

# Anbau von Zwischenfrüchten

Auswertung der Versuchsanlagen 2012/13  
in Sachsen



# Anbau von Zwischenfrüchten Auswertung der Versuchsanlagen 2012/13 in Sachsen

Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum im Freistaat Sachsen 2007-2013  
Begleitforschung zum Anbau von Zwischenfrüchten - Bericht 2012/13

Anja Schmidt, Heiko Gläser



Europäische Union  
Europäischer Landwirtschaftsfonds für die  
Entwicklung des ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete  
[www.eler.sachsen.de](http://www.eler.sachsen.de)

Diese Publikation wird im Rahmen des „Entwicklungsprogramms für den ländlichen Raum im Freistaat Sachsen 2007-2013“ unter Beteiligung der Europäischen Union und dem Freistaat Sachsen, vertreten durch das Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, durchgeführt.



STAATSMINISTERIUM  
FÜR UMWELT UND  
LANDWIRTSCHAFT



<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielstellung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>7</b>
2.1	Anlage der Demonstrationsversuche .....	7
2.2	Probenahmen, Analysemethoden und Bonituren .....	8
2.3	Witterung im Versuchszeitraum 2012/13 .....	8
<b>3</b>	<b>Standortbeschreibung und Ergebnisse</b> .....	<b>10</b>
3.1	Littdorf, Landwirtschaftsbetrieb Schönleber e. K. ....	10
3.2	Köllitsch, Lehr- und Versuchsgut .....	13
3.3	Sdier, Agrargenossenschaft Heidefarm Sdier e.G. ....	15
3.4	Skäßchen, Agrargenossenschaft Skäßchen e.G. ....	17
3.5	Elsterberg, Agrargenossenschaft „Am Kuhberg“ e.G. ....	19
3.6	Burgstädt, Landwirtschaftsbetrieb Graichen .....	21
3.7	Großwaltersdorf, Landwirtschaftsbetrieb Steier .....	23
<b>4</b>	<b>C/N-Verhältnis</b> .....	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Biogassubstrateignung der angebauten Zwischenfrüchte</b> .....	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Unkrautunterdrückende Wirkung von Zwischenfrüchten</b> .....	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Ökonomie</b> .....	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>Hinweise zu den einzelnen Mischungspartnern</b> .....	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>31</b>
<b>10</b>	<b>Ausblick auf die Versuchsanlagen 2013</b> .....	<b>34</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>35</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Versuchsstandorte der Zwischenfruchtdemonstrationsanlagen 2012 .....	6
Abbildung 2:	Streifenanlage für Demoversuche Zwischenfruchtanbau, 2012 .....	8
Abbildung 3:	Aussaatzstärken und Zusammensetzung der geprüften Zwischenfruchtgemenge, 2012 .....	9
Abbildung 4:	Ertrag, N-Entzug und $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Littdorf 2012 .....	10
Abbildung 5:	Ertrag, N-Entzug und $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Köllitsch 2012.....	14
Abbildung 6:	Ertrag, N-Entzug und $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Sdier 2012.....	16
Abbildung 7:	Ertrag, N-Entzug und $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Skäßchen 2012.....	17
Abbildung 8:	Ertrag, N-Entzug und $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Elsterberg 2012.....	20
Abbildung 9:	Ertrag, N-Entzug und $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Burgstädt 2012.....	21
Abbildung 10:	Ertrag, N-Entzug und $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Großwaltersdorf 2012 .....	23
Abbildung 11:	Biomassezuwachs und mittlere TS-Gehalte der Zwischenfruchtvarianten über die Standorte 2012.....	25
Abbildung 12:	Kosten des Zwischenfruchtanbaus.....	28
Abbildung 13:	Geplante Versuchsstandorte der Demonstrationsanlagen 2013 .....	34

## Bildverzeichnis

Bild 1: Aussaat der Zwischenfrüchte, Littdorf 2012.....	10
Bild 2: Bestandesentwicklung, Littdorf 2012 .....	11
Bild 3: Aussaat der Zwischenfrüchte, Köllitsch 2012 .....	13
Bild 4: Bestandesentwicklung, Köllitsch 2012.....	13
Bild 5: Aussaat der Zwischenfrüchte, Sdier 2012 .....	15
Bild 6: Bestandesentwicklung, Sdier 2012.....	15
Bild 7: Aussaat der Zwischenfrüchte, Skäßschen 2012.....	17
Bild 8: Aussaat der Zwischenfrüchte, Elsterberg 2012 .....	19
Bild 9: Zwischenfruchtbestand, Elsterberg 2012.....	19
Bild 10: Aussaat der Zwischenfrüchte, Burgstädt 2012 .....	21
Bild 11: Zwischenfruchtbestand, Burgstädt 2012.....	22
Bild 12: Aussaat der Zwischenfrüchte, Großwaltersdorf 2012 .....	23
Bild 13: Zwischenfruchtbestand, Großwaltersdorf 2012 .....	24
Bild 14: Brache .....	26
Bild 15: Legu Hafer GPS Plus .....	26
Bild 16: Brache .....	26
Bild 17: Erbse/Wicke.....	26
Bild 18: TerraLife SolaRigol.....	26

# 1 Einleitung und Zielstellung

Durch enge Fruchtfolgen kommt es heute oftmals zum Auftreten von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen sowie Strukturproblemen der Böden. Mit einem gezielten Zwischenfruchtmanagement greift eine Begrünung in dieses Geschehen ein. Mit einer Gründüngung kann die Bodenfruchtbarkeit erhalten oder sogar verbessert werden, indem die Bodenlebewesen gefördert werden. Die Aktivität der Bodenorganismen führt zu verstärktem Humusaufbau und zur Vermeidung von Bodenverdichtungen. Weiterhin kann mit einer gelungenen Begrünung eine Unkrautunterdrückung sichergestellt werden. Außerdem leisten Zwischenfrüchte einen hervorragenden Beitrag zum Grundwasserschutz durch Bindung von Reststickstoff, der nach der Ernte im Boden verbleibt oder vom Boden nachgeliefert wird. Eine Kombination von Zwischenfruchtanbau mit nachfolgender Mulchsaat wirkt sich positiv auf den Erosionsschutz aus.

In Sachsen ist der Zwischenfruchtanbau eine wichtige Agrarumweltmaßnahme, deren Akzeptanz und somit der Förderumfang in den letzten Jahren stark angestiegen ist. Im Jahr 2012 wurden auf 32.000 ha Förderfläche Zwischenfrüchte angebaut.

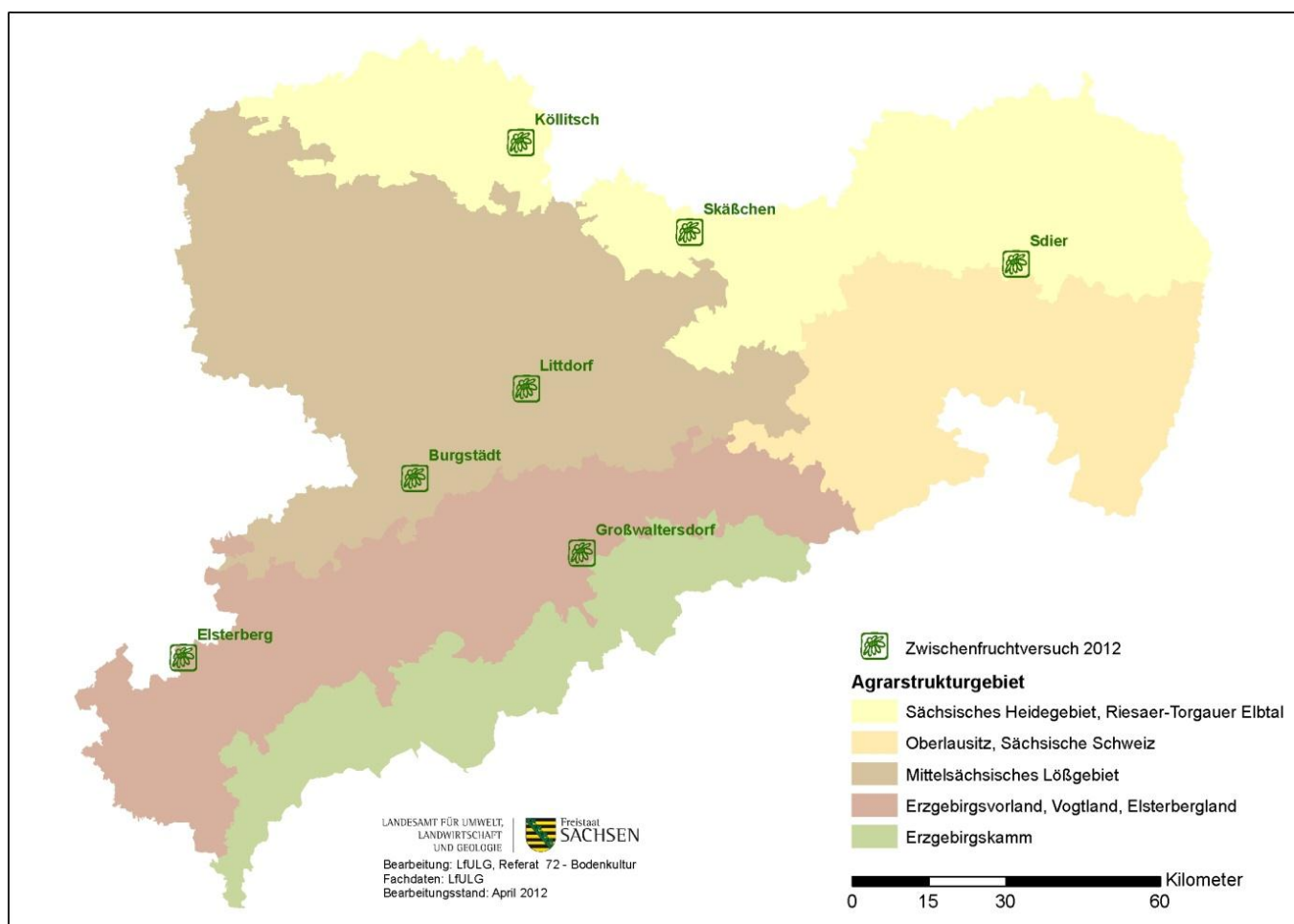


Abbildung 1: Versuchsstandorte der Zwischenfruchtdemonstrationsanlagen 2012

Nicht alle aufgeführten Aspekte sind mit ein und derselben Gründüngung zu erzielen. Dies zeigten die Ergebnisse aus den Demonstrationsanlagen 2011/12. Gut etablierte Zwischenfruchtbestände waren in der Lage, hohe Nährstoffmengen zu speichern, das Aufkommen von Unkräutern und Ausfallgetreide effektiv zu vermindern/verhindern, die mikrobiologische Aktivität und Gare des Bodens zu fördern, die Bodenstruktur zu verbessern und dem Boden organische Substanz zuzuführen. Dabei spielt die Wahl der Zwischenfrucht, abgestimmt auf Standort, Fruchtfolge und Aussaatzeitpunkt, eine wichtige Rolle.

Mit den Anlagen der Demonstrationsversuche im Anbaujahr 2012 (Abbildung 1) wurden wie schon 2011 verschiedene Zwischenfruchtgemenge betriebsüblich gemeinsam mit den Landwirtschaftsbetrieben in verschiedenen Agrarregionen Sachsens angebaut und hinsichtlich Stickstoffaufnahme, Biomasseertrag und Stickstoffdynamik im Boden (0-60 cm) bewertet. Im Anbaujahr 2011 erfolgte der Anbau der Zwischenfrüchte auf den Versuchsstandorten überwiegend nach Wintergerste. Bei früher Aussaat und guten Witterungsbedingungen konnten sich die Bestände auf allen Standorten sehr gut entwickeln. Im Anbaujahr 2012 erfolgte die Aussaat der Zwischenfrüchte nach unterschiedlichen Vorfrüchten. Mit Winterweizen, Winterroggen und Triticale wurde in diesem Versuchsjahr der Schwerpunkt auf spätere Aussaaten und somit kürzere Vegetationszeit gelegt. Wie schon im Jahr 2011 sollte der Empfehlung einer zeitnahen Aussaat der Zwischenfrüchte entsprochen werden.

Unterstützt wurde die Anlage der Versuche im Jahr 2012/13 von folgenden landwirtschaftlichen Unternehmen:

Aussaatzeitpunkt	Versuchsstandort	Unternehmen	Standorttyp
	Littdorf	Landwirtschaftsbetrieb Schönleber e.K.	Lö
	Köllitsch	Lehr- und Versuchsgut	Al
	Sdier	Agrargenossenschaft „Heidefarm“ Sdier e.G.	D
	Skäßchen	Agrargenossenschaft Skäßchen.G.	D
	Elsterberg	Agrargenossenschaft „Am Kuhberg“ e.G.	V
	Burgstädt	Landwirtschaftsbetrieb Graichen	Lö
	Großwaltersdorf	Landwirtschaftsbetrieb Steier	V

Die Ergebnisse sind Teil der Untersuchungen „Begleitung und Bewertung der stoffeintragsminimierenden Agrarumweltmaßnahmen des Programms AUW gemäß dem EPLR 2007 – 2013“, durchgeführt und ausgewertet durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) in Zusammenarbeit mit dem Verein Konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat in Sachsen e.V. (KBD). Wie schon im Jahr 2011 wurden die Versuchsanlagen im Rahmen einer Feldtagsreihe im Herbst 2012 interessierten Praktikern zusammen mit folgenden Saatgutanbietern vorgestellt:

- Deutsche Saatveredlung AG
- Bayerische Futtersaatbau GmbH
- Saaten-Union GmbH
- BayWa AG
- Feldsaaten Freudenberger GmbH & Co KG

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Anlage der Demonstrationsversuche

Wie schon im Jahr 2011 wurden die Versuche als einjährige Streifenanlagen auf konservierend bestellten Flächen etabliert. Verschiedene Mischungen wurden im Vergleich zu Senf als bewährte Zwischenfrucht angebaut. Verglichen werden die verschiedenen Varianten mit einer Variante, die nach der Ernte/Bodenbearbeitung brach belassen wurde und in der auflaufendes Ausfallgetreide und Unkräuter nicht bekämpft wurden. Beispielhaft ist in Abbildung 2 eine Musteranlage dargestellt, nach deren Prinzip alle Zwischenfrucht-Demonstrationen angelegt wurden. Jeder Saatgutanbieter hatte neben zwei Mischungen eine Variante zur Verfügung gestellt, die im Hinblick auf Substrateignung für Biogasanlagen getestet wurde. Ob sich diese Zwischenfruchtvarianten auch als Biogassubstrat eignen, soll dabei an Biomasseaufwuchs und Trockensubstanzgehalt untersucht werden.

Zwischenfrucht	Anbieter
Brache	DSV
Gelbsenf	
TerraLife Rigol	
TerraLife Aquapro	BayWa
Legu-Hafer GPS	
Brache	
Gelbsenf	Saaten-Union
Vitalis Extra	
Vitalis Plus	
Erbsen/Wicke	BSV
Brache	
Gelbsenf	
Cortras Plus	Freudenberger
Phacelia	
Multikulti	
Körnererbse	Freudenberger
Rauhafer	
Brache	
Gelbsenf	Freudenberger
MS 100	
SZB 100	
Vollgas 230 BG	Freudenberger
Brache	
Gelbsenf	
Terra Gold 6	Freudenberger
Terra Gold 1	
Biogasepress	

Abbildung 2: Streifenanlage für Demoversuche Zwischenfruchtanbau, 2012

Die Aussaat der Zwischenfrüchte erfolgte durch die Landwirtschaftsbetriebe mit betriebseigener Technik. Aussaatstärken richteten sich nach den Angaben der Saatgutanbieter. Der Aussaatzeitpunkt erfolgte schnellstmöglich nach Beerntung der Feldfrucht.

## 2.2 Probenahmen, Analysemethoden und Bonituren

### Biomasseerträge und gebundener Stickstoff im Spross

Zur Bestimmung der Biomasse (Frisch- und Trockenmasse) wurde aus jedem Prüfglied eine Fläche von 0,25 m<sup>2</sup> in vierfacher Wiederholung zu Vegetationsende (November 2012) per Hand geerntet. Die Frischmasse (FM) wurde sofort gewogen, anschließend (bei 60 °C) bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und die Trockenmasse (TM) bestimmt. Die getrockneten Pflanzenproben wurden vermahlen und anschließend wurde im Labor der Stickstoffgehalt ermittelt. Anhand der Analysenwerte wurden die gebundenen Stickstoffmengen in der Sprossbiomasse der Zwischenfrüchte bzw. des Zwischenfruchtgemenges berechnet. Die Analytik der Pflanzen- und Bodenproben erfolgte nach den Methoden und Richtlinien des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA).

### Mineralischer Stickstoff

Der Gehalt an mineralischem Stickstoff im Boden wurde jeweils vor der Aussaat der Zwischenfrüchte, zu Vegetationsende und zu Vegetationsbeginn untersucht. Die Bodenprobenahmen erfolgten aus den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm als Mischprobe aus acht Einstichen pro Prüfglied.

### Ökonomische Betrachtung

Zur ökonomischen Bewertung der Zwischenfrüchte/Gemenge wurden die aktuellen Saatgutpreise den Leistungen der Prüfglieder gegenübergestellt. So wurde der finanzielle Aufwand dargestellt, um 1 kg N/ha zu binden bzw. 1 dt TM/ha zu erzeugen.

## 2.3 Witterung im Versuchszeitraum 2012/13

Maßgeblich bedingt werden das Auflaufen und die Bestandesentwicklung einer Zwischenbegrünung von der Witterung im Spätsommer. Vor allem beim Zwischenfruchtanbau nach Winterweizen gilt die alte Bauernregel: Ein Tag im Juli ist mehr wert als eine Woche im August und mehr wert als der ganze September. In den Herbstmonaten September, Oktober und November 2012 fielen 143 l/m<sup>2</sup> (155 l/m<sup>2</sup> im langjährigen Mittel) Niederschlag bei einer mittleren Temperatur von 9,2 °C (8,8 °C im langjährigen Mittel). Bis zum ersten Drittel des Septembers konnten sich bei noch sommerlichen Temperaturen die Zwischenfruchtbestände gut entwickeln. Mitte Oktober erfolgte ein Kälteeinbruch, bei dem frostempfindliche Arten wie Ramtillkraut, Buchweizen, Sonnenblumen und Ackerbohnen frühzeitig abfroren. Frostunempfindlichere Arten wie die Phacelia (-8 °C) sind alle über den Winter sicher abgefroren. Der Winter 2012/13 zeigte eine positive Niederschlagsbilanz, sodass die Bodenwasservorräte nach dem Abfrieren der Zwischenfrüchte wieder aufgefüllt wurden.



Gemenge Arten	Vertrieb/Hersteller	Aussaatstärke (kg/ha)	Leguminosen									Kreuzblütler				Gräser																
			Bitterlupine	Erbse	Serradella	Saatwicke	Winterwicke	Alexandrinerklee	Inkarnatklee	Perserklee	Schwedenklee	Kresse	Ölrettich	Senf	Winterfutterraps	Triticale	Hafer	Rauhafer	Futterroggen	Einj. Weidelgras	Bastardweidelgras	Weisch. Weidelgras	Rohrschwinger	Buchweizen	Leindotter	Öllein	Phacelia	Ramtilkraut	Sonnenblume	Sonstiges		
Vitalis Extra	Baywa	25				X		X		X																	X	X				
Vitalis Plus		15						X				X	X														X					
Vitalis Universal		15						X																		X	X					
ITC 100	BSV	15										X	X																			
MS 100 A		25			X	X		X				X															X	X				
MS 100 S		20						X				X																X				
SB 100		20				X		X		X																	X					
SZB 100		20						X				X												X				X				
Vollgas 230 BG		100																X		X		X										
Vollgas 121 BG		50				X		X					X						X													
TerraLife Aquapro		DSV	25													X								X	X	X	X	X	X	X		
TerraLife Biomax			30									X		X		X								X		X		X		X		
TerraLife Maispro	40			X			X	X	X		X						X						X	X	X	X		X		X		
TerraLife N-Fixx	45			X	X	X		X		X													X			X	X	X		X		
TerraLife Rigol	50		X		X			X								X							X	X	X	X		X		X		
TerraLife SolaRigol	55		X		X	X		X								X							X	X			X	X		X		
Legu-Hafer-GPS (Plus)	150			X		X									X				X										X			
Landsb. Gemenge	50						X		X												X											
TerraGold 1 Humus	Freudenberger		35		X	X	X		X															X			X					
TerraGold 3 Solara		35	X	X				X				X											X			X						
TerraGold 4 Tüb. Mischung		10										X	X										X			X				X		
TerraGold 6 Ölrettich-Mix		25										X																				
Biogasexpress BG 60		25				X										X													X			
Compass Plus Phacelia	SU	25						X				X														X						
Compass Pur		25										X																				
Multikulti		25				X		X				X	X												X	X		X				

Abbildung 3: Aussaatstärken und Zusammensetzung der geprüften Zwischenfruchtgemenge, 2012

# 3 Standortbeschreibung und Ergebnisse

## 3.1 Littdorf, Landwirtschaftsbetrieb Schönleber e. K.

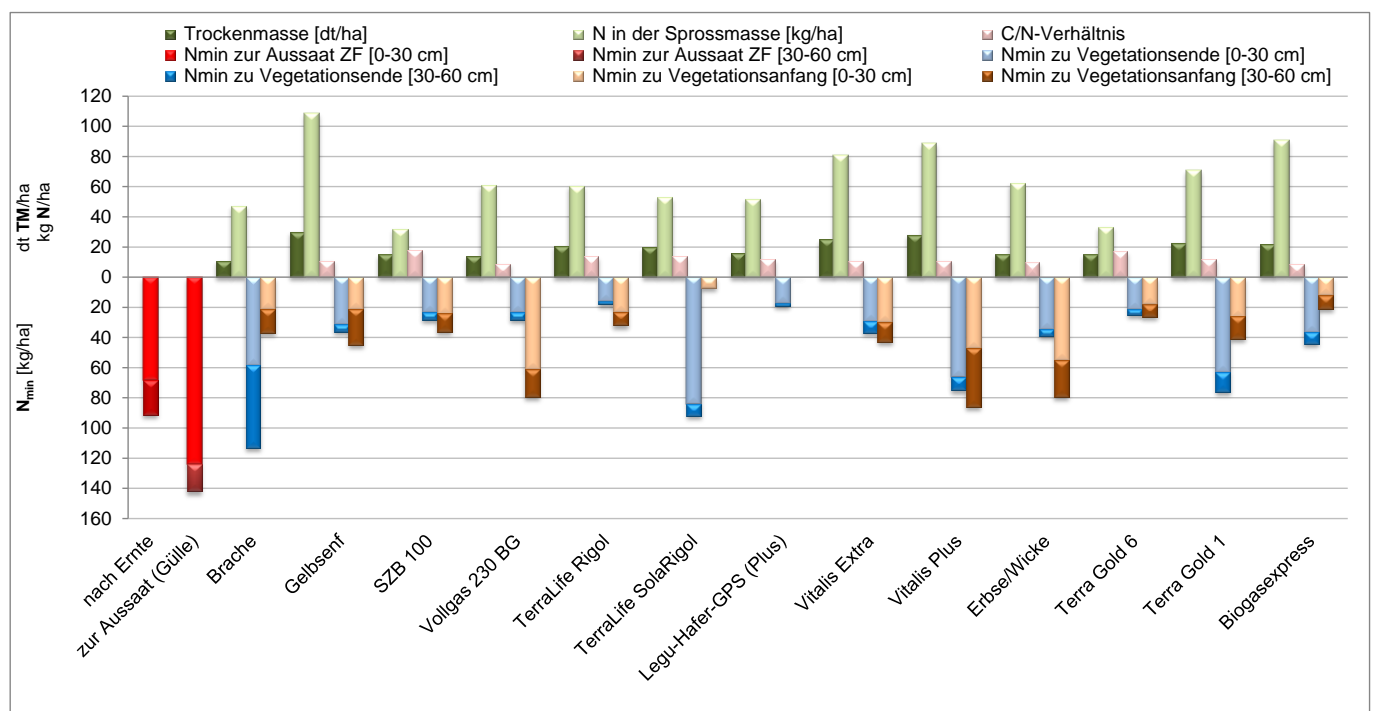


Bodenart	schwach toniger Schluff
Ackerzahl	52
Vorfrucht	Winterweizen
Erntezeitpunkt Vorfrucht	06.08.2012
Stoppelbearbeitung	09.08.2012
Technik	Güllegrubber
Aussaattermin Zwischenfrüchte	13.08.2012
Aussaatterverfahren	Grubbersaat

**Bild 1: Aussaat der Zwischenfrüchte, Littdorf 2012**

Auf dem Standort in Littdorf (Lö) in Mittelsachsen wurde wie schon im vergangenen Jahr (2011) eine Versuchsanlage zum Anbau von Zwischenfrüchten etabliert. Nach der Ernte des Winterweizens (06.08.2012) erfolgte eine Stoppelbearbeitung mit gleichzeitiger Gülleausbringung und -einarbeitung. Nach sieben Tagen, Mitte August, wurden mit einem Sägrubber Horsch Tiger 8 LT mit einer aufgebauten Horsch Duo Drill (Bild 1) die Zwischenfrüchte in Streifen angelegt. Nach der Aussaat begünstigten Niederschläge die Keimung des Saatgutes. Sowohl Temperaturen als auch die Niederschläge lagen während der Wachstumszeit der Zwischenfrüchte auf dem Niveau des langjährigen Mittels. Somit hatten die Bestände in der verbleibenden Vegetationszeit gute Wachstumsbedingungen. Durch eine Güllegabe vor der Aussaat der Zwischenfrüchte stand den Begrünungsvarianten ein sehr hohes Stickstoffangebot zur Verfügung. Ein kurzer Kälteeinbruch Ende Oktober mit ersten Frösten bedeutete für empfindliche Arten wie Ramtkillkraut, Buchweizen und Sonnenblumen ein vorzeitiges Vegetationsende.

In der Abbildung 4 sind die Untersuchungsergebnisse der angebauten Varianten dargestellt. Unterhalb der X-Achse sind die  $N_{min}$ -Werte der Bodenschichten 0-30 cm und 30-60 cm nach der Getreideernte, zur Aussaat der Zwischenfrüchte (nach Gülleausbringung), zu Vegetationsende 2012 und Vegetationsbeginn 2013 abgebildet. Entsprechend dazu sind Trockenmasse und die gebundene Menge an Stickstoff im oberirdischen Aufwuchs sowie die C/N-Verhältnisse oberhalb der X-Achse dargestellt.



**Abbildung 4: Ertrag, N-Entzug und  $N_{min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Littdorf 2012**



**Bild 2: Bestandesentwicklung, Littdorf 2012**

Durch den frühzeitigen Kälteeinbruch wurden die Biomasseschnitte nach gut zehn Wochen Vegetationszeit genommen. Bild 2 zeigt, dass sich bis zum Oktober sehr dichte Bestände entwickelt haben. In den Varianten der Brache liefen sowohl Ausfallgetreide als auch Unkräuter auf. Zur Dokumentation wurde diese Grünmasse ebenfalls beerntet und untersucht. Der Biomasse-schnitt der Grünbrache brachte lediglich 11 dt TM/ha. Dieser konnte im Vergleich zu den mit Zwischenfrüchten begrüneten Varianten mit knapp 50 kg N/ha recht viel Stickstoff im Aufwuchs binden. Die Zwischenfruchtvarianten bildeten zwischen 14 und 30 dt TM/ha bei N-Gehalten zwischen 30 und 110 kg N/ha.

Im Vergleich zu 2011 (Aussaat der Zwischenfrüchte ebenfalls nach Winterweizen) lagen die Ergebnisse auf vergleichbarem Niveau. Deutlich zeigt sich die Vorzüglichkeit von Senf bei später Aussaat. In nur zehn Wochen Wachstumszeit bildete dieser einen sehr massenwüchsigen Bestand (30 dt TM/ha). Die hohen N-Aufnahmen (110 kg N/ha) machen deutlich, dass ein so massenwüchsiger Senfbestand in der Lage ist, die ausgebrachte Gülle gut zu verwerten.

Die angebauten Mischungen enthalten fast alle Leguminosen als Mischungspartner. Diese besitzen die Eigenschaft, in einer Symbiose mit bodenbürtigen Wurzelknöllchen (Rhizobien)-Bakterien molekularen Stickstoff ( $N_2$ ) zu reduzieren und zu assimilieren. Besonders auf Böden mit geringer Stickstoffversorgung macht sie diese Eigenschaft unabhängig von diesem wachstums-limitierenden Faktor. Gleichzeitig stellen die Leguminosen in der Mischung den Nichtleguminosen den Stickstoff für deren Wachstum zur Verfügung. Somit verschaffen sie nicht nur sich, sondern auch dem Gemengepartner gute Wachstumsbedingungen. Die Ergebnisse der Leguminosenvarianten zeigen im Jahr 2012 auf diesem Standort bei durchschnittlichen 20 dt TM/ha keine hohen N-Entzüge. Hier lässt sich vermuten, dass aufgrund des hohen Stickstoffniveaus zur Aussaat die Knöllchenausbildung gehemmt wurde und somit nicht so hohe Mengen an Stickstoff fixiert wurden. Es ist anzunehmen, dass eine zusätzliche Stickstoffquelle im Boden den Bedarf nach symbiontisch fixiertem Stickstoff reduziert. In diesen Gemengen waren die Leguminosen aus ihrer symbiontischen Stickstoffquelle zur Biomasseausbildung selber angewiesen, sodass die Nichtleguminosen-Partner davon nicht profitieren konnten. Durch die Abnahme der  $N_2$ -Fixierungsaktivität und dem damit verbundenen erhöhten Stickstoffbedarf der Leguminosen wurde das Wachstum der Zwischenfruchtbestände beeinträchtigt. Im vergangenen Jahr lag bei einem niedrigeren Stickstoffgehalt zur Aussaat (60 kg N/ha) der N-Entzug durch die Leguminosen deutlich höher (Bericht, 2011), weil mit der Ausbildung von deutlich sichtbaren Knöllchenbakterien die symbiontische  $N_2$ -Fixierungsaktivität sehr hoch war.

In Abbildung 4 weiterhin dargestellt ist die Stickstoffdynamik der Varianten von der Ernte des Winterweizens bis zum Frühjahr 2013. Der Aufwuchs der selbstbegrüneten Brache zeigte ebenfalls eine Reduzierung des Bodenstickstoffgehaltes, wobei hier schon eine deutliche Verlagerung des Stickstoffs in tiefere Bodenschichten (30-60 cm) bis zum Vegetationsende eingesetzt hatte. In den Zwischenfruchtvarianten wurde der Stickstoff aus dem Boden und der Güllegabe für das Pflanzenwachstum ausgenutzt. Somit wurde der Bodenstickstoff bis zum Vegetationsende deutlich vermindert. Im Vergleich zur Brache konnte der Stickstoff in der obersten Bodenschicht (0-30 cm) gehalten werden. Für Verlagerungsprozesse entscheidend ist neben der aufgenommenen und in der Pflanzenmasse gespeicherten Stickstoffmenge der durchwurzelte Bodenhorizont. Im Gegensatz zur selbstbegrüneten Brache wurzeln die verschiedenen Arten der Zwischenfruchtgemenge in unterschiedlichen Bodentiefen, wodurch eine effektivere Ausnutzung gewährleistet wird. Der mineralisierte, lösliche Stickstoff wurde somit in die Wurzelmasse und oberirdische Blattmasse eingebaut. Die nichtlegumenen Zwischenfruchtvarianten bzw. Varianten mit einem geringen Leguminosenanteil haben den  $N_{min}$ -Gehalt deutlich gesenkt, im Durchschnitt um 100 kg/ha von 140 kg N/ha zur Aussaat der Zwischenfrüchte auf 40 kg N/ha bis zum Vegetationsende. Reine Leguminosenbestände (Erbse/Wicke) und Gemenge mit einem sehr

hohen Leguminosenanteil (Vitalis Plus, TerraLife SolaRigol, Terra Gold 1) waren nicht in der Lage, den Stickstoff optimal zu verwerten, sodass im Herbst eine geringere Reduzierung des Bodenstickstoffs ermittelt wurde. Unter den gegebenen Bedingungen erwies sich das Gemenge TerraLife Rigol mit durchschnittlichen Biomasseaufwüchsen bei guter Stickstoffausnutzung aus dem Boden als besonders geeignet für den Standort im Jahr 2012.

Bis zum Frühjahr hatte sich der  $N_{\min}$ -Gehalt zumeist nur gering verändert. Lediglich in sehr Leguminosen betonten Mischungen lagen die  $N_{\min}$ -Werte im Frühjahr über den Durchschnittswerten. Während sich der Stickstoff in der Brache über die Wintermonate mit den Niederschlägen zum Teil in tiefere Bodenschichten verlagert hat, zeigten die Zwischenfruchtvarianten überwiegend einen gegenteiligen Trend. Mit einer Zwischenfruchtbegrünung konnte der Stickstoff bis zum Frühjahr in den oberen Bodenschichten weitestgehend gehalten werden.

### Fazit

Nur mit einer schnellen Aussaat der Zwischenfrüchte nach der Ernte des Winterweizens sind gute Aufwüchse gesichert. Dies gewährleistet zum einen die Ausnutzung der Bodenfeuchte zum Keimen des Saatgutes und zum anderen die optimale Ausnutzung der verbleibenden Vegetationszeit. Somit lassen sich Bestände etablieren, die den Boden in der sonst vegetationslosen Zeit vor Erosion schützen und der Nährstoffverlagerung über den Winter in tiefere Bodenschichten vorbeugen.

Entscheidend zur Vermeidung von Stickstoffverlusten ist, wie der  $N_{\min}$  bis zum Vegetationsende von den verschiedenen Varianten aufgenommen wird. Deutlich zeigt sich, dass mit einer Begrünung der  $N_{\min}$  deutlich gesenkt bzw. in der oberen Bodenschicht gehalten werden kann. Im Vergleich kommt es in der selbstbegrünten Brache zu Stickstoffverlagerungen in die Bodentiefe 30-60 cm, wobei keine wünschenswerte Reduktion der Reststickstoffmengen zu verzeichnen ist.

Beim Anbau von Leguminosen als Zwischenfrucht sollte nur verhalten mit Gülle gedüngt oder auch ganz auf eine Stickstoffgabe verzichtet werden. Die Ergebnisse machen deutlich, wie gut vor allem nichtlegume Zwischenfrüchte den Bodenstickstoff im Herbst verwerten und diesen bei Umbruch erst im Frühjahr über die Wintermonate konservieren können. Weil ein Kälteeinbruch in unseren Breitengraden nicht ungewöhnlich ist, sollten im Gemenge hohe Anteile an Mischungspartnern sein, die frostresistenter sind, um eine lange Bedeckung zu gewährleisten.

## 3.2 Köllitsch, Lehr- und Versuchsgut



Bodenart	alluvialer Auenlehm
Ackerzahl	60
Vorfrucht	Triticale
Erntezeitpunkt Vorfrucht	25.07.2012
Stoppelbearbeitung	anschließend Strohbergung
Technik	02.08.2012
Aussaattermin Zwischenfrüchte	Grubber
Aussaattermin Zwischenfrüchte	07.08.2012
Aussaattermin Zwischenfrüchte	Mulchsaat

**Bild 3: Aussaat der Zwischenfrüchte, Köllitsch 2012**

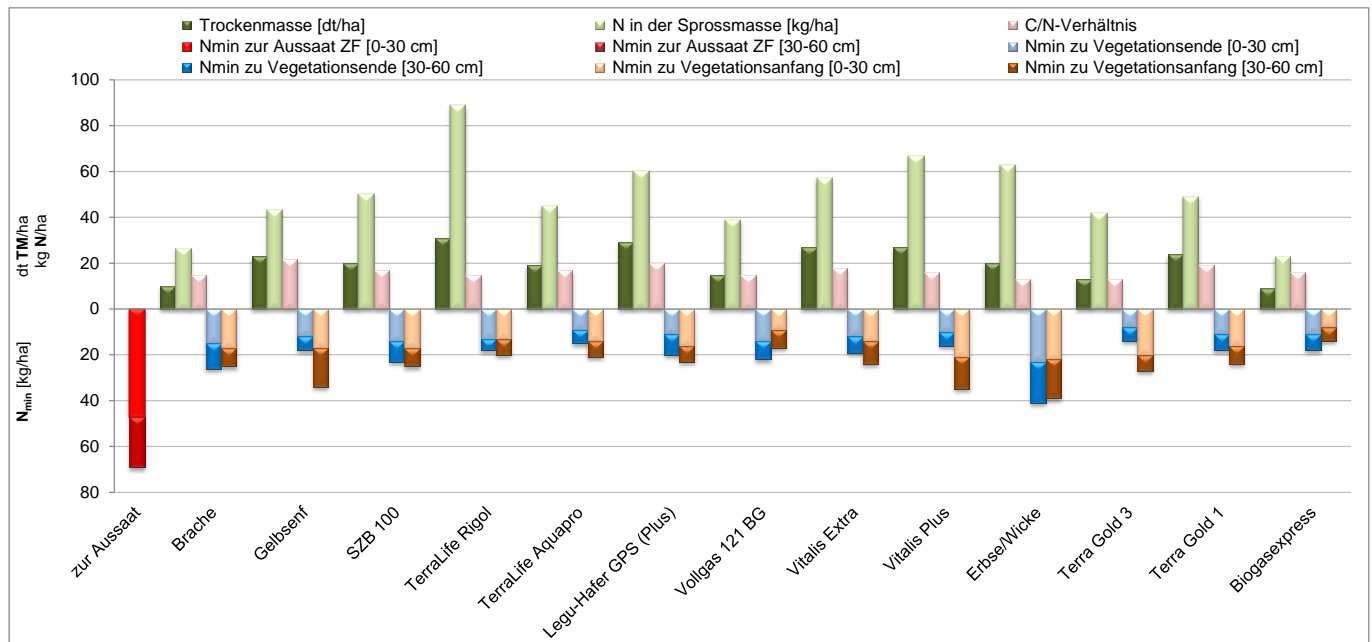
Eine weitere Demonstrationsanlage wurde im Jahr 2012 auf den Flächen des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch etabliert. Köllitsch liegt im Landkreis Nordsachsen, östlich der Elbe. Angelegt wurde der Versuch auf einem alluvialen Auenlehm. Auf der Fläche wurde am 25.07.2012 die Triticale geerntet. Im Anschluss wurde das Stroh von der Fläche geborgen und eine tiefere Bodenbearbeitung mit dem Grubber durchgeführt. Am 07.08.2012 erfolgte aufgrund der Strohbergung erst zwei Wochen nach der Ernte der Triticale die Aussaat der Zwischenfrüchte mit einer Drillmaschine (Kverneland Accord mit integriertem Kurzschnebeneggenfeld) in einen sehr trockenen Boden. Durch die Kombination von Aussaat und Bodenbearbeitung in einem Arbeitsgang wurden bereits auflaufendes Ausfallgetreide und Unkräuter mechanisch bekämpft. Um gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen, wurde zur Aussaat in den Brachen eine Überfahrt mit der Drillmaschine zur Bodenbearbeitung gewährleistet.



**Bild 4: Bestandesentwicklung, Köllitsch 2012**

Durch Mähdrusch und Strohbergung entstanden auf der Fläche Verdichtungen durch Fahrspuren. Mit einer tieferen Stoppelbearbeitung sollten die Spuren von Ernte- und Abfuhrarbeiten beseitigt und gleichzeitig aufgelaufenes Ausfallgetreide und Unkräuter mechanisch bekämpft werden. Mit der Ansaat der Zwischenfrüchte erhoffte man sich, die Bodenstruktur schnell wieder stabilisieren zu können. Bild 4 zeigt eine Gelbsenvariante, in der in jedem Entwicklungsstadium der Pflanzen deutliche Fahrspuren zu erkennen sind. Nachteil der zusätzlichen Stoppelbearbeitung bestand auf diesem Standort darin, dass der ohnehin trockene Boden durch die tiefere Bearbeitung noch zusätzlich ausgetrocknet wurde. Die trockenen Bedingungen führten zu starken Unterschieden im Aufgangsdatum innerhalb der verschiedenen Arten. Erst zwei Wochen nach Versuchsanlage wurden Niederschläge verzeichnet. Bis zum Herbst entwickelten sich die verschiedenen Begrünungen sehr heterogen. Die Trockenmasseerträge lagen zwischen 10 und 31 dt TM/ha (Abbildung 5). Auch auf diesem Standort reichten wenige Tage Ende Oktober mit Temperaturen um den Gefrierpunkt aus, sodass die frostempfindlichen Kulturen (Ramtilkraut, Buchweizen, Sonnenblumen) abfroren. Die in Abbildung 5 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass trotz späterer Aussaat (nach Triticale) und ungünstigen Standort- und Witterungsbedingungen die Zwischenfrüchte noch ausreichend Biomasse bilden und somit Bodenstickstoff verwerten können. Eine Bonitur der aufgelaufenen Arten ließ erkennen, dass sich Feinsämereien wie Gräser aufgrund der trockenen Bedingungen schlechter etablieren konnten. Daher liegen die Trockenmasseerträge der Varianten Vollgas 121 BG (15 dt/ha) und Biogasexpress (9 dt/ha) unter den Erträgen der anderen Begrünungsvarianten. In der Gelbsenvariante zeigte

sich deutlich, dass Stickstoff der ertragslimitierende Faktor ist. Bei höheren Bodenstickstoffgehalten wie in Littdorf ist der Gelbsenf in der Lage, mehr Biomasse zu bilden und auch deutlich mehr Stickstoff zu binden.



**Abbildung 5: Ertrag, N-Entzug und  $N_{\min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Köllitsch 2012**

Die Varianten entwickelten im Verlauf der Vegetation bei geringen Niederschlägen (170 mm Niederschlag von Aussaat bis Vegetationsende zu 200 mm Niederschlag im langjährigen Mittel) mittlere Trockenmasseerträge von 20 dt/ha. Gemenge mit einem höheren Anteil an Leguminosen wie TerraLife Rigol, Legu-Hafer GPS (Plus), Vitalis Extra und Vitalis Plus zeigten Vorteile sowohl in der Biomassebildung als auch im N-Entzug. Damit ist beim Anbau dieser Varianten auch eine sehr positive Wirkung auf das Bodenleben, den Humus und die Aggregatstabilität zu erwarten.

Die Variante ohne Zwischenfruchtanbau zeigte trotz intensiver Bodenbearbeitung noch einen relativ hohen Pflanzenaufwuchs. Damit verbunden zeigte die Brache auch einen entsprechenden N-Entzug (27 kg/ha). Im Vergleich dieser Variante mit den Begrünungsvarianten sind im Untersuchungszeitraum keine deutlichen Unterschiede im  $N_{\min}$ -Gehalt festzustellen (Abbildung 5). Mit einer Begrünung wurde der  $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens bis zum Vegetationsende auf ein sehr niedriges Niveau abgesenkt. Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten wurden im Vergleich zur selbstbegrüneten Brache Stickstoffverluste durch Bindung in die Pflanzenbiomasse verhindert. Nach dem Abfrieren der Zwischenfrüchte veränderte sich der  $N_{\min}$ -Gehalt bis zum Frühjahr kaum innerhalb der Varianten. Damit wurde durch eine Begrünung der Stickstoff im Wurzelraum nicht ausgewaschen.

### Fazit

Neben Nährstoffkonservierung und Erosionsschutz wurden auf dem Standort Zwischenfrüchte angebaut, um Strukturdegradationen mit negativer Ertragswirkung auf die Folgefrucht zu mindern und das Bodengefüge nach tieferer Bodenbearbeitung zu stabilisieren. Um entstandene Schadverdichtungen durch Fahrspuren zu beseitigen, sind tiefwurzelnde Begrünungen wie verschiedene Ölrettichsorten mit ihrer üppigen Pfahlwurzel oder auch Lupinen besonders geeignet. Die dabei entstehenden Bioporen werden von der nachfolgenden Kultur genutzt, um tiefere Bodenschichten zu erwachsen. Ob der kurzzeitige Anbau einer Zwischenfrucht ausreicht und vorhandene Strukturprobleme durchbrechen kann, wird sich erst im Ertrag der Folgefrucht zeigen. In den Zwischenfruchtbeständen waren die durch Fahrspuren entstandenen Verdichtungen deutlich zu sehen.

### 3.3 Sdier, Agrargenossenschaft Heidefarm Sdier e.G.



Bodenart	schwach lehmiger Sand
Ackerzahl	27
Vorfrucht	Winterroggen
Erntezeitpunkt Vorfrucht	24.07.2012
Stoppelbearbeitung	06.08.2012
Technik	Kurzscheibenegge
Aussaattermin Zwischenfrüchte	08.08.2012
Aussaatverfahren	Mulchsaat

**Bild 5: Aussaat der Zwischenfrüchte, Sdier 2012**

Eine weitere Demonstrationsanlage wurde auf einer von der Agrargenossenschaft Heidefarm Sdier bewirtschafteten Flächen angelegt. Diese befinden sich im Osten des Landkreises Bautzen (Oberlausitz) und zählen zu den trockenen, weniger fruchtbaren sandigen Böden. Nach erfolgter Bodenbearbeitung wurden Anfang August zwei Wochen nach der Ernte des Winterroggens am 24.07.2012 in Streifenanlage die Zwischenfrüchte bestellt. Zur Aussaat der Zwischenfrüchte wurde die im Betrieb vorhandene Drillmaschine Saxonica A 201 genutzt. Die Witterung in der sonst eher trockenen Region war im Anbaujahr 2012 immer wieder von starken Niederschlagsereignissen gekennzeichnet. Gute Bodenfeuchtebedingungen waren ein Garant für einen zügigen und gleichmäßigen Aufgang des Saatgutes. Zum Teil recht ergiebige Niederschläge im Herbst begünstigten das Wachstum auf dem Standort. Auch hier froren die frostempfindlichen Kulturen Ende Oktober mit den ersten Nachfrösten frühzeitig ab.



**Bild 6: Bestandesentwicklung, Sdier 2012**

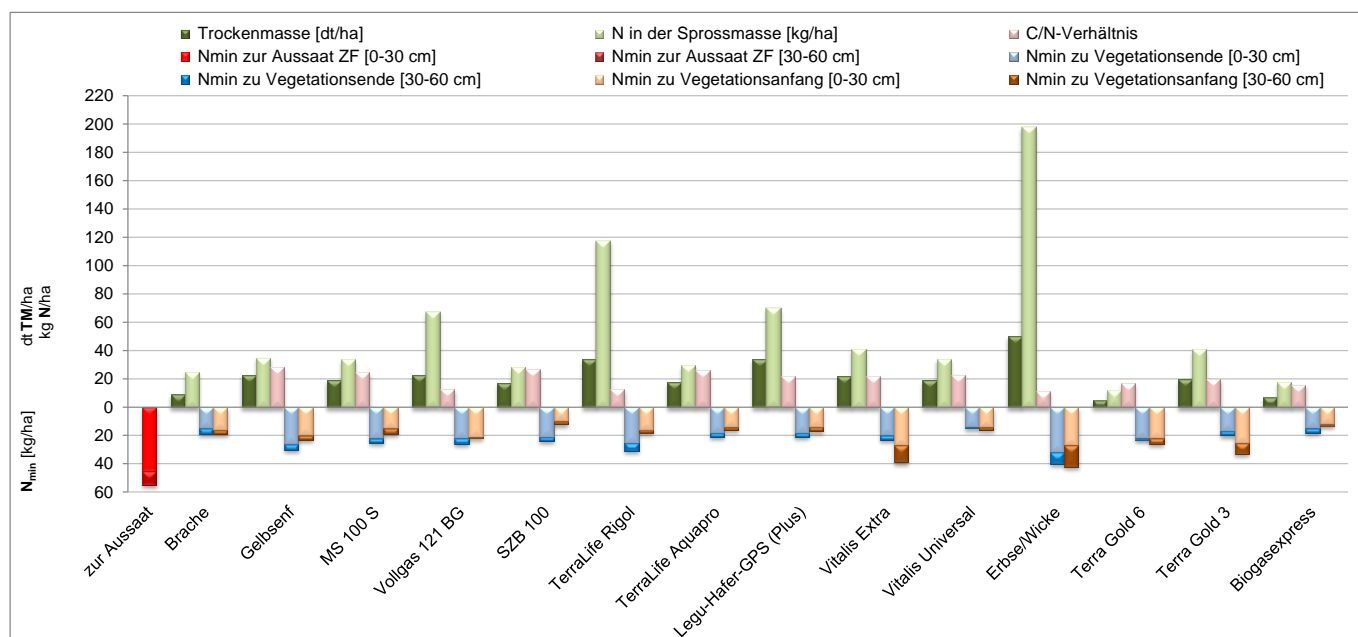
Der Aufgang des Zwischenfruchtsaatgutes nach Winterroggen erfolgte durch Niederschläge nach der Aussaat recht zügig und gleichmäßig in allen Begrünungsvarianten. Bei milder Witterung entwickelten sich auf dem Standort die Zwischenfrüchte auch bei später Aussaat sehr gut (

Bild 6). In der Variante ohne Zwischenfruchtanbau waren nur wenig Ausfallgetreide und Unkräuter aufgelaufen (Abbildung 6). Bei nur 9 dt TM/ha wurde dem Boden 25 kg N/ha entzogen. Damit sind auf einem leichten Boden Nitratverluste über den Winter kaum zu vermeiden, wenn keine Zwischenfrucht angebaut wird.

Die in Abbildung 6 dargestellten Biomasseerträge zeigen nach 13 Wochen Wachstumszeit, dass Mischungen mit einem hohen Anteil an grobkörnigen Leguminosen wie Erbse/Wicke, Terra Life Rigol oder Legu-Hafer-GPS (Plus) massenwüchsiger waren. Diese konnten 34 bzw. 50 dt TM/ha bilden, wohingegen die anderen Varianten im Durchschnitt nur 20 dt TM/ha erreichten. Nur Terra Gold 6 (Ölrettichmix) und Biogasexpress lagen mit 5 bzw. 7 dt TM/ha weit unter dem Mittel. Weil der Ölrettichmix auf allen weiteren Standorten ebenfalls schlechte Biomasseerträge bei zum Teil viel höheren Restnitratmengen im Boden zeigte, ist zu vermuten, dass die in der Mischung gewählten Sorten ungeeignet waren, zumal auf allen Standorten diese Ölrettichsorten

ebenfalls eine starke Gelbfärbung aufwiesen. Biogaseexpress als reine Gräsermischung fordert für hohe Erträge eine frühere Aussaat bzw. ist als Untersaat gut geeignet.

Im Vergleich mit dem Standort Littdorf, auf welchem den Zwischenfrüchten hohe Stickstoffmengen zur Verfügung standen, zeigt sich, dass bei einem geringen Stickstoffniveau im Boden zur Aussaat der Zwischenfrüchte der Anbau von Leguminosen deutliche Vorteile bietet, weil sie sich und ihre Gemengepartner mit symbiontisch gebundenen Stickstoff versorgen können.



**Abbildung 6: Ertrag, N-Entzug und  $N_{min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Sdier 2012**

Entsprechend der gebildeten Biomasse und des Leguminosenanteils zeigen sich die N-Entzüge. Varianten mit hohem Leguminosenanteil konnten zwischen 70 und 200 kg N/ha binden. Alle weiteren Varianten haben im Mittel 25 kg N/ha gebunden. Nur in den sehr schlecht wüchsigen Varianten (Terra Gold 6 und Biogaseexpress) lag die Bindungsleistung entsprechend auch sehr niedrig (12 bzw. 18 kg N/ha). Zu vermuten ist, dass sowohl Ertrag als auch Bindungsleistung bei einer Stickstoffgabe zur Aussaat der Zwischenfrüchte (in den nichtlegum. Varianten) deutlich höher ausgefallen wären. Deutlich zeigt sich dies in der Senfvariante. Unter ähnlichen Bedingungen, aber mit deutlich mehr Bodenstickstoff lag der Ertrag der Gelbseifvariante in Skäßchen fast doppelt so hoch.

Abbildung 6 zeigt, dass eine Begrünung den Bodennitratgehalt während der Zeit zwischen zwei Hauptfrüchten deutlich reduzieren kann. Im Vergleich zu den Lössböden mineralisiert ein leichter Boden weitaus weniger im Herbst nach. Bis zum Vegetationsende wurde der Reststickstoffgehalt von den Zwischenfrüchten in der Biomasse gebunden und der  $N_{min}$ -Gehalt in allen Varianten deutlich verringert. Im Durchschnitt wurde der  $N_{min}$ -Gehalt von 55 kg N/ha (Aussaat der Zwischenfrucht) auf durchschnittlich 30 kg N/ha reduziert. Die durch Ausfallgetreide und Unkräuter selbstbegrünte Brache konnte bei geringerem Aufwuchs 22 kg/ha Stickstoff in der Biomasse speichern. Bis zum zeitigen Frühjahr 2013 hatte sich das Stickstoffniveau innerhalb der Varianten kaum verändert. Die Zwischenfruchtvarianten waren somit in der Lage, den in der Biomasse gebundenen Stickstoff über den Winter zu speichern, sodass dieser vor Auswaschung geschützt wurde.

### Fazit

Sandige Böden zeichnen sich durch einen hohen Grobporenanteil aus, der einen intensiven Gasaustausch ermöglicht. Durch den Anbau von Leguminosen in Reinsaat, die ein enges C/N-Verhältnis aufweisen, können unter warmen Witterungsbedingungen im Herbst N-Mineralisierungsprozesse sehr schnell einsetzen. Aufgrund der geringen nutzbaren Feldkapazität dieser leichten Böden kann der Bodenstickstoff nur für kurze Zeit in der oberen Bodenschicht gehalten werden. Gut entwickelte, in Reinsaat angebaute Leguminosen, die zusätzlich Luftstickstoff fixieren, sind nicht in der Lage, den  $N_{min}$ -Gehalt bis zum Vegetationsende so zu vermindern, wie eine in Reinsaat angebaute Nicht-Leguminose bzw. eine Mischung mit hohem nicht legum. Anteil.



len. Die Ergebnisse zeigen, dass auch auf dem sandigen Standort alle Zwischenfruchtvarianten in der Lage waren, die Bodenstickstoffwerte über den Winter bis ins Frühjahr zu halten.



### 3.4 Skäßchen, Agrargenossenschaft Skäßchen e.G.

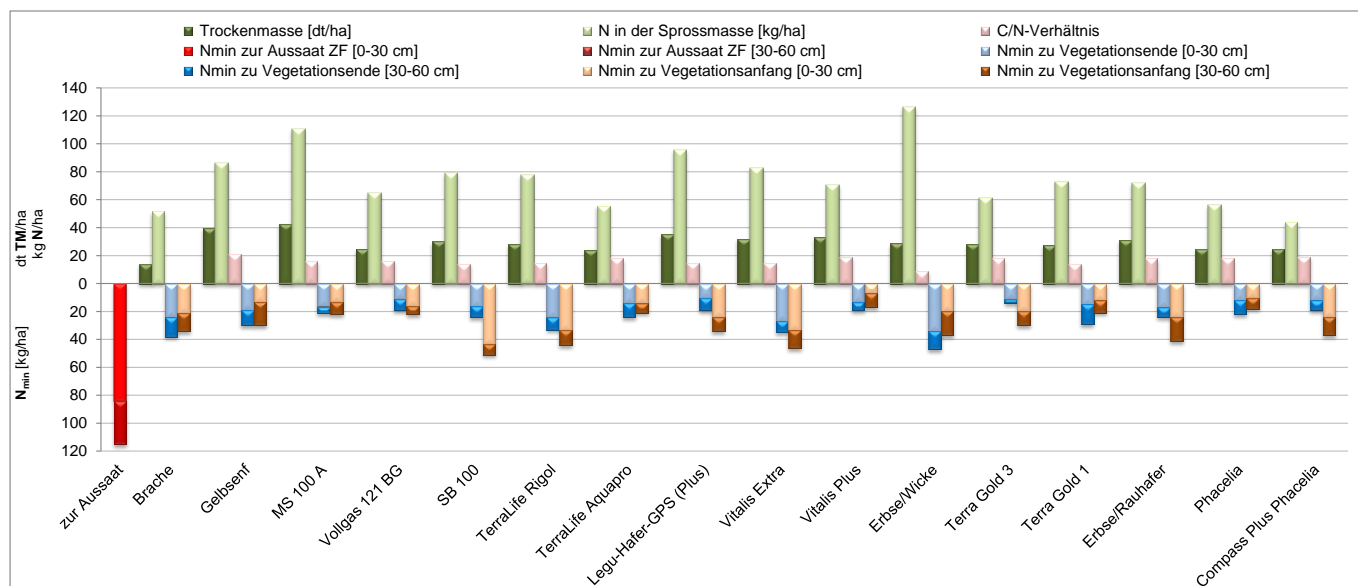
Bodenart	lehmiger Sand
Ackerzahl	35
Vorfrucht	Triticale
Erntezeitpunkt Vorfrucht	14.08.2012
Stoppelbearbeitung	17.08.2012
Technik	Grubber

Aussaattermin Zwischenfrüchte 20.08.2012  
 Aussaatverfahren Mulchsaat

**Bild 7: Aussaat der Zwischenfrüchte, Skäßchen 2012**

Schon im dritten Jahr fanden 2012 auf den Flächen der Agrargenossenschaft Skäßchen e.G. Untersuchungen zum Anbau von Zwischenfrüchten in Reinsaat und Gemengen statt. Auf dem diluvialen Standort im Landkreis Meißen wurde am 14.08.2012 die Triticale geerntet. Drei Tage später erfolgte auf der Fläche eine Bodenbearbeitung mit dem Grubber. Nach weiteren drei Tagen, am 20.08.2012, wurde die Aussaat der Zwischenfruchtvarianten mit einer Mulchsaatmaschine (Horsch Pronto DC 6) durchgeführt.

Das Saatgut hatte optimale Keimbedingungen, weil nach der Aussaat mit den einsetzenden Niederschlägen der Keimhorizont gut durchfeuchtet war. Der geringe Ertrag der Vorfrucht (Triticale) hinterließ mit 110 kg N/ha hohe Reststickstoffmengen im Boden. Optimale Wachstumsbedingungen führten in allen Varianten zu gut entwickelten Beständen, wie der Abbildung 7 zu entnehmen ist. Mit den Frühfrösten Ende Oktober sind Ramtillkraut, Buchweizen und Sonnenblumen auch hier schon zeitig abgefroren.



**Abbildung 7: Ertrag, N-Entzug und N<sub>min</sub>-Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Skäßchen 2012**

Die in Abbildung 7 dargestellten Erträge und N-Entzüge zeigen, dass sich bei guten Witterungsbedingungen und ausreichend Bodenstickstoff nach nur elf Wochen Wachstumszeit gute Bestände mit einem Trockenmasseertrag zwischen 25 und 40 dt/ha

entwickeln konnten. *Verglichen mit den Erträgen des Standortes Sdier, mit vergleichbaren Bedingungen* von Boden und Witterung, zeigt sich, dass der Bodenstickstoff ein stark ertragslimitierender Faktor sein kann.

Generell zeigt sich mit den guten Aufwüchsen auch ein sehr gutes Stickstoffbindungsvermögen (zwischen 45 und 125 kg N/ha) der angebauten Zwischenfrüchte. Bei einem hohen Reststickstoffgehalt im Boden kommt der Vorteil leguminosenbetonter Varianten weniger zum Tragen. Wie aus der Abbildung 7 ersichtlich, liegen die Erträge dieser Varianten nicht deutlich höher. Ähnliches gilt für den N-Entzug. Nur in der reinen Leguminosenvariante konnte bedeutend mehr Luftstickstoff fixiert werden, sodass die gespeicherten N-Mengen in der Biomasse im Mittel um 40 kg N/ha höher lagen. Im Vergleich zum Standort Sdier wird deutlich, dass der Vorteil einer Leguminose nur auf Flächen mit geringen Restnitratmengen zum Tragen kommt. So ist auf dem Standort in Sdier sowohl der Ertrag als auch der N-Entzug bei Erbse/Wicke fast doppelt so hoch wie in Skäßchen. Weiterhin zeigt sich, dass der Senf eine besonders kurze Entwicklungszeit hat, wobei er für seine Biomassebildung auf ausreichend Stickstoff angewiesen ist. Unter dem weitaus höheren  $N_{\min}$ -Gehalt in Skäßchen konnte der Senf fast doppelt so viel Biomasse bilden wie in Sdier. Mit hohen Aufwüchsen besitzt der Senf ein hohes Aneignungsvermögen für Stickstoff aus dem Bodenvorrat. So konnten die Senfvarianten in Skäßchen knapp 90 kg N/ha binden. In Sdier dagegen lag die Stickstoffbindung nur bei 35 kg/ha.

Ähnlich dem leichten Standort in Sdier zeigt sich das Potenzial einer Begrünung in der Reduzierung des Reststickstoffgehaltes bis zum Vegetationsende. Im Mittel konnten die Varianten den Bodenstickstoff um 80 kg/ha vermindern. Auch hier lagen bis zum zeitigen Frühjahr die  $N_{\min}$ -Werte weitestgehend auf ähnlichem Niveau wie zum Herbstende, sodass es kaum zu Stickstoffverlagerungen in tiefere Bodenhorizonte gekommen sein dürfte.

Das Gemenge TerraLife Aquapro zeigt als Mischung ohne Leguminosenanteil bei guter Wüchsigkeit eine gute Verwertung des Reststickstoffs aus dem Boden. Mit den sehr niedrigen  $N_{\min}$ -Werten zu Vegetationsende eignet es sich vor allem in Wasserschutzgebieten. Weiterhin zeigte das Gemenge MS 100 A mit seinem hohen Anteil an Saatwicke unter den gegebenen Standortbedingungen gute Leistungen hinsichtlich Biomasse, N-Entzug und auch Stickstoffreduktion im Boden. Vollgas 121 BG, SB 100, Vitalis Plus und Compass Plus Phacelia zeigten sowohl vom Aufwuchs als auch in der N-Bindung eher unterdurchschnittliche Werte. Vermutlich sind die in der Mischung enthaltenen Anteile an Alexandrinerklee zu hoch für den Standort, weil sich dieser für leichte sandige Standorte weniger eignet. Auch bedarf Alexandrinerklee einer frühzeitigen Aussaat bzw. ist eher als Untersaat geeignet.

### Fazit

Gerade bei hohen Reststickstoffmengen nach der Getreideernte ist es auf leichten Standorten dringend anzuraten, die Fläche mit Zwischenfrüchten zu begrünen. Nur so kann ein großer Teil des im Boden verbliebenen Stickstoffs in der Biomasse der Zwischenfrüchte festgelegt und konserviert und somit vor Auswaschung geschützt werden. Rechnet man diesen Stickstoff in der Düngebedarfsermittlung der Folgefrucht an, zeigt der Zwischenfruchtanbau neben den pflanzenbaulichen und ökologischen Vorteilen auch einen hohen betriebswirtschaftlichen Nutzen.

Bei guter Stickstoffversorgung wurde in Skäßchen im Mittel der gut entwickelten Varianten 80 kg N/ha in der oberirdischen Biomasse aufgenommen. Dabei konnte mit einer Begrünung der  $N_{\min}$ -Gehalt bis zum Vegetationsende deutlich gesenkt und bis ins Frühjahr konserviert werden.

### 3.5 Elsterberg, Agrargenossenschaft „Am Kuhberg“ e.G.



Bodenart	sandiger Lehm
Ackerzahl	33
Vorfrucht	Winterweizen
Erntezeitpunkt Vorfrucht	17.08.2012
Aussaattermin Zwischenfrüchte	23.08.2012
Aussaatverfahren	Grubbersaat

**Bild 8: Aussaat der Zwischenfrüchte, Elsterberg 2012**

Elsterberg liegt an der Grenze zu Thüringen im Vogtlandkreis. Wie schon im vergangenen Jahr wurde 2012 ein Feldversuch für Zwischenfrucht begrünungen auf den Flächen der Agrargenossenschaft „Am Kuhberg e.G.“ auf einem Verwitterungsboden angelegt. Nach erfolgter Winterweizenernte wurden nach knapp einer Woche am 23.08.2012 die Zwischenfrüchte ausgebracht. Der Anbau erfolgte mittels Grubber (Kerner Komet) mit aufgebautem APV-Elektrostreuer. In der Brache wurde ebenfalls mit gleicher Technik ein Grubberstrich gezogen, um gleiche Ausgangsbedingungen in allen Varianten zu schaffen.

Zur Ernte des Winterweizens wurden die verschiedenen Varianten auch im Mähdruschverfahren angelegt. Diese sollten mit der jeweiligen Grubbervariante auf dem Standort im Vegetationsverlauf verglichen werden. Bei der Mähdruschsaat wurde der Winterweizen geerntet und das Zwischenfruchtsaatgut in einem Arbeitsgang ausgebracht. Dabei verblieb das gehäckselte Stroh auf der Fläche und bildete einen feuchtigkeitserhaltenden Schutz für das keimende Saatgut. Im Rahmen der Versuchsanlagen 2011 wurde dieses Verfahren bereits auf dem Standort in Belgern (Nordsachsen) erfolgreich getestet. Aufgrund der extrem trockenen Bedingungen im Jahr 2012 konnte das Zwischenfruchtsaatgut auf dem Standort in Elsterberg nicht keimen, sodass keine weiteren Untersuchungen durchgeführt werden konnten.

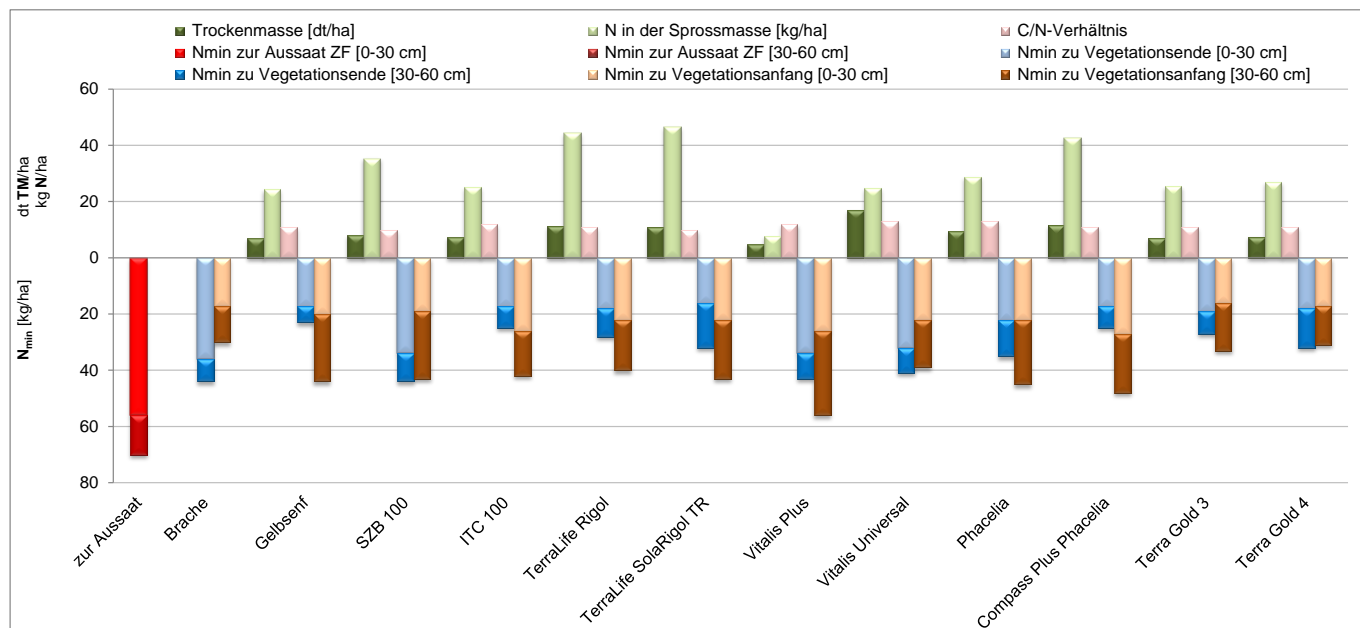
Bepробt und ausgewertet wurden lediglich die in Grubbersaat ausgebrachten Varianten.



**Bild 9: Zwischenfruchtbestand, Elsterberg 2012**

Der Standort Elsterberg zählt mit 585 mm Niederschlag im langjährigen Mittel zu den niederschlagsärmeren Regionen Sachsens. Die Vegetationszeit im Jahr 2012 war von Trockenheit geprägt. In den der Aussaat der Zwischenfrüchte vorangegangenen Wochen waren nur sehr geringe Niederschlagsmengen gefallen, sodass zur Aussaat der Boden im Saathorizont extrem ausgetrocknet war. In der für die Zwischenfrüchte verbleibenden Vegetationszeit fielen ebenfalls nur sehr geringe Niederschlagsmen-

gen, sodass sich auf dem Standort in Elsterberg keine zufriedenstellenden Bestände etablieren konnten, wie in Bild 9 zu erkennen und in Abbildung 8 in den Ergebnissen dargestellt ist



**Abbildung 8: Ertrag, N-Entzug und  $N_{min}$ -Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Elsterberg 2012**

Den extrem trockenen Witterungsbedingungen geschuldet, fiel der Weizenertrag unterdurchschnittlich aus. Somit konnte der applizierte Dünger nicht in vollem Umfang von der Hauptfrucht genutzt werden. Den folgend angebaute Zwischenfrüchten standen 70 kg/ha Reststickstoff zur Verfügung. Unter den im Vegetationsverlauf der Zwischenfrüchte sehr trockenen Bedingungen und folglich der schlechten Bestandesetablierung (5-17 dt TM/ha zum Vegetationsende) konnten die Zwischenfrüchte diesen Bodenstickstoff nicht gut nutzen, so dass im Vergleich zur Brache keine wesentlichen Unterschiede in der Bodenstickstoffdynamik gemessen wurden (Abbildung 8). Deutlich zeigt sich sowohl in der Brache als auch bei schlechter Bestandesetablierung eine Verlagerung des Bodenstickstoffs bis zum Vegetationsbeginn in tiefere Bodenschichten (30-60 cm).

Gemenge mit einem hohen Anteil an Leguminosen und hohem Anteil an frostunempfindlicheren Arten wie TerraLife Rigol, TerraLife SolaRigol und Compass Plus Phacelia zeigten unter den schwierigen Witterungsbedingungen Vorteile in der Stickstoffbindungsleistung. Das Gemenge Vitalis Universal zeigte mit seinen hohen Anteilen an Phacelia eine bessere Wüchsigkeit als die weiteren Varianten. Mit den milden Temperaturen bis zum Jahresende konnte die frostunempfindliche Phacelia die Vegetationszeit besser ausnutzen als andere Arten.

### Fazit

In sehr trockenen Jahren ist es ausgesprochen schwierig, eine mit Zwischenfrüchten optimal begrünte Fläche sicherzustellen. Auch wenn die Wüchsigkeit und der N-Entzug in solchen Fällen nur ungenügend sind, gewährleisteten diese begrünten Flächen noch einen sicheren Erosionsschutz. Daher sollte nach Möglichkeit nicht auf eine Aussaat von Zwischenfrüchten verzichtet werden.

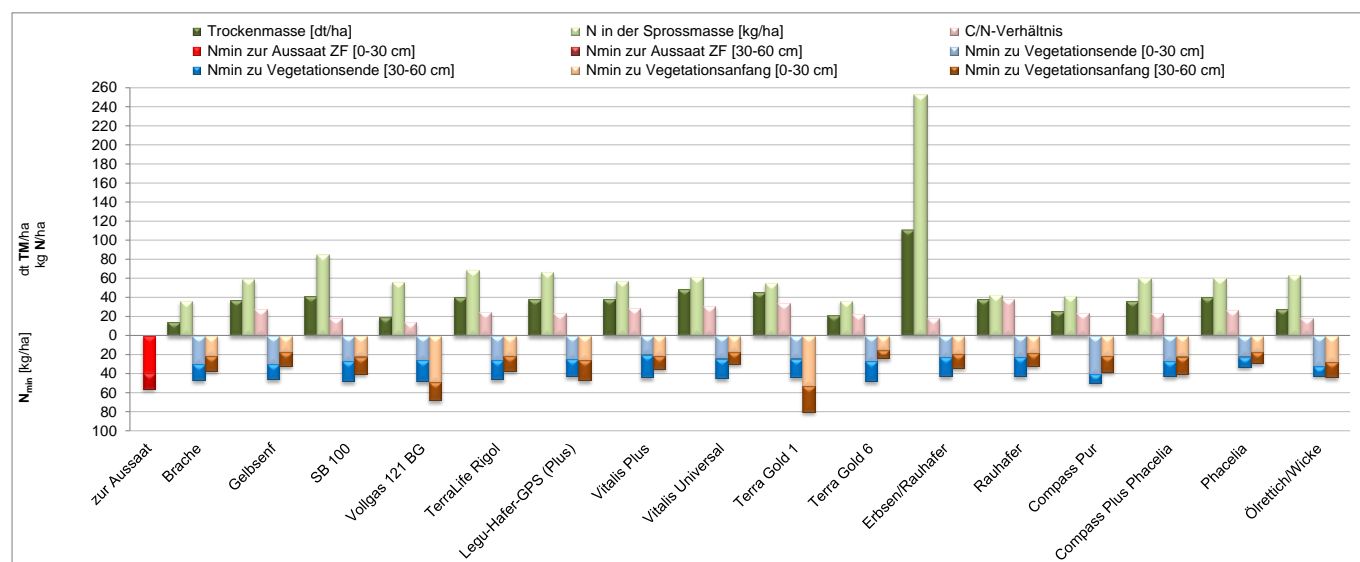
### 3.6 Burgstädt, Landwirtschaftsbetrieb Graichen



Bodenart	mitteltoniger Schluff
Ackerzahl	50
Vorfrucht	Wintergerste
Erntezeitpunkt Vorfrucht	11.07.2012
Aussaattermin Zwischenfrüchte	20.07.2012
Aussaattermin	Direktsaat

**Bild 10: Aussaat der Zwischenfrüchte, Burgstädt 2012**

Seit nunmehr vier Jahren werden im Landwirtschaftsbetrieb Andreas Graichen in Burgstädt (Landkreis Mittelsachsen) Zwischenfruchtversuche angelegt und die Ergebnisse auf Praktikertreffen vorgestellt und diskutiert. Im Jahr 2012 erfolgte die Etablierung erstmals im Rahmen der Zwischenfruchtversuchsreihe, in der verschiedene Arten und Gemenge unterschiedlicher Saatgutanbieter untersucht und ausgewertet wurden. Burgstädt repräsentiert als einziger Standort in diesem Versuchsjahr mit dem Anbau von Zwischenfrüchten nach Wintergerste eine frühe Aussaat. Auf der Untersuchungsfläche wurde am 11.07.2012 die Wintergerste geerntet und das Saatgut am 20.07.2012 in Direktsaat (Horsch Airseeder) gedreht. Drei Tage vor der Zwischenfruchtaussaat fielen 40 mm Niederschlag, sodass das Saatgut optimale Keimbedingungen hatte.



**Abbildung 9: Ertrag, N-Entzug und N<sub>min</sub>-Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Burgstädt 2012**

Bild 11 zeigt die angebaute Zwischenfruchtvariante Vitalis Universal mit einem hohen Anteil an Phacelia, die bei milder Witterung aufgrund ihrer Frosthärte eine lange Vegetationszeit hatte. Generell etablierten sich auf dem Standort die nach Wintergerste angebaute Zwischenfrüchte sehr gut. Unter den guten Witterungsbedingungen und der frühen Aussaat entwickelten sich die meisten angebaute Varianten zu sehr massenwüchsigen Beständen.

In Abbildung 9 sind die Ergebnisse der Biomasseerträge, der N-Entzüge und die N<sub>min</sub>-Gehalte der angebaute Zwischenfruchtvarianten grafisch dargestellt. Die Erträge der Varianten bildeten bei früher Aussaat in zwölf Wochen Vegetationszeit 20 bis 40 dt TM/ha. Die Mischung aus Rauhafer und Erbse lag mit 110 dt TM/ha im oberirdischen Aufwuchs weit über dem Mittel. In den als Brache belassenen Kontrollflächen konnten sich Ausfallgetreide und Unkräuter etablieren, sodass sich zum Vegetationsende ein Aufwuchs von 10 dt TM/ha gebildet hat. Verglichen mit den anderen Standorten im Anbau von Zwischenfrüchten nach Winterweizen zeigte sich durchschnittlich ein doppelt so hoher Biomasseaufwuchs. Auffallend war an dem Standort, dass die Ölrettichvarianten (Terra Gold 6, Compass Plus Phacelia und Ölrettich/Wicke) im Vergleich nur niedrige Erträge um die 20 dt TM/ha erzielten. Dies lässt vermuten, dass Ölrettich zur Bildung von Biomasse einen höheren Stickstoffbedarf hatte.

In der Mischung von Erbse mit Rauhafer konnte dieser von der Stickstofffixierung der Leguminose ganz klar profitieren. Generell war in den leguminosenfreien Varianten das knappe Stickstoffangebot wachstumslimitierend, zumal das Stroh auf der Fläche verblieben war und der Boden in der Direktsaat weniger stark im Herbst Mineralisierungsprozessen unterliegt. Besonders deutlich wird dies in der Gelbsenfvvariante mit einem Trockenmasseertrag von 43 dt/ha. Durch die frühe Aussaat konnten die Pflanzen im Vergleich mit den Aussaaten nach Winterweizen auch mehr Stickstoff binden (Abbildung 9). Besonders begünstigt von der Frühsaat und geringeren Reststickstoffgehalten im Boden war eindeutig die Mischung Erbse/Rauhafer, die über 240 kg N/ha gebunden hat. Im Vergleich zur reinen Rauhafervariante (42 kg N/ha) zeigt sich, dass dieser nur begrenzt Stickstoff binden kann. In den meisten Varianten lag der N-Entzug mit durchschnittlich 60 kg N/ha auf hohem Niveau. Die reinen Örettichvarianten konnten durch die geringen Aufwüchse auch nur geringe Mengen an Stickstoff speichern (40 kg N/ha). Im Gegensatz dazu konnten in der Variante mit Wicke 25 kg N/ha gebunden werden.



**Bild 11: Zwischenfruchtbestand, Burgstädt 2012**

### Fazit

Bei früher Aussaat (nach Wintergerste) zeigen sich in den Untersuchungsergebnissen ganz deutliche Unterschiede zu den späteren Aussaaten. Mit der längeren Vegetationszeit haben sich üppigere Bestände entwickelt, in denen einzelne Gemengepartner wie Buchweizen, Kresse oder Örettich in die Samenreife oder Schotenbildung kamen. Innerhalb der Bestände zeigte sich zum Teil eine Lückigkeit, verursacht durch Blattfall, in der Unkräuter zur Keimung kamen. Weiterhin zu beobachten waren zum Teil starke Krankheitssymptome in den Beständen, wie die Schokoladenfleckigkeit bei Ackerbohnen oder auch vereinzelter Mehltaubefall in den Erbsen.

Mit einer frühen Ansaat ist neben einem stärkeren Aufwuchs in der oberirdischen Biomasse auch ein tiefergängiges Wurzelsystem zu verzeichnen. Dadurch können die Zwischenfrüchte den Stickstoff aus tieferen Bodenschichten aufnehmen und höhere Mengen an Stickstoff über eine längere Vegetationszeit binden als bei späteren Aussaatterminen.

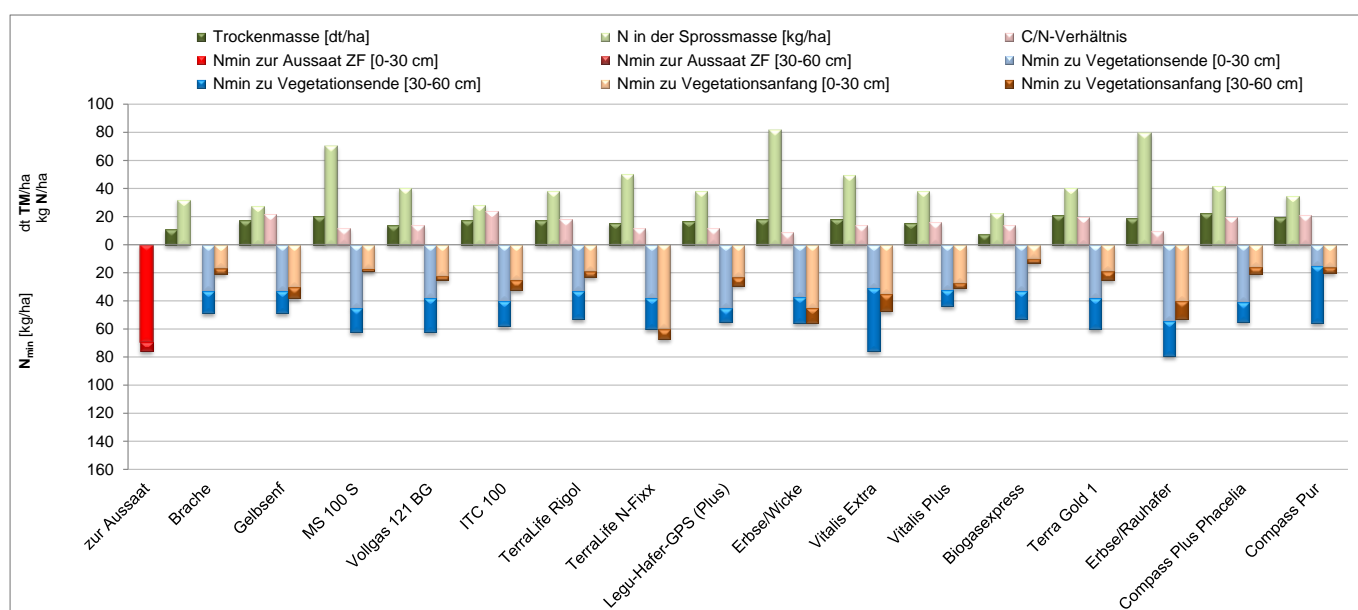
## 3.7 Großwaltersdorf, Landwirtschaftsbetrieb Steier



Bodenart	sandiger Lehm
Ackerzahl	33
Vorfrucht	Winterweizen
Erntezeitpunkt Vorfrucht	15.08.2012
Bodenbearbeitung	16.08.2012
	Kurzscheibenege
Aussaattermin Zwischenfrüchte	17.08.2012
Aussaattermin Zwischenfrüchte	Mulchsaat

**Bild 12: Aussaat der Zwischenfrüchte, Großwaltersdorf 2012**

Im Landwirtschaftsbetrieb Steier in Großwaltersdorf wurde 2012 bereits zum dritten Mal ein Zwischenfrucht-Feldversuch angelegt. Der Standort befindet sich im östlichen Erzgebirge auf einem Verwitterungsboden. Der Winterweizen wurde am 15.08.2012 geerntet. Am folgenden Tag erfolgte die Bodenbearbeitung auf der Fläche und schon am nächsten Tag wurde das Saatgut mit einer Drillmaschine (Lemken Solitär 9) in den Boden gebracht. In den Brachen erfolgte ebenfalls eine Überfahrt, um gleiche Voraussetzungen für alle Prüfglieder zu schaffen. Auf einem Standort, der sich durch eine kurze Vegetationsperiode und Frühfrösten im Herbst auszeichnet, ist es entscheidend, jeden Vegetationstag im Herbst auszunutzen und zeitnah das Zwischenfruchtsaatgut zu drillen. Kleinere Niederschlagsmengen in den Tagen nach der Aussaat sorgten für eine gute Bodenfeuchte im Saathorizont. Somit konnten alle Varianten gut auflaufen. In der verbleibenden Vegetationszeit konnten sich die Bestände gut entwickeln. Erste kühlere Temperaturen mit leichtem Frost wurden hier schon Mitte Oktober, also zwei Wochen früher als auf den anderen Standorten registriert. Die Abbildung 10 zeigt, dass sich unter den gegebenen Witterungs- und -Standortbedingungen im Herbst 2012 nach Winterweizen gute Bestände entwickelt haben.



**Abbildung 10: Ertrag, N-Entzug und N<sub>min</sub>-Gehalte [0-60 cm] der Zwischenfruchtvarianten, Großwaltersdorf 2012**

Die Stickstoffaufnahme und damit die Stickstoffbindung der Zwischenfrüchte sind abhängig von der Höhe der Trockenmasse und den Stickstoffgehalten. Die dargestellten Ergebnisse in Abbildung 10 zeigen nach nur zehn Wochen Vegetationszeit eine Trockenmasseproduktion um die 20 dt/ha bei später Aussaat auf dem kühleren Standort im Erzgebirge. Dabei unterschieden sich die Varianten kaum in der Aufwuchsleistung. Je höher der Leguminosenanteil, desto höher waren auch die N-Gehalte in den Varianten. Weil sich die Trockenmasseerträge in den Varianten kaum unterscheiden, wurden die im Aufwuchs gebundenen Stickstoffmengen wesentlich von den Stickstoffgehalten beeinflusst. Somit konnten nur Varianten mit hohem Leguminosenanteil

größere Stickstoffmengen in der Biomasse binden. Wie aus der Abbildung 10 ersichtlich, waren dies die Mischungen MS 100 S, Erbse/Wicke und Erbse/Rauhafer. In diesen Varianten lag der N-Entzug über 60 kg/ha, in allen weiteren Varianten im Durchschnitt um die 35 kg N/ha.

### Fazit



**Bild 13: Zwischenfruchtbestand, Großwaltersdorf 2012**

Das Bild 13 zeigt den Zwischenfruchtbestand Anfang Oktober 2012 auf dem Standort in Großwaltersdorf im Erzgebirge auf einer Höhe von 470 m ü. NN. Dieser ist geprägt von einer kurzen Vegetationsperiode mit Frühfrösten im Herbst. Hier ist anzuraten, die Aussaat des Zwischenfruchtsaatgutes so schnell als möglich nach der Ernte des Getreides zu realisieren, um noch gute Aufwüchse in der verbleibenden kurzen Vegetationszeit zu bekommen.

Die Erfahrungen der letzten Jahre auf dem Standort im Erzgebirge haben gezeigt, dass bis Ende August gedrillte Zwischenfrüchte noch zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich Biomasseerzeugung und Stickstoffkonservierung erzielen können. Spätere Aussaaten (Anfang bis Mitte September) bringen nur noch Aufwüchse, die der Gründüngung und dem Erosionsschutz dienen. Aussaaten nach Mitte September werden dem Erosionsschutz und der Nährstoffkonservierung nicht mehr gerecht.

## 4 C/N-Verhältnis

In Abbildung 4 bis Abbildung 10 ist neben der Trockenmasse und dem N-Entzug das C/N-Verhältnis der angebauten Zwischenfruchtvarianten dargestellt.

Entscheidend, wie schnell der in der Pflanzenmasse gebundene Stickstoff wieder umgesetzt wird, ist das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff. Je länger eine Zwischenfrucht Vegetationszeit hat, desto mehr kommt sie zur Abreife, desto weiter ist das C/N-Verhältnis und desto langsamer erfolgt die N-Mineralisierung. Der an allen Standorten angebaute Senf zeigt ganz deutlich den Zusammenhang zwischen Wachstumsdauer und C/N-Verhältnis. So kam der in Burgstädt nach Wintergerste früh angebaute Senf noch fast zur Abreife, womit auch sein C/N-Verhältnis von 28 weit ist (Abbildung 9). Dagegen liegt das C/N-Verhältnis auf den Standorten, wo der Senf nach Winterweizen spät angebaut wurde wie z. B. in Littdorf (Abbildung 4) mit 11 viel enger. Generell zeigen die Varianten mit hohem Leguminosenanteil ein deutlich geringeres C/N-Verhältnis, was die Untersuchungen auf allen Standorten widerspiegeln. Das Pflanzenmaterial dieser Leguminosenvarianten verrottet besonders schnell, womit bei engem C/N-Verhältnis schnell Mineralisierungsprozesse nach dem Absterben der Pflanzen eintreten. Hohe  $N_{min}$ -Gehalte im Frühjahr korrelieren mit hohen N-Gehalten im oberirdischen Aufwuchs bei engem C/N-Verhältnis. Um eine Stabilisierung des Humusgehaltes zu erreichen, aber auch N-Verluste zu minimieren, sollte die zugeführte organische Masse nicht zu schnell umgesetzt werden. Somit sollte eine ausgewogene Mischung neben Leguminosen auch Mischungspartner wie Ölrettich, Buchweizen und Rauhafer enthalten, die ein besonders weites C/N-Verhältnis besitzen. Um Stickstoffverluste über den Winter zu vermeiden, sollte daher auch von einem Umbruch der Zwischenfrüchte vor dem Frühjahr abgesehen werden.



# 5 Biogassubstrateignung der angebauten Zwischenfrüchte

Im Jahr 2012 wurde von den Saatgut anbietern jeweils eine Zwischenfrucht bzw. ein Zwischenfruchtgemenge als Prüfglied in die Versuche integriert, das hinsichtlich der Eignung als Substrat zur Biogaserzeugung untersucht werden sollte. Eine Vorauswahl für eine Nutzung in der Biogasanlage liefert hier der TS-Gehalt. Um überhaupt als Substrat infrage zu kommen, müssen die Prüfglieder mindestens einen TS-Gehalt von 30 % erreichen. Nur dann ist die Biomasse überhaupt silierfähig und kann als Silage später der Biogasanlage zugeführt werden.

Aufgrund der späten Aussaat mit einer relativ kurzen verbleibenden Vegetationszeit, im besten Fall konnten 92 Tage bis Vegetationsende genutzt werden (Sdier), erreichte keines der an allen Standorten angebauten Prüfglieder den TS-Gehalt von 30 %. Selbst beim Anbau nach Wintergerste wie in Burgstädt konnte keiner der Varianten diesen Gehalt erreichen. Im Durchschnitt über alle Varianten wurde nur ein Gehalt von 17 % TS erreicht. Die einzelnen durchschnittlichen Gehalte sind in Abbildung 11 als Zahl dargestellt. Die Biogasvarianten konnten somit im Zwischenfruchtanbau nicht überzeugen. Als Gründüngung stellten sie eine gute Konkurrenz zum Ausfallgetreide dar. Um aber für die Biogaserzeugung als Substrat infrage zu kommen, sollten die Gemenge und Mischungen als Hauptfrucht angebaut werden.

An den täglichen Aufwuchsraten der einzelnen Prüfglieder (Abbildung 11) wird deutlich, dass nur wenige der Biogasmischungen (in Abbildung 11 dunkelgrün dargestellt) den Zwischenfrüchten (in Abbildung 11 hellgrün dargestellt) überlegen waren. Die Mischung Erbse/Hafer erreichte die höchsten Ertragszuwächse mit durchschnittlich 63 kg/Tag und Hektar und lag dabei doppelt so hoch wie die Zwischenfrüchte und die Gemenge. Im Durchschnitt lagen die Mischung Erbse/Wicke und das Gemenge Legu-Hafer-GPS Plus bei 33 kg Zuwachs/Tag und Hektar. Nicht zufriedenstellend, wohl auch deshalb, weil diese Mischungen eher für den Hauptfruchtanbau konzipiert sind, waren die Vollgas-Mischungen 121 BG und 230 BG mit Tagesaufwüchsen von durchschnittlich 20 kg/Tag und Hektar. Die Mischung Biogasespress 60 verfehlte das Ziel deutlich und erreichte nicht einmal den Durchschnittsaufwuchs der Zwischenfrüchte mit einem Zuwachs von nur 14 kg/Tag und Hektar.

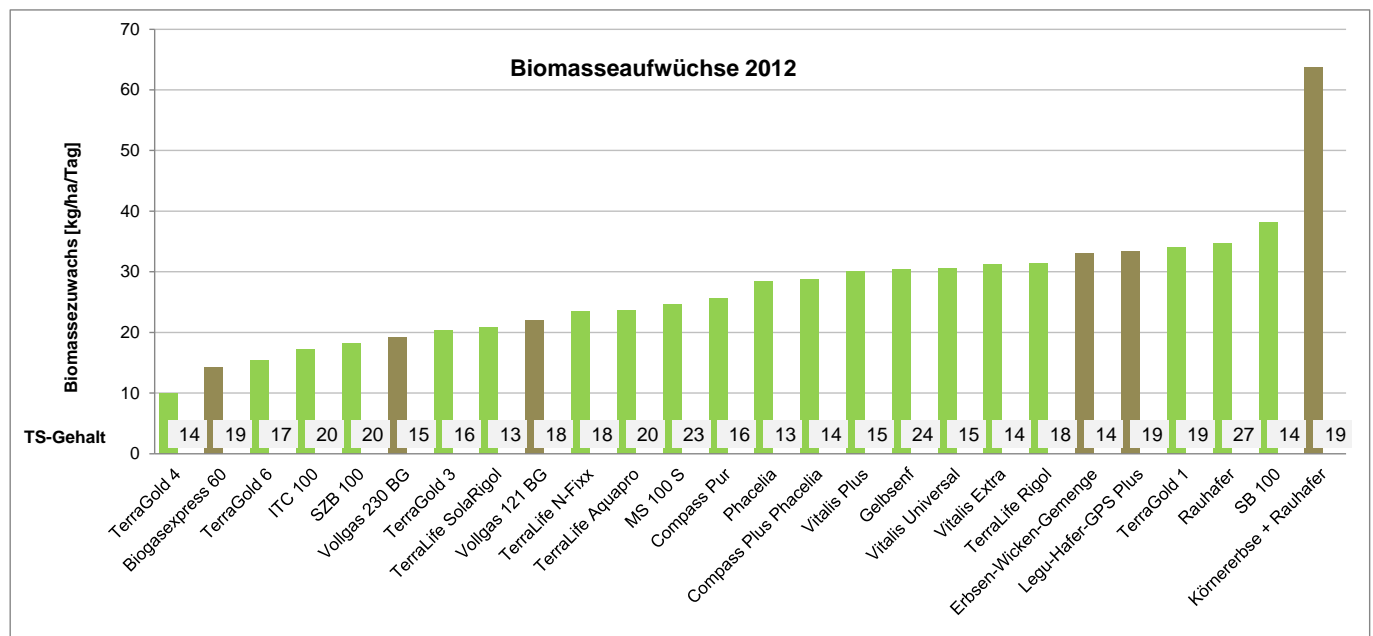


Abbildung 11: Biomassezuwachs und mittlere TS-Gehalte der Zwischenfruchtvarianten über die Standorte 2012

# 6 Unkrautunterdrückende Wirkung von Zwischenfrüchten

Die Aussaat der Zwischenfrüchte sollte genauso sorgfältig durchgeführt werden wie die Bestellung der Hauptfrucht. Ein lückiger Bestand fördert den Durchwuchs von Unkräutern und Ausfallgetreide. Eine Selbstbegrünung führt zur Vermehrung von Wurzelunkräutern bzw. bei Samenreife zur Anreicherung von Samenunkräutern. Zeitig nach der Ernte des Getreides mit einer Drillmaschine–ausgebrachtes Zwischenfruchtsaatgut zeigt erfahrungsgemäß hohe Feldaufgangsraten bei gleichmäßiger Saatgutverteilung. Somit können sich die Einzelpflanzen kräftig entwickeln und bilden auch Wurzeln mit entsprechendem Tiefgang. Solche gut etablierten Zwischenfruchtbestände sind in der Lage, Unkräuter und Ausfallgetreide erfolgreich zu unterdrücken.

Die über den Winter abgestorbenen Zwischenfrüchte bilden eine dichte Mulchschicht. Weiterhin kommt es zur Freisetzung von allelopathisch wirkenden Substanzen, wie vor allem bei Rauhafer festgestellt wurde. Dies führte im Frühjahr in den verschiedenen Zwischenfruchtvarianten zu einer weitaus weniger verunkrauteten Fläche als auf der Kontrollparzelle ohne Zwischenbegrünung (Bild 14 - Bild 18). Demzufolge reduziert sich bzw. entfällt vor der Saat der Hauptkultur der Einsatz mit einem Totalherbizid. Überwiegend kommt dabei Glyphosat zum Einsatz. Insbesondere, weil Rückstände des Wirkstoffs in Gewässern gefunden wurden und Auswirkungen auf verschiedene Organismen und auch auf die Hauptkultur vermutet werden, gilt das Bestreben, den Einsatz von Glyphosat soweit als möglich zu reduzieren.

Burgstädt, 10.04.2013:



**Bild 14: Brache**



**Bild 15: Legu Hafer GPS Plus**

Sdier, 17.04.2013:



**Bild 16: Brache**



**Bild 17: Erbse/Wicke**



**Bild 18: TerraLife SolaRigol**

Nachweislich bestätigen die Untersuchungen, dass mit dem Zwischenfruchtanbau eine bis ins Frühjahr anhaltende Bedeckung mit abgefrorenen Pflanzenresten gegeben ist, die sich stark unkrautunterdrückend auswirkt. Beispielhaft zeigen die Bilder des Standortes Burgstädt die Kontrollvariante ohne Zwischenfruchtanbau, auf der im Frühjahr massiver Unkrautbesatz festgestellt wurde, im Vergleich dazu die Legu-Hafer GPS-Variante (Bild 15), auf der unter der dichten Mulchschicht kein Unkraut gekeimt ist. Ein vergleichbares Bild zeigt sich sowohl in Sdier wie auch auf allen weiteren Versuchsstandorten. Die Brache (Bild 16) war im Frühjahr stark verunkrautet, die Begrünung Erbse/Wicke (Bild 17) dagegen nahezu unkrautfrei. In allen weiteren Zwischen-

fruchtvarianten wie auch der TerraLife SolaRigol (Bild 18) war kein oder nur geringer Unkrautbewuchs festzustellen. Vergleichbar zeigte sich der Unkrautbesatz auf allen weiteren Standorten von Brache und Zwischenfruchtbegegrünung.

Generell hat sich in den Untersuchungen gezeigt, dass für eine gute Unkrautunterdrückung ein schneller Aufgang, eine rasche Bodenbedeckung sowie eine üppige Biomassebildung und somit eine dichte Mulfschicht im Frühjahr Voraussetzungen sind. Dabei lassen sich keine eindeutigen Empfehlungen machen, welche der untersuchten Zwischenfruchtvarianten besonders geeignet ist. Alle Varianten zeigten im Frühjahr eine Minimierung unerwünschter Unkräuter bis hin zur totalen Unterdrückung. Im Vergleich war auf allen Kontrollvarianten ohne Zwischenfruchtanbau ein massiver Unkrautbewuchs festzustellen, sodass auf den Einsatz eines Totalherbizides auf keinen Fall verzichtet werden kann.

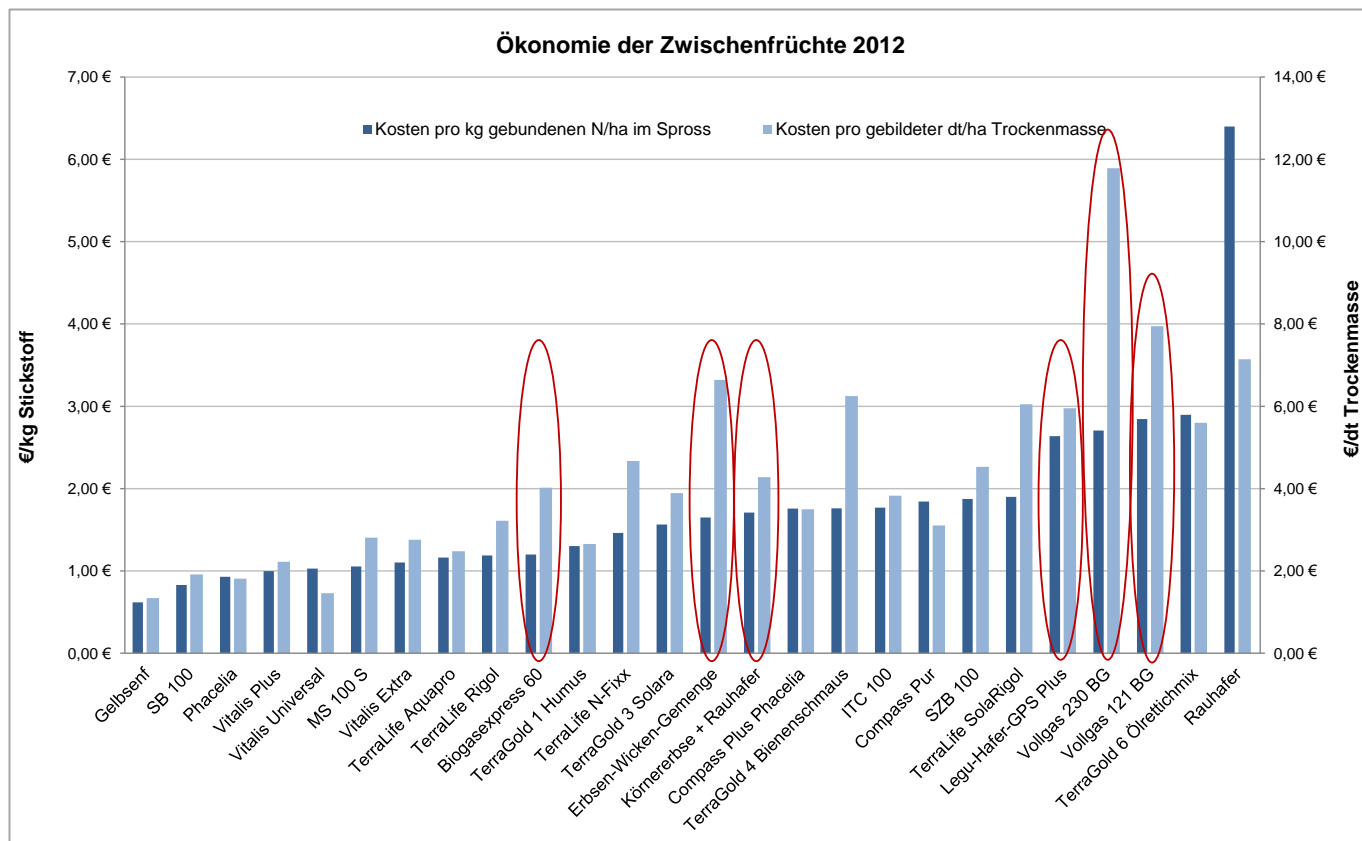
## 7 Ökonomie

Neben den Vorteilen des Zwischenfruchtanbaus wie den positiven Wirkungen auf die Bodenstruktur, die Diversifizierung der Fruchtfolge, der beschriebenen Stickstoffbindung in der Biomasse und der Unkrautunterdrückung, spielt für die Praktiker natürlich auch die Ökonomie des Zwischenfruchtanbaus eine große Rolle.

Für die vorgenommene ökonomische Betrachtung wurden nicht die reinen Saatgutkosten der verschiedenen Zwischenfrüchte bzw. -gemenge verglichen, sondern vielmehr wurden die Saatgutkosten den Leistungen der einzelnen Prüfglieder gegenübergestellt. Bei dieser Betrachtung wurden jedoch die Verfahrenskosten für die Etablierung der Zwischenfrüchte außer Betracht gelassen. Es wurde sich ausschließlich auf die Kosten für das Saatgut konzentriert.

Wie in Abbildung 12 dargestellt, wurden einerseits für jedes Prüfglied die Saatgutaufwendungen ermittelt, die nötig sind, um ein Kilogramm Stickstoff je Hektar im Spross zu binden und damit für die Folgekultur zu konservieren. Würde der Zwischenfruchtanbau unterlassen, wird hier davon ausgegangen, dass die Aufwendungen im Folgejahr als Stickstoffeinkauf erfolgen. Bei derzeitigen Marktpreisen von rund 1,10 €/kg Stickstoff müssten die Zwischenfrüchte und -gemenge also in der Lage sein, mit den Saatgutkosten unter diesem Preis zu liegen, um ökonomisch positiv für den Landwirt zu wirken.

Andererseits wurde betrachtet, welche Kosten bei jedem Prüfglied nötig sind, um eine Dezitonne Trockenmasse je Hektar zu bilden. Hohe Biomasseerträge gewährleisten einen hohen Erosionsschutz und tragen zur Dezimierung von Unkräutern und Ungräsern bei. Zielwert im letzten Jahr waren Aufwendungen in Höhe von rund 0,80 €, um eine Dezitonne Trockenmasse je Hektar zu bilden.



**Abbildung 12: Kosten des Zwischenfruchtanbaus**

Deutlich wird bei den finanziellen Aufwendungen für die Stickstoffbindung, dass der Gelbseif als Standardvariante diesem Ziel am ehesten gerecht wurde. Ihm kam zugute, dass die Aussaat nach Winterweizen gegenüber der Aussaat nach Wintergerste wie im letzten Jahr rund drei Wochen später erfolgte und er die rasche Jugendentwicklung im August am ehesten nutzte, um Biomasse zu entwickeln und Stickstoff zu binden. Phacelia profitierte von ihrem „langen Atem“, denn sie konnte im Gegensatz zu vielen anderen Zwischenfrüchten und -gemengen noch sehr lange Bestandsaufbau im Spätherbst betreiben und Stickstoff binden. Aber auch Gemenge wie TerraLife Aquapro, die Vitalis-Gemenge sowie MS 100 S und SB 100 konnten ökonomisch überzeugen und blieben unter bzw. knapp über einem Euro, um ein Kilogramm Stickstoff je Hektar zu binden.

Über eine eher ungünstige Ökonomie verfügten sehr ölrettichhaltige Mischungen und der Rauhafer (siehe Auswertung Burgstädt, Abbildung 9), der nur über ein begrenztes Stickstoffaneignungsvermögen verfügt. Gemenge mit einem höheren Anteil an Ramtillkraut konnten ebenfalls ökonomisch nicht überzeugen, weil das Ramtillkraut durch sein frühzeitiges Absterben lange vor dem eigentlichen Vegetationsende zum Biomasseschnitt nicht mehr mit erfasst wurde. Auch Gemenge mit einem sehr hohen Anteil an Bitterlupine, wie zum Beispiel TerraLife SolaRigol und TerraGold Solara, erreichten den Zielwert von 1,10 €/kg gebundenem Stickstoff je Hektar nicht. Die spätere Aussaat war für diese Gemenge eher ungünstig.

Die Aufwendungen für die Erzeugung einer Dezitonne Trockenmasse je Hektar konnten den Zielwert des vergangenen Jahres nicht erreichen. Hier kommt ebenfalls die spätere Aussaat negativ zum Tragen. Mit durchschnittlich 4,30 €/dt Trockenmasse je Hektar lagen die Werte deutlich höher als im vergangenen Jahr. Insbesondere die Prüfglieder, die hinsichtlich der Eignung als Biogassubstrat untersucht wurden und in Abbildung 12 rot markiert sind, lagen mit durchschnittlich 5,80 €/dt TM noch darüber. Am ökonomischsten waren noch die Gemenge Vitalis Universal und SB 100, die Reinsaat Phacelia sowie die Standardvariante Gelbseif, die unter zwei Euro blieben. Ähnlich wie bei der Betrachtung der Stickstoffbindung konnte auch hier der Gelbseif von der späten Aussaat noch am ehesten mit hohen Biomasseaufwüchsen bei geringem Aufwand für Saatgutkosten überzeugen. Gemenge, in denen hohe Anteile von Phacelia enthalten sind, konnten hier ebenfalls überzeugen. Ökonomisch wenig überzeugen konnte der Rauhafer, weniger wegen seines Biomasseaufwuchses, sondern vielmehr wegen seiner sehr hohen Saatgutkosten. Die Gemenge Terra Gold 4 und Terra Gold 6 erreichten nur geringe Biomasseerträge, weshalb diese ökonomisch wenig zu überzeugen wussten. Das Gemenge TerraLife SolaRigol konnte die hohen Saatgutaufwendungen nicht in einen entsprechend hohen Biomasseertrag ummünzen.

# 8 Hinweise zu den einzelnen Mischungs- partnern

**Buchweizen** ist eine schnell wachsende, anspruchslose Pflanze aus der Familie der Knöterichgewächse. Er ist wenig anspruchsvoll und wächst auf allen Böden. Bei früher Saat gelangt der Buchweizen zur Samenreife. Dies kann in der Folgekultur vor allem bei Zuckerrüben Probleme bereiten. Aufgrund seiner Kälteempfindlichkeit friert der Buchweizen bei leichtem Frost sicher ab. Weil sich die Biomasse rasch zersetzt und somit erhöhte Nitratstickstoffgehalte im Boden auftreten können, sollte der Buchweizen in der Mischung mit frostresistenteren Partnern angebaut werden.

**Kresse** gehört in die Familie der Kreuzblütler. Sie zeichnet sich durch ihr zügiges Keimen aus und besitzt eine schnelle Jugendentwicklung. Wie der Senf ist die Ackerkresse spätsaatverträglich. Bei früher Aussaat ist sie nur von spärlichem Wuchs. Generell hat sie keine große Bereicherung für die Fruchtfolge und sollte nur im Gemenge mit weniger frostempfindlichen Arten angebaut werden. Eigene Beobachtungen haben gezeigt, dass spät gesäte Kresse im Frühjahr die Fläche wieder begrünen kann.

**Leguminosen** sind in der Lage, mit Knöllchenbakterien eine Symbiose einzugehen und sind somit befähigt, sich mit Stickstoff aus der Luft zu versorgen. Im Gegensatz zu nichtlegumem Zwischenfrüchten zeigen Leguminosen auf Böden mit geringem Stickstoff noch ein gutes Wachstum. Die Stickstofffixierung durch Knöllchenbakterien ist umso höher, je früher die Aussaat erfolgt. Bei sehr später Aussaat können sich oft aktive Knöllchen nicht mehr ausbilden. Aufgrund des sehr engen C/N-Verhältnisses sollten Leguminosen generell erst im Frühjahr umgebrochen werden, weil es sonst zu größeren Stickstoffverlusten kommen kann. Unterschieden wird zwischen großkörnigen und kleinkörnigen Leguminosen, die als Mischungspartner in jedes Gemenge gehören. Ausgeschlossen davon sind Gemenge für Wasserschutzgebiete.

**Großkörnige Leguminosen** sind von rankendem Wuchs, wie Erbsen, Wicken und Peluschken oder von standfestem Wuchs, wie die Ackerbohne und Lupinen. Zur Keimung benötigen sie ausreichend Wasser, sind dann aber im angekeimten Zustand in der Lage, eine Trockenphase zu überstehen. In der verbleibenden Zeit können sie bei guter Witterung hohe Mengen an Biomasse bilden. Erbsen, Wicken und Ackerbohnen benötigen im Gegensatz zur trockenoleranten Lupine eine höhere Wasserversorgung. Die Sommervarianten sterben erst bei Dauerfrost ab. Bedingt durch hohe Saatgutkosten sollten Leguminosen im Gemenge mit anderen Arten ausgebracht werden. In Kombination z. B. mit Rauhafer dient dieser als ideale Stützfrucht für rankende Leguminosen. Gleichzeitig kommt die Stickstofffixierung den nichtlegumem Arten zu Gute.

**Kleinkörnige Leguminosen** wie verschiedene Kleearten, Serradella oder Luzerne zeichnen sich durch geringere Samengröße und damit einem kleineren Keimling als großkörnige Leguminosen aus. Einmal gekeimt, besitzen sie einen höheren Wasserbedarf und überstehen eine Trockenperiode weniger gut. In ihrer Jugendentwicklung sind sie langsamer und besitzen somit in dieser Phase eine schwächere Konkurrenzkraft gegenüber Ausfallgetreide und Unkräutern. Im Zwischenfruchtanbau eignen sich kleinkörnige Leguminosen als ideale Gemengepartner.

**Ölrettich** ist neben dem Senf (Kreuzblütler) eine häufig angebaute Zwischenfrucht. Ölrettich sollte nicht als Zwischenfrucht angebaut werden, wenn in der Fruchtfolge Kreuzblütler wie Raps stehen. Die Art besitzt ein schnelles Jugendwachstum, wodurch Ausfallgetreide und Unkräuter unterdrückt werden. Im Gegensatz zum Senf hat sie einen höheren Stickstoffbedarf, ist von seinen Klimaansprüchen und Bodenbedingungen eher unkompliziert im Anbau und zählt zu den frostunempfindlicheren Arten (-6 °C). Sind die Pflanzen bis zum Vegetationsende nicht gut entwickelt, kann die rettichartige Wurzel im Frühjahr wieder austreiben, sodass es zu Durchwuchs in der folgenden Kultur kommt. Beim Anbau von Ölrettich sollte auf vorhandene Drainagen auf der Fläche geachtet werden, weil dieser die Drainagen durch sein intensives Wurzelwachstum (Pfahlwurzel) zusetzen kann.

**Tillage Radish** (Meliorationsrettich) aus der Familie der Kreuzblütler zeichnet sich gegenüber dem Ölrettich vor allem durch seine starke Pfahlwurzel aus, die Bodenverdichtungen bei seinem Dickenwachstum regelrecht sprengen kann. Weiterhin besitzt er eine spätere generative Phase und geringere Winterhärte gegenüber den herkömmlichen Ölrettichsorten. Tillage Radish ist als Mischungspartner in einem ausgewogenen Gemenge zu empfehlen.

**Phacelia** ist eine recht anspruchslose, etwas wärmebedürftige Pflanze aus der Familie der Wasserblattgewächse. Sie eignet sich im Anbau als Zwischenfrucht hervorragend in Reinsaat, aber auch in Mischungen. Weil sie mit keiner anderen landwirtschaftlich genutzten Kulturart verwandt ist, verhält sie sich fruchtfolgeneutral. Phacelia erreicht im Vergleich zu anderen Zwischenfruchtarten einen hohen Biomassezuwuchs bis zum Vegetationsende. Dabei ist sie auch weniger frostempfindlich und friert erst bei Temperaturen unter  $-8\text{ °C}$  ab. Dadurch sorgt sie für einen langanhaltenden Erosionsschutz. Das Wurzelsystem besteht aus einer Pfahlwurzel mit einer Feinwurzelbildung im Oberboden, die eine sehr feinkrümelige Struktur im Boden hinterlässt. Im Frühjahr hinterlässt der Bestand dunkles Stroh, wodurch sich der Boden schneller erwärmt als beispielsweise beim Senf, bei dem das helle Stroh das Sonnenlicht reflektiert. Phacelia hinterlässt eine gut durchwurzelte, gare Krume.

**Ramtillkraut** ist eine Pflanze aus der Familie der Korbblütler und stammt ursprünglich aus Afrika. Als Zwischenfrucht eignet sie sich bei früher Aussaat nach Wintergerste. Bei später Aussaat besteht die Gefahr, dass sich der Bestand nicht mehr entwickeln kann. Frühsaaten zeichnen sich durch rasches Wachstum aus, sodass sie den Boden schnell bedecken und somit konkurrenzstark gegenüber keimenden Samenunkräutern sind. Ramtillkraut gedeiht auf fast allen Böden und passt in jede Fruchtfolge. Als tropische Pflanze friert sie zuverlässig ab, womit kein Durchwuchsrisiko in der Folgekultur besteht. In Reinsaat ausgebracht ist das Ramtillkraut aufgrund seiner geringen Aussaatstärke ( $10\text{ kg/ha}$ ) eine kostengünstige Zwischenfrucht. Aufgrund der großen Frostempfindlichkeit ( $+2\text{ °C}$ ) empfiehlt sich die Ausbringung in Mischungen, um eine lange Bedeckung durch weitere Mischungspartner sicherzustellen.

**Rauhafer** als eine der neueren Zwischenfrüchte auf dem Markt ist eine Haferform, deren Rispe der des Hafers ähnelt, in der Kornausbildung aber eher den Gräsern zuzuordnen ist. Die im Handel erhältliche Sorte Pratex bekämpft Wurzelnekrotosen (*Pratylenchus penetrans*) erfolgreich. Rauhafer bildet bis zum Vegetationsende in einer relativ kurzen Zeit noch viel Biomasse und durchwurzelt den Boden sehr intensiv. In Reinsaat angebaut unterdrückt er Ausfallgetreide und Unkräuter sehr wirkungsvoll (allelopathische Wirkung). Rauhafer hat zur Biomassebildung einen hohen Wasserbedarf. Dadurch kommt es zur Austrocknung des Bodens im Wurzelhorizont, wodurch das Vorkommen von Regenwürmern negativ beeinflusst wird. Der Rauhafer ist nicht winterhart und friert somit sicher ab.

**Senf** ist die klassische und bewährte Zwischenfrucht aus der Familie der Kreuzblütler. Er ist von seinen Klimabedingungen sehr anspruchslos und gedeiht auf allen Böden. Außerdem ist er kostengünstig. Im Zwischenfruchtanbau zeichnet er sich durch eine besonders kurze Entwicklungszeit aus, in der er ein hohes Aneignungsvermögen für Stickstoff aus dem Bodenvorrat hat. Als spätsaatverträgliche Pflanze eignet er sich vor allem nach späträumenden Hauptfrüchten. Werden in der Fruchtfolge Kreuzblütler wie Raps angebaut, sollte auf Zwischenfrüchte aus dieser Pflanzenfamilie verzichtet werden. Die Wurzelleistung von Senf ist eher gering. Er hinterlässt keinen garen Boden. Durch sein helles Stroh, welches das Sonnenlicht reflektiert, erwärmt sich der Boden im Frühjahr nur langsam. Senf, in Reinsaat angebaut, hat eine hohe Stickstoffbedürftigkeit für die Bestandesbildung.

**Sonnenblume** aus der Familie der Korbblütler bevorzugt, als Zwischenfrucht angebaut, sonnige und warme Standorte. Aufgrund der Sclerotinia-Gefahr sollte sie nicht vor Anfang August gesät werden. Im Zwischenfruchtanbau ist sie eine gute Stützfrucht für Gemengepartner wie Erbsen und Peluschken. Sonnenblumen sind frostempfindlich und frieren bei Temperaturen um die  $-3\text{ °C}$  sicher ab.

# 9 Zusammenfassung

Auch 2012 wurden in den Feldversuchen zum Anbau von Zwischenfrüchten die Stickstoffaufnahme und der Biomasseertrag sowie deren Auswirkung auf die Bodennitratgehalte untersucht. Dabei wurden in diesem Jahr die Zwischenfrüchte überwiegend in späterer Aussaat nach Winterweizen, Winterroggen und Triticale ins Feld gestellt. Erwartungsgemäß konnten die angebauten Zwischenfruchtvarianten im Vergleich zu 2011 aufgrund der späteren Aussaat nur geringere Biomasseerträge erzielen. Unter den guten Witterungsbedingungen im Versuchsjahr 2011 konnten bei früher Aussaat nach Wintergerste ca. 15 bis 20 dt TM/ha mehr Biomasse gebildet werden. Generell zeigt sich, dass auch unter späterer Aussaat gute Zwischenfruchtbestände etabliert werden können, wenn nachfolgend aufgeführte Anmerkungen beachtet werden.

## Aussaat

Zur Keimung des Zwischenfruchtsaatgutes sollte vor allem in trockenen Regionen die Bodenfeuchte nach der Getreideernte ausgenutzt werden. Daher ist eine schnellstmögliche Aussaat zu empfehlen. Dabei bietet sich Bodenbearbeitung und Aussaat in einem Arbeitsgang an. Bei Zwischenfruchtgemengen sollte eine Ablagetiefe von 2 bis 3 cm gewählt werden. Ab Mitte August ist das geeignete Spektrum an Zwischenfrüchten eingeschränkt. Arten wie das Ramtilkraut und Leguminosen sind ausgesprochen frühsaatfordernd. Die Aussaat sollte bis Mitte August erfolgen. Kreuzblütler wie der Senf sind dagegen spätsaatverträglich und können bei Aussaaten im September noch gute Trockenmasseerträge bringen. Bei der Auswahl einer geeigneten Zwischenfrucht ist zu beachten, dass zur Hauptfrucht „nichtverwandte Kulturen“ zum Einsatz kommen, um das artenspezifische Potenzial an Krankheiten und Schädlingen zu minimieren und die Artenvielfalt zu erhöhen. Die Bestellung der Gründüngung sollte genauso sorgfältig ausgeführt werden wie die der Hauptfrucht. Ein lückiger Bestand fördert den Durchwuchs von Unkräutern und Ausfallgetreide. Eine Selbstbegrünung führt zur Vermehrung von Wurzelunkräutern bzw. bei Samenreife zur Anreicherung von Samenunkräutern. Die Aussaat mit einer Drillmaschine gewährleistet erfahrungsgemäß eine gleichmäßige Verteilung des Saatgutes und hohe Feldaufgänge. Dies führt zu einem gleichmäßigen Standraum zwischen den Pflanzen. Somit entwickeln sich die Einzelpflanzen kräftig und damit auch ihr Wurzeltiefgang. Im Sinne hoher Aufwuchsleistung darf keine Vegetationszeit verschwendet werden. Bei früher Aussaat wird der Bodenstickstoff fast vollständig von den Pflanzen verwertet und in Biomasse umgesetzt. Je später die Aussaat erfolgt, umso geringer werden erzielbarer Ertrag und N-Aufnahmevermögen. Um die Nitratgehalte im Boden niedrig zu halten, sollte ein Umbruch der Zwischenfruchtbestände erst im Frühjahr erfolgen. Bei Frost ist es ratsam, sehr massenwüchsige Bestände zu walzen, weil unter einer sehr dicken Mulchschicht der Boden im Frühjahr langsamer abtrocknet. Gelingt die Zwischenfruchtbegrünung, ist im Frühjahr ein unkrautfreier Boden mit einer wesentlich verbesserten Struktur zu erwarten.

Um die verbleibende Vegetationszeit optimal auszunutzen, besteht die Möglichkeit, die Zwischenfrüchte während der Ernte der Hauptfrucht mit Hilfe der Mähdruschsaat auszubringen, insofern das Stroh auf dem Acker verbleibt. Durch das schnelle Keimen und Auflaufen des Saatgutes werden auflaufende Unkräuter und das Ausfallgetreide unterdrückt. Bei guten Witterungsbedingungen hat sich nach nur sechs bis acht Wochen ein guter Zwischenfruchtbestand etabliert. Mit der Mähdruschsaat besteht so die Möglichkeit, eine Begrünung zwischen zwei Winterkulturen zu etablieren.

## Düngung

Oft ist in sehr trockenen Jahren die Vorfrucht nicht in der Lage, die gedüngten Nährstoffmengen dem Boden in vollem Umfang zu entziehen. Zudem besteht, je nach Bodenart, ein hohes Nachlieferungspotenzial an pflanzenverfügbarem Stickstoff. Werden Zwischenfrüchte zum Erosions- und Gewässerschutz angebaut, reichen für eine gute Bestandsetablierung die verfügbaren N-Mengen im Boden auf den meisten Flächen aus. Für Leguminosen stellen stickstoffunterversorgte Böden keinen wachstums-limitierenden Faktor dar, weil sie sich selbst aus der Symbiose mit den Knöllchenbakterien mit Stickstoff versorgen können. Mischungen mit Leguminosenanteil haben somit den Vorteil, von der Stickstofffixierung zu profitieren. Somit kann auf eine Stickstoffdüngung verzichtet werden. Eine zu hoch gedüngte Fläche bewirkt eher einen negativen Effekt der N-Speicherung der Zwischenfrüchte. Der Stickstoff kann nicht in Biomasse umgesetzt werden und wird mit den Winterniederschlägen in tiefere Bodenschichten verlagert. Eine Stickstoffgabe in Form von Gülle oder Gärrest ist auf Flächen mit weniger als 40 kg N/ha zu empfehlen. Laut Düngeverordnung darf Gülle zu Zwischenfrüchten im Herbst bis in Höhe des aktuellen N-Düngebedarfs ausgebracht werden. Hier ist darauf zu achten, dass mengenmäßig nicht mehr als 40 kg Ammonium-N oder 80 kg Gesamt-N zur Ausbringung erlaubt sind. Es greift die Grenze, die zuerst erreicht wird.

Durch den Anbau von Zwischenfrüchten lassen sich vielfältige positive Wirkungen in Bezug auf Gewässerschutz, Erosionsschutz und Bodengesundung erreichen. Das verfügbare Artenspektrum bietet dem Landwirt genügend Wahlmöglichkeiten, um mit vertretbarem Kostenaufwand und entsprechend den betrieblichen Bedingungen die in seine Fruchtfolge passende und der Nutzung angepasste Zwischenfrucht zum optimalen Termin ins Feld zu stellen.

### **Mykorrhiza und Bodenstruktur**

Mykorrhiza ist das Synonym für „Pilzwurzel“ und bezeichnet die Symbiose zwischen Pilz und Pflanzenwurzel. Diesen Bodenpilzen schreibt man positive Eigenschaften zu. Neben der Nährstoffnachlieferung und der Verminderung der Krankheits- und Stressanfälligkeit von Pflanzen üben sie einen positiven Einfluss auf die Bodenstruktur aus, wodurch sich die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen verbessern. Untersuchungen wurden zum Thema „Untersuchungen zum Einfluss von Arbuskulärer Mykorrhiza und Zwischenfruchtanbau auf die Aggregatstabilität des Bodens und die Mykorrhizierung der Hauptfrucht Mais“ wurden im LfULG im Rahmen der Diplomarbeit von ERNST (2013) durchgeführt.

### **Wasserbedarf**

Eine Zwischenfruchtsaat benötigt zum Keimen ausreichend Bodenfeuchte. Während der Vegetationszeit verbrauchen sie Wasser für ihr Wachstum. Ergebnisse zum Wasserverbrauch von Zwischenfrüchten haben gezeigt, dass unterschiedliche Zwischenfruchtarten auch einen unterschiedlich hohen Wasserbedarf haben. Dabei wies die Bodenfeuchte in der Brache im Vegetationsverlauf keine wesentlichen Unterschiede zu den Zwischenfruchtvarianten auf. Die Brache verdunstet unproduktiv das Wasser. Zwischenfrüchte dagegen verbrauchen mit zunehmender Biomasse produktiv Wasser, welches somit nicht der Versickerung unterliegt. Durch die Stickstoffaufnahme und -bindung in der Begrünung werden Stickstoffverluste vermieden. Über die Wintermonate wird nach dem Abfrieren der Zwischenfrüchte der Bodenwasservorrat wieder aufgefüllt, sodass der folgend angebaute Hauptfrucht kein negativer Effekt bezüglich der Bodenfeuchte im Vergleich zu über den Winter brach gehaltenen Flächen besteht.

### **Regenwürmer**

Regenwürmer produzieren in unseren mitteleuropäischen Böden pro Hektar und Jahr 40 bis 100 Tonnen wertvolle Wurmlosgung. Dies entspricht im Acker einem Bodenwachstum von 0,5 cm. Dieses wertvolle Material enthält durchschnittlich fünfmal mehr Stickstoff, siebenmal mehr Phosphor und elfmal mehr Kalium als die umgebende Erde. Zu seiner Ernährung verwertet der Regenwurm die Kohlenhydrate und Eiweiße der abgestorbenen Pflanzenreste. Zudem werden Bakterien, Algen, Einzeller und Pilze oberflächlich rund um die Wohnröhren abgeweidet oder beim Durchwühlen des Bodens mit der Erde aufgenommen. Eigene Untersuchungen (Trossin, 2011) belegen, dass ein durchgängiges Nahrungsangebot durch eine Begrünung das Regenwurmorkommen fördert. Dabei gibt es eine deutliche Bevorzugung für bestimmte Zwischenfruchtarten. Leguminosen förderten das Regenwurmorkommen am meisten (Erbsen = 180 Regenwürmer je m<sup>2</sup>). In allen weiteren untersuchten Varianten lag die Anzahl der Regenwürmer zwischen 100 und 135 Individuen pro m<sup>2</sup>. In nach der Ernte brach gehaltenen Flächen ließen sich meist weitaus weniger Regenwürmer zum Vegetationsende finden als in gut entwickelten Zwischenfruchtbeständen. In der Rauhafervariante war das Regenwurmorkommen jedoch besonders gering (60 Regenwürmer pro m<sup>2</sup>). Vermutet wird hier, dass eine Kombination aus Trockenheit und allelopathischer Wirkung die geringe Individuendichte beeinflusste. Die nachfolgende Kultur wird durch ein hohes Regenwurmorkommen begünstigt, weil ihre Wurzeln in die weit in die Tiefe reichenden vertikalen Regenwurmgänge wurzeln können. Vor allem bei Vorsommertrockenheit sind solche Bestände weniger vom Trockenstress betroffen.

### **Pflege der Zwischenfruchtbestände**

Ein dichter Zwischenfruchtbestand aus nicht winterharten Komponenten friert über den Winter sicher ab. Solche Bestände besitzen eine stark unkrautunterdrückende Wirkung. Entscheidet man sich für ein Walzen des Pflanzenbestandes, muss dieser wenigstens zu blühen angefangen bzw. Ähren geschoben haben. Dadurch werden die Pflanzen nachhaltig im Wuchs gestört und können nicht erneut austreiben. Mit dem Walzen wird die Wasserzufuhr in die Pflanzen unterbrochen und gleichzeitig bleibt die Bodenfeuchte erhalten. Ein Glyphosateinsatz im Frühjahr ist meist nicht notwendig. Weiterhin kann zum Zerkleinern der Bestände der Schlegel oder Mulcher oder auch die Messerwalze zum Einsatz kommen. Dabei kann die frostige Witterung ausgenutzt werden, weil die Bestände dann besonders mürbe sind. Bis zum Frühjahr arbeiten die Bodenlebewesen die Pflanzenreste zum Teil in den Boden ein und der Boden erwärmt sich leichter.

Eine Einsaat von Wintergetreide im Herbst ist ohne Glyphosateinsatz in den lebenden Zwischenfruchtbestand mit vorangebaute Walze möglich.



Erfolgt die Aussaat der Folgefrucht im Frühjahr in Strip-Till-Technik, werden im Herbst oder zeitigem Frühjahr die Saatstreifen in der Zwischenfrucht gelockert.

### Reinsaat oder Gemenge

Zwischenfrüchte in Mischungen anzubauen, bringt im Vergleich zu Reinsaaten verschiedene pflanzenbauliche und auch betriebswirtschaftliche Vorteile. Mit einem ausgewogenen Gemenge erhöhen sich das Aussaatfenster, die Biomasse- und die Wurzeleerträge. Nährstoffe können optimal in verschiedenen Bodentiefen mobilisiert und in der Biomasse der verschiedenen Arten über den Winter konserviert werden. Gleichzeitig stellen die Leguminosenpartner den Nichtleguminosen Stickstoff für ihr Wachstum bereit. Ein Gemenge ist im Besonderen in der Lage, Unkraut zu unterdrücken, wenn sich in der Mischung schnellkeimende und auch frostunempfindlichere Arten befinden. Häufig dient rankenden Leguminosen wie der Erbse der Rauhafer als eine gute Stützfrucht. Ansonsten gelten, wie bei den Reinsaaten, keine Kruziferen als Mischungspartner, wenn in der Fruchtfolge Raps steht. Ebenfalls sollte auf Arten wie Buchweizen verzichtet werden, wenn nachfolgend Zuckerrüben angebaut werden, weil dieser nur schwer zu bekämpfen ist.

Auch finanziell lohnen sich Zwischenfruchtgemenge, weil der Anbau von Leguminosen in Reinsaat recht teuer ist. In einer ausgewogenen Mischung können die Vorteile der verschiedenen Arten bei guter Preisgestaltung genutzt werden.

# 10 Ausblick auf die Versuchsanlagen 2013

Mit der Ernte des Getreides im Jahr 2013 beginnt ein weiteres Untersuchungsjahr zum Anbau von Zwischenfrüchten. Geplant sind Versuchsanlagen auf vier landwirtschaftlichen Betrieben, die auch schon Teil dieser Untersuchungsreihe waren. Auf den Standorten Sdier, Littdorf, Burgstädt und Großwaltersdorf (Abbildung 13) werden folgende Fragestellungen schwerpunktmäßig untersucht:

- Entwicklung von Düngestrategien (Gülle, Gärrest, Mineraldünger, organische Additive)
- Leistungsfähigkeit von Zwischenfruchtgemengen
- Etablierung von Zwischenfruchtbeständen in Vordruschsaat
- Etablierung von Zwischenfruchtbeständen in Mähdruschsaat
- Biogasausbeute des Zwischenfruchtaufwuchses
- Unkrautunterdrückung
- Bodenwasserhaushalt bei Begrünung im Vergleich zur Brache

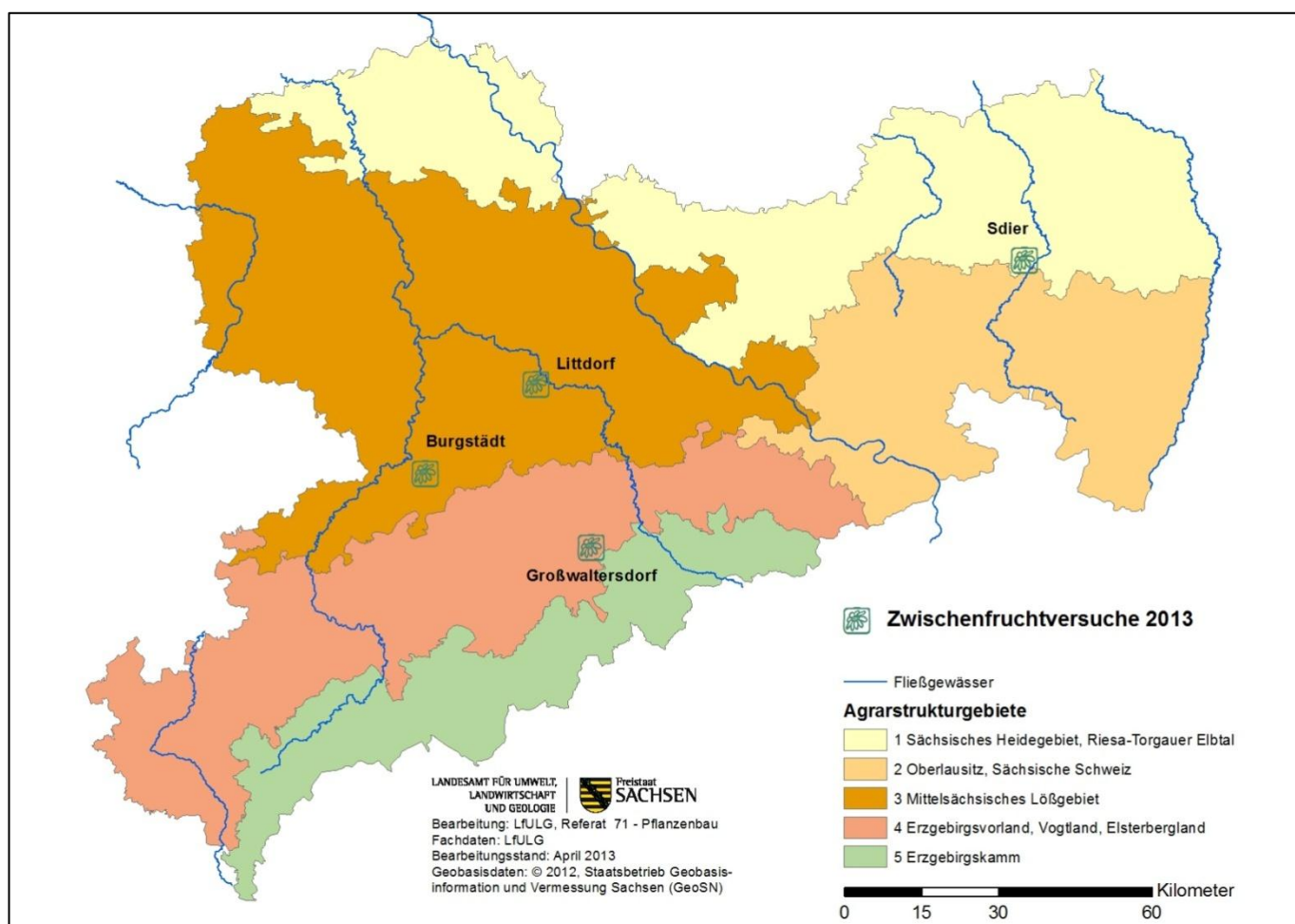


Abbildung 13: Geplante Versuchsstandorte der Demonstrationsanlagen 2013

# Literatur

- SCHMIDT, A.; GLÄSER, H. (2012): Anbau von Zwischenfrüchten. Auswertung der Versuchsanlagen 2011/12 in Sachsen (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14650>)
- SCHMIDT, A.; GLÄSER, H. (2012): Versuchsergebnisse zum Anbau von Zwischenfrüchten in Sachsen 2011 - Gemengeanbau mit vielen Vorteilen, in: LOP 06/2012, S.18-26, 19
- SCHMIDT, A.; MÜLLER, E.; BÖTTCHER, F.; SCHMIDT, M. (2012): Welche Art für welchen Zweck? - Panorama Zwischenfrüchte, in: DLG-Mitteilungen 8/12, S. 70-73, Max-Eyth-Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/Main
- ERNST, N. (2012): Untersuchungen zum Einfluss von Arbuskulärer Mykorrhiza und Zwischenfruchtanbau auf die Aggregatstabilität des Bodens und die Mykorrhizierung der Hauptfrucht Mais. (Diplomarbeit)
- LfULG (2010): Faltblatt „Zwischenfrüchte“ (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11856>)

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: +49 351 2612-0  
Telefax: +49 351 2612-1099  
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autoren:**

Anja Schmidt  
LfULG, Abteilung Pflanzliche Erzeugung/Referat Pflanzenbau  
Waldheimer Straße 219  
01683 Nossen  
Telefon: +49 35242 631-7129  
Mobil: 0173 9616762  
Telefax: +49 35242 631-7199  
E-Mail: anja.schmidt@smul.sachsen.de  
Heiko Gläser  
Verein Konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat in Sachsen e.V.  
Wüstenschlette 1a  
09518 Großrückerswalde  
Telefon: +49 3735 22231  
E-Mail: glaeser.heiko@kbd-sachsen.de

**Redaktion:**

Anja Schmidt  
LfULG, Abteilung Pflanzliche Erzeugung/Referat Pflanzenbau

**Fotos:**

Anja Schmidt, Heiko Gläser

**Redaktionsschluss:**

08.05.2013

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung. Die PDF-Datei kann im Internet unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.