogaserzeugung – Upscaling der FuE-Ergebnisse zu neuen Kulturen und deren Implementierung“ (FKZ: 22017511), Laufzeit bis Januar 2015. Auf vier jeweils insgesamt 100ha großen Versuchsfeldern der Ruhe Agrar GmbH in Nordostdeutschland wurden alternative Energiepflanzen großflächig angebaut und untersucht. An zwei Standorten davon (Vehlow/Kyritz und Fürstenhagen) wurden neben Mais, Szarvasi-Gras und Silphie auch die Wildpflanzenmischung (WPM) sowie die WPM als Untersaatvariante unter Mais 2012 angesät, und zwar jeweils auf 4 Flächen à 5ha, zusammen also 40 ha WPM (BG 70) und 40ha WPM als Untersaatvariante BG 90. Im ersten Standjahr

wurden im Mittel 4t TM/ha geerntet; ein Ergebnis, das sich im 2. Standjahr in Vehlow wiederholte, während in Fürstehagen 6-8 t TM/ha erzielt wurden. Die Untersaatvariante lag im 2. Standjahr im Mittel bei knapp 4 t an beiden Standorten. Beim Mais wurden 2012 12 t/ha in Vehlow und 16 t/ha in Fürstehagen geerntet (Brauckmann 2013). Insgesamt gesehen blieben die Erträge hier hinter den Ergebnissen der LWG zurück.

Einige Projekte befassen sich mit der praktischen Umsetzung dieser oder vergleichbarer Biogasmischungen, unter anderem ein PLENUM-Projekt in der Bodenseeregion ab 2011. In Niedersachsen (Bioenergie Wendland-Elbetal und Göttinger Land) wurden beispielsweise im Rahmen der Projekte „Natur 1“ und „Natur 2“ im Frühjahr 2014 Wildpflanzenmischungen auf Praxisflächen ausgesät. Bereits 2013 begann das Pilotprojekt „Mehrjährige Wildpflanzenmischungen zur Biogas-Energiegewinnung“, das zu zwei Dritteln vom Landwirtschaftsministerium und zu einem Drittel von der Landesjägerschaft Niedersachsen finanziert wird. Sechs Betriebe haben auf 25ha WPM angesät. Das Projekt wird vom Netzwerk Lebensraum Feldflur begleitet und läuft bis 2016.

Diese Praxisprojekte bestätigen die Anbauwürdigkeit der WPM, da die Defizite im Ertrag gegenüber einer Maisfruchtfolge zumindest teilweise ausgeglichen werden durch die Einsparung von Arbeitsgängen und Betriebsmitteln, vor allem aber durch die ökologischen Vorteile.

10. Zusammenfassung

Die Projektphase II brachte für das Anbausystem „Wildpflanzenmischungen zur Biogasnutzung“ wichtige Fortschritte in einer Reihe von Punkten.

Der Düngeversuch ergab, dass bereits bei rund 100 kg Nmin/ha der Stickstoffbedarf für gute Biomassezuwächse gedeckt ist. Dies hatte eine wesentliche Reduzierung der Stickstoffmenge in den Praxisempfehlungen zur Folge. Die herbstlichen Boden-Nitratgehalte lagen in einem für landwirtschaftliche Kulturen sehr niedrigen Bereich. Sie waren selbst bei einer N-Düngung über Bedarf nicht erhöht. Niedrige Nmin-Gehalte wurden auch bei Bodenuntersuchungen auf zwei Praxisflächen bei Brandenburg festgestellt. Eine Veränderung des Humusgehaltes konnte in der kurzen Versuchsdauer von drei Jahren dagegen nicht nachgewiesen werden.

Ursprünglich setzte die LWG einzig auf die Frühjahrsaussaat. Bei einem trockenen Frühjahr oder hohem Unkrautdruck kam es regelmäßig zu erheblichen Ertragseinbußen. Die Bestandsgründungsversuche haben Möglichkeiten zur Erhöhung von Ertragsniveau und Ertragssicherheit aufgezeigt, z.B. die getrennte Aussaat großer und kleiner Samen oder die Untersaat unter Standardkulturen. Das beste Etablierungsergebnis wurde ausnahmslos bei Saat in Sommergerste (in 60 % der regulären Saatstärke) erzielt. Weil hier unerwünschte Beikräuter besser als bei allen anderen Varianten unterdrückt wurden, war diese Methode auch auf Flächen in schlechterem ackerbaulichem Zustand erfolgreich. Auch die Herbstaussaat führte regelmäßig zu einer guten Bestandsentwicklung.

Insgesamt lag das Ertragsniveau der Wildpflanzenmischung im fünfjährigen Anbau bei rund 50 % der Trockenmasse und 40 % der Methanmenge beim Anbau von Silomais in Selbstfolge, mit nach wie vor häufigen Abweichungen. Gleichzeitig wurden gegenüber dem Maisanbau in erheblichem Maß Arbeitsgänge und Betriebsmittel eingespart (um rund 50 %; einmalige Saat und Bodenbearbeitung in fünf Jahren, nur mäßige Düngung, kein Pflanzenschutz). Wirtschaftlich betrachtet kann der Anbau von Wildpflanzen zur energetischen Nutzung dennoch nicht mit sehr ertragsstarken Kulturen wie Silomais konkurrieren, vor allem wenn die Flächennutzungskosten hoch sind. Ob mit der Wildpflanzenmischung Gewinne erwirtschaftet werden können, hängt häufig auch von dem Verfahren bei der Bestandsgründung ab.

Die Zeiternterversuche an Reinkulturen wichtiger Ertragsarten ergaben bei den heimischen Stauden und Kulturarten optimale Erntetermine zwischen Mitte Juli und Mitte August, bei Präriearten lagen sie später. Für die Feststellung der Erntereife kann in der Praxis das Entwicklungsstadium der Blüte von Leitarten herangezogen werden.

Bei Mischungen mit heimischen Stauden sollte die Ernte wegen der teils schnellen Abnahme des Methanhektarertrags während oder kurz nach der Vollblüte der Hauptertragsarten erfolgen.

Präriestaudenmischungen können dagegen ohne Ertragseinbußen auch erst zum Ende der Blühperiode (etwa Mitte September) geerntet werden. Dadurch kann eine Ernte zeitgleich mit Silomais erfolgen und es werden über einen langen Zeitraum Blüten bereitgestellt. Die hohen Trockenmasseerträge und stabilen Methanausbeutewerte bestätigen das große Potenzial von Präriestauden als Energiepflanzenkultur. Nachdem von einigen Arten Saatgut in hinreichender Menge gewonnen werden konnte, wurden im Spätherbst 2013 die ersten Mischansaaten mit diesen Arten umgesetzt.

Zur Entwicklung von Mischungen mit heimischen Stauden wurden die Anpassungen hinsichtlich Artenausstattung und Saatmengen fortgeführt. Die Zusammensetzung einer ersten Wildpflanzenmischung wurde im Dezember 2012 publiziert. In der Projektphase II wurden Varianten erarbeitet, die sich in der Gewichtung ökologischer und ökonomischer Ziele unterscheiden. Bei den ökologische optimierten Varianten wurde für die Versuchsstandorte bei Schwarzenau, Potsdam, Osnabrück und Saterland eine regionale Differenzierung vorgenommen, die, soweit verfügbar, bereits die Verwendung von gebietseigenem Saatgut laut Erhaltungsmischungsverordnung (ErMiV) beinhaltete.

Auf Grund der zunehmenden Artenverarmung bei den bisher verwendeten Mischungen im fortgeschrittenem Alter wurden ab 2014 die Saatmischungen grundlegend umgebaut. Ziel war es, für eine noch höhere Strukturvielfalt bis zum fünften Standjahr Bestände aus 4 bis 5 Hauptertragsarten bereitzustellen. Daneben wurden aus agronomischer Sicht problematische Arten (z. B. *Artemisia vulgaris*) durch andere Ertragsarten ersetzt, die in Sichtungsversuchen teilweise hohe Methanausbeuten erzielten (z. B. *Foeniculum vulgare* und *Arctium spec.*). Die überarbeitete Mischung war im ersten Jahr sehr blütenreich und entwickelte von

Frühsommer bis Spätsommer wechselnde Blühaspekte. Die Kulturarten des ersten Jahres sorgten als Deckfrüchte dafür, dass sich im Unterwuchs Ertragsarten der späteren Standjahre (zweijährige Arten und Stauden) etablierten. Die zweijährigen Arten ermöglichten gute Erträge im 2. Jahr, danach werden die mehrjährigen Staudenarten bestandsprägend sein.

Bei den faunistischen Begleituntersuchungen zeigten sich für alle untersuchten Tierartengruppen auf den Testflächen höhere Arten- und Individuenzahlen als in der Umgebung. Die Anzahl gefährdeter Arten war ebenfalls deutlich höher. Die höchste Artenvielfalt bei epigäischen Arthropoden war im 2. und 3. Standjahr zu verzeichnen. Besonders Feldlerche und Grauammer brüteten in den Testflächen in hoher Zahl. Darüber hinaus wurden zahlreiche Vogelarten als Nahrungsgäste nachgewiesen, welche von den strukturreichen WPM profitieren.

Honigbienen und andere Blütenbesucher nutzten die Testflächen als wichtige Nektar- und Pollenquelle bis in den Spätsommer, wenn im Umfeld fast nichts mehr blüht. Die Wildpflanzenmischungen verbesserten eindeutig die Winterstabilität der Bienenvölker. Durch den Natternkopf bedingte überhöhte Mengen an Pyrrolizidinalkaloiden im Honig waren nicht festzustellen.

11. Schlussfolgerungen

Blühflächen sind ein wichtiger Baustein zur Verbesserung des Habitatangebots für blütenbesuchende Insekten, Vögel, Fledermäuse und andere heimische Wildtiere und zur Sicherung der Biodiversität in der Agrarlandschaft. Um auf großräumiger Ebene deutliche Wirkung zu entfalten und eine Flächenvernetzung zu gewährleisten, ist der Umfang bislang noch zu gering, Ausweitungsmöglichkeiten sind angesichts knapper Flächen begrenzt. Mehrjährige Blühmischungen auf Produktionsflächen, die wie herkömmliche Kulturen zur Biogasgewinnung genutzt werden, könnten einen wertvollen Beitrag leisten, indem zusätzliche Flächenpotenziale erschlossen werden.

Die ökologischen Vorteile der artenreichen mehrjährigen Wildpflanzenmischungen liegen auf der Hand. Wie durch die faunistischen Begleituntersuchungen im Rahmen des Projekts bestätigt wurde, bieten die Energiepflanzenmischungen durch ihre Strukturvielfalt vielen Tierarten Lebensraum, die mehrjährige Standzeit wirkt sich positiv auf Habitatfunktionen aus. Nicht nur Jäger begrüßen derartig begrünte Flächen; auch die Imker schätzen sie als Nektar- und Pollenquelle für die Honigbienen im trachtarmen Sommer. Wie wertvoll die genutzten Wildpflanzenmischungen zur Förderung der Wildtiere in der Feldflur sind, wird auch von Naturschutzseite her zunehmend anerkannt (Schöne et al. 2013). Zu guter Letzt ist mit dem Anbau ein enormer Imagegewinn für den Landwirt in der Bevölkerung verbunden, da die Bestände attraktiver aussehen als Standardkulturen, insbesondere in den ersten beiden Jahren.

Ein weitere wichtige Einsatzmöglichkeit für die mehrjährigen Energiepflanzenmischungen besteht im Wasser- und Erosionsschutz, der im Hinblick auf eine nachhaltige Landwirtschaft unabdingbar ist. Auf Wildpflanzenflächen ist ganzjährig eine pflanzliche Bodendeckung gegeben, Wachstum und Nährstoffaufnahme erfolgen während der gesamten Vegetationsperiode. Dadurch ist ein wirksamer Schutz vor Wind- und Wassererosion und Stoffausträgen gewährleistet, weshalb die Kulturen hervorragend als Pufferstreifen an Oberflächengewässern oder zum Erosionsschutz von Hangflächen geeignet sind. Wie Düngungsversuche zeigten, ist der Stickstoffbedarf der Kulturen für optimales Wachstum gering. Schon bei 90 kg N/ha (unter Anrechnung des N_{min} im Boden) werden gute Erträge erzielt. Die herbstlichen Boden-Nitratgehalte blieben dabei selbst bei Düngung über Bedarf in einem für landwirtschaftliche Kulturen sehr niedrigen Bereich. Damit sind

Wildpflanzenmischungen auch zum Anbau in Trinkwasserschutzgebieten und auf Flutpoldern geeignet oder können gezielt in belasteten Regionen zur Reduktion von Nitratverlusten eingesetzt werden.

Gerade vor dem Hintergrund des Klimawandels sind neben ökologischen auch agronomische Vorteile denkbar, weil eine mehrjährige artenreiche Mischung mit Wetterextremen voraussichtlich besser zurechtkommt als eine Monokultur. Dies wurde durch die gute Entwicklung bereits verwurzelter zweijähriger oder älterer Asoatflächen bei der extremen Frühjahrstrockenheit 2011 und auch 2013 bestätigt. Die Kombination von Wildpflanzenarten bietet ein großes Potenzial für Saatmischungen verschiedenster Ausprägung an verschiedensten Standorten. Bislang befinden sich schließlich erst wenige Grundvarianten im Test. Als weitere Vorteile aus agronomischer Sicht ist eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch vermehrte Humusbildung sowie eine Förderung von Nützlingen anzunehmen.

Begrenzend für den Umfang der Umsetzung ist das relativ niedrige Ertragsniveau der Wildpflanzenmischung im Vergleich zu intensiven landwirtschaftlichen Kulturen. Selbst wenn Silomais aus Gründen der Nachhaltigkeit in eine Fruchtfolge mit ertragsschwächeren Kulturen integriert wird, bleiben Mischungen mit heimischen Stauden auf den meisten Standorten voraussichtlich ertraglich zurück. Trotz der immensen Einsparungen von Arbeitsgängen und Betriebsmitteln beim Wildpflanzenanbau (ca. 50 % im Vergleich zu Silomais) werden bei eher niedrigen Erträgen teilweise keine Gewinne mehr erwirtschaftet, vor allem wenn die Flächennutzungskosten hoch sind.

Ausreichend hohe Erträge über die gesamte Standdauer sind daher Voraussetzung für eine vermehrte Anwendung als Energiepflanzenkultur. Bestandsgründungs- und Zeiternterversuche zeigten, wie die Ertragssicherheit unter schwierigen Wuchsbedingungen erhöht und die Energieausbeute gesteigert werden kann. So kann die Bestandsetablierung auf Flächen mit hohem Unkrautdruck durch die Saat in Standardkulturen verbessert werden, Ertragsverluste bei extremer Trockenheit (durch abnehmende Methanausbeutewerte) lassen sich durch leicht vorgezogene Erntetermine minimieren. Besonders hohe Potenziale zur Ertragssteigerung sehen wir in der Einbeziehung von Präriestauden, die in gepflanzten Reinkulturen teilweise höhere Trockenmasseerträge als Silomais bei stabilen Methanausbeutewerten erzielten. Bis zur Praxisreife dieser Hochleistungsmischungen besteht jedoch noch

größerer Forschungsbedarf. Doch auch bei den Mischungen mit heimischen Stauden sind noch erhebliche Potenziale der Ertragssteigerung in den nächsten Jahren zu erkennen, beispielsweise durch die verstärkte Einbeziehung von Arten, die sich in neueren Mischansaatensorten als besonders ertragsstark erwiesen (z. B. *Foeniculum vulgare*). Vielversprechend ist insbesondere die im Jahr 2014 grundlegend überarbeitete Mischung, die sich zum Projektende erst im zweiten Standjahr befand. In den kommenden Jahren wird sich zeigen, ob sich die Erwartungen bestätigen oder eine weitere Anpassung der Saatgutzusammensetzung erforderlich ist.

Doch selbst bei Ausschöpfung der Entwicklungsmöglichkeiten werden für eine Umsetzung in größerem Maßstab voraussichtlich Förderinstrumente notwendig sein, um wirtschaftliche Nachteile der Landwirte durch den Wildpflanzenanbau zu vermeiden. Aufgrund der vielfältigen ökologischen Vorteile, die ein vermehrter Wildpflanzenanbau mit sich bringt, könnte eine Ausweitung der Fördermöglichkeiten einen wesentlichen Beitrag zur Lösung bestehender Umwelt- und Naturschutzprobleme leisten. Bisher wird der Wildpflanzenanbau erst in einigen Bundesländern als Maßnahme zum Wasserschutz gefördert. Im Rahmen des Greenings werden zur Biogasproduktion genutzte Wildpflanzenmischungen zur Zeit nur als max. 20 m breiter Pufferstreifen an Oberflächengewässern als Ökologische Vorrangfläche anerkannt. Auch im Hinblick auf die neuen Anforderungen des Bundesnaturschutzgesetzes, Ausgleichsmaßnahmen verstärkt in die landwirtschaftliche Produktion zu integrieren, bieten Energiepflanzenmischungen noch ein großes Entwicklungspotenzial.

Ebenfalls unabdingbar für eine verstärkte Umsetzung ist eine weitere Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit und bessere Vernetzung der Akteure aus Verwaltung und Praxis. Ein wichtiger Schritt zur Verbesserung von Kommunikation und Informationsmöglichkeiten war der Aufbau von Demonstrationszentren zum Energiepflanzenanbau an 10 Standorten in Bayern (überwiegend Versuchsstationen der LfL, im Auftrag des BayStMELF). Sie beziehen mehrere Varianten von Wildpflanzenmischungen ein, so dass sich Interessenten vor Ort und in der Region über das Anbausystem informieren und einen eigenen Eindruck verschaffen können.

12. Veröffentlichungen und Öffentlichkeitsarbeit (2012-2015)

12.1 Fachpublikationen

- B. VOLLRATH, K. MARZINI (2015): Blütenreiche Wildpflanzenmischungen für eine natur- und umweltfreundliche Biogasproduktion. Biogasjournal 2/2015, S. 36-41.
- M. DEGENBECK (2015): Nachhaltige Biogaserzeugung aus Wildpflanzen. Schule und Beratung 3/2015, S. 34-39.
- M. DEGENBECK (2014): Energie aus Wildpflanzen – Mehr Vielfalt im Energiepflanzenanbau – Veitshöchheimer Berichte 167/2014, S.57-64
- K. MARZINI, M. DEGENBECK (2014): Wildpflanzen für den Reaktor – Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 24/2014, S. 40
- M. DEGENBECK, B. VOLLRATH, A. WERNER (2013): Mehr Vielfalt im Energiepflanzenanbau durch Wildpflanzenmischungen - Landwirtschaft ohne Pflug 1/2 2013, S. 35-39
- B. VOLLRATH (2013): Nachhaltige Fruchtfolgen mit neuen Energiepflanzen – Wildpflanzenmischungen als vielversprechende Alternative – „Den Boden bereiten für die Energiewende“, Bioenergie-Broschüre der Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin, 2013, S. 30-33
- B. VOLLRATH. (2013): Wildpflanzen für Biogas. Potenziale für eine ökologische und ökonomische Energieproduktion. - forum.new power 2/2013.
- B. VOLLRATH., WERNER, A., MARZINI, K., DEGENBECK, M. (2013): Wildpflanzenmischungen als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. I 21/2013, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Wildpflanzenmischungen_als_Biogassubstrat.pdf
- B. VOLLRATH u.a. (2013): Energie aus Wildpflanzen, Phase II – Wildpflanzenmischungen für die Biogasproduktion - Versuche in der Landespflege 2013, S. 42-43
- C. MÜHLHAUSEN (2013): „Wildpflanzenmischungen bringen Blütenreichtum und Farbe in die Landschaft“, Interview mit Dr. Birgit Vollrath, Biogasjournal 6_2013, S. 22-27
- B. VOLLRATH., J. OSTERTAG (2013): Schön schon, aber auch praxistauglich? Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 47/2013, S. 38-40
- B. VOLLRATH., J. OSTERTAG (2013): Ab dem zweiten Jahr sieht's anders aus. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 47/2013, S. 40
- B. VOLLRATH, A. WERNER (2012): Energie aus Wildpflanzen – Lösungsansätze für die Entschärfung der Konkurrenz zwischen Bioenergieproduktion und Naturschutz? – Schriftenreihe agrarspectrum des Dachverbands Agrarforschung, Heft 45/2012, S. 138-146,
- B. VOLLRATH (2012): Energie aus Wildpflanzen – Forschung gewinnt weiter an Fahrt – BIOGAS Journal, Sonderheft Energiepflanzen 2012, S. 24-28

- B. VOLLRATH, A. WERNER (2012): Biogas aus Wildpflanzen – eine ökonomische Alternative? - LandInForm 3/2012, S. 36-37
- B. VOLLRATH, A. WERNER (2012): Wildpflanzen rentabel vergären - dlz agrarmagazin 12/2012, S. 42-46
- M. DEGENBECK (2012): Wildes Futter im Fermenter - ACKERplus (online) 12/2012, S. 8-10

Darüber hinaus wurde in verschiedenen **Reportagen** in Fachzeitschriften über das Forschungsvorhaben „Energie aus Wildpflanzen berichtet:

- BARTELS, T. (2013): Augenweide im Maismeer – Umweltbriefe 17/2013, S. 6.
- GAUL, T. (2013): „Wilde“ Mischungen weiter im Test – Land&Forst 9/2013
- HOPPE, T. (2013): Hübsch- und gutes Futter für Biogas. – Land & Forst 44/2013, S. 94
- N.N. (2013): Wildpflanzen liefern Blütenpracht und Biogas – Hessische/Niedersächsische Allgemeine 24.9.2013
- KASSEL, K. (2013): Es muss nicht allein bei Mais bleiben. – Bioenergie-Report 7/2013 der Bioenergieregion Wendland-Elbetal, S. 19-20

12.2 Fachvorträge

BiogasScience2014 in Wien, 28.10.2014 (Dr. C. Riedel, LfL, Dr. B. Vollrath, LWG)

Veitshöchheimer Imkertag, 13.07.2014 (Dr. I. Illies)

Fortbildungsseminar Agrobiodiversität der Staatlichen Führungsakademie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Niederalteich, 09.07.2014 (M. Degenbeck)

FNR-Forum „Nachwachsende Rohstoffe und Biodiversität – ein Widerspruch?“ bei den DLG-Feldtagen in Bernburg, 18.06.2014 (M. Degenbeck)

Abschlusstagung zur WEL-Genbank der Universität Regensburg, 30.04.2014 (Dr. B. Vollrath)

Fachgespräch Energiepflanzen und Bienenweide im Bayerischen Landtag, München, 21.03.2014 (Dr. I. Illies)

Tagung des Arbeitskreises Biogasbetriebe Unterfranken am 12.2.2014 in Rettersheim (K. Marzini)

Veitshöchheimer Landespflegeitage, 05.02.2014 (M. Degenbeck)

Jahrestagung des Fachverbands Biogas Nürnberg, 16.1.2014 (Dr. B. Vollrath)

„Ziele und Aktivitäten des Projekts Energie aus Wildpflanzen“; Fachvortrag in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsförderung Lüchow-Dannenberg, Bioenergieregion Wendland-Elbetal, Leader Göttinger Land und Energieagentur Region Göttingen, Rethmar, 9.8.2013 und Göttingen, 26.11.2013 (Dr. B. Vollrath)

4. Symposium Energiepflanzen von FNR/BMELV, Berlin, 22.10.2013 (M. Degenbeck)

Energietage – Biogas, „Wildpflanzen als Biogassubstrat – Potenziale für eine natur- und umweltfreundliche Energieproduktion“; Garching, 9.-11.09.2013 (Dr. B. Vollrath)

3. Projekttag Bioenergie des BMELV, Berlin, 11.06.2013 (M. Degenbeck)

Biogas-Fachtagung des Arbeitskreises der Biogasbetriebe Unterfranken, Werneck, 21.2.2013 (A. Werner)

Fachtagung „Klimaangepasste Landnutzung im Nordwesten“ in Aurich, 5.2.2013 (Dr. B. Vollrath)

Jahrestagung des Fachverbands Biogas Leipzig, 31.1.2013 (Dr. B. Vollrath)

Workshop „Möglichkeiten und Grenzen von Blühflächen“ Frankfurt, 29.1.2013 (M. Degenbeck)

Biogasfachkongress, Hitzacker, 29.11.2012 (Dr. B. Vollrath)

Bayreuther Energiesymposium, 2.10.2012 (A. Werner)

Tagung „Alternative mehrjährige Energiepflanzen“ des Fachverbands Biogas in St.Johann-Gächingen, 13.9.2012 (M. Degenbeck)

DLG-Feldtage Bernburg, 19.6.2012 (M. Degenbeck)

3. Forschungsforum Landschaft, Osnabrück, 1.3.2012 (Dr. B. Vollrath)

12.3 Führungen

Infoveranstaltung des Fachverbands Biogas bei Cadolzhofen (Lkr. Ansbach),
September 2014 (K. Marzini)

Führung einer Studentengruppe der Universität Braunschweig, Fachrichtung
Geoökologie, Veitshöchheim, 18.09.2014 (Dr. B. Vollrath und D. Kretzer)

Besichtigung von Praxisflächen in der LEADER-Region Göttinger Land, 12.09.2014
(Dr. B. Vollrath)

Besichtigung von Praxisflächen im Lkr. Lüchow-Dannenberg, Bioenergieregion
Wendland-Elbetal, 14.08.2014 (Dr. B. Vollrath)

Führung zum Projekt „Energie aus Wildpflanzen“ an den Standorten Rethmar und
Dasselsbruch; Exkursion in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsförderung
Lüchow-Dannenberg, Bioenergieregion Wendland-Elbetal, Leader Göttinger Land
und Energieagentur Region Göttingen, 9.8.2013 (Dr. B. Vollrath, D. Böhnke und C.
Rieckmann)

Besichtigung der Versuchsfläche Oldenburg des Projekt „Energie aus Wildpflanzen“
im Rahmen der Blühflächenbereisung des Arbeitskreises „Lebensräume für
Insekten im Ammerland“ am 07.08.2013 (Dr. B. Vollrath)

Führung am 12.9.2012 in Zips bei Bayreuth (K. Marzini)



Bild 12.3.1: Dr. Birgit Vollrath und Carsten Rieckmann stellen am Versuchsstandort Dasselsbruch unter anderem Düngeversuche mit Wildpflanzenmischungen vor (09.08.2013)

12.4 Pressekonferenzen

Am 3.7.2012 fand in Phöben (Landkreis Potsdam-Mittelmark) auf Einladung des BMELV eine Pressekonferenz statt, bei der Bundesministerin Ilse Aigner zum einen persönlich den Zuwendungsbescheid an den Projektleiter Martin Degenbeck überreichte, zum anderen sich über die Projektinhalte des Forschungsvorhabens „Energie aus Wildpflanzen“ informierte. Gleichzeitig gab das BMELV eine Pressemitteilung unter dem Titel „Blühende Landschaften“ heraus. Zeitungen, Rundfunk und Fernsehen berichteten darüber, unter anderem das ZDF in der Sendung „heute“.

Am 31.7.2013 fand bei der Prüfstelle Marquardt des Bundessortenamtes eine Halbzeit-Pressekonferenz statt. Dr. Birgit Vollrath berichtete über den aktuellen Projektstand, Dirk Kruiskamp informierte über den Beitrag des Bundessortenamtes zum Forschungsvorhaben. Hierzu wurde eine gemeinsame Pressemitteilung von LWG und BSA herausgegeben. In der Folge kam es zu mehreren redaktionellen Beiträgen in Fachzeitschriften.



Bild 12.4.1: Dr. Andreas Schütte (FNR) und Joachim Zeller informieren Frau Bundesministerin Ilse Aigner in Phöben über das Projekt "Energie aus Wildpflanzen" (Bild: BMELV)

12.5 Internationale Grüne Woche und Feldtage

Vom 19. - 21.06.2012 präsentierte sich das Projekt am Stand der FNR mit vor Ort angelegten Schauflächen auf den DLG-Feldtagen in Bernburg. Das Interesse der Pflanzenbau-Profis an der Thematik war erfreulich groß. Martin Degenbeck informierte bei einem von der FNR organisierten Forum am 19.06.2012 über das Projekt.

Auch auf den DLG-Feldtagen in Bernburg 2014 erhielt das Projektteam die Gelegenheit, am Stand der FNR Parzellen mit Wildpflanzenmischungen für die Biogasproduktion zu zeigen. Beim FNR-Forum „Nachwachsende Rohstoffe und Biodiversität – ein Widerspruch?“ am 18.06.2014 referierte Martin Degenbeck über den Projektfortschritt.

Auf der Internationalen Grünen Woche in Berlin stellte das Bundessortenamt an seinem Stand in der BMEL-Halle 23a vom 17.-26.1.2014 das Thema „Energie aus Wildpflanzen“ als eines von zwei Schwerpunktthemen seiner Arbeit vor. Hierzu wurden vom JKI die in Absprache mit der LWG ausgewählten und vorgezogenen Arten aufgepflanzt, die durch ihre zum Teil sogar duftenden Blüten die Besucher in ihren Bann zogen. Darüber hinaus sind neben den Projektflyern 3000 Samentütchen mit ausgewählten Arten der Wildpflanzenmischungen für Biogas verteilt worden. Auf einem Bildschirm wurden Tier- und Pflanzenarten der Biogasmischung gezeigt.

12.6 Fernsehen

Am 26.7.2012 berichtete Radio Bremen in der Sendung „buten un binnen“ über das Projekt unter dem Titel „Wildpflanzen statt Mais in der Biogasanlage“. An dem Beitrag wirkten Dr. Birgit Vollrath und Antje Werner mit.

In der 45-minütigen Sendung „Honig erhält Heimat“ am 1. Mai 2013 berichtete der Bayerische Rundfunk unter anderem über das Projekt, insbesondere über die damit verbundenen Möglichkeiten zur Förderung der Honigbienen. Dr. Ingrid Illies vom Fachzentrum Bienen der LWG und Martin Degenbeck wirkten an diesem Beitrag mit.

12.7 Projektflyer, Praxisratgeber, Plakat

Anfang Januar 2013 wurde in einer Auflage von 10.000 Stück ein vierseitiger Projektflyer herausgegeben, der die wesentlichen Projektinhalte darstellt. Gleichzeitig ist ein 6-seitiger Praxisratgeber in einer Auflage von 5.000 Stück von der LWG herausgegeben worden, der zusätzlich auf einem Einlegeblatt das Wichtigste in Kürze enthält. Da es sich bei den Wildpflanzenmischungen für die Biogasproduktion um ein völlig neues Anbausystem handelt, müssen sich die Landwirte umstellen und erst Erfahrungen sammeln.

Für das Forschungsforum Landschaft der FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) im Februar 2014 wurde ein Plakat zum Projekt „Energie aus Wildpflanzen“ gestaltet, das den aktuellen Stand der Forschungsarbeiten der LWG darstellt.

12.8 Internet

Auf der LWG-Homepage ist unter der folgenden Rubrik ein eigenes Unterverzeichnis für „Energie aus Wildpflanzen“ eingerichtet worden:

http://www.lwg.bayern.de/landespflege/natur_landschaft/089725/index.php

Dort finden sich neben aktuellen Veröffentlichungen, dem Projektflyer und dem Praxisratgeber grundlegende Informationen zu den Projektinhalten sowie der Erhebungsbogen für Praxispartner, der online ausgefüllt werden kann.

12.9 Projektbeirat

Am 3.8.2012 fand in Schwarzenau die erste Sitzung des Projektbeirates statt. Es waren Behörden- und Verbandsvertreter geladen. Teilgenommen haben unter anderem Klaus Schaumberg (Bayerisches Landesamt für Umwelt), Eric Imm (BJV), Winfried Müller (Landesjagdverband Baden-Württemberg), Peter Maske (Präsident des Deutschen Imkerbundes), Franz Kustner (Bayerischer Bauernverband, Ausschussvorsitzender Nachwachsende Rohstoffe im BBV, MdL a.D.) und MdL Dr. Otto Hünnerkopf. Dr. Birgit Vollrath gab einen Überblick über den aktuellen Projektstand und stellte laufende und geplante Versuche vor. Bei der Besichtigung des Versuchsfeldes ergab sich eine angeregte Diskussion.

Die zweite Beiratsitzung fand am 31.7.2014 bei der Prüfstelle Marquardt des Bundessortenamtes im Anschluss an die Pressekonferenz statt. Dr. Birgit Vollrath informierte über das Projekt und aktuelle Ergebnisse. Der Schwerpunkt lag dabei auf den Bestandsgründungsversuchen, die anschließend besichtigt wurden. Neben Wenke Stelter und Birthe Demel (FNR) war der Präsident des Bundessortenamtes Udo von Kröcher, der Geschäftsführer des Landesbauernverbandes Brandenburg Dr. Carsten Lorenz, Marion Wiesheu vom Fachverband Biogas und Kristin Drenckhahn (Deutsche Wildtier Stiftung) für das Netzwerk Lebensraum Feldflur anwesend. Die Veranstaltung verlief sehr erfolgreich, die Teilnehmer brachten Wünsche und vielfältige Anregungen ein.

Die dritte Beiratssitzung fand am 5.6.2014 an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau in Veitshöchheim statt. Im Rahmen der Veranstaltung wurden Versuchsansaatens im Demonstrationsfeld Ansaaten der LWG und bei Schwarzenau (LfL) besichtigt. Gezeigt wurden verschiedene Versuchsfelder zur Mischungsentwicklung (FNR-Projekt), darunter auch des Ringversuchs in Bayern sowie eines Demonstrationsvorhabens, bei dem neben Wildpflanzenmischungen weitere Energiepflanzenkulturen zu sehen waren (BaySTMELF-Projekte).

13. Literaturverzeichnis

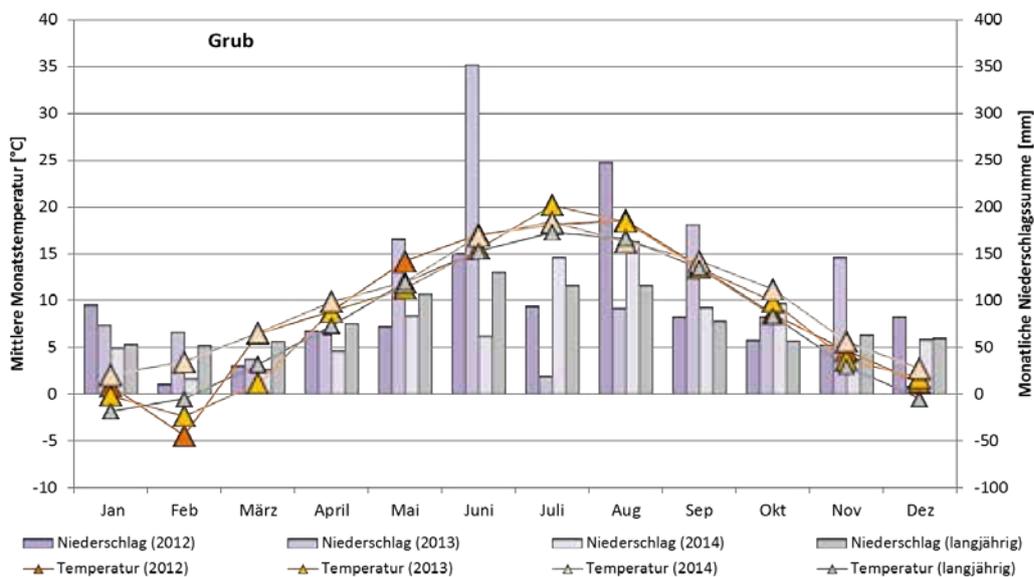
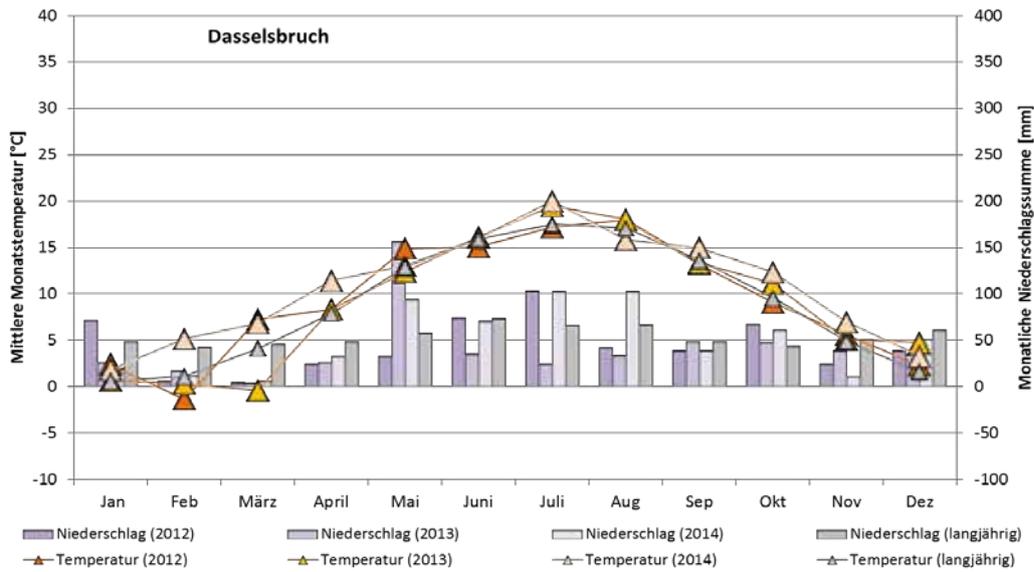
- Böhme, H., Tillmann, J., Ronnenberg, K. (2014): Wildbiologische Begleituntersuchungen bei artenreichen Energiepflanzen-Ansaaten mit Wildpflanzen – Unveröffentlichter Abschlussbericht, 112 S.
- Brauckmann, H. (2013): Energy on Farm – Optimierte Energiepflanzen-Anbausysteme zur nachhaltigen Biogaserzeugung – Gülzower Fachgespräche Band 45, S. 303-320.
- Conrad M, Biertümpfel, A., Vetter, A. (2010): Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – Von der Futterpflanze zum Coferment. In: Gülzower Fachgespräche, Band 34. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow, 281-289.
- Dany, C. (2014): Das Biogas-Biotop – Joule 6/2014, S. 54-55.
- Degenbeck, M. (2005): Artenreiche Ansaaten auf Ackerflächen als neues Hauptinstrument des Naturschutzes. Faunistische Ergebnisse von zwei Pilotprojekten im Landkreis Würzburg – Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Würzburg, Band 45/46, S. 3-41.
- Degenbeck, M. (2007): Mit Biotopverbund in die Kulturlandschaft - Artenreiche Ansaaten auf Ackerflächen als neues Hauptinstrument des Naturschutzes – LWF aktuell 57/2007, S. 14-16.
- Drechsler, H., Beisecker, R., von Butlar, C., Eulenstein, F., Feldwisch, N., Luyten-Naujoks, K., Richter, S. (2011): Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes (Merkblatt DWA-M 907), Korrespondenz Wasserwirtschaft 6, S. 339-345.
- Fachverband Biogas (2012):
http://biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen
- Fargione, J., Tillman, T., Polasky, S., Hawthorne, P. (2008): Land clearing and the biofuel carbon debt. Science 319, 1235-1238.
- FNR (2012): <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie.html>
- Frank A. B., Berdahl, J. D., Hanson, J. D., Liebig, M., A., Johnson, H., A. (2004): Biomass and carbon partitioning in Switchgrass. Crop science 44, 1391-1396
- Friedrichs, J-C. (2013): Gutachten zur Wirtschaftlichkeit von Wildpflanzenmischungen zur Energiegewinnung – Kalkulation der erforderlichen Förderung zur Etablierung von Wildpflanzenmischungen, Auftraggeber Netzwerk Lebensraum Feldflur.
- Gerowitt, B. (2013): Hat Artenvielfalt auf dem Acker einen Wert? - LandInForm spezial 4/2013, S. 5-7.
- Glemnitz, M., Willms, M., Hufnagel, J., Reinicke, F., Platen, R., Deumlich, D. (2009): Einfluss der Anbaugestaltung auf die ökologischen Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus. In: Gülzower Fachgespräche, Band 34, 2. Symposium Energiepflanzen 2009, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hrsg.), Gülzow, 175-192.

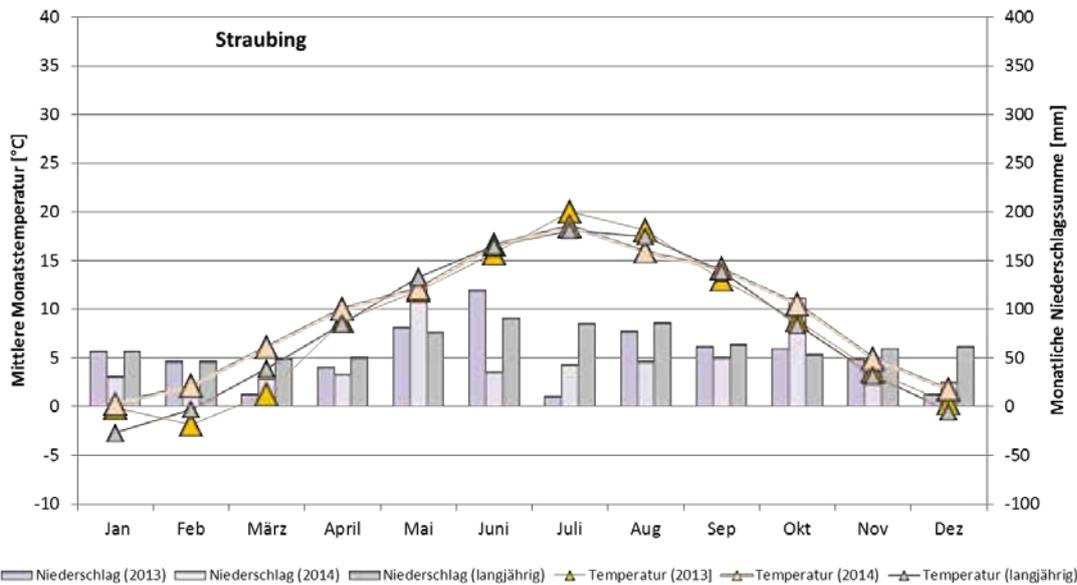
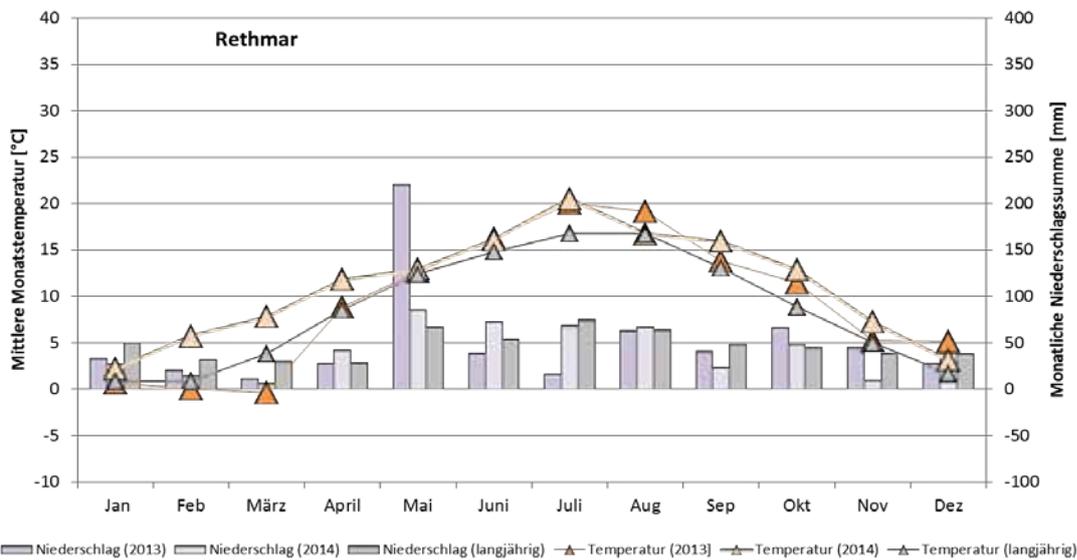
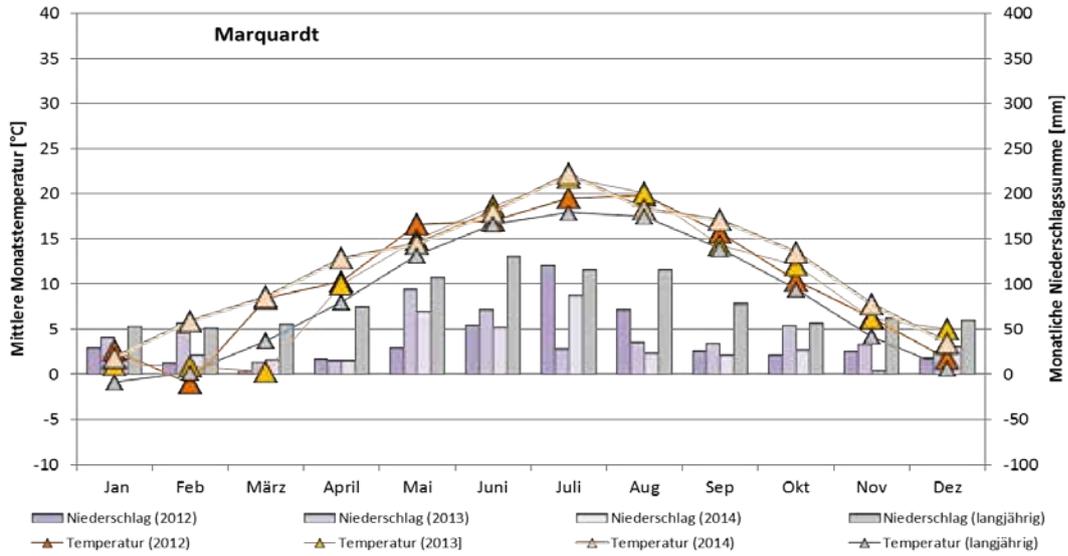
- Karpenstein-Machan, M., Weber, C. (2010): Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen: Veränderungen in der Fruchtfolge und der Bewirtschaftung von Ackerflächen in Niedersachsen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 10/2010, S. 312-320
- Krüger, T. & B. Oltmanns (2007): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Brutvögel. 7. Fassung. In: *Inform. Naturschutz Niedersachs.* 27(3): S. 131-175. Hannover.
- Kuhn, W. (2002): Wildeckung, bunt und lebendig – *Wild und Hund* 5/2002, S. 28-31
- Marzini, K., Kuhn, W. (2002): Stilllegungsflächen intensiv extensivieren – *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* 31/2002, S. 44-45
- Meissle, M., Mouron, P., Musa, T., Bigler, F., Pons, X., Vasileiadis, V.P., Otto, S., Antichi, D., Kiss, J., Palinkas, Z., Dorner, Z., van der Weide, R., Groten, J., Czembor, E., Ademczyk, J., Thibord J.-B., Melander, B., Cordsen Nielson, G., Poulsen, R. T., Zimmermann, O., Verschwele, A., Oldenburg, E. (2010): Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *Journal of Applied Entomology* 134, 357-375
- Meyer, U. (2001): Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen, BBCH-Monographie, Biologische Bundesanstalt.
- Nitsch, H., Osterburg, B. (2009): Energiepflanzen und Gewässerschutz – Schlüsselaspekte und mögliche Handlungsoptionen. In: *Gülzower Fachgespräche, Band 34, 2. Symposium Energiepflanzen 2009, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hrsg.), Gülzow, S. 193-210*
- Poeschl, M., Ward, S., Owende, P. (2010): Prospects for expanded utilization of biogas in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 1782-1797
- Riedel, W. (2013): Extremer Landschaftswandel durch agrarische Fehlentwicklungen – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 1/2013, S. 29-32.
- Rippel R., Brandhuber R., Burger, F., Capriel, P., Kreuter T., Müller C., Weigand S., Wendland, M. (2008): Einfluss des Biomasseanbaus für Energiebereitstellung auf den Bodenschutz. *Schriftenreihe der DLKG, Heft 5, 131-164*
- Robertson, B. A., Doran, P.J., Loomis, L. R., Robertson, J. R., Schemske, D. W. (2010): Perennial biomass feedstocks enhance avian diversity. *GCB Bioenergy* 3/2010, S. 235–246.
- Ryslavi, T., Mädlow, W (2008): Rote Liste und Liste der Brutvögel des Landes Brandenburg 2008. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Beilage Heft 4, 107 S., Velten.*
- Schöne, F., Oppermann, R., Gelhausen, J., Dziwiaty, K., Bernardy, P. (2013): Naturverträgliche Nutzung ökologischer Vorrangflächen – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 5/2013, S. 133-139
- Schütte, A. (2010): Energiepflanzen gewinnen an Bedeutung. *Biogas Journal, Sonderheft Energiepflanzen, S. 6-8*
- Südbeck, P., H. Andetzke, S. Fischer, K. Gedeon, T. Schikore, K. Schröder & C. Sudfeldt (Hrsg.) (2005): *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell.*

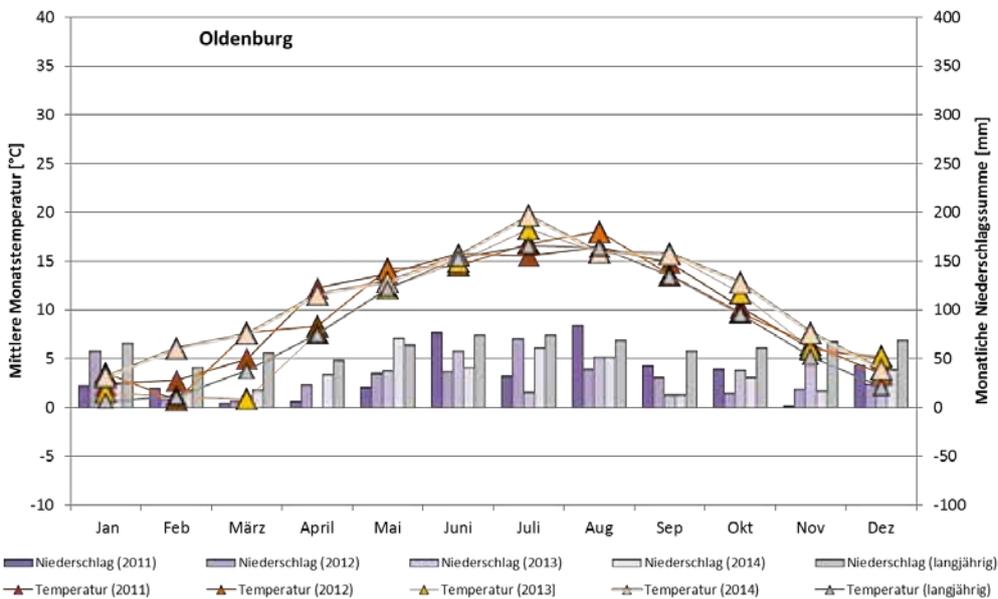
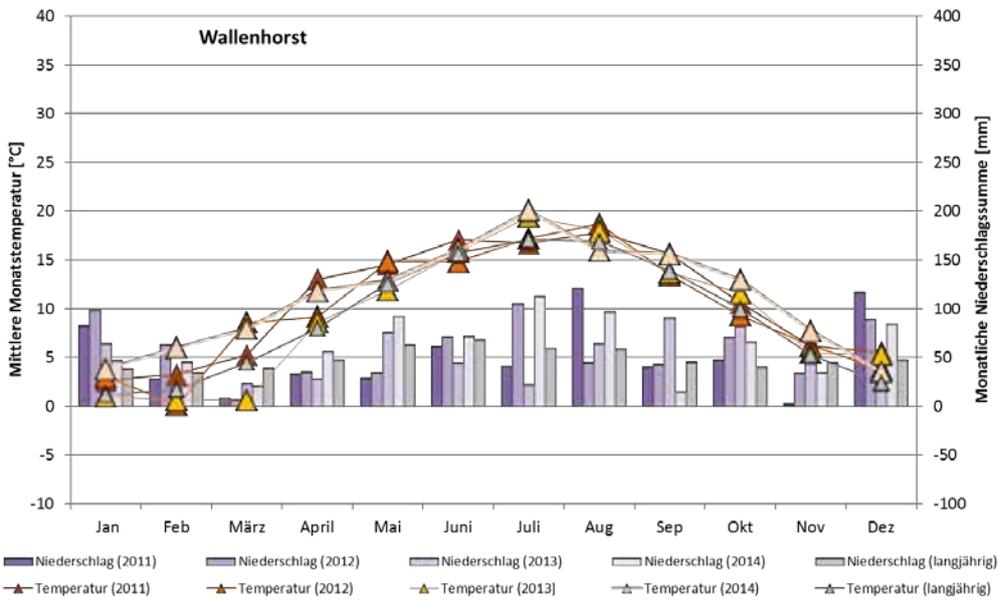
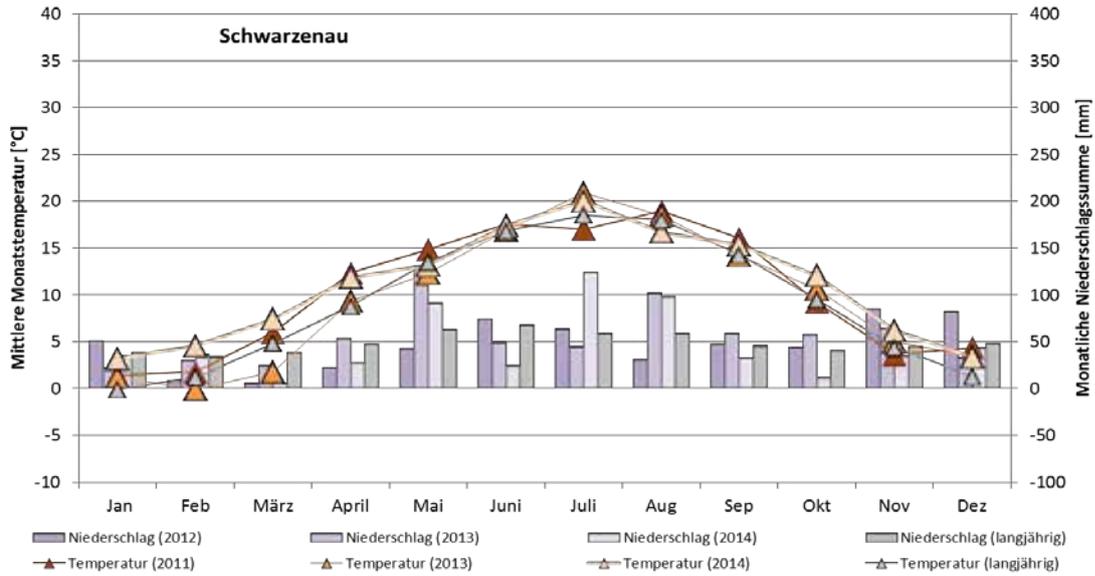
- Vollrath, B., Werner, A., Degenbeck, M., Illies, I., Zeller, J., Marzini, M. (2012): Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft und im Siedlungsbereich – eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr. 22005308 (2008-2011), gefördert durch das BMEL über die FNR, 207 S.
- Vollrath, B., Marzini, K, Werner, A (2013): Ringversuch zur Schaffung einer belastbaren Datengrundlage für wirtschaftliche Betrachtungen bei der Verwendung wildartenreicher Mischungen zur Biogasgewinnung in Bayern. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben K/11/01 (2011-2013) im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2020 „Bioenergie in Bayern“; 133 S.
- Vollrath, B., Marzini, K. (2015): Ringversuch zur Schaffung einer belastbaren Datengrundlage für wirtschaftliche Betrachtungen bei der Verwendung wildartenreicher Mischungen zur Biogasgewinnung in Bayern. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben K/11/01, Phase II (2013-2017) im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2020 „Bioenergie in Bayern“.
- Waltmann, D. (2011): Sauen ist die Sorte wurscht. dlz agrarmagazin 9/2011, 60-63
- Wiehe, J., von Ruschkowski, E., Rode, M., Kanning, H., von Haaren, C. (2009): Auswirkungen des Maisanbaus für die Biogasproduktion in Niedersachsen. Naturschutz und Landschaftsplanung 4/2009, S. 107-113
- Zürcher, A., Messner, J. (2015): Alternativen dringend gesucht – dlz agrarmagazin 4/2015, S. 52-56.

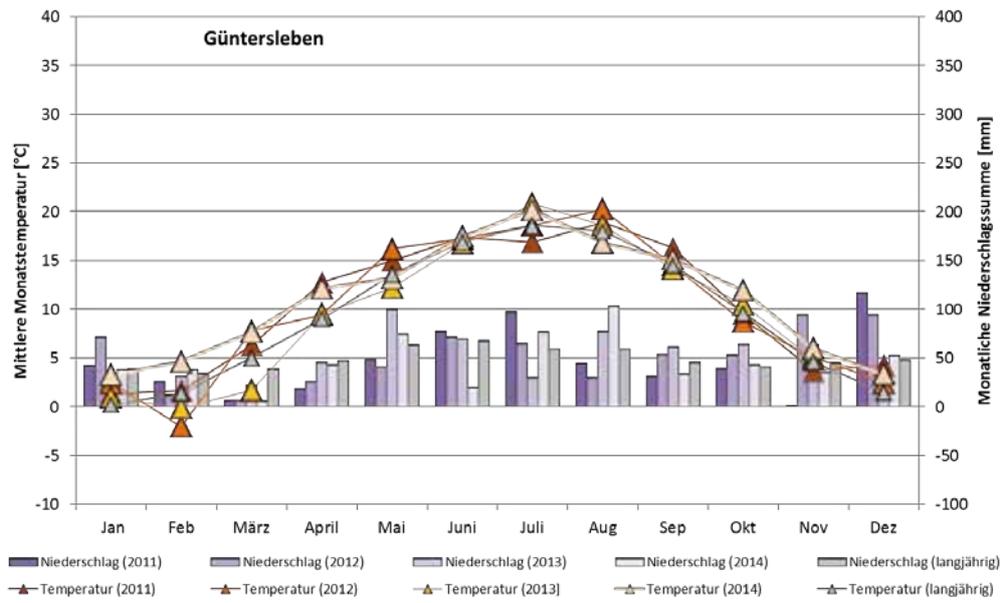
14. Anhang:

14.1 Witterung an den Standorten der Hauptversuche









14.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.2.1: Gegenüberstellung der langjährigen Monatsmittelwerte von Temperatur und Niederschlägen an den Versuchsstandorten des Düngeversuchs Grub und Dasselsbruch.	16
Abbildung 1.2.2: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge in den Untersuchungsjahren 2012 bis 2014 an den Standorten des Düngeversuchs Grub und Dasselsbruch. Zum Vergleich wurde das langjährige Mittel dargestellt.	17
Abbildung 1.3.1: (a bis c) Bestandszusammensetzung und -struktur bei verschiedenen N-Düngung (Tabelle 1.2.2) etwa drei Monate nach der Versuchsanlage im Jahr 2012 (D12) bzw. 2013 (D13). Gezeigt wird die projektive Deckung von spontanen Gräsern und Kräutern sowie der Deckfrucht. Die Höhe von Pflanzenbestand und Überhälfen werden durch Linien bzw. Kreuze dargestellt. Aufnahmen vom 01.07.13 (Das) sowie 06.07.2012 und 04.07.2013 (Gru). (k. D.: keine Düngung).	23
Abbildung 1.3.2: a ^{bis} d: Artzusammensetzung der Pflanzenbestände bei verschiedenen N-Düngungsvarianten (Tabelle 1.2.2) am Standort Dasselsbruch (Das, links) und am Standort Grub (Gru, rechts) im zweiten (oben, a und b) und dritten Standjahr (unten, c und d, Ansaat 2012). Verschiedene Farben symbolisieren die Anteile der dominierenden Wildkräuterarten an der Gesamtdeckung. Gesäte Arten mit geringen Deckungsanteilen (unter 3 %) wurden zusammengefasst (graue Säulen). Der Boniturtermin ist angegeben.	27
Abbildung 1.3.3: (b bis f) TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials verschiedener N-Düngungsvarianten (vgl. Tabelle 1.2.2), k.D. = keine Düngung) am Standort Dasselsbruch (Das) und am Standort Grub (Gru) im 1. (b), 2. (c und d) und 3. Standjahr (e, f). Die Ansaat erfolgte im Jahr 2012 (Versuch D12), Erntetermine sind angegeben. Am Standort Dasselsbruch wurde im 1. Jahr gemulcht (vgl. Text, keine Ertragsbestimmung).	28
Abbildung 1.3.4: Höhe von Bestand (Linien) und Überhälfen (gestrichelte Linien) im Spätherbst des 3. Standjahrs bei verschiedenen Düngevarianten an den Standorten Grub (grün, 16.10.2014) und Dasselsbruch (blau, 14.10.2014).	29
Abbildung 1.3.5: (b bis f) Methanausbeute des Erntematerials (Kreise, [NI/kg oTM]) und Methanhektarertrag [$\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{ha}$] bei verschiedenen N-Düngungsvarianten. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 1.3.3.	30
Abbildung 1.3.6: (b bis f) N-Konzentration des Erntematerials (Säulen) und N-Abfuhr bei der Ernte (Linien). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 1.3.3.	32
Abbildung 1.3.7: (a bis f) Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden kurz vor dem Winter bei verschiedenen N-Düngungsvarianten am Standort Dasselsbruch (links) und am Standort Grub (rechts) im ersten (a, b), zweiten (c, d) und dritten (e, f) Standjahr (Ansaat 2012). Die Säulen geben die Gesamt-N-Gehalte in verschiedenen Bodenprofilen an, die schwarze Linie markiert die Summe aller untersuchten Profile (0-90cm, nur Standort Dasselsbruch). In Grub konnte wegen des skelettreichen Bodens nur die obere Schicht bis 30 cm Tiefe untersucht werden. Die rote Linie kennzeichnet die Nitrat-N-Gehalte (Summe aller untersuchten Bodenprofile).	35
Abbildung 1.3.8: (a bis d) Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden kurz vor dem Winter bei verschiedenen N-Düngungsvarianten am Standort Dasselsbruch (links) und am Standort Grub (rechts) im ersten und im zweiten Standjahr (Ansaat 2012). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 1.3.4.	36
Abbildung 2.2.1: Gegenüberstellung der langjährigen Monatsmittelwerte von Temperatur und Niederschlägen an den Versuchsstandorten des Bestandsgründungsversuchs Grub, Marquardt, Dasselsbruch, Rethmar und Straubing.	41
Abbildung 2.2.2: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge in den Untersuchungsjahren an den Standorten des Bestandsgründungsversuchs Grub, Marquardt (2012 bis 2014) sowie Dasselsbruch, Rethmar und Straubing (2013 und 2014). Zum Vergleich wird das langjährige Mittel dargestellt.	42
Abbildung 2.3.1: (a bis e) Bestandszusammensetzung und -struktur bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten etwa drei Monate nach der Versuchsanlage im Jahr 2012 (oben) bzw. 2013 (unten). Dargestellt ist die projektive Deckung von spontanen Gräsern und Kräutern sowie der Deckfrucht an den Standorten Marquardt (links, a und c), Grub (rechts, b und d) und Straubing (unten). Der Boniturtermin ist angegeben. Die Wuchshöhe von Deckfrucht und gesäten Wildkräutern wird durch Linien markiert.	52
Abbildung 2.3.2: (a und b) Etablierungserfolg der Wildpflanzenmischung und der mehrjährigen Hauptmassearten der WPM bei den verschiedenen Bestandsgründungsvarianten (Ansaat 2012) am Standort Marquardt (linke Abbildung) und am Standort Grub (rechte Abbildung). Die Boniturtermine sind angegeben. Nähere Erläuterung siehe Text.	54
Abbildung 2.3.3: (a bis f) TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials am Standort Marquardt (links, a, c und e) und am Standort Grub (rechts, b, d und f) in den ersten drei Standjahren (Versuch B12). Die Bestandsgründung erfolgte im Jahr 2012 durch Blanksaat (B1, B2, B3), durch Saat in eine Sommerung (S1, S2 und S3) oder als Herbstsaat in Grünroggen (W1, W2, W3; vgl. Tabelle 2.2.2). Zum Vergleich werden auf der linken Seite jeweils die Daten einer praxisüblich geführten Silomaiskultur dargestellt. In den Säulen sind die Erntetermin und Erträge relativ zu Silomais [%] angegeben. Am Standort Marquardt wurde 2013 für Silomais auf Daten des Nachbarversuchs B13 zurückgegriffen.	58
Abbildung 2.3.4: (a bis d) TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials am Standort Marquardt (links, a und c) und am Standort Grub (rechts, b und d) in den ersten zwei Standjahren (Versuch B13). Die Bestandsgründung erfolgte im Jahr 2013. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.3. Am Standort Marquardt wurde Var. B3 wie B1 ausgeführt.	59
Abbildung 2.3.5: TM-Ertrag (Säulen) und -Gehalt (Linien) des Erntematerials bei der ersten Ernte verschiedener Bestandsgründungsvarianten (Versuch B13) an den Standorten Dasselsbruch, Rethmar und Straubing. Der Erntetermin ist in der Basis der Säulen angegeben. In Straubing wurde auf der Hälfte der Parzellen drei Wochen später geerntet („spät“), bei den früher geernteten Teilflächen („früh“) wurde Anfang Oktober ein zweiter Schnitt durchgeführt (gestrichelt).	60
Abbildung 2.3.6: (a und b) Aufsummierter TM-Ertrag (Säulen) der Jahre 2012 bis 2016 bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten (Ansaat 2012) an den Standorten Marquardt (links) und Grub (rechts). Die Erträge der letzten beiden Standjahre lagen noch nicht vor und wurden geschätzt (weiße, gestrichelte Säulen). Über den Säulen ist der kumulierte Ertrag relativ zu Silomais [%] angegeben. Nähere Erläuterung siehe Text.	61

Abbildung 2.3.7: (a bis d) Artzusammensetzung im Jahr 2012 gesäter Pflanzenbestände bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten (vgl. Tabelle 2.2.2; B = Blanksaat, S = Saat in eine Sommerung; W = Saat in eine Winterung) an den Standorten Marquardt (links) und Grub (rechts) im 1. (oben) und 2. Standjahr (unten). Verschiedene Farben symbolisieren die Anteile der dominierenden Wildkräuterarten an der Gesamtdeckung. Arten, die in keiner Variante 3 % Deckung erreichten, wurden zusammengefasst (graue Säulen). Die Boniturtermine sind in der Graphik angegeben, zeitgleich wurde die Bestandshöhe erfasst (Kreissymbole).....	62
Abbildung 2.3.8: (a bis e) Artzusammensetzung im Jahr 2013 gesäter Pflanzenbestände bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten an den Standorten Dasselsbruch, Rethmar und Straubing im 2. Standjahr (Versuch B13). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.7	63
Abbildung 2.3.9: (a und b) Substratbereitstellungskosten im Jahr der Ansaat bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten und bei Silomais an den Standorten Marquardt (oben) und Grub (unten) (Versuch B12). (ohne Berücksichtigung von Pachtkosten und Flächenprämien).	67
Abbildung 2.3.10: (a und b) Jährliche Substratbereitstellungskosten [€/ha] bei Unterstellung einer fünfjährigen Standzeit der WPM. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.9.	68
Abbildung 2.3.11: (a bis d) Substratbereitstellungskosten in [€/t TM] (a und b, oben) und in [€/m ³ Methan] (c und d, unten) bei Unterstellung einer fünfjährigen Standzeit der WPM. Die gestrichelten Linien geben die Flächennutzungskosten bei einem angenommenen Pachtpreis von 500 €/ha an. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 2.3.9.....	69
Abbildung 2.3.12: (a und b) Direktkosten, variable Kosten und fixe Kosten bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten und bei Silomais an den Standorten Marquardt (Mar, links) und Grub (Gru, rechts) (Versuch B12). Die Höhe der Säulen entspricht dem Substraterlös, der Deckungsbeitrag wird durch blaue Pfeile dargestellt. Die Zahlenwerte in den grünen Säulen geben die Gewinnbeiträge an. Bei der Kostenrechnung wurde eine fünfjährige Standzeit der WPM unterstellt. Die Flächennutzungskosten sind hier nicht berücksichtigt.....	71
Abbildung 3.2.1: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge in den Untersuchungsjahren an den Standorten des Hauptversuchs zur Mischungsentwicklung. Dargestellt sind Daten (2011 bis 2014) von Schwarzenau, Wallenhorst und Marquardt. Für Saterland wurden Daten der Wetterstation Oldenburg herangezogen. Zum Vergleich wird jeweils das langjährige Mittel dargestellt.	80
Abbildung 3.3.1: Wildpflanzenerträge auf acht Standorten in Bayern im Verlauf der ersten vier Standjahre (Mittelwerte, n=4). Die Ertragsmesszahl der Standorte ist angegeben (GL = Grünlandstandort; Standorte: Str = Straubing; Alm = Almesbach bei Weiden; Sch = Schwarzenau, Lkr. Kitzingen; Gru = Grub, Lkr. München; Bau = Baumannshof, Lkr. Pfaffenhofen; Ach = Achselschwang, Lkr. Landsberg/Lech; Ost = Osterseeon, Lkr. Ebersberg; Ssm = Strassmoos, Lkr. Neuburg-Schrobenhausen) (Vollrath und Marzini 2015).	92
Abbildung 3.3.2: Projektive Deckung spontaner Kräuter (links) und Gräser (rechts) bei verschiedenen Mischungen an den Standorten Güntersleben (durchgezogene Linien) und Oldenburg (gestrichelte Linien) im Verlauf von fünf Standjahren (2010 bis 2014).	93
Abbildung 3.3.3: TM-Erträge von Versuchsansaaten bei Güntersleben (Gün, 3.4a, links) und Oldenburg (Old, 3.4.b, rechts) im zeitlichen Verlauf. Die Versuche wurden mit den Mischungen HC (hellgrün), Hf (blau) und H (dunkelgrün) im Jahr 2010 (M10) angelegt. (* unzureichende N-Düngung).....	94
Abbildung 3.3.4: Erträge einer Praxisfläche bei Güntersleben im zeitlichen Verlauf. Die Farben symbolisieren die Masseanteile der wichtigsten ertragsbildenden Arten.....	95
Abbildung 3.3.5: (a und b) Kumulierte TM-Erträge von Versuchsansaaten bei Güntersleben (Gün), Miltenberg (Mil) und Oldenburg (Old) und von Silomais (Praxisdaten der Region). Die Versuche wurden 2009 (M09, links, 3.6a) bzw. 2010 (M10, rechts, 3.6b) angelegt (* unzureichende N-Düngung, Zahlenangaben: Erträge relativ zu Silomais [%]; (Ertragsberechnungen ohne Silierverluste). Silomais-Erträge 2014 von Unterfranken wurden durch Mittelwerte der Vorjahre geschätzt.	97
Abbildung 3.3.6: Kumulierte Methanhektar-Erträge von Versuchsansaaten bei Güntersleben (Gün), Miltenberg (Mil) und Oldenburg (Old). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.5.....	97
Abbildung 3.3.7: TM-Ertrag (Säulen), TM-Gehalt (Angaben oberhalb der Säulen) und Methanausbeute ([NI/kg oTM], Werte in der Basis der Säulen) in den ersten vier Standjahren (2011 bis 2014) nach Aussaat der Mischungen H, HC, Hf und HV am Standort Wallenhorst im Jahr 2011 (n=4, Versuch M11).	99
Abbildung 3.3.8: Kumulierter TM-Ertrag (links, 3.9a) und kumulierter Methanertrag (rechts 3.9b) nach Aussaat verschiedener Mischungen am Standort Wallenhorst im Jahr 2011.	99
Abbildung 3.3.9: TM-Ertrag (Säulen), TM-Gehalt (Angaben oberhalb der Säulen) und Methanausbeute (Werte in der Basis der Säulen) im ersten (oben, 2012), zweiten (Mitte, 2013) und dritten Standjahr (unten, 2014) nach Aussaat der Mischungen H, HM und HV an den Standorten Schwarzenau, Wallenhorst und Saterland im Jahr 2012 (n=4, Versuch M12). Der Bestand bei Saterland wurde durch Saat in junge Maisbestände gegründet (In Saterland 2014 unzureichende N-Düngung von einmalig 70 kg N/ha).....	102
Abbildung 3.3.10: TM-Ertrag (Säulen), TM-Gehalt (Angaben oberhalb der Säulen) und Methanausbeute (Werte in der Basis der Säulen) im ersten (oben, 2013 bzw. 2014) und zweiten Standjahr (unten, 2014) nach Aussaat der Mischungen H, HM und HV an den Standorten Schwarzenau (Sch, oben), Wallenhorst (Wal, Mitte) und Marquardt (Mar, unten) im Jahr 2013 bzw. 2014 (n=4, Versuche M13 und M14).	103
Abbildung 3.3.11: Kumulierter TM-Ertrag nach Aussaat verschiedener Mischungen an den Standorten Schwarzenau (Sch), Wallenhorst (Wal) und Saterland (Sat) im Frühjahr 2012. Der Bestand bei Saterland wurde durch Saat in junge Maisbestände gegründet.	104
Abbildung 3.3.12: Kumulierter Methanertrag nach Aussaat verschiedener Mischungen an den Standorten Schwarzenau (Sch), Wallenhorst (Wal) und Saterland (Sat) im Frühjahr 2012. Der Bestand bei Saterland wurde durch Saat in junge Maisbestände gegründet.	104
Abbildung 3.3.13: (a bis d) Bestandsentwicklung nach Aussaat der Mischungen „HC“, H, Hf und HV im Jahr 2011 (Versuch M11) am Standort Wallenhorst (Wal). Angegeben sind die projektive Deckung der wichtigsten Arten der Mischung sowie die Höhe von Bestand (gestrichelte Kreise) und Überhältern (Kreise) im Verlauf von vier Standjahren (n=4). Gesäte Arten, deren Deckung zu allen Terminen unter 1 % lag, wurden zusammengefasst (weiße Säulen). Die Bonituren erfolgten höchstens zwei Wochen vor der jährlichen Ernte (Terminangabe unter der horizontalen Achse).	108

Abbildung 3.3.14: (a bis c) Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM] in den ersten vier Standjahren nach Aussaat der Mischung HC (links), Hf (Mitte) und HV (rechts) im Jahr 2011. (Standort Wallenhorst, Artlegende siehe Abbildung 3.3.13). Die wichtigsten Arten wurden separat auf Methanausbeute und TM-Gehalt untersucht (Werte in den Säulen, TM-Gehalt in Klammern). Unter den Säulen wird zum Vergleich die in Abbildung 3.3.7 gezeigte Methanausbeute gemischten Erntematerials angegeben.....	109
Abbildung 3.3.15: Bestandsentwicklung nach Aussaat der Mischung H (oben) im Jahr 2012 (oben) und 2013 (unten; Standorte Schwarzenau (Sch), Wallenhorst (Wal) und Saterland (Sat)). Angegeben sind die projektive Deckung der wichtigsten Arten der Mischung sowie die Höhe von Bestand (gestrichelte Kreise) und Überhältern (Kreise) im Verlauf von vier Standjahren. Gesäte Arten, deren Deckung zu allen Terminen unter 1 % lag, wurden zusammenfasst (weiße Säulen). Unter der horizontalen Achse ist sind die Boniturtermine angegeben. Sie erfolgten höchstens zwei Wochen vor der jährlichen Ernte.	116
Abbildung 3.3.16: Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM] in den ersten drei Standjahren nach Aussaat der Mischung H (oben), HM (Mitte) und HV (unten) im Jahr 2012. (Standorte Wallenhorst (Wal), Saterland (Sat) und Schwarzenau (Sch), Artlegende siehe Abb. 3.3.14a, orangerot: spontane Arten.). Die wichtigsten Arten wurden separat auf Methanausbeute und TM-Gehalt untersucht (Werte in den Säulen, TM-Gehalt in Klammern). Unter den Säulen wird zum Vergleich die in Abbildung 3.3.7 gezeigte Methanausbeute gemischten Erntematerials angegeben.	117
Abbildung 3.3.17: Bestandsentwicklung nach Aussaat der Mischung H (oben) im Jahr 2012 (oben) und 2013 (unten). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.15.	118
Abbildung 3.3.18: Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM]. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.16.	120
Abbildung 3.3.19: Bestandsentwicklung nach Aussaat der Mischung H (oben) im Jahr 2012 (oben) und 2013 (unten). Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.15.	121
Abbildung 3.3.20: Masseanteile der Hauptertragsarten im Erntematerial [% der TM] und TM-Gehalt der Gesamtmischung [TM/FM]. Nähere Erläuterung siehe Abbildung 3.3.16.	122
Abbildung 3.3.21: Methanausbeute und TM-Gehalt der Hauptertragsarten des ersten (links), zweiten (Mitte) und späterer Standjahre der Versuche M11 (Ansaat 2011) und M12 (Ansaat 2012). Sammelort (Wal=Wallenhorst, Sch=Schwarzenau und Sat=Saterland) sowie Mischung und Ansaatjahr sind angegeben; Erntetermine stehen in Klammern (Kalenderwoche/Jahr). Innerhalb der Arten wurde nach zunehmendem TM-Gehalt sortiert.	123
Abbildung 3.3.22: Methanausbeute und TM-Gehalt bei den Hauptertragsarten <i>Centaurea nigra</i> , <i>Tanacetum vulgare</i> und <i>Artemisia vulgaris</i> (Daten 2009 bis 2011; Sammelort (Gün=Güntersleben, Mil=Miltenberg, Old=Oldenburg). Erntetermine stehen in Klammern (Kalenderwoche/Jahr). Innerhalb der Arten wurde nach zunehmendem TM-Gehalt sortiert.	123
Abbildung 3.3.23: (a und b) Bestandszusammensetzung und -höhe bei den verschiedenen Mischungsvarianten (Ansaat 2012) an den Standorten Schwarzenau (Sch) und Wallenhorst bei Osnabrück (Wal) im ersten (links, a) und im zweiten Standjahr (rechts, b). Die Linien geben die Höhe der Pflanzenbestände an. Das Boniturdatum ist angegeben.	125
Abbildung 3.3.24: TM-Ertrag (Säulen) und –Gehalt (Linien) bei Verwendung der Deckfrüchte D1, D2 und D3 an den Standorten Schwarzenau und Wallenhorst bei Osnabrück im ersten (links, a), und im zweiten Standjahr (rechts, b)	126
Abbildung 3.3.25: Etablierungserfolg unter den Deckfrüchten D1, D2 und D3 an den Standorten Schwarzenau und Wallenhorst bei Osnabrück. Die Symbole stellen die Anzahl zwei- bis mehrjähriger Arten im zweiten Standjahr dar, die Säulen zeigen einen relativen Wert für den Etablierungserfolg der Stauden (zur Methode siehe Kap. 2.2.2). Die Daten wurden im 2. Standjahr kurz nach dem Neuaustrieb erhoben.	126
Abbildung 3.3.26: Methanausbeute und TM-Gehalt neuer Arten aus Sichtungsversuchen in Stetten. Die Probenahme erfolgte 2014 in Kalenderwoche 27 (KW27), bei <i>Arctium tomentosum</i> zusätzlich in KW29.	132
Abbildung 5.3.1: Ergebnis der Zeiterntversuche bei <i>Artemisia vulgaris</i> . Die Untersuchungen erfolgten an gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar. In der Abbildung links sind TM-Gehalt (schwarz), Methanausbeute (rot) und Ligningehalt (gelb, in %) im zeitlichen Verlauf dargestellt, auf der Abbildung rechts TM- (schwarz) und Methanertrag (lila).....	141
Abbildung 5.3.2: Ergebnis der Zeiterntversuche an <i>Centaurea nigra</i> . Die Untersuchungen erfolgten an gesäten Reinbeständen am Standort Phöben (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1). (Fehlwert beim TM-Ertrag Mitte August durch vorzeitige Ernte der Vermehrungsbestände, Höhen- und BBCH-Ermittlung erfolgte an kleiner Restfläche)	141
Abbildung 5.3.3: Ergebnis der Zeiterntversuche an <i>Tanacetum vulgare</i> . Die Untersuchungen erfolgten an gesäten Reinbeständen am Standort Phöben bzw. an gepflanzten Beständen am Standort Rethmar im Jahr 2013 (Mitte) und 2014 (unten; 1. Termin: Einzelwert) erhoben (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	144
Abbildung 5.3.4: Ergebnis der Zeiterntversuche an <i>Inula helenium</i> . Untersucht wurden im Jahr 2012 gepflanzte Reinbestände am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	145
Abbildung 5.3.5: Ergebnis der Zeiterntversuche an <i>Althaea officinalis</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	146
Abbildung 5.3.6: Ergebnis der Zeiterntversuche an <i>Leonurus cardiaca</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2013 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1; bei der Methanausbeute konnten aus Kostengründen nur Einzelbestimmungen zu den ersten drei Terminen durchgeführt werden).....	147
Abbildung 5.3.7: Ergebnis der Zeiterntversuche an <i>Alcea ficifolia</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2013 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	148
Abbildung 5.3.8: Ergebnis der Zeiterntversuche an der zweijährigen Prärieart <i>Gaura logifolia</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	151
Abbildung 5.3.9: Ergebnis der Zeiterntversuche an <i>Vernonia gigantea</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	151

Abbildung 5.3.10: Ergebnis der Zeiternterversuche an <i>Helenium autumnale</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).....	152
Abbildung 5.3.11: Ergebnis der Zeiternterversuche an <i>Solidago rigida</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	152
Abbildung 5.3.12: Ergebnis der Zeiternterversuche an <i>Coreopsis tripteris</i> . Die Untersuchungen erfolgten an im Jahr 2012 gepflanzten Reinbeständen am Standort Rethmar (Nähere Erläuterung siehe Abbildung 5.3.1).	152
Abbildung 7.1.1: Anordnung der Parzellenversuche der Standorte „Fürstenhagen“ (links) und „Kyritz“ (rechts) des FNR-Projektes „Optimierte Energiepflanzen-Anbausysteme zur nachhaltigen Biogasproduktion - Upscaling der FuE-Ergebnisse zu neuen Kulturen und deren Implementierung“ (Bilder: Dr. Brauckmann, Universität Osnabrück)	161
Abbildung 7.1.2: Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden nach der Ernte, Mittel aus 2012 – 2014.....	163
Abbildung 7.1.3: Humusgehalt der Standorte nach Jahrgang und Entnahmetiefe.....	164
Abbildung 7.2.1: Übersicht über die Kulturen in Vehlów/Kyritz 2014. Untersucht wurden die Wildpflanzen A-D. Quelle: Dr. H.-J. Brauckmann.....	168
Abbildung 7.3.1: Lage der beiden Untersuchungsgebiete für Kleintiere (Güntersleben und Hilpertshausen)	178
Abbildung 7.3.2: Lage der Probeflächen und Bodenfallen in Güntersleben 2014.....	180
Abbildung 7.3.3: Entwicklung der Gesamtartenzahlen auf Probeflächen bei Güntersleben im Verlauf mehrerer Standjahre. Im Jahr 2014 wurden zusätzlich zwei Flächen bei Hilpertshausen untersucht (*). (+) hohe Bodengüte, (-) niedrige Bodengüte; M = Mais; Farben von unten nach oben: grün = Spinnen, orange = Laufkäfer, hellblau = Wanzen, gelb = Ameisen, Lila = Tagfalter, dunkelblau = sonstige Arten.	185
Abbildung 7.3.4: Entwicklung der Gesamtartenzahlen auf vier WPM-Ansaatflächen bei Güntersleben im Verlauf mehrerer Standjahre (lila). Zum Vergleich wurden jährlich mit Mais bestellte Ackerflächen untersucht (M, rote gestrichelte Linie).....	186
Abbildung 7.3.5: Entwicklung der Anzahl der besonders naturschutzrelevanten Tierarten (rechts) auf vier WPM-Ansaatflächen bei Güntersleben im Verlauf mehrerer Standjahre (lila). Zum Vergleich wurden jährlich mit Mais bestellte Ackerflächen untersucht (M, rote gestrichelte Linie).....	186
Abbildung 7.3.6: (a und b) Ökologische Einstufung der 2012 auf den Probeflächen nachgewiesenen Spinnen- (links) und Laufkäferarten (rechts) auf WPM-Flächen unterschiedlicher Standjahre und verschiedener Bodengüte.....	187
Abbildung 7.3.7: (a und b) Ökologische Einstufung der auf den Probeflächen nachgewiesenen Spinnen- (links) und Laufkäferarten (rechts) im Ansaatjahr (Säule links) und im Verlauf weiterer Standjahre (n. b.: nicht bestimmt)	188
Abbildung 7.4.1: Entwicklung der Bienenvölker im Untersuchungsjahr 2012 an der Fläche im 1. Standjahr und der Kontrolle. Dargestellt sind die Anzahl Bienen und Brutzellen (Mittelwert und Standardabweichung).	199
Abbildung 7.4.2: Entwicklung der Bienenvölker im Untersuchungsjahr 2012 an der Fläche im 2. Standjahr und der Kontrolle. Dargestellt sind die Anzahl Bienen und Brutzellen (Mittelwert und Standardabweichung).	200
Abbildung 7.4.3: Mittleres Trockengewicht der Pollenproben aus den Versuchsvölkern 2012. Während der Blüte von Rimpär 2. Standjahr wurden 6 Proben aus jeweils 2 Völkern entnommen, während der Blüte von Rimpär 1. Standjahr wurden 7 Proben aus jeweils 2 Völkern entnommen. Dargestellt sind die mittleren Trockengewichte und die Standardabweichungen.....	201
Abbildung 7.4.4: Mittleres Trockengewicht der Pollenproben aus den Versuchsvölkern 2013. Während der Blüte von Rimpär 2. Standjahr wurde an allen Völkern über 5 Tage hinweg Pollen gesammelt. Aus den Daten der Völker wurde ein Tagesmittel errechnet. Dargestellt sind die Mittelwerte der Trockengewichte für die Kontrolle und Rimpär 2. Standjahr (n=5).	201
Abbildung 7.4.5: Pollenvorräte der Bienenvölker im Oktober 2012. Dargestellt sind die Anzahl Zellen mit Pollen (Mittelwerte und Standardabweichungen) von n =7 Völkern je Gruppe.	202
Abbildung 7.4.6: Ergebnisse der Populationsschätzung im Herbst 2014 und im März 2015. Dargestellt sind die Anzahl Bienen und Brutzellen (Mittelwert und Standardabweichung, n = 6).	203
Abbildung 7.4.7: Überwinterungsquotient der Versuchsbienenvölker aus der Überwinterung 2014 / 2015 (Mittelwert und Standardabweichung, n = 6).	203
Abbildung 7.4.8 und 7.4.9: Entwicklung des Brutnestes der Völker in den Versuchszelten. Dargestellt sind die Anzahl Eier und Larven über den Versuchszeitraum von 27 Tagen.	205
Abbildung 7.4.10: Mortalität von Honigbienen im Käfigversuch bei Verfütterung verschiedener Honige. Die PA Konzentration des <i>Echium</i> -Honigs lag bei 380 ppb, die des Blütenhonigs bei 28 ppb.	207

14.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.2.1: Standörtliche Kenngrößen der Versuchsstandorte des Düngerversuchs.	16
Tabelle 1.2.2: Übersicht über die Düngestufen. Von der angegebenen Düngermenge wurde der im Frühjahr im Boden enthaltene mineralische Stickstoff abgezogen. Dabei wurden am Standort Dasselsbruch die Gehalte in 0-60cm Bodentiefe berücksichtigt, in Grub konnte wegen des flachgründigen skelettreichen Bodens nur die obere Schicht bis 30cm Tiefe untersucht und angerechnet werden.	18
Tabelle 1.2.3: Im Versuch verwendete BBCH-Skala, Stadien über 69 wurden mit 70+ angegeben.	21
Tabelle 2.2.1: Standörtliche Kenngrößen der Versuchsstandorte des Bestandsgründungsversuchs.	41
Tabelle 2.2.2: Überblick über die Versuchsvarianten im Bestandsgründungsversuch. An den Standorten mit reduzierter Variantenzahl wurden nur die Varianten 1C, 2C, 3B und 4A umgesetzt. Mais als Deckfrucht wurde 2012 in praxisüblicher und ab 2013 in 60 % der üblichen Saatstärke gesät.	43
Tabelle 2.2.3: Bei der Kostenkalkulation einfließende Arbeitsschritte für die verschiedenen Bestandsgründungsvarianten und ihre Häufigkeit bei einer Standzeit von fünf Jahren (abgeändert nach KTBL). Nicht jährlich erforderliche Arbeitsschritte werden anteilig berücksichtigt.	48
Tabelle 2.2.4: Direktkosten nach KTBL bzw. Saatguthandel.	50
Tabelle 2.3.1: Methanausbeute des geernteten Biogassubstrats bei verschiedenen Bestandsgründungsvarianten im Vergleich zu Silomais sowie davon abgeleitete Substratpreise. Weil im ersten Standjahr unterschiedliche Deckfrüchte eingesetzt wurden, wird dieses separat betrachtet.	70
Tabelle 3.2.1: Kenngrößen der Standorte mit den Hauptversuchen zur Mischungsentwicklung.	80
Tabelle 3.2.2: Zusammensetzung der Praxismischung in den Jahren 2010 bis 2013 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]) (Zur Zusammensetzung 2014 siehe Tabelle 3.2.7).	84
Tabelle 3.2.3: Zusammensetzung der Versuchsmischungen für trockene Standorte in den Jahren 2009 bis 2013 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]). In den Jahren 2009 bis 2011 wurde der Deckfrucht Cannabis sativa (C) beigemischt (=Mischung HC). (Zur Zusammensetzung im Jahr 2014 siehe Tabelle 3.2.7).	85
Tabelle 3.2.4: Zusammensetzung der Versuchsmischungen für frische Standorte in den Jahren 2009 bis 2013 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]). (*: Mischung aus Helianthus annuus ‚Herbstschönheit‘ und ‚Uniflorus‘; ** Verwendung regionalen Saatguts je nach Verfügbarkeit)	86
Tabelle 3.2.5: Zusammensetzung der Versuchsmischungen mit hoher Vielfalt in den Jahren 2009 bis 2014 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]). (* in Schwarzenau verwendete Variante; ** Verwendung regionalen Saatguts je nach Verfügbarkeit)	87
Tabelle 3.2.6: Zusammensetzung der ertragsmaximierten Versuchsmischungen in den Jahren 2012 bis 2014 (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]).	88
Tabelle 3.2.7: Zusammensetzung der überarbeiteten Mischung, die seit 2014 auf Versuchs- zu Praxisstandorten erprobt wird (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]).	89
Tabelle 3.2.8: Zusammensetzung der drei Deckfruchtmischungen (links) und der Testmischung (rechts) im Versuch zur Staudenetablierung (Angabe der Aussaatstärken in [kg/ha]).	90
Tabelle 7.1.1: pH-Werte der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz.	165
Tabelle 7.1.2: P ₂ O ₅ Gehalt in mg/100g der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz.	165
Tabelle 7.1.3: K ₂ O-Gehalte in mg/100g der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz.	165
Tabelle 7.1.4: Humusgehalte in % 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz.	166
Tabelle 7.1.5: N _i -Gehalte in % der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz.	166
Tabelle 7.1.6: N _{hwi} -Gehalte in % der 5 Kulturvarianten an den Standorten Fürstehagen und Kyritz.	166
Tabelle 7.2.1: Alle 2012-2014 nachgewiesenen Vogelarten in und an den WPM-Parzellen und deren Schutzstatus in den Roten Listen (RL) Brandenburgs 2008 und Deutschlands 2007. BV= Brutvogel, NG= Nahrungsgast.	172
Tabelle 7.2.2: Zusammenfassung der häufigen Brutvögel in den Wildpflanzen von 2012-2014.	173
Tabelle 7.2.3: Häufigkeit der nachgewiesenen Brutvogelarten (eigene Kartierung) auf den Wildpflanzen- und direkten Nachbarflächen 2014.	174
Tabelle 7.2.4: Häufigkeit der Nahrungsgäste (eigene Brutvogelkartierung) auf den Wildpflanzenflächen 2014.	175
Tabelle 7.3.1: Allgemeine Angaben zum Untersuchungsgebiet.	179
Tabelle 7.3.2: Bezeichnung und Flächengröße der Probeflächen sowie Angaben zur Kultur. Die Flächen liegen bei Güntersleben (Gün) und Hilpertshausen (Hil). (+) hohe Bodengüte, (-) niedrige Bodengüte;	179
Tabelle 7.3.3: Arten und Individuenzahlen sowie Anzahl naturschutzrelevanter Arten auf den Probeflächen 2012 bis 2014. (n. u. = nicht untersucht).	184
Tabelle 7.4.1: Pollenspektren der Honigproben aus den Versuchsvölkern.	205
Tabelle 7.4.2: Konzentrationen an Pyrrolizidinalkaloiden im Honig aus den Versuchsvölkern des Zeltversuches sowie im Referenzhonig und im Honig von Versuchsvölkern der Echium-vulgare-Vermehrungsfläche.	206
Tabelle 7.4.3: Anteil Echium-Pollen am Gesamtpollen im Honigsediment. Ausgewertet wurden 500 Pollenkörner. Bei Nachweis einzelner Pollenkörner wurde die Probe mit „X“ gekennzeichnet.	207
Tabelle 7.4.4: Konzentrationen an Pyrrolizidinalkaloiden im Honig aus den Versuchsvölkern an den Versuchsflächen.	208

14.4 Bildverzeichnis

Bild 1.3.1 und 1.3.2: Ansicht des Düngerversuchs (Ansaat 2012) im zweiten Standjahr am Standort Dasselsbruch (25.06.2013). Bestandsstruktur und Artzusammensetzung der ungedüngten Flächen (Variante N0, links) unterschieden sich deutlich von den gedüngten Parzellen (hier Variante N5, rechts).....	24
Bild 1.3.3: Ansicht des Düngerversuchs (Ansaat 2012) am Standort Grub im zweiten Standjahr (25.06.2013). Das Erscheinungsbild war bei allen Varianten von dem dominierenden Gelben Steinklee geprägt (Foto: Christine Riedel).....	25
Bild 1.3.4 und 1.3.5: Variante N0 (1.4) und Variante N3 (1.5) des Düngerversuchs (Ansaat 2013) im zweiten Standjahr am Standort Grub (28.07.2013; Fotos: Manuel Schmid).....	25
Bild 1.3.6 und 1.3.7: Ernte der Versuchspartellen des Düngerversuchs im zweiten Standjahr am 20.8.2013 (Fotos: Tobias Glauert, LWK Niedersachsen).....	26
Bild 2.3.1 und 2.3.2: WPM im Herbst des ersten Standjahrs (10.10.2012) nach Saat in Sommergerste (Variante 2C, links, Bild 2.3.1) und in Silomais (Variante 2A, rechts) am Versuchsstandort Grub. Die Deckfrüchte wurden am 23.7. (Sommergerste) bzw. 10.9.2012 (Silomais) geerntet.....	57
Bild 3.2.1: Probeernteinsatz bei Wallenhorst. Bild von 24.09.2014.....	91
Bild 3.3.1 und 3.3.2: Ansicht von zwei Wildpflanzenflächen am Standort Oldenburg am 21.07.2014. Die Flächen im 5. und 6. Standjahr wurden im Frühjahr 2010 (3.3.1 links) und 2009 (3.3.2, rechts) ausgesät.....	95
Bild 3.3.3 und 3.3.4: Praxisflächen bei Güntersleben (links, 25.6.2013) und Triesdorf (rechts, 4.8.2014) im 5. Standjahr.....	96
Bild 3.3.5: Ansicht der Versuchsansaat 2011 am Standort Wallenhorst im zweiten Standjahr (Versuch M11, Bild vom 25.07.2012).....	98
Bild 3.3.6, 3.3.7 und 3.3.8: Versuche mit nicht zufriedenstellender Bestandsentwicklung im ersten Standjahr. Es handelt sich um die Ansaat 2012 in Phöben (Bild vom 21.06.2012, links oben), Marquardt (Bild vom 08.06.2012, rechts oben) und die Ansaat 2013 in Wallenhorst (Bild vom 23.07.2013, links unten).....	101
Bild 3.3.9 und 3.3.10: Mischung HC mit Cannabis sativa (links) und Mischung HV (rechts) am Standort Wallenhorst im 1. Standjahr (Versuch M11, Bilder vom 05.09.2011).....	106
Bild 3.3.11 und 3.3.12: Mischung HC (links) und Mischung HV (rechts) am Standort Wallenhorst im 2. Standjahr. Versuch M11, Bilder vom 25.07.2012.....	107
Bild 3.3.13 und 3.3.14: Mischung HV am Standort Wallenhorst im 3. (links) und 4. Standjahr (rechts). Versuch M11, Bilder vom 05.08.2014.....	107
Bild 3.3.15 und 3.3.16: Erstes Standjahr der Mischung HM (links) und der Mischung HV (rechts) am Standort Schwarzenau (Bilder vom 17.07.2012, Versuch M12).....	110
Bild 3.3.17 und 3.3.18: Mischung HV am Standort Saterland im 2. (links) und 3. Standjahr (rechts). Der Bestand wurde als Untersaat in junge Maisbestände gegründet (M12, 24.07.2013 und 26.06.14).....	111
Bild 3.3.19 und 3.3.20: Mischung HV am Standort Wallenhorst im 2. (links) und 3. Standjahr (M12, 23.07.2013 und 17.07.2014).....	111
Bild 3.3.21 und Bild 3.3.22: Mischung HV am Standort Schwarzenau im 2. (links) und 3. Standjahr (rechts; M12, 23.07.2013 und 16.07.2014).....	111
Bild 3.3.23 und 3.3.24: Erstes Standjahr der Mischung H (links) und der Mischung HV (rechts) am Standort Schwarzenau (24.07.2013, Versuch M13).....	112
Bild 3.3.25, 3.3.26 und 3.3.27: (a und b) Mischungen HV (oben, 3.26), H (Mitte, 3.27) und HM (unten, 3.28) an den Standorten Schwarzenau (a, links; Bilder vom 05.08. und 05.09.2014 (unten links) und Wallenhorst (b, rechts, 24.09.2014) im ersten Standjahr (M14).....	113
Bild 3.3.28, 3.3.29 und 3.3.30: (a und b) Mischungen HV (oben 3.29), H (Mitte 3.30) und HM (unten 3.31) am Standort Schwarzenau am 4.6.2014 (a, links) und am 17.07.2014 (b, rechts) im 2. Standjahr (Versuch M13).....	114
Bild 3.3.31, 3.3.32 und 3.3.33: (a und b) Mischungen HV (oben, 3.32), H (Mitte, 3.33) und HM (unten, 3.34) am Standort Wallenhorst (a, links, Bilder vom 17.07.2014) und in Marquardt (b, rechts, Bilder vom 06.08.2014, D. Kruiskamp) im 2. Standjahr (Versuch M13).....	115
Bild 3.3.34 und Bild 3.3.35: (a und b) Mischungen HV (oben, 3.35) und HM (unten, 3.36) am Standort Schwarzenau (a, links, 04.08.2014 (oben) und 05.09.2014 (unten)) und in Wallenhorst (b, rechts, Bilder vom 05.08.2014) im 1. Standjahr (Versuch M14).....	119
Bild 3.3.36: (a bis c) Deckfrucht 1 (a, links oben), Deckfrucht 2 (b, rechts oben) und Deckfrucht 3 (c, links unten; Bilder vom 10.09.2012, Standort Wallenhorst bei Osnabrück).....	127
Bild 3.3.37: (a und b) Überarbeitete Mischung am Standort Schwarzenau (a, oben, 04.08.2014) und in Wallenhorst (b, unten, 24.09.2014) im 1. Standjahr (Versuch M14).....	129
Bild 3.3.38: Klette (<i>Arctium spec.</i>), Fenchel (<i>Foeniculum vulgare</i>) und <i>Alcea ficifolia</i> im Unterstand der einjährigen Bestände (Standort Wallenhorst, Bild vom 05.08.14 (Versuch M14).....	131
Bild 4 1: Als Maisuntersaat gegründete Mischung mit dominierendem Mädchenauge (<i>Coreopsis tripteris</i>) und Alant (<i>Inula helenium</i>) im 5. Standjahr (rechte Hälfte). Links ist eine Mischung mit den heimischen Stauden zu sehen (Bild vom 24.07.2013, Ansaat 2009).....	136
Bild 4 2: Ansicht einer Präriestaudenparzelle des Sichtungsversuchs bei Stetten (zweite Vegetationsperiode nach Aussaat im Dezember 2012, Bild vom 17.09.2014, Versuch P12).....	137
Bild 4 3: Blühaspekt einer Präriestaudenmischung am Standort Achselschwang im Jahr nach der Ansaat (Bild vom 07.10.2014). Die Etablierung erfolgte am 15.10.2013 durch Blanksaat. Die attraktiven Blühbestände eignen sich hervorragend zur Imageförderung in der Landwirtschaft.....	137
Bild 5.3.1: <i>Artemisia vulgaris</i> (23.7.13, Rethmar, BBCH 61).....	142
Bild 5.3.2: <i>Centaurea nigra</i> (30.7.13, Phöben, BBCH 67).....	142
Bild 5.3.3 <i>Tanacetum vulgare</i> (30.7.13, Phöben, BBCH 65).....	142
Bild 5.3.4 <i>Inula helenium</i> (Rethmar, 19.7.13, BBCH 65).....	142

Bild 5.3.5 <i>Althaea officinalis</i> (23.7.14, Rethmar, BBCH 65),.....	142
Bild 5.3.6 <i>Leonurus cardiaca</i> (24.7.14, Rethmar, BBCH 69).....	142
Bild 5.3.7: Ansicht des Versuchsbestands mit <i>Alcea ficifolia</i> im Vordergrund (Bild vom 1.7.2014).	146
Bild 5.3.8: Versuchsfelder mit gepflanzten Rein-beständen wuchsstarker zwei- und mehrjähriger Arten bei Rethmar am 09.08.2013. Während die heimischen Stauden überwiegend bereits abgeblüht sind, befinden sich die Arten der Amerikanischen Prärie noch in einem frühen Blühstadium (vorne gelbblühend: <i>Helenium autumnale</i>).....	149
Bild 5.3.9 und 5.3.10: Gepflanzte Bestände der Staude <i>Vernonia gigantea</i> am 02.10.2014 (links) sowie der zweijährigen Art <i>Gaura longifolia</i> am 22.10.2013 (rechts).	149
Bild 5.3.11: <i>Vernonia gigantea</i> (16.9.14, BBCH 66).....	150
Bild 5.3.12: <i>Helenium autumnale</i> (13.8.13, BBCH 66).....	150
Bild 5.3.13: <i>Solidago rigida</i> (19.8.14 BBCH 65),.....	150
Bild 5.3.14: <i>Coreopsis tripteris</i> (13.8.13, BBCH 64).....	150
Bild 6.1: Praxisflächen bei Aiterhofen im zweiten Standjahr (Bilder vom 18.07.2012).....	156
Bild 6.2: Ernte der Deckfrucht mit GPS-Vorsatz (20.09.2014, Hilpertshausen; Bildautor: Zimmermann).....	157
Bild 6.3: Praxisfläche bei Hilpertshausen mit beigemischten Faserhanf in der Deckfrucht (19.08. 2014).	158
Bild 7.2.1: Anfang April gab es Deckung und auch noch offene Bereiche.....	177
Bild 7.2.2: Mitte Mai gab es eine viele unterschied-liche Strukturen in den Wildpflanzen.	177
Bild 7.2.3 und 7.2.4: Günstig wirken sich offene Bereiche bzw. Fehlstellen sowie die sehr breiten Wegrandtreifen in Vehlow für die Besiedlung durch Bodenbrüter aus.	177
Bild 7.2.5: Wildpflanzen Mitte Juni mit vielen Blüten, angrenzend ein Maisacker.	177
Bild 7.2.6: Blütenvielfalt Mitte Juni.	177
Bild 7.4.1 und 7.4.2: Bienenstände im Untersuchungsjahr 2012; links Rimpar 2. Standjahr, rechts Rimpar 1. Standjahr.	193
Bild 7.4.3: Bienenstand im Untersuchungsjahr 2013 an der Versuchsfläche im 2. Standjahr in Rimpar.	193
Bild 7.4.4: Bienenstand im Untersuchungsjahr 2014 an der Versuchsfläche im 1. Standjahr in Unterpleichfeld.....	194
Bild 7.4.5 und 7.4.6: Bienenstand im Untersuchungsjahr 2014 an der Versuchsfläche im 2. Standjahr. Ein Teil der Fläche wurde bereits frühzeitig gemäht, so dass nach Abschluss der Blüte der eigentlichen Fläche durch die dann blühenden Malven eine weiteres Trachtangebot zur Verfügung stand.....	195
Bild 7.4.7 und 7.4.8: Entnahme der Pollenproben aus den Versuchsvölkern.	195
Bild 7.4.9: Versuchszelte mit unterschiedlichen Anteilen an <i>Echium vulgare</i>	197
Bild 7.4.10 und 7.4.11: <i>Echium vulgare</i> in den Versuchszelten. In jedes Zelt wurde ein Bienenvolk eingesetzt, welches als Kunstschwarm ohne Pollenvorräte gebildet wurde. Die Entwicklung der Völker wurde genau protokolliert.	197
Bild 7.4.12 und 7.4.13: Vermehrungsfläche mit <i>Echium vulgare</i> . Kunstschwärme in Miniplusbeuten wurden zur Vollblüte ohne Vorräte an der Fläche aufgestellt.....	198
Bild 12.3.1: Dr. Birgit Vollrath und Carsten Rieckmann stellten am Versuchsstandort Dasselsbruch unter anderem Düngeversuche mit Wildpflanzenmischungen vor (09.08.2013).....	223
Bild 12.4.1: Dr. Andreas Schütte (FNR) und Joachim Zeller informieren Frau Bundesministerin Ilse Aigner in Phöben über das Projekt "Energie aus Wildpflanzen" (Bild: BMELV).....	224