Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Acker- und Pflanzenbau

Abschlussbericht

Bezeichnung der Forschungsleistung:

Eignung von ausgewählten Zwischenfruchtgemengen für Anbau und Verfütterung im ökologischen Landbau

Fo.-Nr.: 4/04

Verantwortlicher Themenbearbeiter: Dr. H. Gruber

Mitarbeiter: Dipl.-Ing. (FH) U. Thamm

20.01.06
.....
Datum

.....
Themenbearbeiter

.....
Direktor

Inhaltsverzeichnis

1. Problemstellung

2. Methode

Fruchtfolge

Variantenbeschreibung

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Bestandesetablierung und Anbaueignung

3.2 Ertragsleistung von Zwischenfruchtgemengen

3.3 Nährstoffkonservierung durch Zwischenfrüchte

3.4 Einordnung von Zwischenfrüchten in die Fruchtfolge

3.5 Futtereignung von Zwischenfruchtgemengen

3.6 Kosten des Zwischenfruchtanbaus

4. Zusammenfassung

Literatur

Anhang

1. Problemstellung

Der Anbau von Zwischenfrüchten ist in der Vergangenheit durch die Agrarförderung nur in wenigen Fällen unterstützt worden. Obwohl die positiven Effekte des Zwischenfruchtanbaus bekannt sind, ging der Anbauumfang im Allgemeinen zurück. Ursache für diese Entwicklung sind auch die teilweise hohen Kosten sowie die starke Witterungsabhängigkeit des Anbauerfolges. Im ökologischen Landbau spielen Zwischenfrüchte, insbesondere Leguminosen, eine besondere Rolle. Sie dienen neben der Verbesserung der Bodenstruktur, des Bodenschutzes vor Erosion und Stoffabtrag sowie der Auflockerung getreidebetonter Fruchtfolgen auch der Unkrautunterdrückung und Nährstofflieferung und dem Nährstoffaufschluss (FREYER, 2003).
Daher werden mit dem Anbau von Zwischenfrüchten ganz unterschiedliche Ziele verfolgt.

- Nährstoffkonservierung, insbesondere Stickstoff
- Nährstofflieferung für die Nachfrüchte
- positive Ertrags- und Qualitätseffekte
- Erhöhung der biologischen Aktivität im Boden
- Bodenschutz
- Unkrautunterdrückung
- Futterproduktion

Da die Effekte des Zwischenfruchtanbaus häufig nur schwer nachweisbar sind, blieb der Anbauumfang auch im ökologischen Landbau gering. Auf sandigen Böden sorgten ausbleibende Anbauerfolge für Vorbehalte. Aber auch die Konkurrenz der Untersaaten, die eine ähnlich positive Wirkung aufweisen wie Zwischenfrüchte, schränkt besonders nach Getreide den Zwischenfruchtanbau ein. Darüber hinaus führten in der Vergangenheit hohe Saatgutpreise bei einigen Arten zu einer eingeschränkten Artenvielfalt im Zwischenfruchtanbau. Nicht selten wurde der einseitige Senfanbau artenreichen Mischungen vorgezogen.
Da unter ökologischen Bedingungen und besonders unter den komplizierten Standortbedingungen vieler Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern nur wenige Informationen zum Zwischenfruchtanbau vorlagen, wurde 2001 mit einem Versuch zum Anbau von Zwischenfruchtgemengen begonnen.
Ziel der Untersuchungen waren Aussagen zur Anbaueignung und Ertragshöhe von Zwischenfruchtgemengen sowie zur Qualität, um diese Gemenge gegebenenfalls auch als Futter nutzen zu können. Aussagen zum Einfluss auf den Ertrag der Nachfrucht und zur Stickstoffsammelleistung der legumen Zwischenfrüchte war nicht Ziel der Untersuchungen.

2. Methode

Wesentliche Grundlage zur Lösung der Aufgabe war ein Parzellenversuch am Standort Gülzow. Der Versuch wurde in die bereits seit 1992 ökologisch bewirtschaftete Fruchtfolge eingeordnet (Tab. 1). Mit der Konzipierung des Versuches sollte verschiedenen Ansprüchen Rechnung getragen werden:

- Der Versuch wurde in die Fruchtfolge nach Getreide und vor eine Sommerung (Mais) eingeordnet (Tab. 1). Nach Getreide sollten die Gemenge eine Leguminose enthalten, um für die Nachfrucht noch Stickstoff zu sammeln (Vergleichsvariante ist ein Gemenge ohne Leguminosen).
- Es wurden bewusst Zwischenfruchtgemenge ausgewählt, um dem Ziel nach Artenvielfalt im Öko-Landbau zu entsprechen (Tab. 2).
- Bei der Auswahl der Leguminosen wurde auf Arten verzichtet, die bereits in der Fruchtfolge als Hauptfrucht stehen (Erbsen und Lupinen, Rotklee).
- Der Versuch sollte Sommer- und Winterzwischenfrüchte enthalten, alle Varianten wurden als Stoppelfrucht zur gleichen Zeit ausgedrillt (Lageplan siehe Anhang Tab. A1).

Die Ertragsfeststellung erfolgte parzellenweise, die Qualitätsuntersuchungen wurden prüfgliedweise durchgeführt. Die statistische Verrechnung der Ergebnisse mit SAS und der mixed procedur bot die Möglichkeit der Auswertung unorthogonaler Versuchsserien.
Die Untersuchung der Futterqualität wurde nach Standardmethoden durchgeführt. Die im Jahr 2003 hergestellte Eimer-Silage (15 l Fassungsvermögen) von zwei Zwischenfruchtgemengen wurde nach einer 24-stündigen Anwelkphase 90 Tage siliert. Die Untersuchung der Verdaulichkeit, der Gärqualität und der Mineralstoffgehalte wurde nach Standardmethoden an der fertigen Silage durchgeführt.
Zur Beurteilung der Auswaschungsgefahr von Stickstoff in Varianten mit und ohne Zwischenfrüchte wurden Bodenuntersuchungsergebnisse aus der ökologisch bewirtschafteten Fruchtfolge am Standort Gülzow herangezogen.
Im Untersuchungsjahr 2004/05 wurde die Variante 3 durch eine Mischung mit Sommerfutterraps ersetzt, die jedoch wegen stärkerem Wildverbiss nicht geerntet wurde. Aus den gleichen Grund wurde im letzten Versuchsjahr auch die Variante 4 nicht beerntet. Wegen deutlicher Auswinterungsschäden konnten 2003 die Winterzwischenfruchtbestände nicht in die Ertragsermittlung einbezogen werden.

Tab. 1: Fruchtfolge auf dem Ökofeld Gülzow

Fruchtfolge (2001-2004)		
1	Kleegras	
2	Getreide	**(Zwischenfruchtanbau einschl. -versuch)**
3	Hackfrucht	
4	Körnerleguminosen (+ Zwischenfrucht)	
5	Getreide	
6	Sommergetreide + Kleegrasuntersaat	

Tab. 2: Variantenbeschreibung und Aussaatmenge

PG-Nr.	Art	Saatmenge kg/ha
1	Sommerwicke + Senf	40 + 10
2	Phacelia + Senf	8 + 10
3	Perserklee + Phacelia*	11 + 7
4	Grünfuttererbse + Sonnenblume + Sommerwicke	50 + 10 + 40
5	Wickroggen (Winterwicke + Winterroggen)	40 + 80
6	Landsberger Gemenge (Welsches Weidelgras + Winterwicke + Inkarnatklee)	25 + 10 + 15

* Variante wurde 2004 nicht mehr ausgedrillt

Die Versuchsergebnisse wurden durch ökonomische Parameter ergänzt. Grundlage für die Berechnung der Verfahrenskosten waren KTBL-Kalkulationsdaten für den ökologischen Landbau (ANONYM, 2002). Für die Bewertung der Lohnkosten wurde ein Lohnansatz in Höhe von 13 €/Akh zu Grunde gelegt. Die Saatgutkosten wurden bei Saatgutfirmen erfragt, die ökologisch vermehrtes Z-Saatgut anbieten.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Bestandesetablierung und Anbaueignung

Die Aussaat der Zwischenfruchtgemenge konnte in den Jahren zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten vorgenommen werden (Tab. 3, Tab. A2). Im ersten und dritten Versuchsjahr (2001/2002 und 2003/04) wurde die Vorfrucht Getreide Anfang August geerntet und anschließend das Stroh geräumt. Die Aussaat der Zwischenfrucht verzögerte sich nur leicht. Der Forderung, dass besonders großkörnige Leguminosen als Stoppelfrüchte bis Anfang August gedrillt werden sollten (ANONYM, 1991; ANONYM, 2004; SIMON, 1995), konnte gerade noch entsprochen werden. LÜTKE ENTRUP (2001) sieht bei früher Aussaat Vorteile in der schnelleren Jugendentwicklung und damit besseren Unkrautunterdrückung der großkörnigen Leguminosen. Nur Sommerwicken weisen eine etwas größere Saatzeittoleranz auf (SIMON, 1993).
Im zweiten und vierten Versuchsjahr kam es auf Grund sehr feuchter Bedingungen bei der Ernte der Vorfrucht und der Strohbergung zu erheblichen Verzögerungen bei der Aussaat. Entscheidend für die weitere Entwicklung der Pflanzenbestände scheint jedoch die Folgewitterung zu sein. Während sich die Aussaat zwischen den beiden frühen und den beiden späten Jahren um etwa 14 Tage unterschied, war der Aufgang in den beiden frühen Jahren nur noch 8 Tage eher als in den späten Jahren. Allerdings konnte im Jahr 2003 kein einheitliches Aufgangsdatum für die Mischung angegeben werden, da die trockenen Bedingungen für starke Unterschiede zwischen den Mischungspartnern und innerhalb einer Parzelle sorgten. In Jahren mit später Aussaat war durch mehr Feuchtigkeit der Aufgang in der Regel zügiger und gleichmäßiger. Bei milder Folgewitterung konnten sich die Bestände dennoch gut entwickeln. So wurde im Jahr 2004 bei später Aussaat die längste Vegetationszeit erreicht (Tab. 3, Tab. A3). Daher sollte bei absehbar verzögerter Ernte der Vorfrucht und möglicher später Aussaat der Zwischenfrucht nie gänzlich auf eine Aussaat von Zwischenfrüchten verzichtet werden. Ein hohes Anbaurisiko entsteht auch in Regionen mit einem Jahresniederschlag unter 600 mm und weniger als 45 Vegetationstagen im Herbst (ANONYM, 2004; DEBRUCK, 1995). Auch die Standortverhältnisse in weiten Teilen von Mecklenburg-Vorpommern werden daher als ein Argument gegen den Zwischenfruchtanbau gesehen. In den vier Jahren kam es zwar zu unterschiedlich hohen Erträgen, jedoch nie zu einem Totalausfall durch Trockenheit oder frühem Vegetationsende.

Tab. 3: Anzahl Tage vom Aufgang bis zur Ernte (Mittel der Varianten)

Jahr	Datum				Anzahl Tage Aufgang bis Ernte	
	Aussaat	Aufgang (MW)	Ernte			
			So.-ZF	Wi.-ZF	So.-ZF	Wi.-ZF
2001/02	08.08.01	19.08.01	18.10.01	13.05.02	59	266
2002/03	20.08.02	28.08.02	16.10.02	-	49	271
2003/04	05.08.03	keine Angaben	13.10.03	05.05.04	-	-
2004/05	19.08.04	27.08.05	02.11.04	10.5.05/ 23.05.05	67	263

Wi.-ZF – Winterzwischenfrüchte, So.-ZF – Sommerzwischenfrüchte

Zwischen den Varianten traten deutliche Unterschiede in der Bestandesentwicklung auf. Senf und Phacelia entwickelten sich unter den jeweiligen Bedingungen immer besser als der Perserklee, der besonders wärme- und feuchtigkeitsliebend ist. Daher wies die Mischung mit Perserklee und Phacelia starke Entwicklungsunterschiede zwischen den beiden Gemengepartnern auf. Der Anteil des Klees an der Biomassebildung war in allen Jahren gering.
Die beiden Winterzwischenfruchtgemenge unterschieden sich in der Entwicklung vor Winter weniger als in der Entwicklung nach Winter. Aus versuchstechnischen Gründen wurden die Winterzwischenfrüchte zusammen mit den Sommerzwischenfrüchten ausgedrillt, so dass besonders in Jahren mit früher Aussaat die Bestände weit entwickelt in den Winter gingen. Diese Tatsache könnte im Winter 2002/03 Ursache für Auswinterungsschäden bei der Winterwicke gewesen sein. Dieser frühe Saattermin steht den allgemeinen Empfehlungen ent-

gegen (ANONYM, 2004; ANONYM, 1991). Eine Zusammenfassung der Witterungsbedingungen im Versuchszeitraum beinhaltet Tab. 4.

Tab. 4: Witterungsbedingungen im Versuchszeitraum

2001/2002:	leicht verspätete Aussaat (08. August) nach Getreideernte und Strohbergung, nach sehr trockenem Juli vor und nach der Aussaat der ZF Niederschläge, dennoch teilweise zögerlicher Aufgang, feuchte Witterung im August und September sowie ein milder Oktober ermöglichten Pflanzenwachstum bis Mitte November (WZF), gut entwickelt in einen milden Winter, Temperaturanstieg Ende April führte zur Beschleunigung des Pflanzenwachstums
2002/2003:	überdurchschnittliche Niederschlagsmengen im Juli und August führten zu Verzögerungen bei Getreide- und Strohernte, Aussaat der ZF erst am 20. August möglich, zeitiges Vegetationsende, schwächer entwickelt in den Winter, Kahlfröste forderten die Winterhärte der Winterwicke, auch im Frühjahr Witterungsperiode mit starken Nachtfrösten zwischen -5 und -10 °C, Pflanzenwachstum stagnierte, Ende April deutliche Beschleunigung der Entwicklungs- und Wachstumsvorgänge infolge Temperaturanstieges, deutlich geringere Wuchshöhen
2003/2004:	sehr trockener Sommer, frühe Ernte des Getreides, Aussaat der ZF bereits am 5. August, verzögertes und z. T. ungleichmäßiges Auflaufen infolge sehr trockener Bodenverhältnisse bis September, Nachtfröste ab Mitte Oktober beendeten Vegetationszeit, keine Auswinterung, kühle Witterung verzögerte bis in April hinein Pflanzenentwicklung
2004/2005:	überdurchschnittliche Niederschlagsmengen im Juli und August, Verzögerungen bei Getreideernte und Strohbergung, daher Aussaat erst am 19. August möglich, Auflauf zügig und gleichmäßig, milde Temperaturen bis Ende Januar, anschließend Frostperiode mit z. T. geschlossener Schneedecke, keine Auswinterung, warme und trockene Witterungsbedingungen ab Ende März, Bestände auf sandigem Standort zeigten ab April Wachstumseinschränkungen wegen Wassermangel, starke Nachtfröste in der Nacht vom 20. auf den 21. April führten zu Verbräunungen der Blattspitzen bei allen Arten

Fazit

- Aus Sicht der Bestandesetablierung sind Mischungen mit Senf und Phacelia sehr gut für die Standortbedingungen in weiten Teilen von Mecklenburg-Vorpommern geeignet. Auch Gemenge mit Sommerwicken und Grünfuttererbsen haben unter den gegebenen Bedingungen Anbauberechtigung.
- Weniger anbauwürdig sind dagegen Perserklee und, obwohl nicht geprüft, auch andere Kleearten mit ähnlichen Ansprüchen (z. B. Alexandrinerklee).
- Dagegen eignen sich beide Winterzwischenfruchtgemenge für den Anbau nach Getreide. Beide Gemenge können bereits vor Winter bei früher Aussaat reichlich Biomasse bilden.

3.2 Ertragsleistung von Zwischenfruchtgemengen

Die Ergebnisse zeigen eine starke Abhängigkeit der Trockenmasseerträge von der Herbst- und folgenden Frühjahrswitterung. In den beiden feuchteren Anbauperioden 2001/02 und 2003/04 wurden bei allen Mischungen deutlich höhere Erträge erzielt als im trockenen Jahr 2004/05. Das bestätigt die hohe Bedeutung der Niederschläge während der Vegetationszeit der Zwischenfrüchte.

Für die mehrjährige Ertragsauswertung konnten wegen bereits genannter Ursachen bei den Varianten 1 und 2 vier Versuchsjahre und bei den Varianten 3 bis 6 nur drei Versuchsjahre einbezogen werden (Tab. A4).
Die in der Abbildung 1 dargestellten adjustierten Mittelwerte der Trockenmasseerträge zeigen deutlich, dass die Winterzwischenfrüchte den anderen Mischungen im Ertrag überlegen sind (Einzeljahresergebnisse Tab. A4). Die Wickroggenerträge schwankten zwischen 21 und 39 dt/ha Trockenmasse. Trockenmasseerträge von 21 dt/ha Wickroggen (stark wickenbetont) erreichte HAAS (2004) auf einem Standort bei Bonn zu einem mit Gülzow vergleichbaren Erntetermin.
Beim Landsberger Gemenge wurden zwischen 13 und 28 dt TM/ha geerntet. Bei deutlich günstigeren Bedingungen in Sachsen (AZ 68, NS 711 mm) gibt die Sächsische Landesanstalt (ANONYM, 2004) für das Landsberger Gemenge (vergleichbare Gemengezusammensetzung) bereits bei Einarbeitung im Herbst Trockenmasseerträge in Höhe von 11-15 dt/ha an.
Unter den Sommerzwischenfrüchten erzielte das Gemenge mit Sommerwicken und Senf den höchsten Trockenmasseertrag (10,6 – 18,4 dt TM/ha). Die Ertragsschwankungen zwischen den Jahren waren gering, was auf eine gute Anbauwürdigkeit hinweist. Dieses Gemenge hat vergleichsweise geringe Saatgutkosten und der schnelle Bestandesschluss sorgt für eine gute Unkrautunterdrückung.

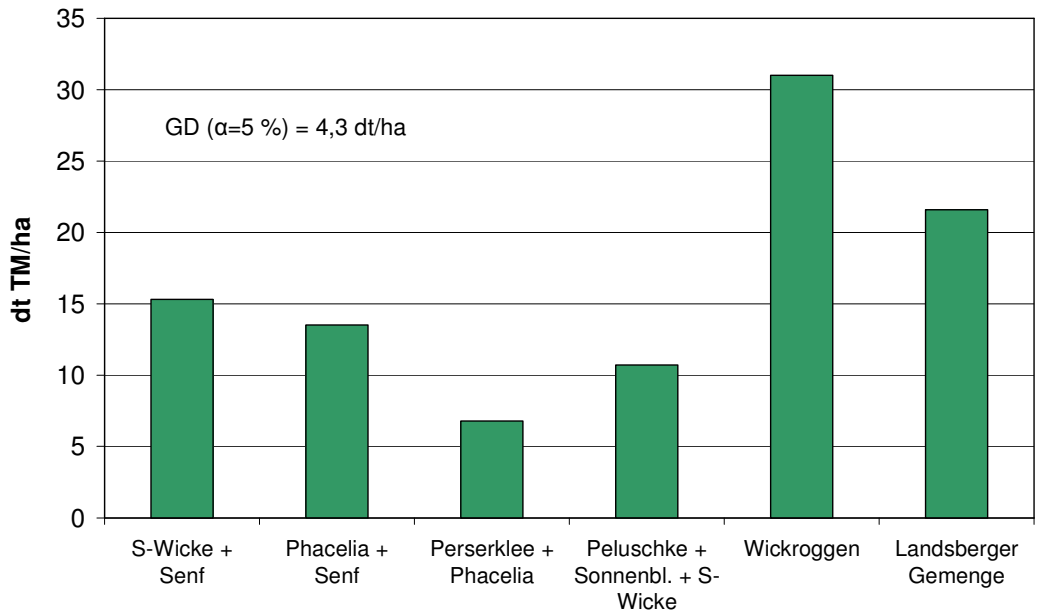


Abb. 1: Trockenmasseertrag von Zwischenfruchtgemengen (adjustierte Mittelwerte 2002-2005, Gülzow)

Von den beiden Gemengen mit Phacelia erreichte das mit Senf den höchsten Trockenmasseertrag (7,3 – 16,7 dt TM/ha). Es ist besonders zur Begrünung und Bodenbedeckung geeignet. Da in dieser Mischung keine Leguminosen enthalten sind, eignet sie sich für auswaschungsgefährdete sandigen Böden als abfrierende Zwischenfrucht.
In allen Jahren trug der Perserklee in der Mischung mit Phacelia nur unzureichend zur Biomassebildung bei (4,5 – 11,7 dt TM/ha). Sein höherer Wasser- und Wärmeanspruch stellt den Anbau auf diesen trockenen Sandböden in Frage. Allerdings wies der Perserklee in Reinsaat auch in Versuchen in Sachsen vergleichsweise geringe Erträge auf (ANONYM, 2004).
Das Gemenge aus Sonnenblumen, Grünfuttererbse und Sommerwicken erreichte durch unzureichende Bestandesdichten nur mittlere Erträge. Die hohen Saatgutkosten rechtfertigen den Anbau nur bedingt.

Fazit

- Bei den Sommerzwischenfrüchten sind besonders Phacelia, Senf und die Sommerwicke für die Anbaubedingungen in M-V, insbesondere auf sandigen Böden geeignet. Sie ereichten die höchsten Trockenmasseerträge
- Von den Winterzwischenfrüchten kann der Wickroggen aus Sicht der Biomassebildung als besonders geeignet ausgewiesen werden.

3.3 Nährstoffkonservierung durch Zwischenfrüchte

Nährstoffaufnahme

Der Zwischenfruchtanbau dient im Öko-Landbau auch der Konservierung von Nährstoffen, die entweder im Boden verfügbar sind oder in größeren Mengen von der Vorfrucht bereitgestellt und von den Zwischenfrüchten aufgenommen werden können. Die Nährstoffaufnahme und damit -bindung ist abhängig von der Höhe der Trockenmasseproduktion und den Nährstoffgehalten (Tab. A5, A6).

Die Zwischenfruchtgemenge mit Senf (Kruzifere) und Wicken (großkörnigen Leguminosen) waren eher in der Lage hohe Trockenmasseerträge zu produzieren als das Gemenge mit Perserklee (kleinkörnigen Leguminosen). Da sich die mittleren Nährstoffgehalte der Mischungen nur geringfügig unterschieden, wurde die im Aufwuchs gebundene Nährstoffmenge wesentlich durch den Ertrag beeinflusst (Tab. 5). Beide Winterzwischenfruchtgemenge konnten daher auch die größten Nährstoffmengen im Aufwuchs binden. Soll das Gemenge als Gründüngung dienen, dann stehen diese Nährstoffmengen weitestgehend der Nachfrucht zur Verfügung.

Nach der Einarbeitung der Zwischenfrüchte kommt es zu einer Erhöhung der biologischen Aktivität im Boden, da auf Grund des temporären Nährstoffangebotes die Mikroorganismen sich explosionsartig vermehren. Sie verwenden Kohlenstoff der Biomasse zum Aufbau körpereigener Substanzen und aktivieren durch die Veratmung vor allem den Stickstoff- und Phosphorumbau. Dadurch trägt ein häufiger Zwischenfruchtanbau zur Freisetzung von organisch gebundenen Nährstoffen bei. Die Bedeutung des Zwischenfruchtanbaus besonders von Phacelia und Seradella in Hinblick auf die Aktivierung der Phosphorfreisetzung beschreibt auch EICHLER (2003).

Tab. 5: Trockenmasseertrag und gebundene Nährstoffmengen in der oberirdischen Biomasse (adjustierte Mittelwerte 2002-2005, Gülzow)

Varianten	Trockenmasse-ertrag dt/ha	Nährstoffmenge kg/ha in der oberirdischen Trockenmasse			
		N	P	K	Mg
So.-wicke + Senf	15,3	39,8	6,5	36,3	5,1
Phacelia + Senf	13,5	32,4	6,0	32,6	4,5
Perserklee + Phacelia	6,8	17,3	3,9	18,5	3,5
Grünfuttererbse + Sonnenbl. + So.-wicke	10,7	33,3	4,6	25,7	4,3
Wickroggen	31,0	78,0	12,1	62,9	4,3
Landsberger Gemenge	21,6	50,7	8,0	45,2	3,9

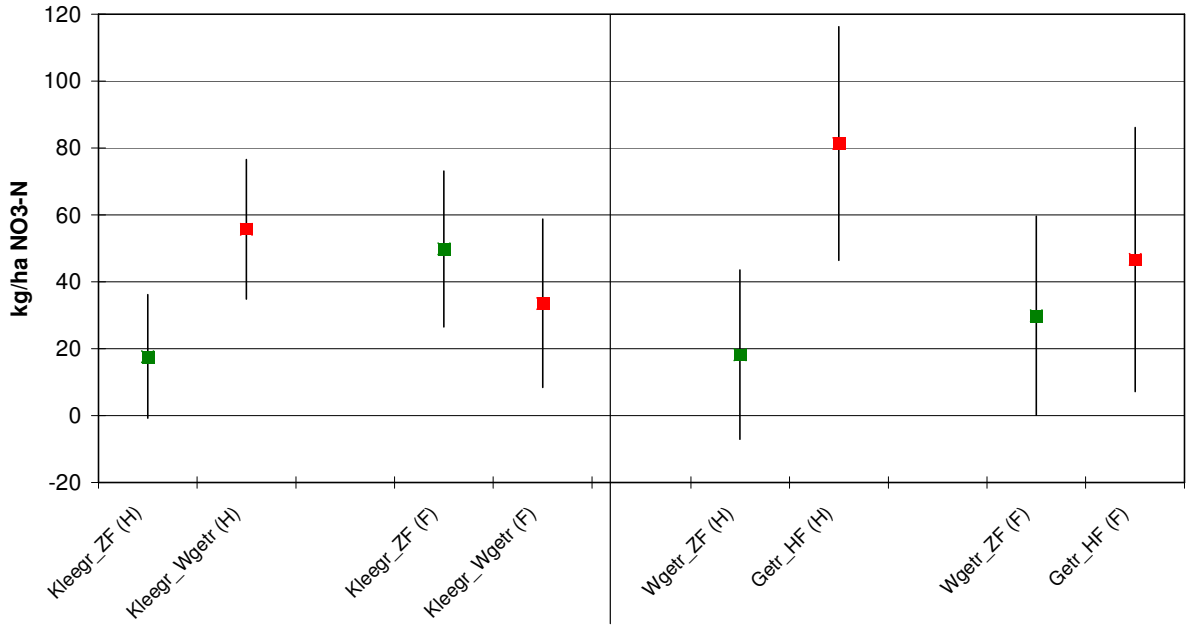
Nährstofffreisetzung und Ertragseinfluss

Die Nährstofffreisetzung aus den Zwischenfrüchten hängt wesentlich von der Umsetzungsaktivität nach der Einarbeitung ab. Diese wird durch das C/N-Verhältnis und den Ligningehalt der Gemengepartner beeinflusst. Da man bei Sommer- und Winterzwischenfrüchten von frischen und wenig verholztem Material mit engerem C/N-Verhältnis ausgehen kann, wird mehr als die Hälfte des Stickstoffs und Phosphors bereits im ersten Jahr freigesetzt. Bei Kalium findet die Freisetzung zu 100 % im Folgejahr statt (ANONYM, 2004). Die Mineralisierbarkeit ist auf Grund des engeren C/N-Verhältnisses bei Leguminosen stets besser als bei

Gräsern (Roggen, Weidelgras). Neben dem C/N-Verhältnis spielen auch der Ligningehalt der Zwischenfrüchte und das Lignin/N-Verhältnis eine Rolle. Beide Parameter sollten möglichst gering bzw. eng sein. Bei Sommerzwischenfrüchten sind diese Parameter als besonders günstig einzustufen, da eine stärkere Verholzung bis zum Einarbeiten oder zur Ernte im Herbst nicht stattfindet. HAAS (2004) gibt für alle Winterzwischenfrüchte, die auch im Gülzower Versuch angebaut wurden, ebenfalls geringe Ligningehalte und nur für Roggen, ein etwas weiteres Lignin/N-Verhältnis an. Dabei wiesen die Leguminosenpartner in Reinsaat diesbezüglich günstige Werte auf, so dass besonders beim Anbau von Wickroggen auf einen entsprechend hohen Winterwickenanteil im Gemenge geachtet werden sollte.
Die ertragsfördernde Wirkung der Zwischenfrüchte wird stark durch die Jahreswitterung beeinflusst. Mehrerträge durch Zwischenfruchtanbau wurden daher in Versuchen in Sachsen nicht in jedem Jahr gleichermaßen festgestellt (ANONYM, 2004). Sowohl Ergebnisse aus Sachsen als auch die aus Bayern (MÖLLER u. REENTS, 1999) belegen jedoch, dass Leguminosenzwischenfrüchte positiver auf den Ertrag wirken als nicht legume Fruchtarten. SURBÖCK et al. (2004) erzielten nach Zwischenfruchtanbau (Senf/Phacelia nach Erbsen Hauptfrucht) bzw. Untersaat (Weißklee unter Hafer) signifikant höhere Kartoffelerträge als ohne diese Maßnahmen. Dabei war der Unterschied zwischen nicht legumer Zwischenfrucht und legumer Untersaat unerheblich.
Die Untersuchungen der Landesanstalt in Sachsen zeigten, dass die Menge der oberirdischen Biomasse für die Ertragsbildung der Nachfrucht nicht immer entscheidend ist. Auch Früchte, die nur wenig Biomasse bilden z. B. Perserklee, hatten einen positiven Ertragseffekt auf die Folgefrucht (ANONYM, 2004).
RINNOFNER et al. (2005) konnten bei Versuchen unter pannonischen Bedingungen in Österreich dagegen keine positive Ertragsbeeinflussung durch legume Zwischenfrüchte feststellen. FREYER (2003) spricht von einer Verstärkung des Vorfruchtwertes der vorausgehenden Hauptfrüchte durch Zwischenfruchtanbau. Nicht verwertete Nährstoffe können durch Zwischenfrüchte gespeichert, Unkraut unterdrückt und der Boden gelockert werden.

Stickstoffkonservierung über Winter und Schutz vor Auswaschung
Ein besonderer Vorteil der Zwischenfrüchte ist die N-Bindung in der oberirdischen Biomasse und der Schutz dieses für den ökologischen Landbau so wichtigen Nährstoffs vor Auswaschung. Durch den Anbau von Zwischenfrüchten wird in der Regel eine Reduzierung des N_{min}-Gehaltes im Boden erreicht. In der Folge konnten in Öko-Versuchen in Sachsen durch den Anbau von Gräsern, Kruziferen und Gemengen im Frühjahr ähnlich hohe oder höhere N_{min}-Gehalte gemessen werden als beim Verzicht auf den Zwischenfruchtanbau (ANONYM, 2004). In konventionellen Versuchen stellte SCHLIEPHAKE (2002) ähnliche Effekte fest. Auch LANG (1993) bestätigt in Untersuchungen mit Alexandrinerklee und Winterrübsen die konservierende Wirkung der Zwischenfrüchte, weist jedoch auch auf die differenzierte Freisetzung nach der Einarbeitung hin. Im Vergleich zur Brache konnte PICKERT (1995) eine deutliche Verringerung des NO_3-N-Gehaltes im Boden nachweisen. Mehrjährige Untersuchungen an der Lysimeteranlage der Universität Rostock bekräftigen die Stickstoffkonservierenden Vorteile der Zwischenfruchtgründüngung, die zu einer deutlichen Reduzierung der Sickerwassermenge, der Nitratkonzentration und in der Folge der Nitratausträge führte (GRÜNER, 1995).
Vergleichbare Reaktionen wurden auch in eigenen Untersuchungen festgestellt. Durch den Anbau von Senf als Zwischenfrucht nach Kleegrasumbruch wurde im Mittel mehrerer Jahre ein Ertrag von 29 dt/ha Trockenmasse erreicht. Dadurch wurden durchschnittlich 74 kg/ha Stickstoff gespeichert (NEUBAUER, 1996). Bodenuntersuchungen über mehr als 10 Jahre zeigten, dass durch diesen Senfanbau im Herbst der NO_3-N-Gehalt in 0-90 cm nur ca. 20 kg/ha betrug. Dagegen wurden bei Wintergetreideanbau nach Kleegras (also ohne Zwischenfrucht) etwa 55 kg/ha NO_3 -N festgestellt. Bis zum Frühjahr kam es zu einer Mineralisierung aus Aufwuchs und Boden, so dass die Gehalte deutlich anstiegen. Dagegen kann man bei der Variante ohne Zwischenfrüchte von einer unzureichenden N-Aufnahme im Herbst durch das Wintergetreide und einer Auswaschung über Winter ausgehen, da im Frühjahr geringere Gehalte festgestellt wurden als im Herbst. Ähnliche Verhältnisse wurden auch nach Getreide mit und ohne Zwischenfrucht festgestellt. Die Ergebnisse sind mehrjährig und

der Fruchtarteneinfluss war signifikant (Abb. 2). Auch SCHLIEPHAKE (2002) geht auf sandigen Böden von einer hohen Auswaschung ohne Zwischenfruchtanbau aus.
Auch Ergebnisse von RINNOFNER et al. (2005) zeigen bei nicht legumen Zwischenfrüchten nach Getreide geringe Werte im Herbst und höhere Werte im Frühjahr. Auffällig waren in diesen wie auch in eigenen Untersuchungen die starke Differenzierung der Herbstwerte und die Nivellierung der Werte im Frühjahr, so dass ein Unterschied zwischen den Varianten mit und ohne Zwischenfruchtanbau im Frühjahr nicht mehr gesichert war. Trotz der hohen N-Aufnahme durch Senf können bei abfrierenden Zwischenfrüchten in milden feuchten Wintern N-Verluste auftreten, die durch Auswaschung von N-Verbindungen aus der abgefrorenen Pflanze entstehen (SCHLIEPHAKE, 2002). Daher ist auf sandigen Böden der Anbau von winterharten Gemengen aus der Sicht der N-Auswaschung zu bevorzugen. Dabei sollte das Gemenge nicht leguminosenbetont sein und erst im Frühjahr umgebrochen werden.



Kleegr_ZF = Zwischenfrucht nach Kleegras
Kleegr_Wgetr = Wintergetreide nach Kleegras
Wgetr_ZF = Zwischenfrucht nach Wintergetr.
Getr_HF = Herbstfurche nach Getreide

Abb. 2: Nitrat-N-Gehalte im Boden (0-90 cm) im Herbst (H) und Frühjahr (F) bei unterschiedlichen Fruchtfolgekombinationen und ökologischer Bewirtschaftung (Mittelwert u. Vertrauensintervall 90%, adjustierte Mittelwerte 1993-2005)

Fazit

- In Abhängigkeit von der Art der Zwischenfrüchte und Zwischenfruchtgemenge können erheblich Nährstoffmengen aufgenommen und konserviert werden. Dabei spielen auswaschungsgefährdete Nährstoffe wie Stickstoff und Kalium eine besondere Rolle. Aber auch Phosphor wird verstärkt pflanzenverfügbar bereitgestellt.
- Die Mineralisierbarkeit der Pflanzennährstoffe aus den Zwischenfrüchten wird bei engem C/N- und engem Lignin/N-Verhältnis begünstigt. Daher sollten besonders bei Winterzwischenfrüchten frische Pflanzenmaterialien eingearbeitet werden und der Leguminosenanteil entsprechend hoch sein.
- Zwischenfrüchte nehmen im Herbst bis zum Vegetationsende Stickstoff auf und tragen so zu einer Verringerung der Auswaschungsgefahr über Winter bei. Aus Sicht der Stickstoffkonservierung sind Winterzwischenfrüchte den abfrierenden Sommerzwischenfrüchten vorzuziehen.

3.4 Einordnung von Zwischenfrüchten in die Fruchtfolge

Auf Grund phytosanitärer Aspekte sollten leguminosenhaltige und nicht legume Zwischenfrüchte differenziert in die Fruchtfolge eingeordnet werden. Trotz der relativ kurzen Vegetationszeiten sind auch bei den Zwischenfrüchten Artenverträglichkeit und Anbaupausen zu beachten. Daher sollte sich die Auswahl der Zwischenfruchtpartner hauptsächlich auf Kulturen beschränken, die unter den Hauptfrüchten gar nicht oder nur in geringem Umfang vertreten sind. Einige Anbaufolgen schließen sich gänzlich aus. So sollten nach Luzerne und Rotklee keine Ackerbohnen und nach Luzerne ebenfalls keine Erbsen als Zwischenfrucht angebaut werden. Seradella als Zwischenfrucht verbietet sich nach Erbsen und Blauen Lupinen in Hauptfrucht. Dagegen können Erbsen rein oder im Gemenge nach Ackerbohnen und Sommerwicken angebaut werden. Eine Übersicht zur Verträglichkeit verschiedener Fruchtarten im Haupt- und Zwischenfruchtanbau zeigt die Abbildung im Anhang (Abb. A1).
Dient der Zwischenfruchtanbau der **Begrünung/Gründüngung und Nährstoffspeicherung** sowie der Aktivierung des Bodenlebens, sollten schnellwüchsige Arten mit hoher Biomasseleistung bevorzugt werden. Hierfür eignen sich besonders kruzifere Zwischenfrüchte wie Senf auf den sandigen und Ölrettich auf den besseren Böden. Überwinternde Arten wie Futterraps und Perko sind ebenfalls für die Nährstoffkonservierung bestens geeignet. Da in Öko-Betrieben kaum kruzifere Hauptfrüchte angebaut werden, spielen phytosanitäre Aspekte eine untergeordnete Rolle. Kostenvorteile, rasche Jugendentwicklung und gute Unkrautunterdrückung, bessere Saatzeitverträglichkeit und ein vergleichsweise geringes Anbaurisiko führen auch im Öko-Landbau zu einer Bevorzugung der Kruziferen im Zwischenfruchtanbau. Aber auch Phacelia ist für die Zwecke der Gründüngung und Nährstoffspeicherung sehr gut geeignet. Sie weist ähnliche Vorteile auf wie der Senf (OEHMICHEN, 1986).
Sommerzwischenfrüchte können nach frühzeitig umgebrochenem Kleegras angebaut werden, wodurch eine sehr gute Vorrotte erreicht wird, die besonders im Kartoffelbau gegenüber dem Kleegrasumbruch im Frühjahr Vorteile bringt. Die in der Regel abgefrorenen Zwischenfrüchte bilden eine lockere Mulchauflage, in die im Frühjahr mit reduzierter Bodenbearbeitung z. B. Kartoffeln gelegt werden können. Hierzu liegen auch in Gülzow gute Erfahrungen vor (NEUBAUER, 2000). Nach Körnererbsen ist der Anbau von Zwischenfrüchten zwingend erforderlich. Der freiwerdende Stickstoff aus den Körnerleguminosen kann am besten durch kruzifere Zwischenfrüchte aufgenommen werden. Auch FREYER (2003) nennt Beispiele für den Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung nach Erbsen. Abfrierende Arten sind auch für den Nachbau von Sommergetreide geeignet, da im Frühjahr auf lehmigen Sandböden die Aussaat rechtzeitig erfolgen kann. Der Anbau von Wintergetreide nach Sommerzwischenfrüchten, die noch nicht abgefroren sind, ist grundsätzlich möglich, hat aber bei den Zwischenfrüchten eine kurze Vegetationszeit bzw. beim Getreide eine späte Aussaat zur Folge.
Der Anbau von kruziferen Winterzwischenfrüchten zum Zwecke der Nährstoffspeicherung lohnt nur, wenn eine frühe Aussaat, eine gute Vorwinterentwicklung und damit eine hohe Nährstoffaufnahme zum Beispiel nach Körnerleguminosen garantiert ist. Unter günstigen Bedingungen können solche Arten im Frühjahr auch Vorfrucht für Sommergetreide sein. Winterzwischenfrüchte wie beispielsweise Wickroggen und Landsberger Gemenge nehmen dagegen im Herbst auf Grund der üblichen späteren Aussaat nur begrenzt Nährstoffe auf. Sie sollten immer in Verbindung mit einer Futternutzung gesehen werden (BACHTHALER, 1979).
Grundsätzlich ist der Anbau von Winterzwischenfrüchten sorgfältig zu planen, da deren Anbau mit Einschränkungen bei der Auswahl der Nachfrüchte verbunden ist (NEUERBURG u. PAGEL, 1992). Bei der Auswahl geeigneter Anbaufolgen sind verfahrenstechnologische Anforderungen und pflanzenbauliche Ansprüche der Kulturen zu beachten.
Der Anbau legumer Zwischenfrüchte bringt besonders nach Getreide Vorteile. Durch die **Stickstoffsammlung** der verschiedenen großkörnigen Leguminosen im Rein- und Gemengeanbau besteht nach Getreide die Möglichkeit den Vorfruchtwert dieser Kultur zu verbessern. Kleinkörnige Leguminosen erzielen sehr häufig unter den nordostdeutschen Bedingungen in der verbleibenden Vegetationszeit nicht den gewünschten Erfolg. Daher sind im praktischen Anbau Gemenge mit Erbsen, Lupinen und Wicken besonders verbreitet. Die hohen

Saatgutpreise und die erforderliche frühe Aussaat der großkörnigen Leguminosen schränken die Palette der Mischungen jedoch häufig ein. Für diese nährstoffverbessernde Maßnahme eignen sich sowohl Sommer- als auch Winterzwischenfrüchte. Letztere haben den Vorteil, dass Nährstoffverluste über Winter weitestgehend vermieden werden können. Werden aber Gemenge mit Winterwicken oder überwinternden Kleearten angebaut, benötigen diese im Frühjahr ausreichend Vegetationszeit, um Stickstoff zu sammeln und die Bodenstruktur zu verbessern. Daher ist in der Regel nur der Anbau von Kartoffeln und Mais nach Winterzwischenfrüchten empfehlenswert. Dagegen ist der Anbau von Sommergetreide meist wenig sinnvoll, da entweder solche Winterzwischenfruchtbestände bereits vor dem Frühjahrswachstum umgebrochen werden müssen oder die Aussaat des Getreides sich verzögert, so dass negative Ertragsauswirkungen zu erwarten sind. FREYER (2003) empfiehlt Zwischenfruchtanbau mit dem Ziel der Stickstoffsammlung besonders den viehlosen und vieharmen Betrieben. Entsprechend nehmen in diesen Betrieben die legumen Zwischenfruchtgemenge eine besondere Rolle ein. Besonders zwischen Winter- und Sommergetreide bzw. vor einer Hackfrucht verbessert so ein Gemenge den Wert der Vorfrucht.
Der Zwischenfruchtanbau steht besonders nach Getreide in Konkurrenz mit der Untersaat. Diese kann unter Getreide in der Regel kostengünstiger ausgebracht werden. Weißkleeuntersaaten sind besonders dann sinnvoll, wenn nach Getreide ein Wintergetreide angebaut werden soll und die Verbesserung des Vorfruchtwertes durch Stickstoffsammlung im Vordergrund steht. Aber auch der Anbau von Sommergetreide und der Umbruch der Weißkleeuntersaat im zeitigen Frühjahr sind in der Praxis sehr verbreitet. Rotkleegras wird als Untersaat häufig in Verbindung mit Futternutzung oder mehrjähriger Brachewirtschaft ausgedrillt.
Die Möglichkeiten einer sinnvollen Einordnung von Zwischenfrüchten sind vielfältig. Einige Beispiele für Fruchtfolgepaare sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tab. 6: Einordnung von Zwischenfrüchten (Beispiele)

Fruchtfolgepaare mit Zwischenfrüchten zur Nährstoffspeicherung	
nicht legume Sommerzwischenfrüchte	nicht legume Winterzwischenfrüchte
1. Kleegras + abfrierende nicht legume Sommerzwischenfrucht anschl. Kartoffeln/Mais/Sommergetreide	1. Körnerleguminosen+ nicht legume Winterzwischenfrucht anschl. Getreide/Kartoffeln/Mais
2. Erbsen + nicht legume SoZF anschl. Getreide/Kartoffeln/Mais	
Fruchtfolgepaare mit Zwischenfrüchten zur Stickstoffsammlung	
legume Sommerzwischenfrüchte	legume Winterzwischenfrüchte
1. Getreide, Frühkartoffeln + legume Sommerzwischenfrucht anschl. Getreide	1. Getreide + legume Winterzwischenfrucht anschl. Kartoffeln/Mais
2. Getreide, Frühkartoffeln + legume Sommerzwischenfrucht anschl. Getreide/Kartoffeln/Mais	2. Getreide + legume Untersaat anschl. Kartoffeln/Mais

Fazit

- Je nach Fruchtart müssen Anbaupausen, benötigte Vegetationszeit und anbautechnische Anforderungen berücksichtigt werden.
- Für die Einordnung der Zwischenfrüchte in die Fruchtfolge sind das Anbauziel und die Zwischenfruchtart von Bedeutung.
- Die Auswahl der Zwischenfrucht bzw. der –gemenge sollte in Abhängigkeit vom Anbauziel (Futternutzung, Begrünung, Nährstoffspeicherung) erfolgen.

3.5 Futtereignung von Zwischenfruchtgemengen

Durch hohen Grünlandanteil (ca. 65 % der LF) und umfangreichen Kleegrasanbau in den Öko-Betrieben ist die Futternutzung der Zwischenfrüchte im Allgemeinen nicht notwendig. Vergleichsweise geringe Erträge, schlechte Silierbarkeit und die hohen Kosten der Futterkonservierung stehen den heutigen Fütterungskonzepten auch in Öko-Betrieben entgegen. Dennoch kann witterungsbedingt in einzelnen Jahren die Nutzung als Futter erforderlich sein. Daher wurden auch der Futterwert und die Konserviereigenschaften der im Versuch angebauten Gemenge geprüft.
Grundsätzlich gilt, dass ein Futterzwischenfruchtanbau eine gezielte Arten- und Sortenwahl erfordert und auf die Ansprüche der zu fütternden Tierkategorie abgestimmt sein sollte. Diesbezüglich geprüfte Mischungen zeigten in Bayern starke Qualitätsunterschiede (AIGNER, 1994)
Die Ergebnisse der an Standort Gülzow geprüften Zwischenfruchtgemenge zeigen, dass sowohl bei den Mineralstoff- als auch Rohnährstoffgehalten deutliche Unterschiede zwischen den Varianten und starke Schwankungen zwischen den Jahren auftraten.
Bei den **Mineralstoffen** Phosphor, Kalzium und Magnesium wurden im Jahr 2002 höhere Gehalte festgestellt als in anderen Jahren. Das Gemenge mit Perserklee und Phacelia wies häufig besonders hohe Mineralstoffgehalte auf. Ursache könnte der geringe Ertrag gewesen sein, der zu einer höheren Mineralstoffkonzentration führte. Mit Ausnahme von Natrium können durch die in der Tabelle 7 zusammengestellten Gehalte (Angaben zu den jährlichen Gehalten im Anhang Tabelle A5, A6, A7) die Ansprüche von Rindern und Schafen ohne eine Mineralstoffergänzung gedeckt werden.

Tab. 7: Mineralstoffgehalte in der oberirdischen Biomasse verschiedener Zwischenfruchtgemenge (adjustierte Mittelwerte 2002-2005, Gülzow)

Varianten	Nährstoffgehalte (%) in der oberirdischen Trockenmasse					
	N	P	K	Mg	Na	Ca
So.-wicke + Senf	2,6	0,43	2,38	0,33	0,04	1,34
Phacelia + Senf	2,4	0,44	2,41	0,33	0,04	1,69
Perserklee + Phacelia	2,6	0,58	2,73	0,51	0,03	3,00
Grünfuttererbse + Sonnenbl. + So.-wicke	3,1	0,43	2,40	0,40	0,02	1,14
Wickroggen	2,5	0,39	2,03	0,14	0,02	0,25
Landsberger Gemenge	2,4	0,37	2,10	0,18	0,02	0,46

Die **Rohnährstoffgehalte** liegen, mit Ausnahme des Gemenges aus Grünfuttererbse, Sonnenblumen und Sommerwicke, das einen vergleichsweise hohen Rohproteingehalt aufweist, in einem für die Wiederkäuerernährung relativ günstigen Bereich. Zu beachten sind allerdings die für Zwischenfrüchte typischen, niedrigen Trockensubstanzgehalte (Tab. 8), die sowohl die Futteraufnahme begrenzen können als auch eine generelle Zufütterung weniger saftreicher Grundfutterkomponenten erforderlich machen.
Auch die Gehalte an leichtlöslichen Kohlenhydraten (KH) sind bis auf das Gemenge mit Senf in einem Bereich, der eine gute Akzeptanz durch die Tiere erwarten lässt. Dies trifft besonders für die Mischung Grünfuttererbsen, Sommerwicken und Sonnenblumen zu (Tab. 8).

Tab. 8: Rohnährstoffgehalte in der oberirdischen Biomasse verschiedener Zwischenfruchtgemenge (adjustierte Mittelwerte 2002-2005, Gülzow)

Varianten	Gehalte (%) in der oberirdischen Trockenmasse				
	TS	Protein	Rohfaser	Rohasche	leichtlösl. KH
So.-wicke + Senf	18,5	16,3	28,4	10,9	10,5
Phacelia + Senf	17,7	14,8			
Perserklee + Phacelia	14,3	15,8			
Grünfuttererbse + Sonnenbl. + So.-wicke	15,0	19,4	21,4	11,7	13,6
Wickroggen	16,5	15,7	26,1	7,8	15,8
Landsberger Gemenge	18,4	14,6	21,3	10,1	21,0

Darüber hinaus waren die Rohnährstoffgehalte erheblichen Jahreseinflüssen unterworfen (Tab. A8, A9). Der Trockensubstanzgehalt war besonders 2004 sehr gering und lag nur 2005 bei drei Varianten über 20 %. Die höchsten Werte wurden in der Regel in den Varianten mit Senf erreicht, gefolgt von der Variante Landsberger Gemenge. Der Wickroggen wies 2002 und 2004 relativ hohe Rohfasergehalte auf, obwohl eine Ernte kurz vor dem Ährenschieben erfolgte. 2005 waren die Gehalte wesentlich geringer, jedoch war der Wickroggen auch in seiner Gesamtentwicklung – vermutlich wegen der Trockenheit - weiter zurück. Die Rohproteingehalte waren 2002 fast doppelt so hoch wie 2005. Gemenge mit Phacelia und Senf werden wegen der starken Behaarung der Phacelia bzw. wegen der Glukosinolate im Senf nicht gern gefressen. Die weniger gute Eignung von Phacelia bestätigten auch SCHMIDT und PETERHÄNSEL (1993), so dass in eigenen Untersuchungen für die Gemenge mit Phacelia keine Rohnährstoffbestimmungen vorgenommen wurden.

Grünfutternutzung

Für die Beweidung oder Frischverfütterung im Herbst eignen sich besonders die Sommerzwischenfruchtgemenge mit Leguminosen. Wie bereits erwähnt werden die Gemenge mit Senf und Phacelia ungern gefressen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass der Nitratgehalt in einem derartigen Gemenge gerade bei Herbstaufwüchsen sehr hoch sein kann. Dies wurde mit Gehaltswerten von bis zu 18 g Nitrat je kg Trockenmasse in den beschriebenen Untersuchungen bestätigt. Bei Nitratwerten ab 10 g/kg TM können beim Verzehr größerer Mengen (> 40 kg Frischmasse/Tier/Tag) Nitrit-Vergiftungen nicht mehr grundsätzlich ausgeschlossen werden (SCHMIDT u. PETERHÄNSEL, 1993). Im Gemenge aus Grünfuttererbsen, Sonnenblumen und Sommerwicke lag der Nitratgehalt in eigenen Untersuchungen nie über 6 g/kg TM. Dieses Gemenge ist auch aus diesem Grund besser für eine Futternutzung geeignet. Ein frühzeitiges Abfrieren der Sonnenblumen wurde nicht beobachtet, so dass mit verstärkter Nitritbildung nicht zu rechnen ist. Um bei einer Beweidung die Trittfestigkeit der Narbe zu verbessern, können den Mischungen Gräser zugefügt werden.

Der Grünmasseertrag lag in allen drei Jahren über 50 dt/ha, die von der Sächsischen Landesanstalt (ANONYM, 2004) als Mindestmenge angegeben wurden, um die Beweidung ökonomisch sinnvoll zu gestalten. Eine Beweidung der Winterzwischenfruchtgemenge im Herbst ist nur bei früher Aussaat lohnend, da der Biomassezuwachs erst im Frühjahr erfolgt.

Auf Grund des ungünstigen Verhältnisses zwischen Rohprotein-, Rohfaser- und Trockensubstanzgehalten muss sowohl auf der Weide als auch im Stall eine strukturreiche Futterkomponente (Heu, Stroh) zur freien Verfügung angeboten werden, um Verdauungsproblemen vorzubeugen. Die Beweidung oder Frischverfütterung der Winterzwischenfruchtgemenge im Frühjahr ist problemlos möglich, sofern auch hier genügend Strukturfutter angeboten wird. SIMON (1995a) sieht in einer Beweidung der Winterzwischenfrüchte 10 bis 14 Tage vor dem regulären Austrieb eine Möglichkeit, die Tiere allmählich an die Futterumstellung einer zunehmenden Frischfutterdosis zu gewöhnen. Prinzipiell können Zwischenfruchtgemenge durch alle Tierkategorien verwertet werden, wenn die Fütterungsumstellung nicht abrupt erfolgt. Zu beachten ist aber auch, dass der Rohfasergehalt beim Wickroggen im Frühjahr, insbesondere bei hoher Strahlungsintensität, innerhalb kurzer Zeit auf über 28 % ansteigen kann, was sich dann auf die Verdaulichkeit im Pansen negativ auswirkt.

Ob mit der beschriebenen Futterqualität die teilweise sehr spezifischen Anforderungen des im jeweiligen Betrieb vorhandenen Tierbestandes zu erfüllen sind, kann immer nur im Einzelfall entschieden werden. Dabei ist der Planung von Struktur- und Energieausgleich stets größte Beachtung zu schenken.

Konservierung

Im Jahr 2003 wurden von TITZE (2005) zwei Sommerzwischenfruchtgemenge aus dem vorgestellten Versuch untersucht und Rohnährstoffgehalte, Verdaulichkeit und Energie sowie Mineralstoffgehalte und Gärqualität der Silagen festgestellt. Die Silierung erfolgte nach 24-stündigem Anwelken in speziellen Eimern mit einem Fassungsvermögen von 15 Litern über einen Zeitraum von 90 Tagen.

Die **Rohnährstoffanalyse** ergab für die untersuchten Gemenge Senf/Wicken und Erbsen/Wicken/Sonnenblumen sehr unterschiedliche Werte hinsichtlich Rohprotein- und Rohfasergehalt (Tab. 9).

Tab. 9: Rohnährstoffgehalte (g/kg TM) der untersuchten Silagen 2003

Futterart	TS %	Roh-protein	Rohfaser	Roh-asche	leichtlösl. KH
Senf/Wicken	24,58	190	250	122	16
Grünfuttererbsen/Wicken/Sonnenbl.	21,65	225	164	133	32

Angesichts der Rohnährstoffwerte im Ausgangsmaterial kann festgestellt werden, dass vom reichlich vorhandenen Eiweiß nur eine sehr geringe Menge während des Silierprozesses abgebaut wurde. Auch der Rohfasergehalt erhöhte sich in der Silage nur unwesentlich. Beides zusammen deutet zunächst auf einen unproblematischen Gärverlauf hin, der so im Vorfeld nicht erwartet wurde.

Die Energieberechnung für die untersuchten Mischungen wurde zum einen nach der Rohnährstoff-Formel für Grassilagen vorgenommen (ANONYM, 1997), zum anderen wurden die Silagen mit Hilfe der ELOS-Methode nach de Boever zusätzlich auf ihre in vitro-Verdaulichkeit hin bewertet (Tab. 10). Im Ergebnis zeigt sich, dass für die untersuchten Zwischenfruchtsilagen sehr unterschiedliche Energiewerte durch beide Methoden ausgewiesen wurden.

Tab. 10: Verdaulichkeit und Energie der untersuchten Silagen 2003

Futterart	Verdaulichkeit ELOS % OS	Energie Rohnährstoffe MJ NEL/kg TM	Energie ELOS MJ NEL/kg TM
Senf/Wicken	60,6	6,20	5,91
Erbsen/Wicken/Sonnenbl.	68,1	6,85	6,09

Es bestätigte sich die aus früheren Untersuchungen gewonnene Erkenntnis, dass die derzeit unter Praxisbedingungen angewandte Methode der Energieberechnung auf Basis der Rohnährstoffe für eine Bewertung eines derartigen Grundfutters nicht geeignet ist.

Um realistische Werte zu erhalten, sind aus heutiger Sicht nur Methoden geeignet, die die Verdaulichkeit der organischen Substanz berücksichtigen und damit die Verdauung im Pansen des Tieres simulieren. Mit 60,6 % Verdaulichkeit der organischen Substanz liegt das Ergebnis für das Senf/Wicken-Gemisch etwa im Bereich von Öko-Ganzpflanzensilagen aus Körnerleguminosen und Sommergetreide (GRUBER u. TITZE, 2004; TITZE u. GRUBER, 2004), so dass für eine Futterverwertung letztlich nur Mutterkühe ohne Kalb bzw. güste Mutterschafe in Frage kommen. Das Erbsen/Wicken/Sonnenblumen-Gemisch schneidet mit 68,1 % zwar deutlich besser ab, reicht aber trotzdem nicht an das Niveau einer guten Gras- oder Kleegras-Anwelksilage (ca. 75 – 78 % Verdaulichkeit) aus Öko-Betrieben und unterliegt damit ebenfalls Einsatzbeschränkungen, insbesondere in der Milchviehhaltung.

Dafür, dass ungünstige Voraussetzungen für einen normalen Gärverlauf vorlagen - ein niedriger Trockensubstanzgehalt, hohe Rohproteinwerte und im Verhältnis dazu relativ wenig Zucker im Ausgangsmaterial - war die **Gärfähigkeit** der Mischungen viel besser als erwartet. Nach Öffnung der Behälter zeigte sich, dass das Material gut vergoren und auch unter Sauerstoffeinfluss sehr stabil war, also nicht zur Nacherwärmung neigte. Das Gärsäuremuster der Silagen war durch viel Milchsäure, Essigsäure im normalen Rahmen und praktisch nicht vorhandene Buttersäure gekennzeichnet (Tab. 11). Ursächlich für die erfolgreiche Unterdrückung der Buttersäurebildung waren mit großer Wahrscheinlichkeit die oben beschriebenen hohen Nitratwerte im Ausgangsmaterial. Nitrat wird während der Gärung in Nitrit umgewandelt, welches selbst in geringen Konzentrationen eine spezifische Hemmwirkung gegenüber den unerwünschten Buttersäurebakterien ausübt (TITZE, 2005a).

Tab. 11: Gärqualität (g/kg OS) der untersuchten Silagen 2003

Futterart	pH-Wert	Milch-säure	Essig-säure	Propion-säure	Buttersäure
Senf/Wicken	4,9	6,4	2,5	0,2	<0,1
Erbsen/Wicken/Sonnenbl.	4,5	10,5	2,2	0,2	<0,1

Allerdings lagen die Gesamtsäurewerte mit teilweise über 12 % in der Silage-Frischmasse in einem Bereich, der sowohl Akzeptanz- als auch Verdauungsprobleme bei der Verfütterung erwarten lässt, falls nicht Stroh oder Heu zur freien Aufnahme zur Verfügung stehen.
Trotz der relativ guten Silierergebnisse kann aber die Konservierung derartiger Zwischenfruchtgemenge in der landwirtschaftlichen Praxis nicht generell empfohlen werden. Die vergleichsweise gute Gärqualität ist in erster Linie ein Ergebnis der technologischen Vorgehensweise bei der Silagebereitung im Versuch, so dass unter praktischen Bedingungen der Gärerfolg deutlich schlechter ausfallen kann. LOSAND und MAHLKOW (1996) sehen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Inhaltsstoffen und Konservierungserfolg und nennen nachfolgende Kriterien, die den Siliererfolg maßgeblich beeinflussen:

- Rechtzeitige Ernte (zuckerreich, rohfaserarm)
- Schmutzfreie bzw. – arme Ernte (wenig abpuffernde Bestandteile und Chlostridiensporen
- Zügiges und gleichmäßiges Anwelken
- Konsequentes Kurzhäckseln zur Erhöhung der Zuckerverfügbarkeit
- Schnelles Befüllen der Silos, ausreichende Verdichtung, sofortige Abdeckung
- Bei unzureichendem natürlichen Besatz an Milchsäurebakterien sollten zugelassene Silierhilfen eingesetzt werden

Angesichts der im Herbst praktisch nicht vorhandenen Möglichkeit des Anwelkens sowie der niedrigen Trockensubstanzgehalte bei den Sommerzwischenfrüchten muss im Silo mit Sickersaftbildung in Größenordnungen von 40 – 70 l je Tonne Siliergut gerechnet werden. Damit scheidet sowohl eine Konservierung in Ballen als auch auf nicht gegen Abfluss gesicherten Flächen von vornherein aus (TITZE, 2005a). Kann der in höchstem Maße umweltgefährdende Sickersaft vollständig aufgefangen werden, dann ist zu allererst das Gemenge mit Grünfuttererbsen, Sommerwicken und Sonnenblumen geeignet, da die Ergebnisse eine Silagequalität erwarten lassen, die sowohl durch aerobe Stabilität als auch durch bessere Einsatzmöglichkeiten bei verschiedenen Tierkategorien gekennzeichnet ist.
Die Konservierung der Winterzwischenfruchtgemenge im Frühjahr ist dagegen wesentlich unkomplizierter. Durch kurzzeitiges Anwelken (30-35 % TS) kann der Trockensubstanzgehalt erhöht und die Sickersaftbildung weitestgehend vermieden werden. Darüber hinaus wird die Pufferkapazität verringert und eine schnelle Ansäuerung erreicht. Der Wickroggen sollte jedoch bis zum Ährenschieben des Roggens und vor dem Knospenstadium der Wicken geerntet werden, damit Rohproteingehalt und Verdaulichkeit nicht zu weit absinken (OEHMICHEN, 1986). Beim Landsberger Gemenge spricht zudem der relativ hohe Zuckergehalt für eine gute Konserviereignung. Für eine erfolgreiche Silierung sind darüber hinaus die allgemeinen Grundsätze der Futterkonservierung zu beachten.

Tabelle 12 gibt die Mineralstoffgehalte der fertigen Silagen an. Diese wiesen ein günstiges Kalzium/Phosphor-Verhältnis auf, wobei der Kalziumgehalt relativ hoch war. Auch Kalium- und Natriumgehalte der Gemenge entsprechen den Anforderungen.

Tab. 12: Mineralstoffgehalte (g/kg TM) der untersuchten Silagen 2003

Futterart	Ca	P	Na	Mg	K
Senf/Wicken	12,1	3,8	0,7	2,6	31,7
Erbsen/Wicken/Sonnenblumen	12,1	4,0	0,5	3,2	32,0

Fazit

- Für die Beweidung oder Frischverfütterung im Herbst eignen sich besonders die Sommerzwischenfruchtgemenge mit Leguminosen. Sowohl auf der Weide als auch im Stall muss als strukturreiche Komponente Heu oder Stroh zur freien Verfügung angeboten werden.
- Winterzwischenfrüchte wie Wickroggen oder Landsberger Gemenge können darüber hinaus nach Anwelken auch siliert werden, wobei besonders beim Wickroggen auf optimale Trockensubstanzgehalte geachtet werden muss.

3.6 Kosten des Zwischenfruchtanbaus

In diesem Abschnitt wird bewusst nur auf die Kosten des Zwischenfruchtanbaus eingegangen, da eine betriebswirtschaftliche Bewertung in der Regel sehr kompliziert ist. Die Vorzüge und damit positiven Einkommenseffekte des Zwischenfruchtanbaus sind nicht immer konkret nachweisbar bzw. lassen sich nur sehr ungenau in einer monetären Leistung ausdrücken. Daher werden hier nur die durch unterschiedlichen Technikeinsatz und Saatgutaufwendungen entstehenden Kosten diskutiert.
Zwischenfrüchte können nach der Ernte und Strohräumung (wird hier vorausgesetzt) kostengünstig ausgesät werden, wenn der Acker relativ wenige Unkräuter aufweist und die Art der Zwischenfrüchte minimale Bodenbearbeitung toleriert. Besonders Senf, Phacelia, Ölrettich, Klee und Gräser können ohne Pflugfurche und teilweise ohne tiefes und mehrmaliges Grubbern ausgedrillt werden (STAHL u. SCHMIDT, 1995). Großkörnige Leguminosen benötigen ein sorgfältig vorbereitetes Saatbett. Im Öko-Anbau ist häufig auch eine flache Pflugfurche erforderlich, um durch einen sauberen Acker Unkrautkonkurrenz für die Zwischenfrüchte auszuschalten. Bei der Entscheidung sind jedoch die pflanzenbaulichen Ansprüche der Arten und die vorliegenden Bodenbedingungen zu berücksichtigen. Die Art und Weise der Grundbodenbearbeitung bestimmt wesentlich die Verfahrenskosten (Tab. A10). Die Entscheidung, wie viel und welche Grundbodenvorbereitung erforderlich sind, muss vor Ort gefällt werden und ist von verschiedenen Faktoren abhängig (Witterung, Stoppel- und Strohreste, Bodenfeuchte, Artenanspruch u. a.). Ziel sollte es jedoch sein, mit möglichst wenig Aufwand einen guten Zwischenfruchtbestand zu etablieren.
Wesentliche Kosten werden beim Zwischenfruchtanbau durch das Saatgut verursacht. Sie sind von Anbieter zu Anbieter sehr unterschiedlich und nicht alle Arten sind als ökologisch vermehrte Qualität erhältlich. In der Tabelle 13 sind Preise ausgewählter Zwischenfrüchte aufgeführt, die jedoch nur als Richtwerte dienen können. Viele Arten werden in der Regel in Gemengen angebaut, ihr Anteil in der Mischung ist daher für den Preis des Gemenges bestimmend.

Tab. 13: Öko-Preise ausgewählter Zwischenfrüchte

	Saatgutpreise* ca. €/dt (o. MWST)
Sommerwicke	112-140
Winterwicke	282-300
Grünfuttererbse	75-88
Sonnenblume	600
Perserklee	395-430
Inkarnatklee	385-420
Gelbsenf	187-220
Ölrettich	230
Welsches Weidelgras	236-300
Roggen	44-52
Phacelia	366-375
Buchweizen	146
Seradella	270

* verschiedener Anbieter

Die im Versuch getesteten Gemenge wiesen daher ganz unterschiedliche Saatgutkosten auf (Tab. 14). Dabei sind Gemenge mit Sommerwicken, Senf und Phacelia deutlich billiger als die Winterzwischenfruchtgemenge, in denen besonders hohe Anteile der Winterwicken und Gräser sowie Inkarnatklee zu hohen Kosten der Gesamtmischung beitragen. Diese Kostenunterschiede führen dazu, dass Landwirte eher bereit sind Sommerzwischenfrüchte als Winterzwischenfrüchte anzubauen. Bei abfrierenden Sommerzwischenfrüchten entstehen im Frühjahr keine zusätzlichen Kosten durch Bodenbearbeitung. Dagegen müssen die Winterzwischenfruchtbestände, besonders, wenn sie nicht geerntet werden, mit erhöhtem Aufwand umgebrochen werden. Vorteilhafter ist daher der Winterzwischenfruchtanbau in Verbindung mit einer Futternutzung. Gleichzeitig können die guten Vorfruchteffekte z. B. für den Mais genutzt werden.

Tab. 14: Versuchsvarianten (Gülzow), Saatmenge und Saatgutkosten*

Varianten	Saatmenge kg/ha	Saatgutkosten ca. €/ha Öko-Preise
Sommerwicke + Senf	40 + 10	71,-
Phacelia + Senf	8 + 10	50,-
Perserklee + Phacelia	11 + 7	71,-
Grünfuttererbsen + Sonnenblume + Sommerwicke	50 + 10 + 40	151,-
Wickroggen (Winterwicke + Futterroggen)	40 + 80	154,-
Landsberger Gemenge (Welsches Weidelgras + Winterwicke + Inkarnatklee)	25 + 10 + 15	156,-

* Mischpreise verschiedener Anbieter

Die folgenden Kalkulationsbeispiele (Tab. 15-17) zeigen deutlich, dass durch den Anspruch der Arten und die dadurch erforderliche Bodenbearbeitung sowie durch die Saatgutpreise die Gesamtkosten sehr unterschiedlich ausfallen. Bei der Auswahl der Bestellverfahren ist zu berücksichtigen, dass je sorgfältiger die Aussaatvorbereitung erfolgt, desto sicherer der Aufgang und desto besser die Bestandesentwicklung ist.
Tabelle 15 beinhaltet die Verfahrenskosten, die entstehen, wenn der Senf ohne Grubbern nur nach Kreiseleggenbearbeitung mit aufgesattelter Drillmaschine ausgedrillt werden kann. Diese sehr preisgünstige Aussaat ist nur möglich, wenn eine saubere Strohräumung erfolgte und der Acker nicht zu trocken und nicht stark verdichtet ist. Senf läuft vergleichsweise gut auch ohne exaktes Saatbett auf.

Tab. 15: Kalkulationsbeispiel für den Anbau von Senf als Zwischenfrucht

1. Direktkosten			
Saatgutkosten, Senf	kg/ha	ca. €/kg	€/ha
	18	203,-	36,54
2. Arbeitserledigungskosten			
Maschinenkosten			
Säen mit Kreiselegge und Sämaschine, 4,0 m, 120 KW			43,74
Lohnkosten (13 €/Akh)			8,58
3. Gesamtkosten			**88,86**

Wird dagegen Phacelia und Senf als Mischung ausgedrillt, dann muss der Aussaat der Einsatz des Grubbers vorausgehen, um ein vergleichsweise sauberes Saatbett zu gewährleisten. Als Dunkelkeimer sollte Phacelia ausreichend mit Erde bedeckt und daher 1-2 cm tief abgelegt werden, um ein gleichmäßiges Auflaufen zu erreichen (KÜPPER, 1996). In der Folge erhöhen sich die Verfahrenskosten sowohl durch höhere Saatgut- als auch durch steigende Maschinenkosten (Tab. 16). Ergebnisse aus Sachsen belegen, dass Phacelia auch ohne Pflugfurche ausgedrillt werden kann (STAHL u. SCHMIDT, 1995)

Tab. 16: Kalkulationsbeispiel für den Anbau von Senf und Phacelia als Zwischenfrucht

1. Direktkosten			
Saatgutkosten, Senf + Phacelia	kg/ha	ca. €/kg	€/ha
	10 + 8	203,00 + 370,50	20,30 + 29,64
2. Arbeitserledigungskosten			
Maschinenkosten			
Stoppelgrubbern, Grubber 6,0 m, 120 KW			25,28
Säen mit Saatbettkombination und Sämaschine, 6,0 m; 120 KW			33,31
Lohnkosten (13 €/Akh)			8,58
3. Gesamtkosten			**117,11**

Deutlich teurer wird die Aussaat von Gemengen mit großkörnigen Leguminosen. Nach einer sauberen Strohräumung ist bei nicht allzu trockenen Verhältnissen und besonders auf sandigen Böden zwar der direkte Pflugeinsatz (ohne Grubber) möglich, dennoch steigen im Vergleich zum Grubbereinsatz die Maschinenkosten. Die flache Pflugfurche sorgt bei den Winterzwischenfrüchten für ein sauberes Saatbett und in der Folge für eine gute Unkrautunterdrückung. Gleichzeitig verbessern sich die Keimbedingungen für die in Bezug auf den Keimwasserbedarf anspruchsvollen Leguminosen. Der Einsatz des Pfluges ist besonders bei einer stärker ausgetrockneten Oberkrume sinnvoll, da feuchter Boden aus der Unterkrume hoch geholt wird und bei unmittelbar folgender Aussaat die Keimung verbessert wird (GRÖBLINGHOFF u. LÜTKE ENTRUP, 1995). Darüber hinaus wird eine gleichmäßige Bestandesdichte erreicht und die Wüchsigkeit der Zwischenfrüchte verbessert. STAHL und SCHMIDT (1995) halten auch bei den großkörnigen Leguminosen eine Pflugfurche für nicht erforderlich. Dagegen sieht SIMON (1995) die Notwendigkeit des Anbaus großkörniger Leguminosen (z. B. Lupinen) nach flacher Saatfurche und Drillsaat.
Entscheidend tragen jedoch die hohen Saatgutkosten zum teuren Wickroggenanbau bei, der sich nur lohnt, wenn die Aufwüchse im Frühjahr auch als Futter genutzt werden können. Un-

berücksichtigt bleiben bei der Kalkulation (Tab. 17) die Kosten für die Einarbeitung der Ernte- und Wurzelrückstände, egal ob eine Futterernte erfolgt oder ob das Pflanzenmaterial vollständig der Bodenverbesserung dient.

Tab. 17: Kalkulationsbeispiel für den Anbau von Wickroggen als Zwischenfrucht

1. Direktkosten			
Saatgutkosten, Wickroggen (Winterwicke + Roggen)	kg/ha	ca. €/kg	€/ha
	40 + 80	291,- + 48,-	116,40 + 38,40
2. Arbeitserledigungskosten			
Maschinenkosten			
Pflügen mit Aufsatteldrehpflug, 8 Schare, 280 cm, 140 kW, Packer			66,11
Säen mit Saatbettkombination und Sämaschine, 6,0 m; 120 KW			33,31
Lohnkosten (13 €/Akh)			17,03
3. Gesamtkosten			**271,25**

Fazit

- Die Kosten des Zwischenfruchtanbaus werden maßgeblich durch die Direktkosten und Arbeitserledigungskosten beeinflusst.
- Je anspruchsvoller die Arten in Bezug auf die Saatbettqualität sind, desto teurer wird das Anbauverfahren.
- Geringe Kosten sind beim Anbau von Gelbsenf zur Begrünung möglich, der direkt nach der Strohräumung mit entsprechender Technik ausgedrillt werden kann.

4. Zusammenfassung

- Ziel der Untersuchungen waren Aussagen zu Anbaueignung und Ertragsfähigkeit sowie zur Futterqualität von Zwischenfruchtgemengen.
- Als besonders gut geeignet für die Begrünung und Nährstoffspeicherung erwiesen sich Gemenge mit Senf und Phacelia. Für die Futternutzung sind Gemenge mit großkörnigen Leguminosen zu bevorzugen, die als Sommerzwischenfrucht für die Beweidung oder als Winterzwischenfrucht auch für die Konservierung geeignet sind.
- Im Zusammenhang mit der Biomassebildung wurden Nährstoffkonservierung und Schutz vor Auswaschung durch Zwischenfrüchte diskutiert. Auch im ökologischen Landbau ist der Senf besonders für die Nährstoffkonservierung, insbesondere nach Erbsen geeignet. Sowohl Sommer- als auch Winterzwischenfrüchte sorgen in der Folge der Nährstoffbindung für eine Verringerung der Auswaschung.
- In Abhängigkeit von den Zielen des Zwischenfruchtanbaus kann eine Einordnung der Gemenge in die Fruchtfolge sehr vielfältig vorgenommen werden. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen einige Beispiele einer sinnvollen Integration der Zwischenfrüchte entsprechend der jeweiligen Zielsetzung. So können Gemenge mit Senf zur Nährstoffspeicherung und Bodenbedeckung sehr gut nach legumen Hauptfrüchten stehen. Dagegen sind Zwischenfrüchte mit Leguminosen eher zwischen zwei Getreidearten oder vor nicht legume Sommerungen einzuordnen. Winterzwischenfrüchte sind dem Zweitfruchtbau vorbehalten und sollten eine Futternutzung einschließen.

- Obwohl die Verfütterung von Zwischenfrüchten auch in ökologisch wirtschaftenden Betrieben von untergeordneter Bedeutung ist, wurde Grünfutternutzung und Konservierung anhand von Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalten sowie Gärqualität besprochen. Sommerzwischenfrüchte mit Leguminosen sollten für die Beweidung genutzt werden, sind aber bei Beachtung gewisser Voraussetzungen auch silierfähig. Winterzwischenfrüchte eignen sich sowohl für die Beweidung als auch für die Konservierung. Ausreichende Biomasseproduktion, die besonders durch frühzeitige Aussaat mit angepasster Technik erreicht wird, wird dabei vorausgesetzt.
- Ein wichtiges Entscheidungskriterium gegen den Zwischenfruchtanbau sind häufig die hohen Kosten für Saatgut und Bodenvorbereitung. Die Arbeit zeigt kostengünstige Beispiele auf, die immer auf die vor Ort herrschenden Bedingungen angepasst werden müssen. Der Senf, auch im Gemenge mit Phacelia, ist auf Grund geringer Saatgutkosten, hoher Saatzeitverträglichkeit und eines minimalen Technikeinsatzes für die Saatvorbereitung zur Bodenbedeckung, Nährstoffkonservierung und Gründüngung eine preisgünstige Variante. Der Anbau großkörniger Leguminosen erfordert eine sorgfältigere Saatbettvorbereitung, frühe Aussaat und höhere Saatgutkosten. Der Zwischenfruchtanbau zur Nährstoffspeicherung ist preisgünstiger, als der Anbau zur Stickstoffsammlung und/oder zur Futternutzung.
- Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Versuchsergebnisse zeigen, dass Zwischenfruchtanbau auch unter suboptimalen Bedingungen grundsätzlich machbar und bei Beachtung der kulturspezifischen Anforderungen auch sinnvoll ist.

Foto: Winterzwischenfruchtgemenge (Wickroggen und Landsberger Gemenge)

Literatur

AIGNER, A. (1994): Gräser und Mischungen mit Klee ertragreich und wertvoll. Zwischenfrüchte erzeugen zusätzliches Grundfutter. DLZ (1994)6, S. 28-31

ANONYM (1991): Zwischenfrüchte mit vielfältigem Nutzen. Hrsg. Saatenunion GmbH Hannover

ANONYM (1997): DLG Futterwerttabelle

ANONYM (2002): Ökologischer Landbau Kalkulationsdaten. KTBL-Sonderveröffentlichung 043

ANONYM (2004): Zwischenfrüchte im ökologischen Landbau. Fachmaterial der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

BACHTHALER, G. (1979): Fruchtfolge und Produktionstechnik. Verlagsunion Agrar

DEBRUCK, J. (1995): Immergrün stößt auf Wassergrenzen. Bauernzeitung (1995)21, S. 26-27

EICHLER, B. (2003): Möglichkeiten zur Einflussnahme auf Phosphorkreisläufe für die Gestaltung nachhaltiger Bodennutzungssysteme. Habilitationsschrift der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock

FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen - konventionell, integriert, ökologisch. Eugen Ulmer Verlag

HAAS, G. (2004): Stickstoffversorgung von Weißkohl, Silo- und Körnermais durch Winterzwischenfrucht. Leguminosen. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin

GRÖBLINGHOFF, F.-F., N. LÜTKE ENTRUP (1995): Richtige Auswahl der Verfahren und der Bestelltechnik. Bauernzeitung (1995)21, S. 29-31

GRUBER, H., A. TITZE (2004): Ertrag und Qualität von Ganzpflanzensilagen aus Körnerleguminosen und Getreide. Vortrag auf der SÖL-Beratertagung, Seddin 10.-12.10.2004

GRÜNER, A. (1995): Brache oder Zwischenfrucht? Bauernzeitung (1999)3, S. 24-25

KÜPPER, K (1996): Sinnvolle Ergänzung: Sommerzwischenfrüchte. Bauernzeitung (1996)28, S. 15-16

LOSAND, B., K. MAHLKOW (1996): Fütterung für Milchkühe in Mecklenburg-Vorpommern – eine Standortbestimmung. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (1996)13, S. 102-120

LANG, H. (1993): Bearbeitungssysteme – ihr Einfluss auf den Nährstoffhaushalt. Neue Landwirtschaft (1993)9, S. 40-42

LÜTKE ENTRUP, N. (2001): Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau. Hrsg. AID Bonn

MÖLLER, K., H. J. REENTS (1999): Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte nach Körnererbsen auf die Nitratdynamik im Boden und das Wachstum der Folgefrüchte Kartoffeln und Weizen im ökologischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften (1999)12, S. 119-120

NEUBAUER, W. (1996): Bewertung der Kartoffelproduktion im ökologischen Landbau. 13/09/93/96

NEUBAUER, W. (2000): Komplexe Wirkung aufwandsgeminderter Bodenbearbeitung auf die Verfahrenseffektivität in ausgewählten Fruchtfolgen. Forschungsbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern 21/03/95/00

NEUERBURG, W., S. PAGEL (1992): Organisch-biologischer Landbau in der Praxis. BLV Verlagsgesellschaft München

OEHMICHEN, J. (1986): Pflanzenproduktion, Band 2 Produktionstechnik, Paul Parey Verlag

PICKERT, J. (1995): Verzicht auf Zwischenfrüchte? Bauernzeitung (1995)21, S. 24-25

RINNOFNER, T., J. K. FRIEDEL, R. FARTHOFER, G. PIETSCH, B. FREYER (2005): Effizienz verschiedener Zwischenfruchtvarianten unterschiedlich hohen Leguminosenanteils in der Reduktion der Mineralstoffgehalte im Boden unter pannonischen Standortbedingungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften (2005)17 S. 391-392

SCHLIEPHAKE, W. (2002): Vermeidung von Stickstoffverlusten durch eine effiziente Nährstoffverwertung. Schriftenreihe der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 7(2002)11, S. 52-62

SCHMIDT, W., M. PETERHÄNSEL (1993): Als Futterpflanzen viele Wenn und Aber. Phacelia - schnellwachsende Sommerzwischenfrucht. Neue Landwirtschaft (1993)9, S. 68-69

SIMON, W. (1993): Grundfutter für Qualitätsmilch. Im Selbstverlag, 2. Auflage 1993

SIMON, W. (1995): Frühe Saat für Stoppelfrüchte. Bauernzeitung (1995)27, S. 20-21

SIMON, W. (1995a): Besondere Mischungen im Öko-Landbau. Bauernzeitung (1995)21, S. 36-37

STAHL, H., W. SCHMIDT (1995): Stoppelfrüchte für die Mulchsaat. Bauernzeitung (1995)21, S. 32-33

SURBÖCK, A., J. LEDERMÜLLER, E. SCHIESSENDOPPLER, J. K. FRIEDEL, B. FREYER (2004): Auswirkungen unterschiedlicher Vorfruchtkombinationen aus Haupt- und Zwischenfrucht auf Ertrag und Auftreten von Schaderreger im ökologischen Kartoffelbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften (2004)16 S. 43-44

TITZE, A. (2005): Ergebnisse eines Gärversuches aus Sommerzwischenfrüchten. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, unveröffentlicht

TITZE, A. (2005a): persönliche Mitteilung

TITZE, A., H. GRUBER, (2004): Ganzpflanzensilagen mit Körnerleguminosen und Sommergetreide. GÄA-Journal (2004)3, S. 21-22

Anhang

Tab. A1: Lageplan des Zwischenfruchtversuches
(einfaktorielle Blockanlage)

R 4	4	3	6	5	2	1
R 3	2	1	5	6	4	3
R 2	3	4	6	5	1	2
R 1	1	2	5	6	3	4

Tab. A2: Aufgangs- und Erntedatum, Zwischenfruchtversuch

	Datum Aufgang				Datum Ernte			
Anbaumischung	2001	2002	2003	2004	01/02	02/03	03/04	04/05
S.-Wicke+Senf	19.08.	28.08.		27.08.	18.10.	16.10.	13.10.	02.11.
Phacelia+Senf	21.08.	28.08.		27.08.	18.10.	16.10.	13.10.	02.11.
Perserklee+Phacelia	21.08.	28.08.			18.10.	16.10.	13.10.	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	19.08.	28.08.			18.10.	16.10.	13.10.	
Wickroggen	15.08.	28.08.		27.08.	13.05.		05.05.	10.05.
Landsberger Gemenge	20.08.	28.08.		27.08.	13.05.		05.05.	23.05.

Tab. A3: Anzahl Tage Aufgang bis Ernte und TS-Gehalte, Zwischenfruchtversuch

	Tage Aufgang - Ernte				TS-Gehalt (%)			
Anbaumischung	01/02	02/03	03/04	04/05	2002	2003	2004	2005
S.-Wicke+Senf	60	49		67	18,6	19,5	14,1	21,7
Phacelia+Senf	58	49		67	17,7	17,4	14,1	21,7
Perserklee+Phacelia	58	49			12,7	14,8	11,9	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	60	49			14,6	13,6	13,2	
Wickroggen	271			256	17,1		15,0	16,9
Landsberger Gemenge	266			269	14,6		17,6	22,5

Tab. A4: Grünmasse- und TM-Erträge, Zwischenfruchtversuch

	Grünmasseertrag (dt/ha)				TM-Ertrag (dt/ha)			
Anbaumischung	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
S.-Wicke+Senf	99	85	111	49	18,4	16,5	15,6	10,6
Phacelia+Senf	94	79	116	34	16,7	13,7	16,3	7,3
Perserklee+Phacelia	92	30	94		11,7	4,5	11,2	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	108	74	100		15,8	10,1	13,2	
Wickroggen	197		258	123	33,6		38,7	20,9
Landsberger Gemenge	191		138	57	27,9		24,3	12,9

Tab. A5: N- und P-Gehalte in der Pflanze, Zwischenfruchtversuch

	N-Gehalt (% TM)				P-Gehalt (% TM)			
Anbaumischung	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
S.-Wicke+Senf	3,4	2,3	2,9	1,8	0,56	0,42	0,40	0,33
Phacelia+Senf	2,8	2,4	2,7	1,7	0,57	0,45	0,41	0,34
Perserklee+Phacelia	2,5	3,3	2,6		0,65	0,64	0,55	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	3,6	3,0	3,5		0,57	0,41	0,42	
Wickroggen	2,4		2,8	2,5	0,40		0,41	0,36
Landsberger Gemenge	2,8		2,5	1,9	0,44		0,36	0,31

Tab. A6: K- und Mg-Gehalte in der Pflanze, Zwischenfruchtversuch

	K-Gehalt (% TM)				Mg-Gehalt (% TM)			
Anbaumischung	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
S.-Wicke+Senf	3,10	0,87	3,31	2,22	0,35	0,29	0,36	0,33
Phacelia+Senf	3,07	0,96	3,38	2,23	0,38	0,29	0,33	0,32
Perserklee+Phacelia	3,37	1,24	3,74		0,47	0,57	0,49	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	3,61	1,13	2,64		0,35	0,43	0,42	
Wickroggen	2,73		2,68	2,15	0,14		0,12	0,20
Landsberger Gemenge	3,13		2,66	1,98	0,20		0,17	0,22

Tab. A7: Ca- und Na-Gehalte in der Pflanze, Zwischenfruchtversuch

	Ca-Gehalt (% TM)				Na-Gehalt (% TM)			
Anbaumischung	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
S.-Wicke+Senf	1,70	1,08	1,49	1,08	0,02	0,04	0,08	0,03
Phacelia+Senf	2,92	1,17	1,54	1,11	0,02	0,04	0,07	0,03
Perserklee+Phacelia	4,99	2,26	2,18		0,01	0,03	0,05	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	1,62	0,95	1,26		0,01	0,02	0,03	
Wickroggen	0,34		0,30	0,51	0,01		0,01	0,04
Landsberger Gemenge	0,68		0,52	0,57	0,02		0,02	0,01

Tab. A8: Rohasche- und Rohproteingehalte in der Pflanze, Zwischenfruchtversuch

	Rohasche (% TM)				Rohprotein (% TM)			
Anbaumischung	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
S.-Wicke+Senf	12,3	10,2	12,3	8,7	21,1	14,6	18,4	11,0
Phacelia+Senf		10,8	15,0	13,0	17,2	14,9	16,7	10,3
Perserklee+Phacelia		19,1	22,1		15,5	20,5	16,4	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	13,2	13,0	11,2		22,8	18,5	21,9	
Wickroggen	7,7		7,9	8,5	14,7		17,6	15,5
Landsberger Gemenge	10,3		9,9	10,7	17,5		15,5	11,7

Tab. A9: Rohfasergehalte und leichtlösliche Kohlenhydrate in der Pflanze, Zwischenfruchtversuch

Anbaumischung	Rohfaser (% TM)				leichtlösliche Kohlenhydrate (% TM)			
	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
S.-Wicke+Senf	26,5	26,2	25,0	35,7	5,1	15,8	12,3	8,9
Phacelia+Senf		27,5	23,6	34,9		12,3	11,0	8,6
Perserklee+Phacelia		12,7	11,1			12,9	16,3	
Grünf.erbse+Sonnenbl.+S.-Wicke	19,4	17,8	19,5		10,3	18,0	14,2	
Wickroggen	30,8		27,7	21,9	11,0		10,8	20,4
Landsberger Gemenge	23,4		20,7	21,9	14,5		19,9	23,3

Tab. A10: Verfahrenskosten (€/ha, KTBL-Kalkulationsdaten Ökologischer Landbau)

	Arbeitserledigungskosten (13 €/Akh)	Festkosten	Veränderbare Kosten	Gesamtkosten
Pflügen mit Aufsatteldrehpflug, 8 Schare, 280 cm, 140 kW, Packer	11,70	22,78	31,63	66,11
Säen mit Saatbettkombination und Sämaschine, 6,0 m; 120 KW	5,33	15,05	12,93	33,31
Gesamtkosten Anbau Zwischenfrüchte				92,84
Stoppelgrubbern, Grubber 6,0 m, 120 KW	3,25	12,08	9,95	25,28
Säen mit Saatbettkombination und Sämaschine, 6,0 m; 120 KW	5,33	15,05	12,93	33,31
Gesamtkosten Anbau Zwischenfrüchte				58,59
Säen mit Kreiselegge und Sämaschine, 4,0 m, 120 KW	8,58	16,32	18,84	43,74

Vorfrucht \ Nachfrucht	Luzerne, Klee, Gräser (mehrjährig)	Luzerne, Klee (ein- bis überjährig)	Lupinen, Serradella, Wicken, Sojabohnen	Ackerbohnen	Erbsen, Linsen	Gräser (ein- bis überjährig)	W.-Weizen (Back- u. Futterqualität)	S.-Weizen, Durum (Back- u. Futterqualität)	Weizen (Brauqualität)	Dinkel	Triticale	W.-Roggen	W.-Gerste (Futterqualität)	S.-Gerste (Futterqualität)	S.-Gerste (Brauqualität)	Hafer	Silo- u. Körnermais	Futterrüben	Zuckerrüben	Frühkartoffeln (Speisequalität)	Mittelfrühe Kartoffeln (Speisequalität)	Späte Kartoffeln (Verarbeitungsqualität)	W.-Raps	Sonnenblumen	Eignung der Vorfrüchte für die Nachfrüchte
Luzerne, Klee, Gräser (mehrjährig)																	(S) (W)	(S) (W)		(S)	(S) (W)	(S) W			Ertrags- u. Qualitäts-leistung ($\bar{x}$ = 100 %)
Luzerne, Klee (ein- bis überjährig)																									
Ackerbohne						(U)	(U)	(U) S	(U)	(U)	(U)			(U) S	(U) S	(U) S		(U) S	(U) S	(U) S	(U) S	(U) S	(U) S		(U) S	
Erbse, Linse						(S)	S	S W	S	S	S	(S)	(S)	S (W)	S (W)	S (W)	S W	S W	S W	S (W)	S W	S W		S W	Einstufung der Hauptfrüchte:
Lupine, weiß																									
Lupine, gelb																									
Lupine, blau								S (W)						S (W)	S (W)	S (W)	S (W)	S (W)	S (W)	S (W)	S (W)	S (W)		S (W)	sehr günstig 110 - 120 %
Gräser (ein- bis überjährig)								S (W) L						S (W) (L)	S (W)	S (W) L	S W L	S (W) L	S (W)	S L	S W L	S W L			günstig 100 - 110 %
W.-Weizen, Dinkel			U S (W)	U S (W)	U S (W)	U S (W) L					U S L	U S L	U L	U S (W) L	U S (W) L	U S (W) L	U S W L	U S (W) L	U S (W) L	U S L	U S W L	U S W L		U S W (L)	ungünstig 90 - 100 %
S.-Weizen, Durum			U S (W)	U S (W)	U S (W)	U S (W) L		U S (W) L		U S (L)	U S L	U S L	U L	U S (W) (L)	U S (W) (L)	U S (W) L	U S W L	U S (W) L	U S (W)	U S L	U S W L	U S W L		U S W (L)	
W.-Roggen, Triticale	U S	US	U S (W)	U S (W)	U S (W)	U S (W) L	U S L	U S (W) L	U S (L)	U S L	U S L	U S L	U L	U S (W) L	U S (W) (L)	U S (W) L	U S W L	U S (W) L	U S (W) (L)	U S L	U S W L	U S W L		U S W (L)	sehr ungünstig, unmöglich 80 - 90 %

Vorfrucht \ Nachfrucht	Luzerne, Klee, Gräser (mehrjährig)	Luzerne, Klee (ein- bis überjährig)	Lupinen, Serradella, Wicken, Sojabohnen	Ackerbohnen	Erbsen, Linsen	Gräser (ein- bis überjährig)	W.-Weizen (Back- u. Futterqualität)	S.-Weizen, Durum (Back- u. Futterqualität)	Weizen (Brauqualität)	Dinkel	Triticale	W.-Roggen	W.-Gerste (Futterqualität)	S.-Gerste (Futterqualität)	S.-Gerste (Brauqualität)	Hafer	Silo- u. Körnermais	Futterrüben	Zuckerrüben	Frühkartoffeln (Speisequalität)	Mittelfrühe Kartoffeln (Speisequalität)	Späte Kartoffeln (Verarbeitungsqualität)	W.-Raps	Sonnenblumen	
W.-Gerste	(U) S	(U) S	(U) S W	(U) S W	(U) S W	(U) S W L		(U) S W L		(U) S L	(U) S L	(U) S L				(U) S W L	U S W L	(U) S W L	(U) S W (L)	(U) S W L	(U) S W L	(U) S W L	(U) L	(U) S W (L)	
S.-Gerste	(U) S	(U) S	(U) S W	(U) S W	(U) S W	(U) S W L						(U) S L					(U) S W L	(U) S W L	(U) S W (L)	(U) S (W) L	(U) S W L	(U) S W L	(U) L	U S W (L)	
Hafer	(U) S	(U) S	(U) S (W)	(U) S (W)	(U) S (W)	(U) S (W) L	(U) S L	(U) S (W) L	(U) S (L)	(U) S L	(U) S L	(U) S L	U (L)				(U) S W L	(U) S (W) L	(U) S (W) (L)	(U) S L	(U) S (W) L	(U) S (W) L		(U) S (W) (L)	
Silo-Mais	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)		(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)		(U)	
Körner-Mais	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)			(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)	(U)		(U)	
Zucker- u. Futterrüben																									
Frühkartoffeln	S	S	S W	S W	S W		S L	S W L	S	S (L)	S L	S L	S L	S W (L)	S W	S W L	S W L	S W L	S W				S L	S W (L)	
Mittelfrühe Kartoffeln	S	S	S (W)	S (W)	S (W)	S (W) L	S (L)	S (W) L	S	S (L)	S (L)	(S)		S (W) (L)	S (W)	S (W) L	S W L	S (W) L	S (W)					S W (L)	
Späte Kartoffeln	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)		(S)						(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)					(S)	
W.-Raps	S	S	S W (U)	S W (U)	S W (U)	S W L (U)	(U) S L	(U) S W L	(U) S	(U) S (L)	(U) S L	(U) S L	(U) L	(U) S W (L)		(U) S W L	(U) S W L			(U) S (W) L	(U) S W L	(U) S W L		(U) S W	
Sonnenblumen	U	U	(U)	(U)	(U)	(U) L	(U)	(U) L	(U)	(U)	(U)			(U) (L)	(U)	(U) L	(U) L	(U) L	(U)	(U) L	(U) L	(U) L			

Eingliederung der Zwischenfrüchte:

S = Stoppelsaat
U = Untersaat
W = Winterzwischenfrucht
L = Leguminosen als S, U oder W
( ) = bedingt möglich

Abb. A1: Eingliederung von Formen des Zwischenfruchtanbaus, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Anonym, 2004)