

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands



Einleitung

In den vergangenen Jahren haben sich auf dem Energiemarkt erhebliche Veränderungen vollzogen. Günstige politische Rahmenbedingungen sowie die absehbare Ressourcenverknappung der fossilen Rohstoffe, haben das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen verstärkt. Im Bereich der Biogasproduktion hat sich die Nachfrage hauptsächlich auf Mais als Koferment beschränkt, wobei es sich um eine in Anbau, Ernte und Verarbeitung bekannte Fruchtart handelt. Mit steigender Anbaufläche und an die Anbaugrenzen stoßender Fruchtfolgeanteile des Mais, wird nun zunehmend nach Alternativkulturen gesucht, die diese „Marktlücke“ der Biomasse schließen können. Viele alte und neue Kulturen werden diskutiert, die dem Anbauer und Verarbeiter reichlich Biomasseerträge und Biogaspotential versprechen. Jedoch stecken diese Kulturen noch „in den Kinderschuhen“. Es liegen kaum Informationen vor bzgl. Düngung und Pflanzenschutz, Sorten, Erntezeitpunkt, Inhaltsstoffe, Siliereignung, Vergärbarkeit und Biogasertrag. Zudem taucht die immer häufiger werdende Frage auf, welche Fruchtart, vielleicht sogar welche Sorte, sich für bestimmte Standorte am besten eignet. Der Landwirt muss jedoch eine Grundlage haben, auf der er verlässliche Kalkulationen zur Betriebswirtschaft im gesamten agrotechnischen Regime des Betriebes vornehmen kann. Dabei sind die Anforderungen einer nachhaltigen Produktion zu berücksichtigen.

Ziele des Verbundvorhabens

Um der Landwirtschaft Entscheidungshilfen für den Energiepflanzenanbau bereitzustellen sollen in diesem Verbundvorhaben grundsätzliche Fragen beantwortet werden. Mit der Umsetzung neuer ackerbaulicher Konzepte im Versuch sollen hohe Brutto- und Nettoenergieerträge je Flächeneinheit unter der Betrachtung von Qualitätsaspekten erreicht werden. Neben dem Nettoenergieertrag je Flächeneinheit ist es mit der gewählten Aufgabenstellung möglich, Fruchtfolgeeffekte, wie Mehr- und Mindererträge, Einflüsse auf den Nährstoff-, Wasser- und Humusgehalt des Bodens, phytosanitäre Effekte, wie z.B. Mykotoxinbelastung bei Getreide sowie die Einhaltung agrotechnischer Zeitspannen, z. B. für die Rapsaussaat, zu erfassen. Es gilt somit das gesamte System über mehrere Jahre zu bewerten und nicht den Ertrag einer Fruchtart im jeweiligen Anbaujahr. Unter Einbeziehung neuer Kulturarten zur Erhöhung der Biodiversität, wird eine Verbesserung von Ertragspotential und Ertragssicherheit angestrebt. Bei geringem Faktoreinsatz soll somit ein optimierter Gewinn je ha Anbaufläche erzielt werden. Mit diesem Verbundprojekt ist es zudem möglich eine Gesamtbewertung von Anbausystemen hinsichtlich Ökonomie und Ökologie im Fruchtfolgesystem vorzunehmen. Hiermit können also Aussagen über Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit erzielt werden, was wiederum zu einer breiten gesellschaftlichen Akzeptanz führt, wenn diese Aspekte in Einklang gebracht werden können. Schlussendlich soll am Ende der Projektlaufzeit die folgende Empfehlung gegeben werden können: *„Am Standort X sind aus pflanzenbaulicher, betriebswirtschaftlicher und ökologischer Sicht die Fruchtarten A und D im Anbausystem Y am sinnvollsten anzubauen.“*

Aufbau des Gesamtprojektes

Das Gesamtprojekt gliedert sich in sechs Teilprojekte, wobei im Teilprojekt 1 neben den grundsätzlichen Fragestellungen der Fruchtfolgen, auch der Anbau und die Verwertung von Ackerfutter sowie Mischfruchtvarianten und Minimierungsstrategien, in Bezug zum produktionstechnischen Aufwand, betrachtet werden. Zudem werden verschiedene Erntezeitpunkte zur Optimierung der Ertrags- und Biogasausbeute untersucht. Da Deutschland eine reichhaltige naturräumliche Gliederung mit unterschiedlichen Standortbedingungen aufzeigt, müssen die Systeme standortangepasst entwickelt und bewertet werden. Die Einzigartigkeit dieses Verbundvorhabens liegt in dem zeitgleichen Anbau von fünf gleichen Fruchtfolgen an sieben verschiedenen Standorten, mit einjährig zeitversetzter Wiederholung der Anlage, um Jahreseffekte auszuschließen. An dieser Stelle soll nun eine kurze Einordnung der Teilprojekte in das Gesamtprojekt erfolgen und auf die Durchführung bzw. erste Ergebnisse in den folgenden Kapiteln zu den einzelnen Projekten verwiesen werden. Das Teilprojekt 1 dient als Kern des Gesamtprojektes und damit als Grundlage und Bezugsbasis (siehe Abb. 1).

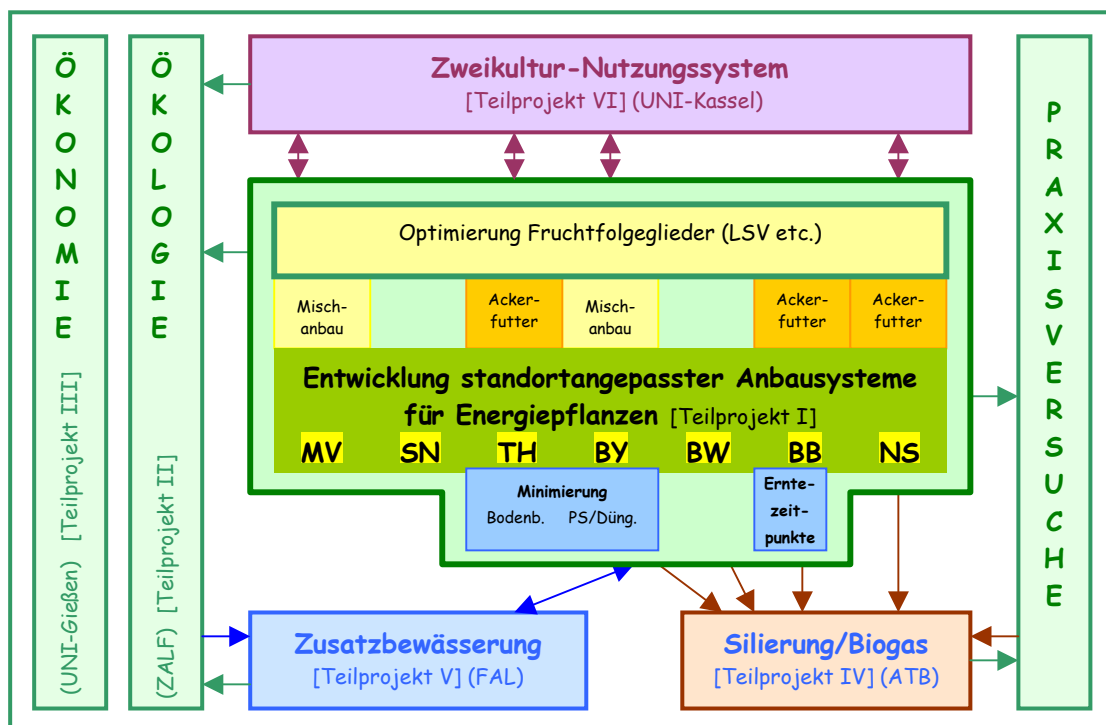


Abb. 1: Struktur und Vernetzung des Verbundvorhabens (Teilprojekte I - VI)

Das Teilprojekt 1 wird an sieben verschiedenen Standorten in Deutschland, die sechs typische Anbauregionen repräsentieren, gleichzeitig durchgeführt (siehe Abb. 2).

Die ertragsschwachen und, aufgrund ihrer sandigen Böden, problematischen Anbauregionen sind wegen ihrer Bedeutung in den neuen Bundesländern doppelt vertreten. Beteiligte Institutionen im Grundversuch an den gezeigten Standorten, sind in Thüringen die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (**TLL**), in Mecklenburg-Vorpommern die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (**LFA**), in Sachsen die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (**SLL**), in Brandenburg das Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (**LVL**), in Niedersachsen die Landwirtschaftskammer Niedersachsen (**LWK-NS**), in Baden-Württemberg die Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim (**LAP**) und in Bayern das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (**TFZ**).



An diesen 7 Standorten wird die Vorzüglichkeit bestimmter Fruchtfolgen in den einzelnen Regionen bewertet, indem verschiedene Energiepflanzen und solche, die es werden könnten, in unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen zum Anbau kommen. Die Kulturarten werden dabei im Anbausystem, d.h. in Hauptfruchtstellung mit und ohne Sommerzwischenfrucht, Winterzwischenfrucht – Zweitfruchtstellung und als Mischkultur in der Fruchtfolge untersucht. Außer in Sachsen (SN → Winterroggen) und Brandenburg (BB → Winterroggen), schließen alle Fruchtfolgen nach vier Jahren, mit dem Winterweizen, ab, um evtl. auftretende Fruchtfolgeeffekte feststellen zu können (siehe Tab. 1).

Abb. 2: Standorte Teilprojekt 1

Tab. 1: Darstellung der fünf Standardfruchtfolgen

Prüfglied	1	2	3	4	5
2005	Sommer-Gerste (Ganzpflanze) Ölrettich (Sommer-Zwischenfr.)	Sudangras Futterroggen (Winter-Zwischenfr.)	Mais Futterroggen (Winter-Zwischenfr.)	Sommer-Gerste (Ganzpflanze) Untersaat Luzerne oder Klee	Hafer-Sortenmischung (Ganzpflanze)
2006	Mais	Mais (Zweitfrucht)	Sudangras (Zweitfrucht)	Luzerne oder Klee	Winter-Triticale (Ganzpflanze)
2007	Sommer-Gerste	Sommer-Gerste	Sommer-Gerste	Luzerne oder Klee	Winterraps
2008	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen

 Biogassubstrate Kornnutzung

Ergänzt werden diese, unter allen Standortbedingungen vertretbaren, Fruchtfolgen durch mindestens drei regional-spezifische Fruchtfolgen, die jeder Partner selbst gewählt hat (siehe Tab. 2).

Fortsetzung Tab. 2: Darstellung der zusätzlichen, landesspezifischen Fruchtfolgen

Bundesland	Prüfglied	2005	2006	2007	2008
MV	6	E-Mais	Gerstgras	Winterraps	WW
	7	E-Mais	Futterroggen	Ackergras	WW
	8	Artenmischung S-Roggen + S-Triticale	Winterraps	WW	WW
TH	6	Hafer (GPS)	Artenmischung WT+WW+WG	Winterraps	WW
	7	E-Mais	E-Mais	E-Mais	WW
	8	Topinambur	Topinambur (2-i.)	Topinambur (3-i.)	WW

Tab. 2: Darstellung der zusätzlichen, landesspezifischen Fruchtfolgen (→ Fortsetzung)

Bundesland	Prüfglied	2005	2006	2007	2008
BB	6	<u>S-Roggen (GPS)</u> <u>Senf (Wi-ZwF)</u>	<u>Lupine (ZF)</u>	Winterraps	WRo
	7	<u>Sonnenblume (GPS)</u> <u>Ölrettich (Wi-ZwF)</u>	<u>Körnererbsen</u>	<u>W-Triticale (GPS)</u>	WRo
	8	<u>Topinambur</u>	<u>Topinambur (2-j.)</u>	<u>Topinambur (3-j.)</u>	WRo
	9	<u>Artenmischung</u> <u>Hafer + Erbse+ Lein-</u> <u>dotter</u>	<u>Winterraps</u> <u>W-Roggen (Wi-ZwF)</u>	<u>Mais (ZF)</u>	WW
BW	6	<u>Zuckerhirse</u>	<u>Artenmisch. WRo+WG</u> <u>(GPS)</u>	<u>W-Triticale</u>	WW
	7	<u>Sonnenblume (GPS)</u>	<u>W-Triticale (Wi-ZwF)</u>	<u>E-Mais</u>	WW
	8	<u>E-Mais</u>	<u>E-Mais</u>	<u>E-Mais</u>	WW
	9	<u>Sommergerste (GPS)</u> <u>Wi-Erbse</u>	<u>Mais (ZF)</u>	<u>W-Triticale</u>	WW
SN	6	<u>S-Roggen (GPS)</u>	<u>Winterraps (GPS)</u> <u>Landsb.-Gem. (Wi-</u> <u>ZwF)</u>	<u>Sudan gras</u>	WT
	7	<u>Mais</u> <u>Futterroggen (Wi-ZwF)</u>	<u>Zuckerhirse</u>	<u>Kartoffel</u> <u>(Knollen)</u>	WT
	8	<u>S-Triticale (GPS)</u> <u>Gelbsenf (GPS)</u>	<u>Sonnenblume (GPS)</u> <u>Phacelia (Wi-ZwF)</u>	<u>Hanf (GPS)</u>	WT
NS	6	<u>E-Mais</u> <u>Futterroggen</u>	<u>E-Mais (ZF)</u> <u>Futterroggen</u>	<u>E-Mais (ZF)</u>	WRo
	7	<u>E-Mais</u>	<u>W-Triticale</u>	<u>Wintergerste</u> <u>(GPS)</u>	WR
	8	<u>Körnermais</u>	<u>WW (GPS)</u>	Wintergerste	WRo
BY	6	<u>Silomais</u> <u>Futterroggen</u>	<u>Silomais (ZF)</u> <u>Wi-Erbse (GPS)</u>	<u>Sudan gras (ZF)</u>	WT
	7	<u>Körnermais</u>	<u>WW (GPS)</u> <u>Winterraps (GPS)</u>	<u>Sudan gras (ZF)</u>	WG
	8	<u>Körnermais</u> <u>Welsches Weidelgras</u>	<u>Kartoffeln (ZF)</u> <u>WW (GPS)</u>	<u>Erbsen (ZF)</u>	WW

Biogassubstrate Kornnutzung

Die Verbundpartner ziehen bei der Auswertung weitere Versuche der Länder, wie z.B. Sortenversuche zu Futterpflanzen oder Düngungsversuche, heran. Damit können die eigenen im Verbundvorhaben gewonnenen Ergebnisse untermauert bzw. vertieft werden. Die TLL hat den Grundversuch mit den acht Fruchtfolgen im Frühjahr 2005 zusätzlich auch als Minimalbodenbearbeitungsvariante, d.h. konservierend ohne Pflug, angelegt. Eine weitere Minimierungsstrategie, die drastische Reduzierung des PSM-Einsatzes, wird an den drei Fruchtfolgen 3, 6 und 8 am Standort Ascha (Bayern) geprüft. Dabei wird „ortsüblich optimal“ zu „reduziert 1“ (- 30 kg N/ha) und „reduziert 2“ (- 30 kg N/ha, ohne Herbizid- u. Fungizideinsatz) untersucht. In Brandenburg und Baden-Württemberg (nur 2005) werden in allen Fruchtfolgen je zwei Erntetermine pro Fruchtart geprüft. Es ist immer der direkte Bezug zum Grundversuch gegeben. Eine weitere Möglichkeit zur Senkung der Kosten je Produkteinheit bei gleichzeitiger Erhöhung der Ar-

tendenzdiversität wird im Mischfruchtanbau gesehen. Aus diesem Grund kam ein Versuch an zwei Standorten in Bayern und an zwei Standorten in Mecklenburg Vorpommern zur Anlage (s. Tab. 3). Mit der Versuchsanstellung sind Mischungen zu Reinsaaten direkt miteinander vergleichbar, so dass standortbezogen die besten Mischungen hinsichtlich Nettoenergieertrag und Faktoreinsatz ermittelt werden können.

Tab. 3 : Varianten des Mischfruchtanbaus**

BY	Winterungen (Ascha, Aholting)			Sommerungen (Aholting)		
1	<u>Roggen</u>	<u>Wicken</u>		<u>Lupine</u>	<u>Saflor</u>	<u>Gerste</u>
2	<u>Landsberger Gemenge</u>			Gerste	Erbse	
3	<u>Gerste</u>	<u>Rübsen</u>	<u>Wicken</u>	Gerste	Leindotter	
4	<u>Gerste</u>	<u>Rübsen</u>		Futtererbse	Leindotter	
5	Roggen	Steinklee		Gerste	Senf	
6				Gerste	Senf	Futtererbse
MV	Winterungen (Gülzow, Bandow)			Sommerungen (Gülzow, Bandow)		
1	<u>Roggen</u>	<u>Wicken</u>		Mais	Bokharaklee	
2	Roggen	Bokharaklee		Sudangras	Bokharaklee	
3	<u>Gerste</u>	<u>Wicke</u>	<u>Rübsen</u>	Sudangras	Lupine	
4		Kleegrass		Roggen	Gerste	Hafer
5	<u>Landsberger Gemenge</u>			Roggen	Bokharaklee	
6	Raps	Wicke		Lupine	Bokharaklee	Gerste
7	Gerste	Raps		<u>Lupine</u>	<u>Saflor</u>	<u>Gerste</u>
8	<u>Gerste</u>	<u>Rübsen</u>		Lupine	Gerste	

* Die unterstrichenen Mischungen stimmen in beiden Bundesländern überein.

** Alle Mischungspartner werden auch in Reinsaat angebaut.

Zusätzlich werden in Thüringen, Niedersachsen und Brandenburg bis zu 8 Ackerfütterermischungen an bis zu 4 Standorten auf Ihre Anbaueignung zur Biogaserzeugung geprüft (siehe Tab. 4 und 5)

Tab. 4: Standorte der Ackerfutterproduktionsversuche

Standort	Land	Anbaugesbiet	Bodenart	AZ	Niederschlag (l. M. in mm)
Haufeld	TH	sommertrockene Lagen	Lehm	31-68	635
Burkersdorf	TH	günstige Übergangslagen	sandiger Lehm	36	642
Dornburg	TH	Lö-Ackerebene	Lehm	46-80	578
Oberweißbach	TH	Mittelgebirgslage	Schluff-Lehm	23	842
Sophienhof	NS	maritimes Klima	Seemarsch	80	837
Wehnen	NS	Nordwestdeutsche Tiefebene, Binnenland	humoser Sand	28-32	742
Bramstedt	NS	Nordwestdeutsche Tiefebene, Binnenland	sandiger Lehm	55	769
Vreschen-Bokel	NS	Nordwestdeutsche Tiefebene, maritimes Klima	(Übergangs-) Moor	30	745
Paulinenaue	BB	grundwasserbeeinflusst	humoser Sand	30	521
Berge	BB	Havelland	lehmiger Sand D4	30-45	502

Tab. 5: Ackerfuttermischungen in den jeweiligen Bundesländern

Nr.	TH	BB	NS
1	Rotklee gras	Weidel gras A2	Weidel gras A2
2	Luzerne gras	<u>Weidel gras A3</u>	Weidel gras A1 diploid
3	Luzerne-Rotklee gras	Weidel gras A3 mit Rotklee	Weidel gras A1 tetraploid
4	<u>Weidel gras A3</u>	Gräsermischung (WS, WL) mit Rotklee	<u>Weidel gras A3</u>
5	Gräsermischung (DWG, WS, WL)	Gräsermischung (WS, WL) mit Luzerne / Bastardweidel gras mit Rotklee	Bastardweidel gras
6		Luzerne-Rotklee	Weidel gras A5
7			Weidel gras A3 mit Rotklee
8			Bastardweidel gras mit Rotklee

* Die unterstrichene Mischung wird in allen Bundesländern angebaut.

Die enge Vernetzung zum Verbundprojektpartner ZALF (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Teilprojekt II, s. Abb. 1) wird darin deutlich, dass in dem Versuch an jedem Standort bis zu 54 notwendige Parameter zur Biotik und Abiotik, also zur Abschätzung der „ökologischen Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus“, seitens der Projektpartner erhoben werden. Diese Daten dienen gleichzeitig zur Beurteilung des Biomassezuwachses der 2-3 Probeernten in den verlängerten Endversuchspartellen sowie der Nährstoffvergleiche und zur Beurteilung des Wasserverbrauchs. Die Erfassung der Humusgehalte und die Erstellung von Nährstoff- und Wasserbilanzen runden das Untersuchungs- und Erhebungsspektrum ab.

Die Arbeitsgänge sowie die Aufwendungen an Produktionsmitteln werden erfasst und dem Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Universität Gießen (UNI-Gießen) für das Teilprojekt III (s. Abb. 1) „Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen für die Biomassenutzung“, unter Einbeziehung von Praxisdaten, zur Verfügung gestellt. Aus diesen Werten kann der Brutto- und unter Hinzuziehung der Produktionsaufwendungen der Nettoenergieertrag berechnet werden.

In den wenigsten Fällen wird in Biogasanlagen frisches Erntegut eingesetzt. In der Regel kommt Silage zur Anwendung. Für die Beurteilung der Siliereignung wird vom Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB) das Teilprojekt IV (s. Abb. 1) „Ermittlung des Einflusses der Pflanzenart und der Silierung auf Substratqualität und Biogasausbeute in Labor und in der Praxis“ im Rahmen dieses Verbundprojektes bearbeitet. Nach der Ernte werden dazu von einzelnen Versuchsanstellern (BW, NS, BB, SN) entsprechende Proben an das ATB geliefert, die der Beurteilung der Siliereignung sowie der Ermittlung des Gasertrages dienen. Um die Ergebnisse zum Methanertrag weiter abzusichern, soll an der TLL der Hohenheimer Biogastest (HBT) im Rahmen des Projektes zum Einsatz kommen.

Niederschläge und Bodenwasserbereitstellung können unter den stark abweichenden bodenklimatischen Bedingungen der Standorte entscheidend für das Abschneiden der Anbausysteme und die sich daraus ableitenden Empfehlungen sein. Ergänzende Aussagen zur Wasserproblematik sind deshalb aus dem Teilprojekt V (s. Abb. 1) „Einfluss von Zusatzbewässerung auf den Biogasertrag von Energiepflanzen in Reinbestand,

Mischung und Anbausystem“ der FAL (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft), zu erwarten. Partner in diesem Vorhaben sind das ZALF (Müncheberg, BB) und die LAP (Forchheim, BW).

Zum Herbst 2005 wurde ein weiteres Teilprojekt VI (s. Abb. 1) „Systemversuch zum Zweikultur-Nutzungssystem auf sieben Standorten im Bundesgebiet“ in den Verbund integriert. Diese Themenstellung wird von der Universität Kassel (UNI-Kassel, Witzenhausen) bearbeitet und soll Aufschluss geben über die Eignung dieses Systems im Energiepflanzenanbau. Im Prinzip wird die im Grundversuch geprüfte Variante Winterzwischenfrucht Winterroggen - Zweitfrucht Mais mit weiteren Kombinationen untersucht und einer vertiefenden Betrachtung unterzogen. Partner und Standorte sind in diesem Projekt die Uni-Kassel (Witzenhausen, HE), die TLL (Dornburg, TH), die Uni-Gießen (Eichhof, HE), das TFZ (Ascha, BY), die LFA (Gülzow, MV), die LWK-NS (Wehnen, NS) und die LWK-NRW (Haus Düsse, NRW; siehe Abb. 3).



Abb. 3: Standorte Teilprojekt 6

Um die Wissenschaft mit der Praxis zu verbinden, sind bereits zeitgleich mit dem Verbundprojekt, für die ökologischen und ökonomischen Bewertungen, Praxisversuche (s. Abb. 1 auf S. 2) angelaufen, die eine direkte Einschätzung von Energiepflanzenkulturen unter Praxisbedingungen ermöglichen. Die Standorte der Praxisbetriebe sind in Abb. 4 dargestellt, die angebaute Fruchtarten in Tabelle 6.



Abb. 4: Standorte der Praxisbetriebe

Tab. 6: Angebaute Fruchtarten der Praxisbetriebe

Bundesland	Fruchtart
BY	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erbsen-Leindotter-Gemenge ▪ Hafer-Leindotter-Gemenge ▪ Wi-Weizen (Referenz)
TH	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sudangras ▪ Ackerbohne-So-Triticale-Gemenge ▪ mehrjähriges Ackerfuttergemenge ▪ Mais (Referenz)
NS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mais ▪ Triticale
MV	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mais (red. Bodenbearbeitung) ▪ Lupine-Leindotter-Gemenge ▪ Mais (Referenz)

Weitere Praxisversuche mit aussichtsreichen Pflanzenarten und Pflanzenartenmischungen sollen in Verbindung mit der Verwertung in Biogasanlagen folgen, um die gesamte technologische Kette zu demonstrieren.

Dieses Verbundvorhaben wird vom BMVEL über die FNR gefördert.

Projektkoordination: Dr. habil. A. Vetter, TLL

Kontakt: Dr. Katja Gödeke, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Standort Dornburg, Apoldaerstr. 4, 07778 Dornburg, Tel.: 036427/868-129, Fax: 036427/22340, e-mail:

k.goedeke@dornburg.tll.de

Dr. Arlett Nehring, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Standort Dornburg, Apoldaerstr. 4, 07778 Dornburg, Tel.: 036427/868-129, Fax: 036427/22340, e-mail:

a.nehring@dornburg.tll.de

Info: www.tll.de/vbp