



Das Projekt EVA III

Versuchsstandort Trossin (Sachsen)



Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Versuchsjahre 2013–2015

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die
landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den ver-
schiedenen Standortbedingungen Deutschlands –
Projektphase III (EVA III)

Teilprojekt 1:

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im
Fruchtfolgeregime auf D-Südstandorten

Dr. Kerstin Jäkel (Projektleitung), Jana Grunewald (Wissenschaftliche Bearbeitung),
Robert Grubitzsch (Versuchsdurchführung)

Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (Laboranalytik)



Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft durch die
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. gefördert.

Inhalt

1	Einleitung	8
2	Versuchsdurchführung	10
2.1	Charakterisierung des Standorts	10
2.2	Versuchsaufbau	11
2.3	Witterungsverlauf.....	14
2.4	Anbautechnik	18
2.5	Datenerhebung	22
2.6	Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen	24
2.6.1	Statistische Absicherung der Daten	24
2.6.1.1	Signifikanzprüfungen	24
2.6.1.2	Deskriptive Statistik.....	25
2.6.1.3	Ausreißertest (nach MUDRA 1958)	26
2.6.1.4	Zusammenhänge zwischen Parametern (Korrelationen/Regressionen).....	26
2.6.2	Methanbildungspotenzial auf Grundlage der ATB-Biogasmatrix	27
2.6.3	Deckungsbeitragsanalysen (Kosten-Ertrags-Relationen)	27
2.6.4	Stickstoffverlagerungsrisiko	29
3	Ergebnisse	29
3.1	Ernteergebnisse	29
3.1.1	Ertragsniveau der Fruchtfolgesysteme und Fruchtarten	29
3.1.2	Abreifeverhalten (TS-Gehalte)	36
3.1.3	Zweikulturnutzung	40
3.1.4	Reduzierte Stickstoff-Düngung.....	42
3.2	Gasbildungspotenzial.....	45
3.3	Ökologische Nachhaltigkeitsbewertungen	47
3.3.1	Nährstoffaustrag – N _{min} -Dynamik.....	47
3.3.1.1	Fruchtarten im Fruchtfolgeversuch	48
3.3.1.2	Auswirkung einer -25-%igen Düngung (Vergleich Fruchtfolge 7 mit FF 3).....	53
3.3.2	Bodenwasserhaushalt	56
3.4	Bonituren/Besonderheiten im Vegetationsverlauf	59
3.5	Ökonomie	67
3.5.1	Fruchtfolgeversuch	67
3.5.2	Zweikulturnutzung	71
4	Diskussion	72
5	Ausblick	75
6	Anbauempfehlung	76
7	Zusammenfassung	78
8	Literaturverzeichnis	81
	Anlagen	84
	Öffentlichkeitsarbeit	128

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Struktur und Teilprojekte des bundesweiten Verbundprojektes EVA III (TLL 2013)	9
Abbildung 2:	Lage des Versuchsstandortes Trossin in Sachsen und Zuordnung zum Boden-Klima-Raum 104 (hellgelb) (Kartenquelle: LfULG 2012)	10
Abbildung 3:	EVA III-Blockparzellenanlage in Trossin (Grundversuch)	13
Abbildung 4:	EVA III-Versuchsfläche – randomisierte Blockparzellenanlage – auf der Versuchsstation der Biochem agrar GmbH in Trossin	13
Abbildung 5:	Monatliche Mittel der Lufttemperatur des Versuchszeitraums (2 m Höhe, in °C):	14
Abbildung 6:	Monatliche Niederschlagssummen des Versuchszeitraums (in mm):	15
Abbildung 7:	Monatsmittel der Globalstrahlung des Versuchszeitraums (in W/m ²):	16
Abbildung 8:	Biologisch abbaubare Trichosafe [®] -Kugel (Biocare) aus Zellstoff und Paraffin mit 1.100 Schlupfwespen	21
Abbildung 9:	Ganzpflanzenernte mit dem Parzellenhäcksler Hege 212	21
Abbildung 10:	Frischmasseerträge (in dt/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum 2013–2015 geernteten Energiepflanzen am Versuchsstandort Trossin	30
Abbildung 11:	Absolute Trockenmasseerträge (105 °C, in dt/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum 2013–2015 geernteten Energiepflanzen am Versuchsstandort Trossin	31
Abbildung 12:	Mittelwerte des absoluten Trockenmasseertrages (105 °C, in dt/ha)	32
Abbildung 13:	Mittelwerte der absoluten Trockensubstanzgehalte	37
Abbildung 14:	Erntedaten der Zweikulturnutzung	41
Abbildung 15:	Vergleich der Trockenmasseerträge [dt/ha] und Trockensubstanzgehalte [%]	42
Abbildung 16:	Methanhektarerträge (in m ³ /ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum geernteten Energiepflanzen am Standort Trossin	46
Abbildung 17:	Streudiagramm der Regression mit sehr hoher linearer Abhängigkeit zwischen Trockenmasse- und Methanhektarerträgen	47
Abbildung 18:	N _{min} -Bodengehalte (in kg/ha) der Feldfrüchte	49
Abbildung 19:	Vergleich der N _{min} -Bodengehalte (kg/ha) nach der Ernte und zu Vegetationsende	53
Abbildung 20:	Bodenwasserhaushalt (Vol.%) ausgewählter Fruchtarten im Vergleich zur winterlichen Brache mit anschließendem Mais-Hauptfrucht-Anbau (Versuchsjahr 2013)	57
Abbildung 21:	Tägliche Bodenwassergehalte (Vol.%) von drei Dauerkulturen (Versuchsjahr 2014)	58
Abbildung 22:	Wickroggenbestand im Lager nach Starkregenfällen (Juni 2013) (links); Kolbenverbiss bei Mais durch Kolkrahen (rechts)	63
Abbildung 23:	Luzernegras mit starkem Unkrautdurchwuchs	63
Abbildung 24:	Stark verdrehte Roggenpflänzchen mit Verdacht auf Nematodenbefall	64
Abbildung 25:	Getreidebestände in Trossin Anfang Mai 2014	64
Abbildung 26:	Gras- und Ackerfutterbestände 2014	64
Abbildung 27:	Maisbestände 2014 in Trossin	65
Abbildung 28:	<i>Sorghum</i> -Bestände im Versuchsjahr 2014 in Trossin	65
Abbildung 29:	Getreidebestände in Trossin Mitte April 2015	65
Abbildung 30:	Wildpflanzen-Blühmischung mit starkem Weidelgras-Durchwuchs	66
Abbildung 31:	Verunkrauteter bzw. teilweise vertrockneter Weidelgras- (links) und Luzernegras-bestand (rechts)	66
Abbildung 32:	Folgen wochenlanger Trockenheit bei Mais (links) und Futterhirse (rechts)	66
Abbildung 33:	Zweikulturnutzung im Versuchsjahr 2015	67
Abbildung 34:	Deckungsbeiträge (in Euro/ha) der im Versuchsjahr 2014 erprobten Zweikultursysteme mit Mais und <i>Sorghum</i> im Vergleich zum Hauptfruchtanbau.	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Acht Fruchtfolgesysteme (mit Angabe von Erntejahr, Nutzung und Fruchtfolgestellung der angebauten Kulturarten), die im Rahmen des Projektes EVA III (2013–2015) am Versuchsstandort Trossin (Sachsen) untersucht wurden	12
Tabelle 2:	Bewertung der Witterung in den Versuchsjahren 2013–2015 (Vegetationsperiode September–September) am Standort Trossin	18
Tabelle 3:	Zu erhebende Daten im Energiefruchtfolgeversuch am Standort Trossin	22
Tabelle 4:	Deutung eines linearen Zusammenhangs zwischen zwei Parametern über den Korrelationskoeffizienten r	26
Tabelle 5:	Faktor-, Nährstoff- und Produktpreise als Annahmen zur Berechnung der variablen Kosten bei Deckungsbeitragsanalysen im EVA III-Verbund (Quelle: KORNATZ et al. 2015)	28
Tabelle 6:	Tolerierbare Herbst- N_{\min} -Gehalte im Boden (in kg/ha) in Abhängigkeit von Bodenart und Sickerwassermenge eines Standortes	29
Tabelle 7:	Durchschnittserträge (in dt TM/ha \pm Stabw) der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren (unter Eliminierung von Ausreißern)	33
Tabelle 8:	Durchschnittliche TS-Gehalte (in % \pm Stabw) der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren unter Eliminierung von Ausreißern; Versuchsstandort Trossin; Einbeziehung der Werte des Ertragsprüfungsversuchs	38
Tabelle 9:	Durchschnittliche Methanausbeuten (in l/kg oTS) und Methangehalte (in Vol-%)	45
Tabelle 10:	Stickstoffdüngung (in kg/ha) bei den erprobten Fruchtarten in FF 3 und FF 7.	55
Tabelle 11:	Bestandesaufnahmeprotokoll der angebauten Feldfrüchte in den Versuchsjahren 2013–2015 des Versuchsstandortes Trossin	59
Tabelle 12:	Deckungsbeitragsanalyse (DB in €/ha) der Anlage 5	68
Tabelle 13:	Anbaueignung verschiedener Energiepflanzen als Biogassubstrat auf leichten Böden bei periodischem Wassermangel auf Grundlage der EVA-Versuchsergebnisse	77

Abkürzungsverzeichnis

A	Anlagen
ADF	Acid-(Säure) Detergentien-Fasern = Lignocellulose-Komplex
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik, Potsdam-Bornim
ArEr	Arbeitserledigung
AZ	Ackerwertzahl
BBCH	Biologische <u>B</u> undesanstalt, <u>B</u> undessortenamt und <u>C</u> hemische Industrie, beschreibt das Entwicklungsstadium einer Pflanze
BfUL	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt
Bt	mit Ton angereicherter mineralischer Unterbodenhorizont
C	Kohlenstoff
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
D	Diluvial
DAfL	Direkt- und Arbeitskosten freie Leistung
DAP	Diammonphosphat
DB	Deckungsbeitrag
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DWD	Deutscher Wetterdienst
EC	Eucarpia (Europäische Gesellschaft für Züchtungsforschung)-Code für Pflanzen-Entwicklungsstadien, wird vorrangig noch bei Getreide verwendet
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EVA	„Entwicklung und <u>V</u> ergleich von <u>A</u> nbausystemen für Energiepflanzen zur Biogasproduktion“
FF	Fruchtfolge
FM	Frischmasse
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
GD	Gründüngung
GPS	Ganzpflanzensilage
H	Höhe
HF	Hauptfrucht
HNJ	Hauptnutzungsjahr
IGLU	Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt, Göttingen
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LWK	Landwirtschaftskammer
K	Kalium
KAS	Kalkammonsalpeter
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
MF	Marktfrucht
Mg	Magnesium
MiLA	<u>M</u> odel for <u>i</u> ntegrated <u>L</u> ife Cycle <u>A</u> ssessment for Agriculture (N-Modell)
N	Stickstoff
NH ₄ ⁺	Ammoniumstickstoff

N _{min}	mineralischer Stickstoff (Nitrat und Ammonium)
NO ₃ ⁻	Nitratstickstoff
NS	Niederschlag
oTM	organische Trockenmasse
oTS	organische Trockensubstanz
P	Phosphor
PSM	Pflanzenschutzmaßnahmen
r	Korrelationskoeffizient
R	Regressionskoeffizient
S	Siloreifezahl beim Mais
S. b.	Sorghum bicolor (Futterhirse)
S. b. x s.	Sorghum bicolor x sudanense (Sudangrashybride)
SF	Standardfehler
Stabw	Standardabweichung
SZF	Sommerzwischenfrucht
T	Temperatur
TKG	Tausendkorngewicht
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanzgehalt
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vA	vor dem Aufgang
VDLUFA	<u>V</u> erband <u>D</u> eutscher <u>L</u> andwirtschaftlicher <u>U</u> ntersuchungs- und <u>F</u> orschungs <u>a</u> nstalten
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WZF	Winterzwischenfrucht
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg
ZwF	Zwischenfrucht
ZF	Zweitfrucht

1 Einleitung

Die wichtigste **Zielsetzung** des Energiepflanzenanbaus ist es, durch vielfältige Anbausysteme zu einer Diversifizierung landwirtschaftlicher Produktionsmuster und zur Aufweitung von Fruchtfolgen beizutragen. Diesem Ziel dient das EVA-Projekt. Anbausysteme, die mit einer guten Ausnutzung der Vegetationszeit und hohen Bodenbedeckungsgraden verbunden sind, können nicht nur in ertraglicher Hinsicht interessant sein. Sie bieten auch Ansätze für den vorbeugenden Boden- und Gewässerschutz. Eine möglichst gute Faktoreffizienz ist daher neben den erzielbaren Energieerträgen je Flächeneinheit ein entscheidendes Kriterium für eine ökonomische und ökologische Bewertung von Fruchtfolgen zur Gewinnung energetisch nutzbarer Substrate. Zur Gestaltung von nachhaltigen und produktiven Anbausystemen wird neben der Nutzung von Hauptfrüchten auch auf den Anbau von Zwischenfrüchten, mehrjährigen Ackerfutmischungen und Zweikultursystemen, in denen sowohl Sommer- als auch Winterkulturen vergleichbare Ertragsmengen zum Jahresertrag beisteuern sollen, Wert gelegt.

Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2005 ein Fruchtfolgeversuch konzipiert, der durch Landesanstalten, Landesforschungsanstalten, Landwirtschaftskammern und Landesämter aus sieben Bundesländern in ackerbaulich sehr unterschiedlich geprägten Regionen umgesetzt und betreut wurde. Beteiligt waren Institutionen mit pflanzenbaulichen, ökonomischen, ökologischen und technischen Kompetenzen. Damit wurde eine ganzheitliche Bewertung der betrachteten Anbausysteme sichergestellt (FNR 2010) (Abbildung 1).

Nach acht Jahren EVA-Forschung wurde dieses umfangreiche Verbundvorhaben mit weiteren Projektpartnern und Versuchsflächen in der dritten Phase fortgesetzt.

Folgende Punkte wurden als Hauptziele und **Arbeitsschwerpunkte** für EVA III formuliert:

- Vergrößerung der Datenbasis und vertiefte Kenntnisse zum Energiepflanzenanbau in Fruchtfolgen
- Integration „neuartiger“ Alternativen zum Mais-Anbau (siehe „Mais-Deckel“ im EEG 2012 [BMEL 2012]) bzw. Aufzeigen von Vorzügen bereits bekannter und kultivierter Feldfrüchte für den Sektor der Biogasproduktion, z. B. Sorghumhirsen, Blümmischungen, Rüben und Gemenge
- Erprobung von Fruchtarten für Standorte mit Einschränkungen (Stichworte: Ertragsstabilität und Anpassung an suboptimale Bedingungen)
- Optimierung des Energiepflanzenanbaus (Saat- und Erntezeitpunkte, Pflanzenschutz, Düngung, reduzierter Faktoreinsatz)
- Untersuchung der Anbauvarianten Zweikulturnutzung, Mischfrucht- und Zwischenfruchtanbau
- Gärrestverwertung in energetischen Anbausystemen
- Einhaltung und Verbesserung von Nachhaltigkeitskriterien im Energiepflanzenanbau
- Schutz der lebenswichtigen Güter Boden, Luft und Wasser
- Schaffung von Lebensräumen für verschiedene Artengruppen
- Ableitung von Praktiker-Empfehlungen für leistungsstarke, effiziente Energiepflanzen-Fruchtfolgen zur Biogasproduktion auf Grundlage hoher Trockenmasseerträge und Gasbildungspotenziale unter Beachtung der ökologischen Verantwortlichkeit

Das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) begleitet seit 2005 die Forschungen im **Teilprojekt 1** des Verbundprojektes EVA (Abbildung 1). Zu den Forschungsschwerpunkten gehört der Grundversuch mit der Erprobung von acht Energiefruchtfolgen in zwei zeitlich versetzten Anlagen, der Gärrestversuch zur Untersuchung verschiedener Stickstoff-Düngungsvarianten (100 % mineralische, 50 % mineralische/50 % organische und 100 % Gärrestdüngung) und der in EVA III neu angelegte Ertragssicherungsversuch mit dem Ziel, Daten zu den drei ertragreichsten Fruchtfolgen aus EVA II für jedes Versuchsjahr zu erhalten.

Der **Versuchsstandort des LfULG** ist ein in Bezug auf den Wasserhaushalt benachteiligter Standort in Trossin (Landkreis Nordsachsen) (warm-trocken, sandiger leichter Boden mit geringer Wasserhaltekapazität und stark ausgeprägter Frühjahrstrockenheit). Diese Bedingungen werden unter dem Aspekt des Klimawandels in naher Zukunft verstärkt Bedeutung finden. Deshalb ist es besonders wichtig, Kenntnisse über an Trockenstress adaptierte Energiepflanzen mit hohem Biomassebildungspotenzial zu erlangen.

Nach 11 Jahren „EVA“-Forschung konnten bedeutende Erfahrungen über den Energiefruchtfolgeanbau gewonnen und Empfehlungen abgeleitet werden (u. a. FNR 2010; FNR 2012; LfULG 2009; GRUNEWALD & JÄKEL 2014; www.eva-verbund.de). Langjährige Daten erhöhen deutlich die Akzeptanz bei den Praktikern. Viele gewonnene Fakten flossen in externe Veröffentlichungen, z. B. Energiepflanzen-Bücher (u. a. VETTER et al. 2009) und Gesetze, z. B. EEG 2012 und 2014 (BMEL 2012; BMEL 2014), ein. Das Projekt EVA III und somit auch das LfULG leisten damit einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Landbewirtschaftung im Energiepflanzenanbau sowie zur Praktiker- und Politikberatung.

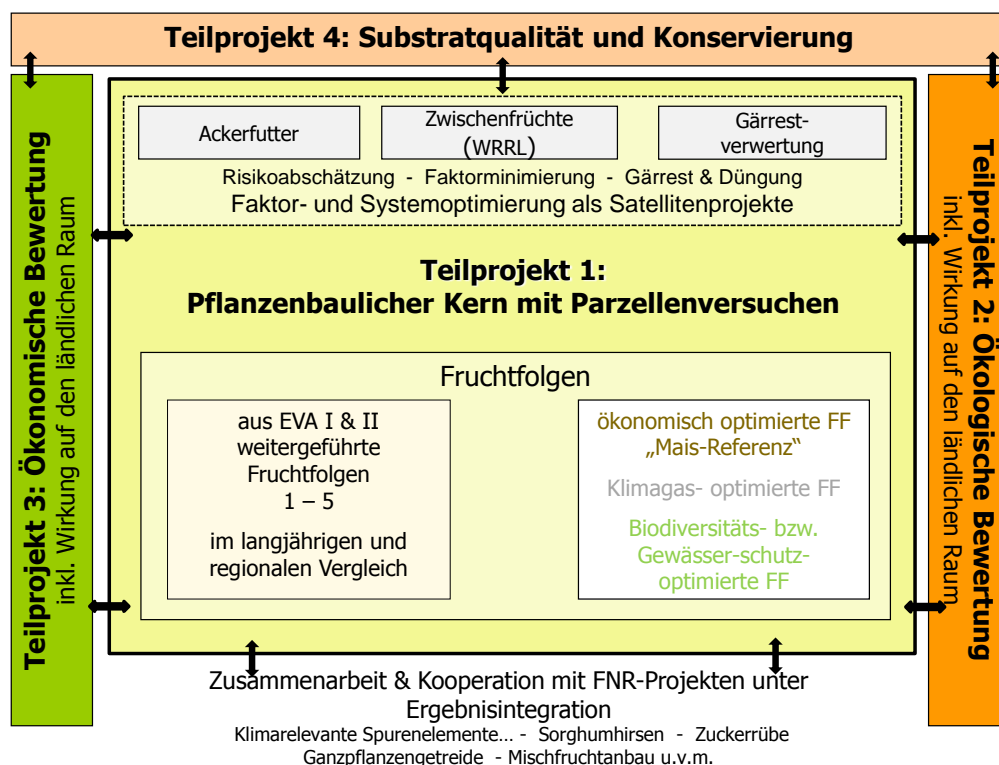


Abbildung 1: Struktur und Teilprojekte des bundesweiten Verbundprojektes EVA III (TLL 2013)

In diesem Abschlussbericht werden Ergebnisse aus dem Energiefruchtfolgeversuch (unter Einbeziehung von Ertragsdaten des Ertragssicherungsversuchs) des Versuchsstandortes Trossin der Vegetationsjahre 2013–2015 vorgestellt.

2 Versuchsdurchführung

2.1 Charakterisierung des Standorts

Der Fruchtfolgeversuch wurde auf einem mittelschluffigen Sandboden (Su3 - Ap-Horizont: 67 % Sand, 27 % Schluff, 6 % Ton) in Trossin/Dübener Heide (Landkreis Nordsachsen) angelegt (Bänderparabraunerde mit der Ackerwertzahl 31). Der Standort liegt 120 m ü. NN und ist charakterisiert durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,9° C und einem 30-jährigen Niederschlagsmittel von 554 mm (DWD 1961-1990). An der nächstgelegenen Wetterstation des LfULG in Spröda wurden mit 9,7 °C zunehmende Temperaturen und mit 487 mm deutlich geringere Niederschlagsmengen im Mittel der Jahre 1994 bis 2013 gemessen. Trossin ist nicht nur durch relativ geringe Niederschläge, sondern auch durch eine geringe Wasserspeicherkapazität des Bodens geprägt. Die Nährstoffversorgung der Grundnährstoffe P, K und Mg ist gut bis sehr gut, der pH-Wert liegt bei 6,0. Trossin gilt als repräsentativ für die südlichen Gebiete der Fahlerdebodengesellschaften der Moränengebiete im mitteldeutschen Trockengebiet. Die Produktionsschwerpunkte liegen im Anbau von Winterroggen, Kartoffeln und Mais sowie in der Tierproduktion und Forstwirtschaft (Winterroggen-Kartoffel-Region). Trossin wird dem Boden-Klima-Raum 104 – trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes – zugeordnet (Abbildung 2).

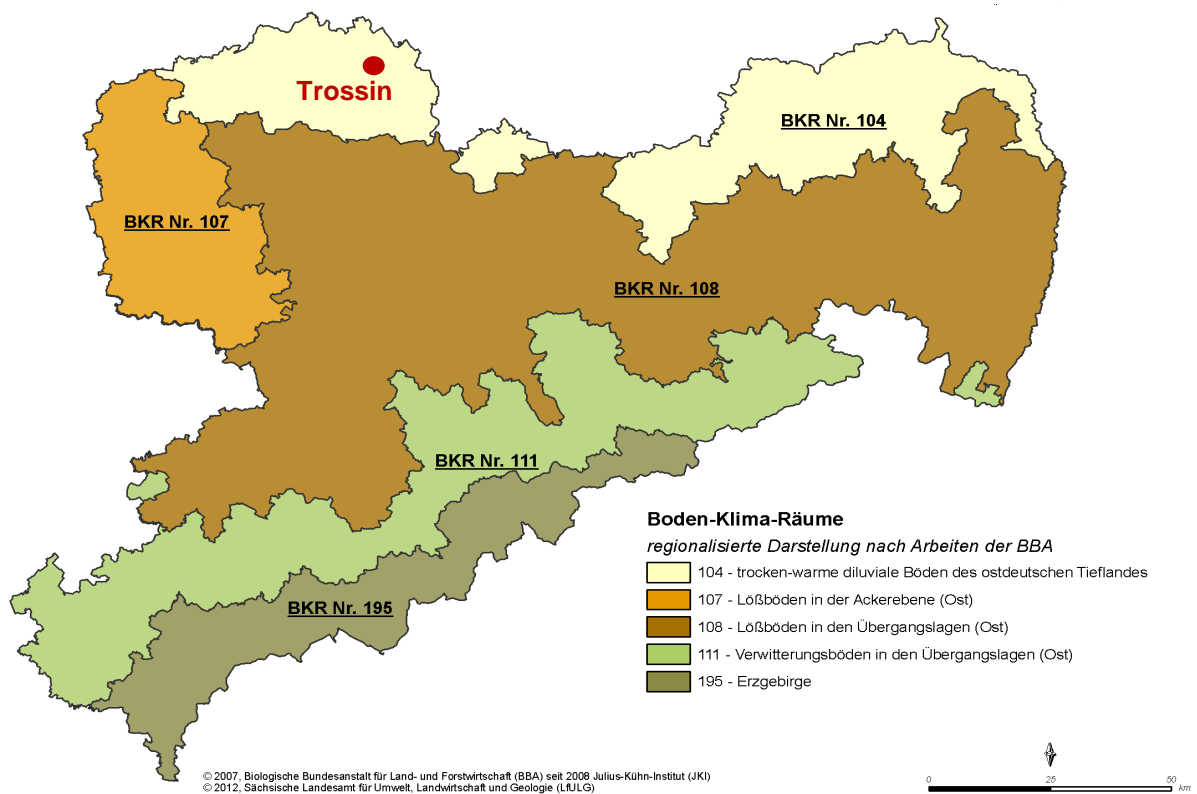


Abbildung 2: Lage des Versuchsstandortes Trossin in Sachsen und Zuordnung zum Boden-Klima-Raum 104 (hellgelb) (Kartenquelle: LfULG 2012)

2.2 Versuchsaufbau

Die **Versuchsfläche** befindet sich auf der Versuchsstation der Biochem agrar GmbH in Trossin. Es handelt sich um eine randomisierte Blockparzellenanlage (Länge: 160 m, Breite: 40 m), bestehend aus zwei Versuchsanlagen (Grundversuch mit 10 Prüfgliedern mal vier Wiederholungen = 40 Parzellen [für das Projekt EVA wurden nur 8 x 4 Prüfglieder = 32 Parzellen genutzt] und um ein Jahr zeitlich versetzt angelegte Spiegelvariante mit 8 Prüfgliedern/Fruchtfolgen mal vier Wiederholungen = 32 Parzellen). Die Durchführung des EVA-III-Grundversuchs (Versuchsanlage 5) begann im Herbst 2012/Frühjahr 2013, bei der Spiegelung (Versuchsanlage 6) erfolgte die erste Aussaat im Herbst 2013 bzw. Frühjahr 2014. Der Fruchtfolgeversuch des Projektes EVA III baut auf Vorversuche des Projektes EVA der Jahre 2005 bis 2009 (Versuchsanlagen 1 und 2) bzw. EVA II der Jahre 2009 bis 2013 (Versuchsanlagen 3 und 4) auf. Die Größe einer Anlageparzelle beträgt 36 m² (6 m x 6 m), geerntet wurde die innere Kernparzelle von 18 m² (3 m x 6 m). Die Versuchsanlage zeigt Abbildung 3 und Abbildung 4.

Beim **Energiefruchtfolgeversuch** wurden acht verschiedene Varianten untersucht (Tabelle 1). Sie berücksichtigten sowohl traditionelle Kulturpflanzen (Mais, Getreidepflanzen) als auch neuere Arten wie Zucker-/Futterhirsen und Sudangrashybriden (Sorghumhirsen). Weiterhin wurde die Kombination von Energiepflanzen und Marktfrüchten geprüft. Zur Erhöhung der Biodiversität sind mit Rüben, Gemenge (z. B. Wickroggen) und Blümmischungen weitere für die Energiepflanzenproduktion interessante Kulturen in die Fruchtfolgen aufgenommen worden. Zur optimalen Ausnutzung der gesamten Vegetationszeit kam den Zwischenfrüchten (Sommer- und Winterkulturen) sowie dem Zweikultur-Nutzungssystem eine große Bedeutung zu. Das Ziel der ganzjährigen Bodenbedeckung zur Vermeidung von Erosionen und Nährstoffverlagerungen im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie konnte auch durch Ackergras-(Leguminosen-)Mischungen erzielt werden.

Die ertragsstärksten Fruchtfolgen aus EVA II (**FF 1-3**), bestehend aus einer Kombination von C₃-Pflanzen (Getreideganzpflanzen) und C₄-Pflanzen (Mais, Sorghumhirsen), wurden zur Ertrags- und Datensicherung bei EVA III übernommen. Weil Wintergetreide im Vergleich zu den Sommergetreidekulturen einen bedeutenden Mehrertrag von 20–25 % realisierte (LfULG 2009; GRUNEWALD & JÄKEL 2014), wurde auf Sommerarten in den Anbausystemen verzichtet. Versuche mit Sorghumhirsen zeigten ein höheres Ertragspotenzial der Futterhirsen (*Sorghum bicolor*), dagegen eine bessere und schnellere Abreife bei den Sudangrashybriden (*Sorghum bicolor x sudanense*; THEIß & JÄKEL 2012, 2014). Demzufolge wurden Futterhirsen als Hauptfrüchte und die Sudangrashybriden als Zweit- bzw. Sommerzwischenfrüchte in die Fruchtfolgen aufgenommen. Auch EVA III setzte auf mehrjährige Ackerfutter-Leguminosen-Mischungen (**FF 4**). Im Vergleich zu EVA II wurde Luzerne-Kleegrass mit dem trockenoleranteren Luzernegrass, einem Gemenge aus Luzerne, Knautgras und Glatthafer, ausgetauscht, weil Rotklee in den meisten Versuchsjahren aufgrund von Wassermangel verdrängt wurde. Das Ziel der Gewinnung und Darstellung von Rüben als nachhaltiges Biogassubstrat und eines vermehrten Anbaus in der Praxis verfolgte Fruchtfolge 5 (**FF 5**). Neben diesen fünf aus EVA I und EVA II weitergeführten Fruchtfolgen zum langjährigen und regionalen Vergleich wurden für EVA III drei neue themenspezifische Anbausysteme konzipiert: (**FF 6,7,8**)

- die ökonomisch optimierte Fruchtfolge 6 (Mais-Referenz-Fruchtfolge)
- die Klimagas-optimierte Fruchtfolge 7, die analog der Fruchtfolge 3 aufgebaut ist, allerdings mit 25 % weniger Stickstoff gedüngt wurde
- die Biodiversitäts-Fruchtfolge 8 als Anziehungspunkt für Brutvögel und Blütenbesucher

Praktiker bemängelten oft, dass die gerade für leichte, trockenere Böden relevante Getreideart Winterroggen in Trossin keinen Platz in den EVA II-Anbausystemen gefunden hat. Dies wurde bei der Versuchsplanung des Folgeprojektes berücksichtigt. Sowohl Roggen-Reinbestände als auch Gemenge wie Wickroggen – ein winterhartes Gemenge aus Winterwicke und Winterroggen, zum Teil erhältlich mit Grasmischungspartnern wie Wiesenschwingel oder Welschem Weidelgras – wurden bei EVA III erprobt (FF 5 und 8).

Die Fruchtfolgevarianten sollten einheitlich mit dem Anbau von Winterroggen zur Kornnutzung abschließen, um fruchtfolgeabhängige Einflüsse zu prüfen (Tabelle 1). Aufgrund des vorzeitigen Projektabbruchs konnten die Anbauversuche jedoch nicht mit der Abschlussfrucht beendet werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Acht Fruchtfolgesysteme (mit Angabe von Erntejahr, Nutzung und Fruchtfolgestellung der angebauten Kulturarten), die im Rahmen des Projektes EVA III (2013–2015) am Versuchsstandort Trossin (Sachsen) untersucht wurden

FF	2013/2014 *	2014/2015 *	2015/2016 *	2016/2017 *
1	WiGerste (GPS, HF) S. b. x s. (GPS, SZF)	Mais (GPS, HF)	WiTriticale (GPS, HF) Phacelia (GD, SZF)	WiRoggen (Korn, HF)
2	Senf (GD, SZF) S. bicolor (GPS, HF)	Grünroggen (GPS, WZF) Mais (GPS, ZF)	WiTriticale (Korn, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
3	Senf (GD, SZF) Mais (GPS, HF)	Grünroggen (GPS, WZF) S. b. x s. (GPS, ZF)	WiTriticale (GPS, HF) Einj. Weidelgras (GPS, SZF)	WiRoggen (Korn, HF)
4 Ackerfutter-FF	Luzernegras (GPS, HF)	Luzernegras (GPS, HF)	Mais (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
5 Rüben-FF	Wickroggen (GPS, HF)	W. Weidelgras (GPS, WZF) Mais (GPS, ZF)	Zuckerrübe (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
6 ökonom. FF	Mais (GPS, HF)	Mais (GPS, HF)	Mais (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)
7 Klimagas-FF -25 % N zu FF 3	Senf (GD, SZF) Mais (GPS, HF)	Grünroggen (GPS, WZF) S. b. x s. (GPS, ZF)	WiTriticale (GPS, HF) Einj. Weidelgras (GPS, SZF)	WiRoggen (Korn, HF)
8 Biodiversitäts- FF	Wickroggen (GPS, WZF) Mais (GPS, ZF)	Hybridroggen (GPS, HF)	Blühmischung (GPS, HF)	WiRoggen (Korn, HF)

* Erntejahr: Grundversuch (Anlage 5)/Spiegelung (Anlage 6); Nutzung: GPS = Ganzpflanzensilage, GD = Gründüngung; Fruchtfolgestellung: SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht
Schattierung weiß = Ernte als Ganzpflanzensilage, Schattierung hellgrün = Ernte als Marktfrucht zur Kornnutzung



Abbildung 3: EVA III-Blockparzellenanlage in Trossin (Grundversuch)

links: Anlage 6 (Spiegelung, 5. Mai 2014), Grundversuch – Anlage 5 (ab 2013) rechts: Anlage 5 (1. Juli 2013), Spiegelvariante – Anlage 6 (ab 2014)

5 d	3 d	8 d	2 d	7 d	4 d	6 d	1 d
4 c	7 c	1 c	6 c	8 c	2 c	3 c	5 c
6 b	8 b	5 b	7 b	3 b	1 b	4 b	2 b
1 a	2 a	3 a	4 a	5 a	6 a	7 a	8 a

10 d	6 d	4 d	7 d	1 d	8 d	2 d	3 d	9 d	5 d
2 c	1 c	9 c	3 c	5 c	7 c	8 c	10 c	4 c	6 c
5 b	6 b	4 b	7 b	2 b	8 b	1 b	3 b	9 b	10 b
1 a	2 a	9 a	3 a	7 a	5 a	6 a	10 a	4 a	8 a

Abbildung 4: EVA III-Versuchsfläche – randomisierte Blockparzellenanlage – auf der Versuchsstation der Biochem agrar GmbH in Trossin

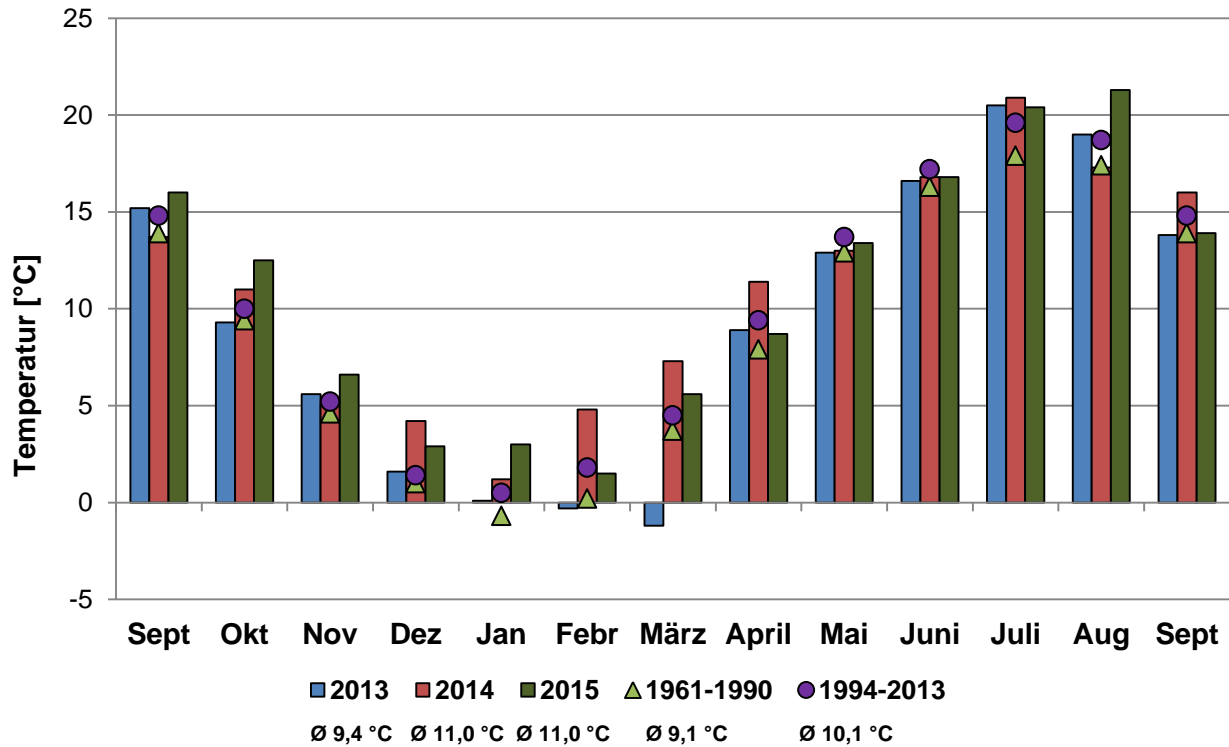
links: Spiegelvariante [Anlage 6] mit 8 Prüfgliedern x 4 Wiederholungen/32 Parzellen – Beginn: 2014

rechts: Grundanlage mit 10 Prüfgliedern x 4 Wiederholungen/40 Parzellen – Beginn: 2013 (Prüfglieder 9 und 10 wurden nicht für Versuche im Rahmen des EVA-Projektes genutzt)

● Standpunkt des Fotografen in Abbildung 3

2.3 Witterungsverlauf

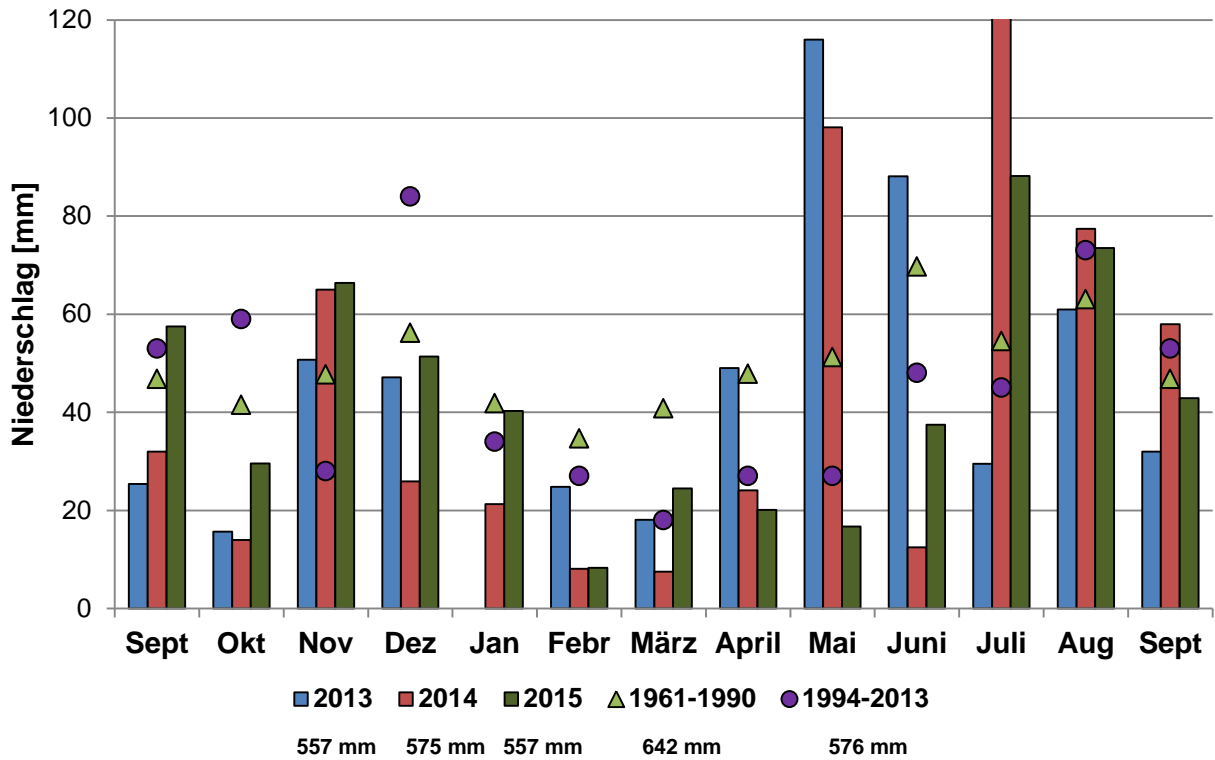
Die Witterungsparameter Lufttemperatur [° C], Niederschlagsmenge [mm] und Globalstrahlung [W/m²] für den Versuchsstandort Trossin (Datenquelle: Wetterstation Spröda des LfULG) der Vegetationsjahre 2013, 2014 und 2015 sind im Vergleich zum 30-jährigen Mittel (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, 1961-1990) und 20-jährigen Mittel (Wetterstation Spröda, 1994-2013) in Abbildung 5 bis Abbildung 7 dargestellt. Die agrarmeteorologische Messstation Spröda befindet sich im gleichen klimatischen Raum wie Trossin (Boden-Klima-Raum 104: trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes).



° C	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept
2012/ 2013	15,2	9,3	5,6	1,6	0,1	-0,3	-1,2	8,9	12,9	16,6	20,5	19,0	13,8
2013/ 2014	13,8	11,0	5,1	4,2	1,2	4,8	7,3	11,4	13,0	16,8	20,9	17,3	16,0
2014/ 2015	16,0	12,5	6,6	2,9	3,0	1,5	5,6	8,7	13,4	16,8	20,4	21,3	13,9
1961- 1990	13,9	9,4	4,6	1,0	-0,7	0,2	3,7	7,9	12,9	16,3	17,9	17,4	13,9
1994- 2013	14,8	10,0	5,2	1,4	0,5	1,8	4,5	9,4	13,7	17,2	19,6	18,7	14,8

Abbildung 5: Monatliche Mittel der Lufttemperatur des Versuchszeitraums (2 m Höhe, in °C):

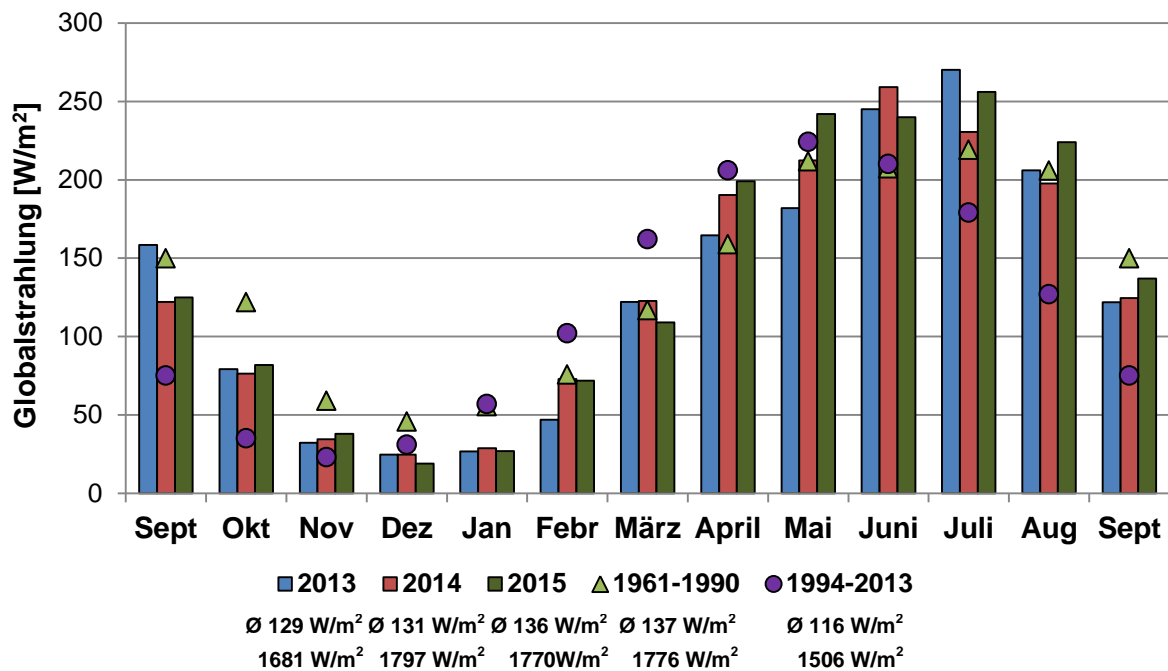
- Säule blau: Versuchsjahr 2013 (Sept. 2012–Sept. 2013), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule rot: Versuchsjahr 2014 (Sept. 2013–Sept. 2014), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule grün: Versuchsjahr 2015 (Sept. 2014–Sept. 2015), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Dreieck grün: 30-jähriges Temperatur-Monatsmittel (1961-1990), Mittelwerte von Torgau und Oschatz (Deutscher Wetterdienst)
- Kreis lila: Lufttemperatur-Monatsmittel des Zeitraums 1994-2013, Trossin (Wetterstation Spröda)



mm	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept
2012/ 2013	25	16	51	47	0	25	18	49	116	88	30	61	32
2013/ 2014	32	14	65	26	21	8	8	24	98	13	131	77	58
2014/ 20 15	58	30	66	51	40	8	25	20	17	38	88	74	43
1961- 19 90	47	42	48	56	42	35	41	48	51	70	55	63	47
1994- 20 13	53	59	28	84	34	27	18	27	27	48	45	73	53

Abbildung 6: Monatliche Niederschlagssummen des Versuchszeitraums (in mm):

- Säule blau: Versuchsjahr 2013 (Sept. 2012–Sept. 2013), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule rot: Versuchsjahr 2014 (Sept. 2013–Sept. 2014), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule grün: Versuchsjahr 2015 (Sept. 2014–Sept. 2015), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Dreieck grün: monatliche Niederschlagssummen im Mittel der Jahre 1961-1990, Mittelwerte von Torgau und Oschatz (Deutscher Wetterdienst)
- Kreis lila: monatliche Niederschlagssummen im Mittel der Jahre 1994-2013, Trossin (Wetterstation Spröda)



W/m ²	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept
2012/ 2013	159	79	32	25	27	47	122	165	182	245	270	206	122
2013/ 2014	122	77	35	25	29	73	123	190	212	259	231	198	125
2014/ 20 15	125	82	38	19	27	72	109	199	242	240	256	224	137
1961- 19 90	150	122	59	46	56	76	117	159	212	207	219	206	150
1994- 20 13	75	35	23	31	57	102	162	206	224	210	179	127	75

Abbildung 7: Monatsmittel der Globalstrahlung des Versuchszeitraums (in W/m²):

- Säule blau: Versuchsjahr 2013 (Sept. 2012–Sept. 2013), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule rot: Versuchsjahr 2014 (Sept. 2013–Sept. 2014), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Säule grün: Versuchsjahr 2015 (Sept. 2014–Sept. 2015), Trossin (Wetterstation Spröda des LfULG)
- Dreieck grün: 30-jähriges Globalstrahlung-Monatsmittel (1961-1990), Mittelwerte von Torgau und Oschatz (Deutscher Wetterdienst)
- Kreis lila: Globalstrahlung-Monatsmittel der Jahre 1994-2013, Trossin (Wetterstation Spröda)

Vegetationsjahr 2013

Im Herbst 2012 wechselten sich wärmere, trockenere, sonnenscheinreiche und kühlere, feuchtere Abschnitte ab. Mit Ausnahme von Ende November und Anfang bis Mitte Dezember 2012 (kalt, Schneefall) begann der Winter sehr mild und regenreich. Der milde Winter setzte sich auch im Jahr 2013 fort, wurde jedoch von einigen Frostperioden, größtenteils ohne schützende Schneedecke, unterbrochen. Die von Mitte März bis Mitte April andauernde Kälte brachte einen Vegetationsrückstand der Winterkulturen von ca. 2 Wochen. Nach ein paar sonnenscheinreichen Sommertagen Ende April blieb das Frühjahr 2013 insgesamt im durchschnittlichen Temperaturbereich. Extreme Dauerniederschläge bis hin zu Starkregenereignissen prägten den Vorsommer.

Vom „Hochwasser Sachsens“ waren jedoch nur wenige Parzellen der Versuchsfläche betroffen. Auf die Nässe folgten Hitze und Trockenheit verbunden mit Blattschäden an den Feldfrüchten. Die wenigen Niederschläge im Juli ($\bar{\varnothing}$ 30 mm) traten in der letzten Monatswoche in Form von Gewittern auf. Die warmen Sommertemperaturen reichten bis in den September hinein, aber es gab auch schon die ersten frischen Nächte mit Temperaturen < 5 °C. Niederschläge traten im August 2013 ebenfalls nur an wenigen Tagen und dann meist unwetterartig auf. Ab Mitte September unterbrachen Tiefausläufer den „goldenen“ Herbstbeginn mit stark bewölkten Tagen und Nieselregen. Zum Monatsende hin setzte sich wieder wärmeres, sonniges Wetter durch, welches die Durchschnitts-Sonnenscheinbilanz im September 2013 deutlich verbesserte.

Vegetationsjahr 2014

Das Versuchsjahr 2014 (September 2013–September 2014) verlief mit $\bar{\varnothing}$ 11,0 °C und 575 mm Niederschlag im Vergleich zum langjährigen Mittel des Deutschen Wetterdienstes (1961-1990) deutlich zu warm und zu trocken. Aber schon bei den Aufzeichnungen der LfULG-Wetterstation Spröda ab dem Jahre 1994 zeichnet sich ein Temperaturanstieg und ein Rückgang der jährlichen Niederschlagsmenge ab. Die Globalstrahlung lag in der Summe mit 1.797 W/m² etwas über dem DWD-Referenzwert. Die Aussaat der Winterungen wurde im Herbst 2013 von wechselnden Wetterlagen begleitet: Anfang September 2013 spätsommerlich schön, ab Mitte des Monats ein abrupter Temperatursturz mit Nachtfrösten sowie überwiegend nasser und neblig-trüber Witterung, aber ab der zweiten Oktoberhälfte wieder milder und trockener. Bis auf wenige kalte Tage unter dem Nullpunkt Ende November 2013 war der Winter extrem mild, grau, windig und zu niederschlagsarm. Die warme Westströmung setzte sich fort und führte zu einem überdurchschnittlich warmen und sonnenscheinreichen Frühling. Während der März und April 2014 zu wasserarm waren, sorgten vor allem heftige Gewitter für einen nassen Mai. Der Sommer 2014 zeigte sich bei insgesamt leicht überdurchschnittlicher Temperatur und Sonnenstrahlung anfangs sehr trocken (Juni). Im Juli und August gelangte Trossin häufiger in den Einflussbereich von Tiefdruckgebieten, die schwül-warme Luft mit Starkniederschlägen brachten. Die Erntezeit war in Bezug auf das Wetter sehr abwechslungsreich: Teils herrschten noch hochsommerliche Temperaturen mit viel Sonnenschein, teils zeigte sich schon der deutlich frischere Herbst mit Regen, Nebel und ersten Nachtfrösten.

Vegetationsjahr 2015

Im Herbst 2014 dominierte warme Luft, Nachtfröste blieben aus. Der Herbst 2014 war rund 2 °C wärmer als das Mittel der letzten 20 Jahre (1994-2013). Bis auf den Oktober war das Wasserangebot ausreichend. Auch der Winter ist bis auf ein paar wenige Frostphasen sehr mild verlaufen. Auf einen sehr trüben, windigen und nasserer Januar folgten ein trockener, sonnenscheinreicherer Februar und März 2015. Im Frühjahr verschärfte sich die Wasserlage deutlich. Extreme Dürreperioden ab Ende April führten zu erheblichen Schwierigkeiten beim Aufgang der Sommerfrüchte, insbesondere der Zweitkulturen. Durchschnittliche Frühjahrstemperaturen gingen in sehr heiße Sommermonate über. Hohe Sonneneinstrahlung und Hitze verursachten Trockenstress und -schäden an den Pflanzen. Kurze Starkregenereignisse Mitte Juni und Juli 2015 konnten die entleerten Bodenwasservorräte zwar nicht auffüllen, führten aber zur Verbesserung der Etablierungssituation bei den Zweitfrüchten. „Bestandesrettende“ Niederschläge kamen erst Mitte August bis Anfang September. In Kombination mit der sehr warmen, sonnenscheinreichen Witterung konnten die Sommerkulturen noch deutlich an Biomasse zulegen. Trockenstress induzierte Abreife, verbunden mit einem starken Anstieg des TS-Gehaltes, führte dennoch zu einer vorzeitigen Ernte, sodass die Vegetationszeit von den meisten Kulturen nicht ausgenutzt wurde.

Zusammenfassung

Zusammenfassend zeichnet sich deutlich eine Temperaturerhöhung ab. Die Temperaturmittelwerte der Versuchsjahre 2014 und 2015 liegen weit über dem DWD-Standortmittel von 9,1 °C für den Zeitraum 1961-1990. Temperaturentnahmen des LfULG seit 1994 bekräftigen diese Vermutung (1994-2013: $\bar{\varnothing}$ 9,8 °C). Nieder-

schläge fielen im Versuchszeitraum viel geringer aus im Vergleich zum langjährigen Mittel des DWD (1961-1990). Der Beobachtungszeitraum 1994-2013 verzeichnet ebenfalls eine Abnahme der Wassermenge innerhalb einer Vegetationsperiode. Der Versuchsstandort Trossin ist demnach interessant für Fragestellungen zum Anbau unter Beeinflussungen des Klimawandels (Globale Erwärmung).

Eine Übersicht zur Witterung in den einzelnen Versuchsjahren mit Bewertung für das pflanzliche Wachstum ist in Tabelle 2 aufgezeigt.

Tabelle 2: Bewertung der Witterung in den Versuchsjahren 2013–2015 (Vegetationsperiode September–September) am Standort Trossin

Jahr	Ø-Temperatur/ Niederschlagssumme	Witterung	Auffälligkeiten	Bewertung für Pflanzenwachstum
2013	T = 9,4 °C NS = 557 mm	wechselhaft	Frühjahr kalt, Vorsommer mit Starkregenereignissen, Sommer sehr heiß und trocken	Wachstumsrückstand der Winterkulturen, Hitzestress bei den Sommerungen durch mild-feuchte Witterung Förderung von Pilzkrankheiten (Getreide), Auflaufprobleme der Sommerhauptfrüchte, gute Etablierungsbedingungen für Zweitkulturen, Spätsommer sehr gute Wachstumsbedingungen für C ₄ -Pflanzen
2014	T = 11,0 °C NS = 575 mm	warm/ Wasserangebot wechselnd	Winter mild, Apriltrockenheit, Mai nass, Sommer anfangs trocken, dann schwül-warm mit NS	erhebliche Probleme beim Aufgang der Zweitkulturen, Trockenstress und -schäden bei den Sommerfrüchten, daher auch frühzeitige Abreife
2015	T = 11,0 °C NS = 557 mm	warm/trocken	Winter mild, ausgeprägte Frühjahrs- und Sommertrockenheit, „Bestandesrettende“ Niederschläge ab Mitte August	
Ø	Mittel der Jahre 1961-1990 (DWD) Temperatur: 9,1 °C Niederschlag: 642 mm		Mittel der Jahre 1994-2013 (LfULG) Temperatur: 10,1 °C Niederschlag: 576 mm	

2.4 Anbautechnik

Hauptkriterium für einen erfolgreichen Energiepflanzenanbau ist der Trockenmasseertrag der oberirdischen Pflanzenteile, weil dieser bei den meisten Kulturarten mit dem Biogas/Methangas- bzw. Bruttoenergieertrag korreliert (RÖHRICHT et al. 2008). Geeignete Biogaspflanzen müssen sich weiterhin durch eine gute Silier- und Vergärbarkeit auszeichnen, wobei der TS-Gehalt des Erntegutes eine große Rolle spielt. Aus diesem Grund wurden an den Standort angepasste (leichte Böden, geringe Wasserspeicherkapazität des Oberbodens, geringe Niederschläge) **Sorten** gewählt, die hohe Mengen an Biomasse (Trockenmasse) für die Biogasproduktion bereitstellen sowie eine möglichst rasche Jugendentwicklung und ein günstiges Abreifeverhalten aufweisen. Angaben zu den angebauten Sorten sind Anlage1 im Anhang zu entnehmen. Weil der mittelspäte Mais „Atletico“ (S 280) im Vorgängerprojekt in kühleren Versuchsjahren und als Zweitfrucht nicht zufriedenstellend abreifte, wurde bei EVA III auf frühere Mais-Sorten (Hauptfrucht: S 240-S 270 „Ronaldino“/„Grosso“/„Agro Vitallo“, Zweitfrucht: S 230-S 240 „Padrino“/„Claudino“) gesetzt. Die *Sorghum bicolor*-Sorte „HERKULES“ wurde 2013 nach den aktuellen Anbauempfehlungen ausgewählt (THEIß & JÄKEL 2012 und mündliche Mitteilung 2013). Weil die Sorte „Palazzo“ bereits in Versuchen zur Ertragsprüfung von Hybridroggen an drei säch-

sischen Standorten zum Einsatz kam, wurde sie zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse auch bei EVA III verwendet (GRUNEWALD & JÄKEL 2014 b). Für Wickroggen, ein winterhartes Gemenge aus Roggen und Wicke, wurde die aussaatfertige Variante mit Untersaat (Welsches Weidelgras) ausgesucht (Wickroggen Plus, vgl. Anlage 1), um in Fruchtfolge 5 kostengünstig zu verfahren. Das Welsche Weidelgras wurde nach der Wickroggen-Ernte als Winterzwischenfrucht vor Mais weiter genutzt (siehe Tabelle 1). Die Luzernegras-Mischung QA7 (4 kg/ha Knaulgras, 3 kg/ha Glatthafer und 13 kg/ha Luzerne) für wechsellückende bis trockene Standorte entspricht den Normen einer Sächsischen Qualitätsmischung. Als Blütmischung zur Biomasseerzeugung wurde die ökonomisch ausgerichtete „BG 90“ empfohlen. Diese ist noch zur Aussaat nach Abernte von GPS-Getreide geeignet. Von einer einjährigen Biogas-Wildpflanzenmischung wie die „BG 80“ wurde aufgrund des relativ späten Aussaattermins nach Hybridroggen abgeraten (Saatenzeller 2014, mündliche Mitteilung).

Die anbautechnischen Maßnahmen erfolgten nach den Prinzipien der guten fachlichen Praxis.

Anlage 1 gibt die **Aussaat**- und Aufgangsdaten sowie Saatstärken der einzelnen Fruchtfolgeglieder des Fruchtfolgeversuches wieder. Bei allen Fruchtarten wurde ein standortüblicher Aussaattermin gewählt.

Im Versuchsjahr 2013 konnten die Sorghumhirsen aufgrund von Starkregenfällen und folglich Bodenvernässung erst relativ spät gedreht werden. Sowohl *Sorghum bicolor* in Hauptfruchtstellung (FF 2) als auch *Sorghum bicolor x sudanense* in Zwischenfruchtstellung (FF 1) wurden am selben Tag (7. Juni 2013) gedreht. Auch nach der Wickroggenernte am 23. Mai 2013 verzögerte sich die Mais-Zweitfrucht-Aussaat bis in den Juni. Mais in Hauptfruchtstellung dagegen konnte zum optimalen Aussaattermin Ende April in den Boden gebracht werden.

Bodenvernässungen nach den C₄-Pflanzen-Ernten Anfang Oktober 2013 machten auch die Aussaat des Roggens (Grünroggen, Hybridroggen) erst zum 22. Oktober 2013 möglich. Es wurde versucht, diese Spätsaaten mit höheren Saatstärken zu kompensieren (390 bzw. 270 Körner/m²). Der zeitige Drusch der Vorfrucht Roggen ließ bei den Getreidearten (Wintergerste und Wickroggen) der Spiegelanlage dagegen ein Drillen zum Optimaltermin Mitte September zu. Mais in Hauptfruchtstellung konnte aufgrund sehr günstiger Witterungsbedingungen bereits 2 Wochen früher – Mitte April 2014 – in den Boden gebracht werden. Bei den Sorghumhirsen behinderten abfallende Temperaturen und Regenfälle Anfang Mai ein vorzeitiges Drillen. *Sorghum bicolor* wurde nach Anbauempfehlung Mitte Mai, allerdings mit einer leicht erhöhten Saatedichte (27 Körner/m²) ausgesät (THEIB & JÄKEL 2012). *Sorghum bicolor x sudanense* in Zweit- und Zwischenfruchtstellung wurde aufgrund der sehr frühen Vorfruchternten im Frühjahr 2014 bereits kurz nach der *Sorghum*-Hauptfrucht gedreht (23. Mai 2014).

Im Vegetationsjahr 2015 machte den lückenhaften Aufgang von Wintertriticale ein Nachdrillen Anfang November unumgänglich (235 Kö/m²). Hybrid- und Grünroggen wurden aufgrund der spät geernteten Vorfrüchte (Mais, *Sorghum*) erst Ende Oktober 2014 gesät. Infolge der stark ausgeprägten Frühjahrstrockenheit konnten die Zweitkulturen Mais und *Sorghum bicolor x sudanense* erst Ende Mai 2015 in den Boden gebracht werden.

Die Berechnung der Aufwandmenge an **Gesamtstickstoff** für die einzelnen Pflanzenarten erfolgte mithilfe des Programms BEFU (FÖRSTER et al. 2013, 2014, 2015). Dieses Programm berücksichtigt den mineralischen Nährstoffgehalt des Bodens (N_{min}-Gehalt) vor der Düngung im Frühjahr und die Ertragserwartung der Fruchtart (Nährstoffentzug bei der Ernte). In Anlage 1 sind die Düngermengen für mineralischen Stickstoff angegeben. Kulturarten in Fruchtfolge 7 als Klimagasoptimierte Variante wurden nur mit 75 % N_{optimal} versorgt. Im Jahr 2013 erfolgte die N-Düngergabe mittels KAS (Kalkammonsalpeter aus 13,5 % Nitratstickstoff, 13,5 % Ammoniumstickstoff und 22 % Calciumcarbonat), 2014 hauptsächlich mittels Alzon 46 (Harnstoff mit Nitrifikationshemmstoff, 46 % N Gesamtstickstoff als Carbamidstickstoff) und 2015 aufgrund geringer S_{min}-Werte im

Frühjahr mit Piammon 33-S (Ammoniumsulfat-Harnstoff aus 22,6 % Carbamidstickstoff, 10,4 % Ammoniumstickstoff und 12 % wasserlöslichem Schwefel). Zu Mais und Sorghum wurde 2014 erstmalig eine Unterfußdüngung von 18 kg N/ha Diammonphosphat (DAP – 18 % Ammonium, 46 % wasserlösliches Phosphat) gegeben.

Im Versuchsjahr 2014 fand eine **Grunddüngung** der Versuchspartellen statt (Triplesuperphosphat mit 46 % Phosphat, Kornkali aus 40 % Kaliumoxid, 6 % Magnesiumoxid, 4 % Natriumoxid und 12,5 % Schwefeltrioxid, siehe Anlage 1). Die letzte Grunddüngung der Versuchspartellen erfolgte im März 2011 (K, P und Mg: 100 kg/ha 60iger Kali, 30 kg/ha Triple-Super-Phosphat, Anlage 5) bzw. im März 2012 (Ca, Mg: 15 dt/ha Kohlensaurer Magnesiumkalk, Anlage 6).

Weil Energiepflanzen im Vergleich zu Marktfrüchten nicht vollkommen „rein“ (ohne Unkräuter) geerntet werden müssen, ist der intensive **Einsatz von Pflanzenschutzmitteln** unnötig. Je nach Pflanzenart und Unkrautwachstum bzw. Schädlingsbefall wurde eine niedrige bis mittlere Behandlungsintensität gewählt. Gegen einkeim- und zweikeimblättrige Schadgräser bzw. -kräuter kamen jeweils für die Pflanzenart zugelassene und empfohlene Herbizide zum Einsatz (Successor, Maister Power, Kelvin und Certrol B [Mais], Gardo Gold [C₄-Pflanzen, Rübe], Rebell, Betanal Expert, Fusilade Max und Spectrum [Rübe] sowie Arelon, Fenikan und Herald SC [Getreide]). Zur Bekämpfung von beißenden und saugenden Insekten wurde das Insektizid Karate Zeon verwendet. Die schlecht entwickelten Hybridroggen- und Triticalebestände wurden 2013/2014 bzw. 2014/2015 mit Fungiziden gegen Pilzkrankheiten (Amistar, Folicur) und Wachstumsreglern (CCC) zur Halmfestigung und Bestockung behandelt. Auch die Rübe wurde gegen pilzliche Schaderreger gespritzt (Juwel). Zu gut etablierten Getreidebeständen wurden weder Fungizide noch Wachstumsregler gegeben. Eine genaue Auflistung der angewendeten Pflanzenschutzmittel zeigt Anlage 1.

Die Maiszünslerbekämpfung erfolgte auf biologische Weise mithilfe der Schlupfwespenart *Trichogramma brassicae*. Die weniger als 0,5 mm großen Trichogramma-Weibchen parasitieren die Maiszünsler-Eier, indem sie ihre Eier direkt in die des Maisschädling ablegen. Kurze Zeit später schlüpfen aus den Maiszünsler-Eiern neue Schlupfwespen, die weitere Maiszünsler-Eier befallen und somit das Schadpotenzial weiter reduzieren (Biocare 2013). Die Nützlinge wurden über Trichosafe[®]-Kugeln der Firma Biocare manuell ausgebracht (Abbildung 8). Die Standard-Variante für einen mittleren Maiszünsler-Befall beträgt 100 Kugeln je Hektar. Pro Parzelle wurden zwei Zellstoffkügelchen mit je 1.100 Schlupfwespen auf den unteren Maisblättern verteilt. Sie wurden zweimalig ausgebracht, zum Flugbeginn des Maiszünslers und nochmals 14 Tage später. In den Trichosafe[®]-Kugeln befinden sich verschiedene Entwicklungsstadien der von Trichogramma parasitierten Wirtseier und nicht geschädigte Eier, sodass sich der Schlupf zur längeren Wirksamkeit über einen Zeitraum von bis zu drei Wochen hinzieht. Der richtige Ausbringzeitpunkt wurde vom Referat Pflanzenschutz des LfULG über ein Monitoring mithilfe von Lichtfallen bestimmt.



Abbildung 8: Biologisch abbaubare Trichosafe®-Kugel (Biocare) aus Zellstoff und Paraffin mit 1.100 Schlupfwespen

Die Ganzpflanzen-Ernte der Kernparzellen (3 m x 6 m = 18 m²) erfolgte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 (Abbildung 9, links) bzw. des Frontmähers bei Gräsern und -mischungen (Abbildung 9, rechts). Das mithilfe des Frontmähers geerntete Material wurde in einem Tischhäcksler von Hege weiter zerkleinert. Die Rüben wurden per Hand geerntet, anschließend mithilfe einer Handsichel entblättert und mit einer groben Bürste von Bodenpartikeln entfernt. In einem Tisch-Rübenhäcksler (Agrarhandel Spreeau) wurden sie zerkleinert. Bei Beerntung der Marktfrüchte mithilfe des Parzellenmähers (Stoppelhöhe: 10 cm) erfolgte die Strohablage im Schwad und die Auswaage des geborgenen Stroh s manuell. Das Stroh wurde auf den Acker zurückgeführt. Nach der Ernte des Wickroggens in Fruchtfolge 5 wurde der Boden nicht bearbeitet, weil das Welsche Weidelgras dem nachfolgenden Zweikultursystem als Winterzwischenfrucht zur Verfügung stehen soll. Die Sommerzwischenfrucht Gelbsenf als Vorfrucht der Fruchtfolgen 2, 3 und 7 wurde nach dem Abfrieren zur Gründüngung in den Boden eingearbeitet (mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge). Ertragsdaten dieser Sommerzwischenfrucht und anderer nicht erntewürdiger Zwischenfrüchte wurden über Quadratmeterschnitte erhoben. Bei der Wahl des Erntetermins wurde das Entwicklungsstadium der Pflanzen (BBCH-Stadium), insbesondere aber die technologische Reife (Trockensubstanz-(TS-)Gehalt) berücksichtigt. Dazu wurden regelmäßig Probeernteten in der Randparzelle durchgeführt. Aus dem frischen Erntegut mit einer Häcksellänge von 1 cm wurde Probenmaterial für die TS-Bestimmung, die Inhaltsstoffanalytik und die Batch-Versuche/Silagen (Mischprobe aus 4 Parzellen) gewonnen. Die Ernteangaben sind ebenfalls in Anlage1 nachzulesen.



Abbildung 9: Ganzpflanzenernte mit dem Parzellenhäcksler Hege 212 (links) und Schnitt der Gräser(-mischungen) mit dem Frontmäher (rechts)

2.5 Datenerhebung

Beim Fruchtfolgeversuch EVA III wurden umfangreiche Bonituren und Messungen erhoben, die als Datengrundlage zur vernetzenden Auswertung in Kooperation mit Versuchspartnern anderer Teilprojekte dienen, z. B. für Studien zu biotischen und abiotischen Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus sowie für ökonomische Bewertungen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die **Prüfmerkmale** am Standort Trossin.

Tabelle 3: Zu erhebende Daten im Energiefruchtfolgeversuch am Standort Trossin

Prüfmerkmal	Beschreibung
Wetterdaten	Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Luftfeuchte - LfULG-Wetterstation Spröda
Boden	NO ₃ -N, NH ₄ -N, N _{min} , P, K, Mg, pH, Bodenwassergehalt Bodentiefen: 0-30, 30-60, 60-90 cm Termine: Vegetationsbeginn, Ernte, Vegetationsende
Bestandesstruktur	Aufgang, Bestandesdichte, Bodenbedeckung, Bestandeshöhe, Unkrautbesatz, Lagerneigung, Mängelbonituren, Krankheiten und Schädlinge
Biomasseschnitte (Fraktionierung von Stängel, Blättern und generativen Organen)	Ertrag: FM, TM, TS der einzelnen Pflanzenteile Pflanzenentwicklungsreihe mit 4 Terminen
Erntegut	FM-Ertrag, TM-Ertrag, TS-Gehalt [105 °C], Makronährstoffe: N, P, K, Mg Futtermittelanalyse: Rohasche, ADF ¹⁾ , Lignin Qualitätsparameter ²⁾ MF: Fallzahl, Rohprotein, TKG, Hektolitergewicht
Silierung und Gasausbeute	Silier- und Batch-Tests (ATB Potsdam) Gasausbeuten nach ATB-Biogasmatrix (HERRMANN ET AL. 2013, 2015)
Wirtschaftlichkeit	Arbeitsgänge, Betriebsmittel

¹⁾ ADF = Säure-(Acid) Detergentien-Fasern = Lignocellulose-Komplex

²⁾ MF = Marktfrüchte, TKG = Tausendkorngewicht

Nachfolgend wird auf Methoden der Datenerhebung eingegangen, die zur Ergebnisdarstellung in diesem Bericht relevant sind:

Ertragsdatierung

Für jede Fruchtart der acht untersuchten Fruchtfolgen, teilweise mit Einschränkungen bei den Gründungs-pflanzen, wurde der **Frisch- und Trockenmasseertrag [dt/ha]** und der **TS-Gehalt [%]** zum Zeitpunkt der Ernte erfasst. Der Frischmasseertrag einer Fruchtart wurde bei Beerntung einer Parzelle durch den Feldhäcksler Hege 212 mit integrierter Waage ermittelt. Aus der Erntemasse wurden parzellenweise repräsentative Proben für die Bestimmung des absoluten Trockenmasseertrages (Trocknung bei 105 °C im Trockenschrank) gezogen. Der Trockensubstanzgehalt (in %) ist das Verhältnis aus Trockenmasse und Frischmasse. Weil jede Kulturart auf 4 Parzellen angebaut wurde, wurde zur Diagrammdarstellung der Mittelwert aus 4 Proben berechnet (n = 4).

Bodenanalytik

Der pflanzenverfügbare, mobile Stickstoff im Boden wurde über die **N_{min}-Methode** erfasst. Dafür wurden Bodenproben maschinell mithilfe eines Leichtfahrzeugs (John Deere), das mit Schlaghammer und Bohrstock (Entnahmerille von 18 cm) ausgestattet ist, aus 3 Tiefen (0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm) im Frühjahr, nach

der Ernte und im Herbst gezogen. Pro Parzelle wurden 2 Einstiche gemacht. Die Mischproben eines Prüfglieds (4 Parzellen) wurden gekühlt ins Labor gegeben. Der mineralische N_{\min} -Gehalt pro Bodenschicht [kg/ha] wurde über fraktionierte Destillation der löslichen N-Anteile Nitrat- und Ammoniumstickstoff von der Betriebsgesellschaft für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (BfUL) nach der VDLUFA-Vorschrift I, A 6.1.4.1 1997 analysiert. Phosphor und Kalium [mg/100 g] wurden in einem Calcium-Acetat-Lactat-(CAL-)Auszug (VDLUFA 1997, Methode I, A 6.2.1.1) und Magnesium [mg/100 g] in einer Calciumchloridlösung über Atomabsorption erfasst (VDLUFA 1997, Band 1, A 6.2.4.1). Zur pH-Untersuchung mithilfe des Radiometers wurde der Boden mit einer Calciumchloridlösung versetzt (HEYMANN 2013, mündliche Mitteilung).

Bodenfeuchten (in Vol-%) konnten durch Trocknung der Bodenproben bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz ermittelt werden ($[\text{Auswaage}/\text{Einwaage} * 100]$).

Bodenfeuchtemessungen in Zweikultursystemen wurden in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) durchgeführt. Es wurden alle 14 bis 30 Tage Bodenproben mit dem Bohrstock bis zu einer Tiefe von 60 cm gezogen. Diese wurden in 6 Aluminium-Gefäße verteilt (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm und 50-60 cm), eingewogen und bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C getrocknet. Je Prüfglied wurden zwei Bohrstockproben entnommen.

Pflanzeninhaltsstoffanalytik

Die mengenmäßige Bestimmung der Inhaltsstoffe Rohasche, ADF (Säure-[Acid] Detergentien-Fasern = Lignocellulosekomplex) und Lignin in der Trockenmasse des Ernteguts (60 °C-Proben) erfolgten über Methoden der WEENDER-Futtermittelanalyse bzw. Erweiterten WEENDER-Analyse nach van Soest (nasschemische Untersuchung) gemäß VDLUFA-Methodenbuch III der Futtermitteluntersuchung (VDLUFA 1998). Um die Nährstoffzüge (in kg/ha) durch die angebauten Energiepflanzen aus dem Boden in Abhängigkeit vom Trockenmasseertrag berechnen zu können, wurden weiterhin die Mineralstoffgehalte der wichtigsten Makronährstoffe (in %, bezogen auf die Trockenmasse) im anorganischen Verbrennungsrückstand, der Rohasche, analysiert.

Batch-Tests

Zur Untersuchung der Vergärbarkeit ausgewählter Energiepflanzen wurden Batchversuche mit siliertem Erntematerial nach der VDI-Richtlinie 4630 vom ATB in Potsdam-Bornim durchgeführt. Dafür wurde eine Mischprobe des gehäckselten Erntegutes (Häcksellänge: 10 mm) aller 4 Ernteparzellen eines Prüfgliedes zur Silierung in 1,5-l-Weckgläsern verwendet. Die Weckgläser wurden 90 Tage bei 25 °C (keine Verwendung von Siliermitteln) gelagert. Die Batch-Versuche erfolgten unter kontrollierten mesophilen Bedingungen über eine Dauer von 30 Tagen. 2-l-Faulflaschen aus Kunststoff wurden mit 50 g des zu untersuchenden Silage-Probenmaterials und zur Gewährleistung eines stabilen Gärprozesses mit 1,5 kg ausgefauter Gülle als Impfmateriale beschickt. Die gebildete Gasmenge (Verwendung einer Kontrolle je Versuchsansatz zur Erfassung möglicher Gasbildung aus dem Impfmateriale) wurde mit einer kalibrierten Gasmaus täglich erfasst (Korrektur des Gasertrages auf Standardbedingungen: 20 °C, 1.016 mbar). Der Methangehalt wurde mit einem Deponiegasmonitor bestimmt.

2.6 Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen

2.6.1 Statistische Absicherung der Daten

Die statistischen Auswertungen erfolgten unter der Annahme einer standortangepassten Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis. Die Anpassungen hinsichtlich Artenwahl, Sortenwahl und Bestandesführung entsprechen den Anforderungen von Standort, Jahr und Stand des Wissens (vgl. Anlage1 zu den anbautechnischen Maßnahmen).

2.6.1.1 Signifikanzprüfungen

Die statistische Absicherung erfolgte mit dem Programm SPSS 17.0 über **Verfahren der einfaktoriellen ANOVA**. Es wurden paarweise multiple Mittelwertvergleiche durchgeführt, um die Daten auf signifikante Differenzen zu prüfen. Über Post-Hoc-Tests wurden homogene Untergruppen (a, b, c, ...) ermittelt, in denen Mittelwerte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht voneinander abweichen (Signifikanzniveau: $\alpha = 0,05$). Wenn ein Mittelwert mehreren homogenen Gruppen zuzuordnen war, wurden mehrere Buchstaben angegeben (z. B. a b).

Eine wichtige Voraussetzung bei der Durchführung von Varianzanalysen ist die **Gleichheit der Varianzen** in den zu untersuchenden Parametergruppen. Die Prüfung auf Homogenität der Varianzen erfolgte über den Levene-Test, bei dem für jede abhängige Variable (TM-Ertrag und TS-Gehalt) eine Varianzanalyse für die Werte der absoluten Abweichungen von den entsprechenden Gruppenmittelwerten durchgeführt wurde. Wenn der Levene-Test statistisch signifikant war, d. h. α des Parameters $< 0,05$, wurde die Hypothese homogener Varianzen abgelehnt. In diesen Fällen wurden Post-Hoc-Vergleiche bei Varianzheterogenität gewählt.

Bei $\alpha > 0,05$ (keine Signifikanz des unabhängigen Parameters beim Levene-Test = **Varianzhomogenität**) kam der Tukey-Test zum Einsatz. Der Tukey-Test verwendet die Student-Verteilung für die paarweisen Vergleiche, wobei die Fehlerrate für den Versuch gleich der Fehlerrate für die Gesamtheit aller paarweisen Vergleiche gesetzt wird. Bei $\alpha < 0,05$ (Signifikanz des unabhängigen Parameters beim Levene-Test = **Varianzheterogenität**) wurde der Dunnett-Test auf Grundlage des studentisierten Bereichs unter Korrektur der Fehlerfreiheitsgrade ausgewählt.

Die **Grenzdifferenz** ist die kleinste gesicherte Ertragsdifferenz. Alle Mittelwertdifferenzen, die größer als die Grenzdifferenz sind, gelten als signifikant (nicht zufällig). Grenzdifferenzen wurden bei zweiseitigen Tests wie folgt berechnet:

$$\text{Grenzdifferenz}_{5\%} = q \times \sqrt{MQ / n} \quad (\text{Gleichung 1})$$

q = Quantile der studentisierten Spannweite bei $\alpha = 5 \%$, d. h. Freiheitsgrad des Fehlers über Anzahl der Mittelwerte, die verglichen wurden, Signifikanzschwellen nach RASCH et al. 1973

MQ = Mittel der Quadrate innerhalb der Gruppen

n = Anzahl der Mittelwerte, die verglichen wurden

2.6.1.2 Deskriptive Statistik

Um Varianzen der Datenquelle zu berücksichtigen, wurden folgende statistische Streuungsmaße der Einzelwerte berechnet:

■ Spannweite (Maximal-Minimal-Differenz)

Die Spannweite [Werteinheit] ist die Differenz zwischen dem größten (Maximum) und dem kleinsten Wert (Minimum).

■ Standardabweichung (Stabw)

Die Standardabweichung [Werteinheit] zeigt die reale Streubreite der aufgenommenen Werte eines Parameters, d. h. sie gibt an, wie weit die einzelnen Daten voneinander entfernt sind. Wird die Standardabweichung zu beiden Seiten des Mittelwertes abgetragen, so liegen bei normalverteilten Werten ca. 67 % der Werte in diesem Intervall. Eine geringe Standardabweichung bedeutet, dass die gemessenen Werte relativ nahe beieinander liegen, während eine hohe Standardabweichung für verstreute Daten spricht. Die Standardabweichung ist somit ein Maß für die Aussagekraft des Mittelwerts.

$$\text{Standardabweichung STABW} = \sqrt{(\sum[(x-\bar{x})^2]/(n-1))} \quad (\text{Gleichung 2})$$

n = Stichprobenumfang

x = erhobener Wert

\bar{x} = Mittelwert

Die Standardabweichung wird berechnet, indem die Summe der Abweichungen der erhobenen Werte eines Parameters vom Gruppenmittelwert gebildet und durch die Anzahl der Einzelwerte (Stichprobenumfang) geteilt wird. Die Abweichungen werden zum Quadrat erhoben, sodass große Varianzen mehr Gewicht erhalten (KOSCHACK 2008). Für die Auswertungen im Rahmen des EVA-Fruchtfolgeversuchs wurde die STABW-Berechnungsfunktion des Programms Microsoft Excel 2010 genutzt.

■ Variationskoeffizient U

Der Variationskoeffizient [%] ist im Vergleich zur Standardabweichung kein reales, sondern ein relatives Streuungsmaß und eignet sich für übergreifende Auswertungen zentraler Daten. Die Motivation für diesen statistischen Kennwert ist, dass ein Parameter mit großem Mittelwert im Allgemeinen eine größere Varianz aufweist als einer mit einem kleinen Mittel- bzw. Erwartungswert. Weil die Standardabweichung nicht normiert ist, kann nicht beurteilt werden, ob eine Varianz groß oder klein ist. Der Variationskoeffizient ist somit eine Normierung der Streubreite bzw. deren mathematischer Größe, wodurch eine gewisse Unabhängigkeit von der Maßeinheit gewonnen wird (BROSIUS 1998).

$$\text{Variationskoeffizient U [\%]} = 100 * \text{STABW}/\bar{x} \quad (\text{Gleichung 3})$$

STABW = Standardabweichung

\bar{x} = Mittelwert

Fehlerbalken sind eine grafische Repräsentation der Variabilität von Daten. Sie geben an, in welchem Bereich sich der tatsächliche Wert (ohne Messfehler) befinden könnte. Bei den Auswertungen dieses Berichts geben die Fehlerbalken den **Standardfehler des Mittelwerts** an.

■ Standardfehler SF

Der Standardfehler gibt eine Aussage über die „Genauigkeit“ des Mittelwerts in einer Stichprobe. Wird der Standardfehler zu beiden Seiten des Mittelwerts abgetragen, so liegt mit 67%-iger Wahrscheinlichkeit der Mittelwert der Grundgesamtheit in diesem Intervall. Je geringer der Standardfehler des Mittelwerts ist, desto präziser und zuverlässiger sind die Rückschlüsse, die aufgrund der Stichprobenergebnisse auf die Grundgesamtheit gezogen werden können. Er nimmt mit zunehmender Stichprobengröße ab. Der Berechnung des Standardfehlers geht die Berechnung der Standardabweichung voraus, d. h. je geringer die Varianz bzw. Streubreite der einzelnen Messwerte ist, desto kleiner fällt auch der Standardfehler des Mittelwerts aus (BROSIUS 1998).

$$\text{Standardfehler SF} = \text{STABW}/(\sqrt{n}) \quad (\text{Gleichung 4})$$

STABW = Standardabweichung

n = Stichprobenumfang

2.6.1.3 Ausreißertest (nach MUDRA 1958)

Nicht repräsentative Parzellenwerte wurden als Ausreißer gekennzeichnet, eliminiert und nicht in die nachfolgenden Berechnungen einbezogen.

$$\text{untere Ausreißergrenze } \alpha = 5 \% = \bar{x} - 1,96 * \text{STABW} \quad (\text{Gleichung 5})$$

$$\text{obere Ausreißergrenze } \alpha = 5 \% = \bar{x} + 1,96 * \text{STABW} \quad (\text{Gleichung 6})$$

STABW = Standardabweichung

\bar{x} = Mittelwert

Wenn ein Einzelwert nicht im Bereich von (Gleichung 5) bis (Gleichung 6) liegt, ist dieser bei einem Überschreitungsniveau von 5 % als nicht zur Grundgesamtheit gehörend zu betrachten (MUDRA 1958).

2.6.1.4 Zusammenhänge zwischen Parametern (Korrelationen/Regressionen)

Zusammenhänge zwischen zwei Parametern wurden mithilfe von **bivariaten Pearson'schen Korrelationsanalysen** unter Angabe des Korrelationskoeffizienten r mit dem Statistikprogramm SPSS, Version 17.0, aufgezeigt. Der Korrelationskoeffizient r ist ein Maß für die lineare Abhängigkeit zwischen zwei Variablen und kann wie folgt gedeutet werden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Deutung eines linearen Zusammenhangs zwischen zwei Parametern über den Korrelationskoeffizienten r

r	Bewertung
$0 < r \leq 0,2$	Es besteht ein <i>sehr geringer</i> linearer Zusammenhang zwischen den Variablen X und Y.
$0,2 < r \leq 0,5$... geringer ...
$0,5 < r \leq 0,7$... mittelgroßer ...
$0,7 < r \leq 0,9$... hoher ...
$0,9 < r \leq 1,0$... sehr hoher ...

Bei bestätigter Abhängigkeit zweier Parameter wurde diese über eine Regressionsgleichung beschrieben und die Regressionsgerade grafisch in einem Streudiagramm dargestellt. Über die **lineare Regression** wurde die Varianz einer intervallskalierten abhängigen Variable aus einer Kombination von unabhängigen Variablen prognostiziert. Die Güte des Regressionsmodells gibt der Regressionskoeffizient R an. Er beurteilt die Wichtigkeit der einzelnen unabhängigen Variablen und liegt zwischen -1 und 1. R errechnet sich aus dem Varianz-

anteil der abhängigen Variablen, der durch alle unabhängigen Variablen gemeinsam erklärt wird. Je stärker sich das Bestimmtheitsmaß dem Wert 1 nähert, desto besser bildet das Regressionsmodell den Datensatz ab und umso aussagekräftiger ist die Geradengleichung (DULLER 2007; ELSNER 2009).

2.6.2 Methanbildungspotenzial auf Grundlage der ATB-Biogasmatrix

Mithilfe der am ATB Potsdam-Bornim aus Batch-Versuchen mit Silagen gewonnenen Gasausbeuten (Methodik der Batch-Versuche siehe Kapitel 2.5) aller Versuchsstandorte der Jahre 2005 bis 2014 wurde eine ATB-Biogasmatrix erstellt. Diese enthält Richtwerte für oTS-Methanausbeuten (Relativwerte in %) von Silagen verschiedener Fruchtarten im Verhältnis zu Mais (Mais – Hauptfrucht = 100 % [338 l/kg_{oTS} nach KTBL], Stand: 15.12.2014). Die „ATB-Biogasmatrix“ ist in Anlage 5a zu finden (PLOGSTIES et al. 2015). Silierverluste wurden nicht berücksichtigt. Die **Methanausbeuten** [l/kg_{oTS}] der in Trossin angebaute Energiepflanzen wurden auf Grundlage dieser Matrix wie folgt berechnet:

$$\text{Methanausbeute} = \text{Methanausbeute relativ}_{\text{ATB}} (\text{Anlage 5a}) * \text{Referenzwert}_{\text{KTBL}} \text{ Mais} \quad (\text{Gleichung 7})$$

$$\text{Referenzwert}_{\text{KTBL}} \text{ Mais} = 338 \text{ l/kg}_{\text{oTS}}$$

Weil das LfULG mit Probenlieferungen an der Erstellung der „ATB-Biogasmatrix“ beteiligt war, wurde bei Vorliegen eines Batch-Messwerts für ein Prüfglied folgendermaßen verfahren:

$$\text{Methanausbeute} = \text{CH}_4 \text{ Batch PG}_{\text{ATB}} (\text{Anlage 5b}) * \text{Referenzwert}_{\text{KTBL}} / \text{CH}_4 \text{ Batch}_{\text{ATB}} \text{ Mais} \quad (\text{Gleichung 8})$$

$$\text{Referenzwert}_{\text{KTBL}} \text{ Mais} = 338 \text{ l/kg}_{\text{oTS}}$$

$$\text{Methanausbeute Batch}_{\text{ATB}} \text{ Mais} = 355 \text{ l/kg}_{\text{oTS}}$$

Unter Einbeziehung des geernteten TM-Ertrages [dt/ha] und des oTS-Gehaltes [%], laut Matrix A5] wurden die **Hektarerträge an Methan** [m³/ha] für die einzelnen Fruchtfolgeglieder bestimmt.

2.6.3 Deckungsbeitragsanalysen (Kosten-Ertrags-Relationen)

Der **Deckungsbeitrag [Euro/ha]** wird durch Gegenüberstellung der Leistung einer Fruchtart als Biogassubstrat und dessen Produktionskosten ermittelt. Die im EVA-Projekt verwendete Definition des Deckungsbeitrages ist vergleichbar mit der nach DLG-Betriebszweigabrechnung für Nachkalkulationen üblichen Definition der Direkt- und Arbeitskosten freien Leistungen (DAKfL). Hierbei werden nur variable Parameter berücksichtigt. Flächenprämien und -nutzungskosten (Pachtzins, Grundsteuer usw.) sind fixe Leistungen und wurden demnach in dieser Analyse nicht erfasst.

Die **Leistung einer Fruchtart** als Biogassubstrat basiert auf dem nach der ATB-Biogasmatrix, unter Einbeziehung des absoluten TM-Ertrages [dt/ha] und oTS-Gehaltes [%], berechneten Methanhektarertrag [m³/ha] bei Lagerverlusten von 12 % (Methodik siehe PLOGSTIES et al. 2015; Kapitel 2.6.2). Neben einer großen Menge leicht verdaulicher Inhaltsstofffraktionen (Rohfett, Rohprotein und leicht abbaubare Kohlenhydrate) zur Erzeugung hoher Methanausbeuten zählt in größtem Maße der Trockenmasseertrag zu den ökonomisch wertbestimmenden Biogas-Substrateigenschaften. Ein m³ Methan wurde mit 0,33 Euro vergütet (Erlös). Zur Festsetzung der Methanvergütung wurde angenommen, dass der Silomais nur dann angebaut wird, wenn damit der gleiche Deckungsbeitrag generiert werden kann, wie durchschnittlich mit dem Anbau von Winterweizen erzielt wird (Winterweizen: 192,50 €/t nach Destatis 2013). Auf dieser Basis wurde zunächst ein Preis in Höhe von 33,50 € pro t Silomais bei einem TS-Gehalt von 35 % ermittelt (Indifferenzpreis), der anschließend durch den mittleren Methanhektarertrag von Mais dividiert wurde (KORNATZ et al. 2015). Die konkrete Herleitung findet sich in KORNATZ et al. (2014).

Gärreste stellen einen wertvollen Dünger dar. Aus diesem Grund ist es wichtig, im Sinne der Leistung-Kostenrechnung für Gärreste eine gesonderte Leistungsposition zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck wurde die aus dem Erntegut entstehende Gärrestmenge über eine Massenverlustrechnung ermittelt (KORNATZ et al. 2014). Für den anfallenden Gärrest wurde weiterhin ein standardisierter Nährstoffgehalt (7 % TS bzw. 72 % oTS, 45,6 % C, 7,4 % N, 1,2 % P und 6,3 % K, laut „Faustzahlen Biogas“, KTBL 2013) definiert. Der standardisierte Nährstoffgehalt wurde unter Berücksichtigung des Mineraldüngeräquivalents von 70 % mit der anfallenden Menge multipliziert und die berechneten Nährstoffmengen mit einem Preis pro Kilogramm Reinnährstoff (siehe Tabelle 5) bewertet. Ausbringkosten wurden berücksichtigt und vom Gärrest-Erlös abgezogen (KORNATZ et al. 2015).

Die variablen **Kosten** umfassen sämtliche Betriebsmittel- (Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel) und die Arbeiterledigungskosten (Maschinen- und Arbeitskosten). Die Pflanzenschutzmittelpreise entstammen hauptsächlich der Auflistung von BayWa (2014), die Saatgutpreise den Aufstellungen nach Fruchtarten des KTBL (2014) und diversen anderen Quellen (KORNATZ et al., schriftliche Mitteilung). Das Betriebsmittel Dünger wurde mit seinen konkreten Einsatzmengen und Preisen bewertet (Handelspreise). Die Berechnung von Arbeits- und Maschinenkosten erfolgte mithilfe des Online-Feldarbeitsrechners der KTBL, wobei von einer mittleren Feldstückgröße von 10 ha, einer mittleren Hof-Feld-Entfernung von 5 km und einer Mechanisierung mit einem 120-kW-Traktor ausgegangen wurde. Bei den Arbeiterledigungskosten wurden Zinsen, Abschreibungen und Versicherungen mit in die Berechnung einbezogen. Weitere Annahmen zeigt Tabelle 5. Bei mehrjährigen Anbausystemen (Fruchtfolge 4) wurden die Produktionskosten auf die Hauptnutzungsjahre umgelegt. Lagerhaltungskosten für Gärsubstrate wurden nicht berücksichtigt, weil angenommen wurde, dass die Produkte nach der Ernte direkt zur Biogasanlage geliefert wurden. Somit hat auch der Trockensubstanzgehalt erhebliche Auswirkungen auf die Transportkosten des Erntegutes und wurde deshalb bei Berechnung der Arbeiterledigungskosten berücksichtigt.

Weitere Informationen zu Deckungsbeitragsanalysen im EVA-Verbund sind im ökonomischen Endbericht der 2. Projektphase (EVA II) und im Zwischenbericht des Versuchsjahres 2014 der Universität Gießen nachzulesen (KORNATZ et al. 2014 und 2015).

Tabelle 5: Faktor-, Nährstoff- und Produktpreise als Annahmen zur Berechnung der variablen Kosten bei Deckungsbeitragsanalysen im EVA III-Verbund (Quelle: KORNATZ et al. 2015)

Kostenpunkt	Einheit	Wert
Lohn	€/Akh	15,00
Diesel	€/l	1,20
Öl	€/l	2,00
Strom	€/kWh	0,30
Zinssatz	%	5,00
N _{Gärrest}	€/kg	1,09
P	€/kg	3,10
K	€/kg	1,20

2.6.4 Stickstoffverlagerungsrisiko

Für Aussagen zum Gefährdungspotenzial bezüglich der Verlagerung von Stickstoff bzw. Nitrat wurden Herbst- N_{\min} -Gehalte im Boden betrachtet. Unter dem N_{\min} -Wert wird der Gehalt an leicht verfügbarem mineralischen Stickstoff, Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+), verstanden. Der N_{\min} -Wert zu Vegetationsende gibt Auskunft über die Mineralisationsleistung des Bodens zwischen Ernte und Winterbeginn und lässt somit Abschätzungen des Nitrat-Verlagerungsrisikos mit dem Sickerwasser zu (BUTTLAR 2012). Grenzwerte für Herbst- N_{\min} -Gehalte (in kg/ha) in Abhängigkeit von Sickerwassermenge und Bodenart eines Standortes zur Einhaltung der EG-Nitratrichtlinie (50 mg NO_3^- je l Trinkwasser) sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6: Tolerierbare Herbst- N_{\min} -Gehalte im Boden (in kg/ha) in Abhängigkeit von Bodenart und Sickerwassermenge eines Standortes

Bodenart	Sickerwasserrate [mm/a]			
	< 100	100-200	200-300	> 300
S, Su	15	20	30	40
St, Sl	30	30	35	40
Ul, Ls, Lu, Lt, Tu, T	40	40	40	40

(nach HENNINGS & SCHEFFER 2000)

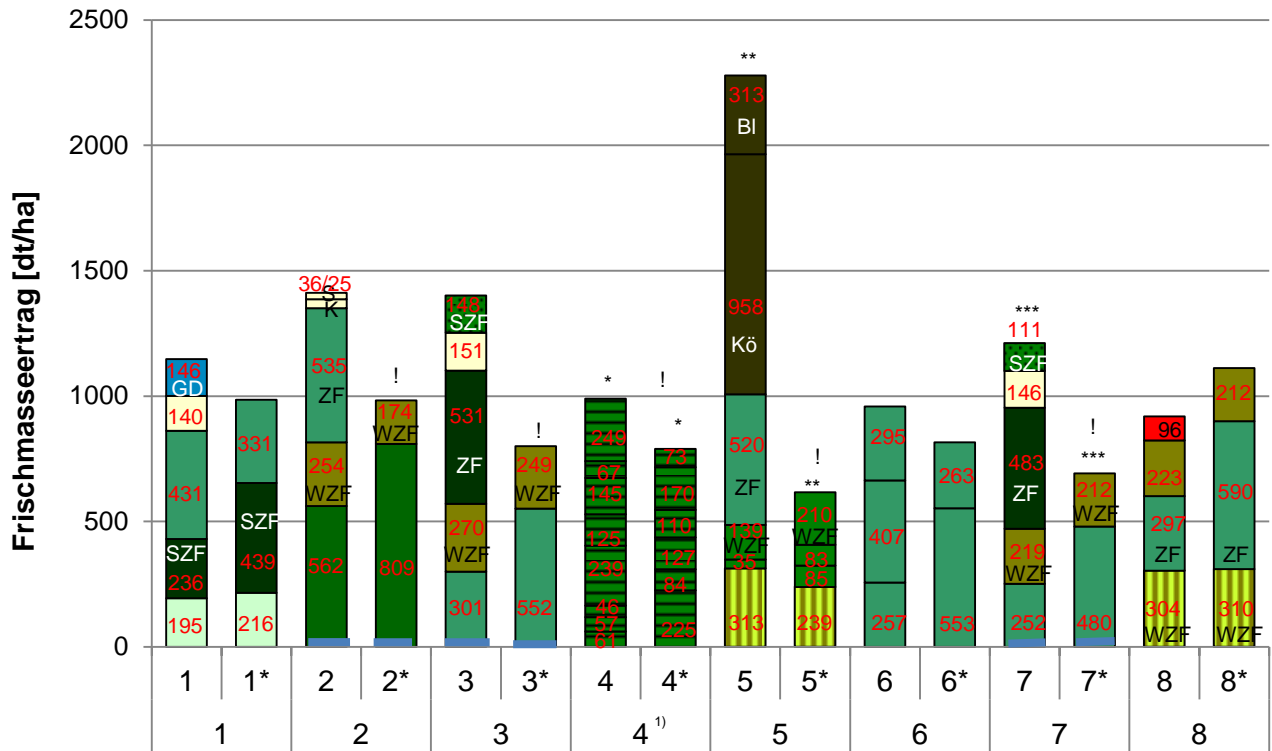
Jährliche Sickerwassermengen wurden für den Versuchsstandort Trossin unter Eingabe standort- und fruchtfolgespezifischer Daten vom landwirtschaftlichen Simulationsmodell MONICA des ZALF ausgegeben (Funktionsweise siehe ZALF 2014). Für den mittelschluffigen Sandboden (Su3) in Trossin wurden vom ZALF Sickerwasserraten zwischen 150 und 250 mm pro Jahr bestimmt.

3 Ergebnisse

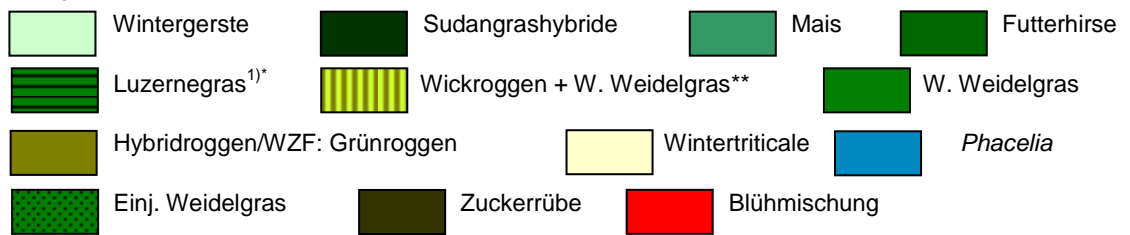
3.1 Ernteergebnisse

3.1.1 Ertragsniveau der Fruchtfolgesysteme und Fruchtarten

Die Erträge an Frisch- und Trockenmasse (in dt/ha) der im Versuchszeitraum 2013–2015 im Fruchtfolgeversuch geernteten Fruchtarten sind kumulativ (aufsummiert) nach Fruchtfolgen in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt. Parzellenwerte sind in Anlage 2 und 3 aufgelistet.



* Spiegelung Anlage 6



Vorfrucht Gelbsenf (ohne Ertragsdaten)

¹⁾ Luzernegras ist ein Leguminosen-Gras-Gemenge (Sächsische Qualitätsmischung QA 7) aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne.

* mehrere Schnitte pro Jahr

** Welsches Weidelgras als Untersaat vom Wickroggen, weiter genutzt als Winterzwischenfrucht vor Mais (in Abbildung: Ertrag der Herbstschnitte + Frühjahrsschnitt)

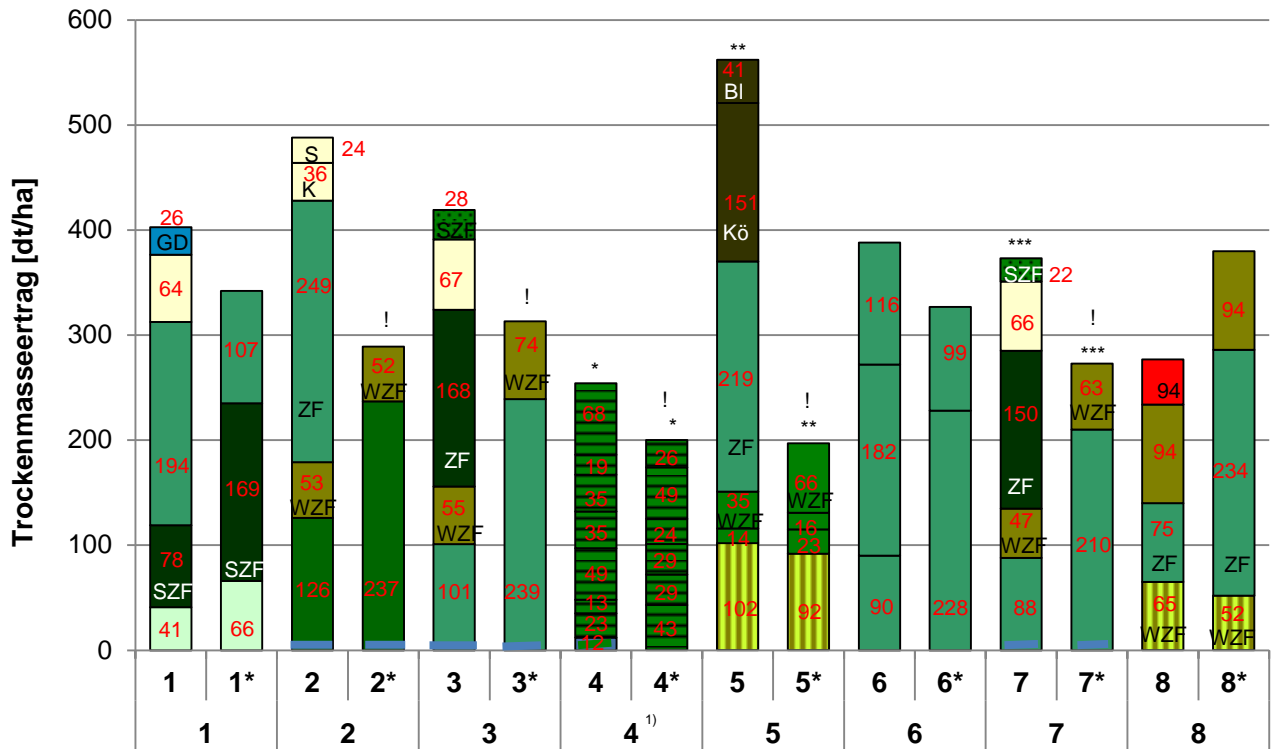
*** -25 % N-Düngung im Vergleich zu FF 3

! Ertragsdaten der Zweitfrüchte 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch nicht vor

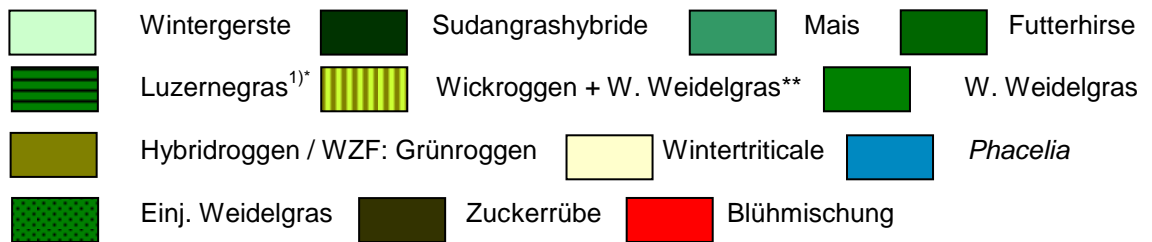
GD = Gründüngung, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

K = Korn, S = Stroh, Kö = Körper, BI = Blatt

Abbildung 10: Frischmasseerträge (in dt/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum 2013–2015 geernteten Energiepflanzen am Versuchsstandort Trossin



* Spiegelung Anlage 6



Vorfrucht Gelbsenf (ohne Ertragsdaten)

¹⁾ Luzernegras ist ein Leguminosen-Gras-Gemenge (Sächsische Qualitätsmischung QA 7) aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne.

* mehrere Schnitte pro Jahr

** Welsches Weidelgras als Untersaat vom Wickroggen, weiter genutzt als Winterzwischenfrucht vor Mais (in Abbildung: Ertrag der Herbstschnitte + Frühjahrsschnitt)

*** -25 % N-Düngung im Vergleich zu FF 3

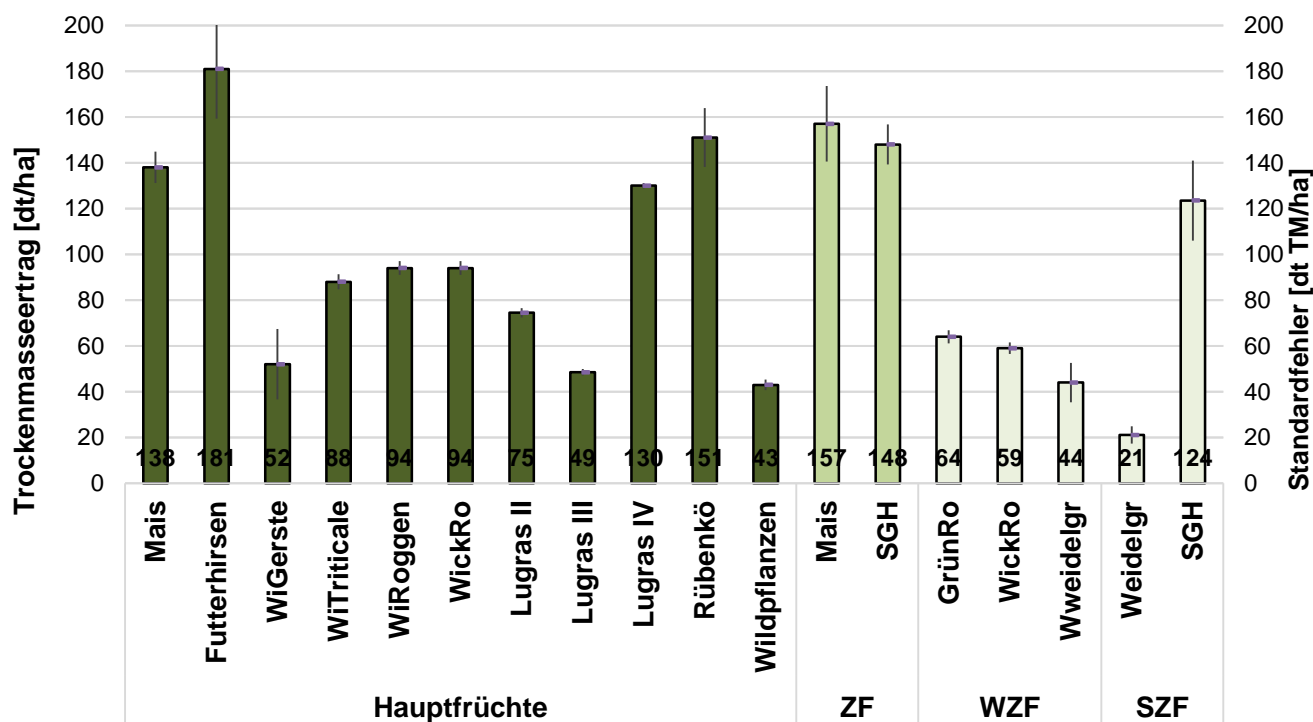
! Ertragsdaten der Zweitfrüchte 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch nicht vor

GD = Gründüngung, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

K = Korn, S = Stroh, Kö = Körper, Bl = Blatt

Abbildung 11: Absolute Trockenmasseerträge (105 °C, in dt/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum 2013–2015 geernteten Energiepflanzen am Versuchsstandort Trossin

Weil vor allem der **Trockenmasseertrag** einer Fruchtart ein entscheidendes Kriterium für die Auswahl als Biogassubstrat ist, wird nachfolgend nur auf diesen eingegangen (Abbildung 11 und Abbildung 12, Tabelle 5):



Stabw (dt/ha)	52,4	61,4	11,6	18,5	8,4	8,0	3,9	2,7	3,4	25,7	4,6	72,0	24,7	11,6	7,2	24,3	13,0	49,4
U (%)	38	34	22	21	9	9	5	6	3	17	11	46	17	18	12	55	62	40
Min-Wert (dt/ha)	71	107	36	61	82	86	67	39	102	118	39	57	115	48	86	18	2	60
Max-Wert (dt/ha)	241	246	71	121	105	105	82	55	160	173	50	262	176	79	142	81	35	176
Ausreißer- test (MUDRA 1958) Min- Grenze (dt/ha)	35	61	29	52	78	78	67	43	123	101	34	16	100	41	45	1	1	26
Max- Grenze (dt/ha)	241	301	75	124	110	110	82	54	137	201	52	298	196	87	73	92	47	221
Ausreißer?	ja	n	n	ja		ja	n	n	n	n	n	ja	n	n	n	n	n	n
	252			129		142						314						
	2																	
	7																	
	2																	

SGH = Sudangrasybriden n = nein II – IV = Anzahl der Schnitte

Abbildung 12: Mittelwerte des absoluten Trockenmasseertrages (105 °C, in dt/ha)

Die Mittelwerte wurden im Versuchszeitraum 2013–2015 der am Standort Trossin angebauten Energiepflanzen (n = verschieden) unter Angabe des Mittelwert-Standardfehlers (in dt/ha) und der Darstellung statistischer Kenngrößen für die Streuung der Messwerte (Standardabweichung Stabw in dt/ha, Variationskoeffizient U in % und Spannweite [Min-Max-Werte in dt/ha]) ermittelt. Zusätzlich wurden Ausreißertests nach MUDRA (1958) unter Einbeziehung der Werte des Ertragsprüfungsversuchs durchgeführt.

Die höchsten kumulativen Trockenmasseerträge wurden mit Energiefruchtfolgen aus Mais und Sorghumhirsen sowohl in Haupt- als auch in Zweitfruchtstellung erzielt (FF 1-3; Abbildung 11 und Abbildung 12). Des Weiteren überzeugten die Biogasrübe (Zuckerrübe) und Ackerfuttermischungen (Luzernegras) mit überdurchschnittlichen Erträgen (Abbildung 12). Das Ertragsniveau vom Wintergetreide lag zwar nur im mittleren Bereich, zeigte aber sehr geringe witterungsbedingte Ertragsschwankungen über den Versuchszeitraum (Abbildung 12). Wintergetreide sollte somit zur Senkung des Ertragsrisikos in jede Fruchtfolge integriert werden.

Tabelle 7: Durchschnittserträge (in dt TM/ha ± Stabw) der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren (unter Eliminierung von Ausreißern)

Fruchtart	2013	2014	2015
<u>Hauptfrüchte</u>			
Mais	104 ± 14	207 ± 24	104 ± 17
<i>Sorghum b.</i>	126 ± 23	237 ± 8	----
Wintergerste	41 ± 3	66 ± 4	53 ± 10
Wintertriticale	103 ± 9	96 ± 16	66 ± 3
Winterroggen	---	94 ± 9	94 ± 9
Wickroggen	97 ± 7	92 ± 9	----
Luzernegras II	----	----	75 ± 3
Luzernegras III	49 ± 3	----	----
Luzernegras IV	----	130 ± 3	----
Rübenkörper	----	----	151 ± 26
Wildpflanzen	----	----	43 ± 5
<u>Zweitfrüchte</u>			
Mais	87 ± 18	226 ± 26	----
<i>Sorghum b. x s.</i>	126 ± 12	169 ± 7	----
<u>WZF</u>			
Grünroggen	75 ± 3	54 ± 4	63 ± 13
Wickroggen	65 ± 1	52 ± 2	----
W. Weidelgras	----	23 ± 6	66 ± 10
<u>SZF</u>			
Weidelgras	4 ± 2	31 ± 4	28 ± 2
<i>Sorghum b. x s.</i>	78 ± 12	169 ± 7	----

Versuchsstandort Trossin. Einbeziehung der Werte des Ertragsprüfungsversuchs

WZF = Winterzwischenfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, II – IV = Anzahl der Schnitte

Die Ertragssituation in den einzelnen Versuchsjahren zeigt Tabelle 7.

Vegetationsjahr 2013

Frostperioden ohne schützende Schneedecke und die weit bis ins Frühjahr hineinreichende Kälte brachten einen deutlichen Wachstumsrückstand der Winterungen. Starkregenereignisse im Mai führten zusätzlich zur hohen Fusariumbelastung bei Wintergerste und zu Lagerschäden bei Wickroggen. Dies hatte deutlich niedrigere Ganzpflanzen-Erträge bei Wintergerste im Vergleich zu den Vorjahren zur Folge (Ø 41 dt TM/ha). Die Wickroggen-Bestände wurden zur Ernte so weit wie möglich manuell aufgerichtet, sodass Durchschnittserträge aller Parzellen von 65 dt TM/ha (WZF) und 97 dt TM/ha (HF) realisiert werden konnten. Winterroggen (WZF) und Wintertriticale dagegen tolerierten die winterlichen Kälteperioden sowie kalten Nächten im Frühjahr sehr gut, nutzten die Niederschlagsereignisse zur Aufholung des Biomassedefizits und konnten überdurchschnittliche Trockenmasseerträge von Ø 75 dt/ha (WZF) bzw. Ø 103 dt/ha erzielen (vgl. Tabelle 7).

Zusammenfassend war das Versuchsjahr 2013 kein „Mais-Jahr“. Das relativ kühle Frühjahr mit heftigen Niederschlägen verzögerte dessen Jugendentwicklung. Das andere Extrem – Trockenheit, Hitze und starke Sonneneinstrahlung – ab Juli führten zu Trockenschäden und zum Einrollen der Blätter. Viele Maiskolben kamen durch Kolkrahen zu Schaden. Aufgrund der warmen Spätsommerwitterung erreichte Mais schon Anfang September optimale TS-Gehalte >28 % und musste eingefahren werden. Mais in Hauptfruchtstellung erreichte mittlere Trockenmasse-Erträge von Ø 104 dt TM/ha.

Sorghum bicolor (Futterhirse „HERKULES“) überragte den Mais trotz später Aussaat (07.06.2013) im Ertragspotenzial um 20 % ($\bar{\varnothing}$ 126 dt TM/ha). Der Aussaattermin war in Bezug auf die Witterung für einen unverzüglichen Aufgang optimal: nach der großen Nässe mit Wasserreserven im Boden, aber noch vor Einsetzen der Trockenphase. Weiterhin nutzte die Futterhirse die warmen Temperaturen im September und wurde erst Anfang Oktober, also einen Monat nach Mais, geerntet. Die volle Vegetationsperiode konnte dennoch aufgrund der bevorstehenden Winterroggenaussaat nicht ausgeschöpft werden. *Sorghum* als Sommerzwischenfrucht wurde zeitgleich mit der Hauptfrucht gedrillt, kam aber aufgrund hoher TS-Gehalte (> 30 %) nicht in den Genuss warmer, wachstumsfördernder Septemberwochen (Ernte mit Mais am 03.09.13). Es wurde ein Ertrag von fast 80 dt TM/ha gehäckselt.

Im Projekt EVA III wurde die für wechsellückige Standorte empfohlene Luzerne-Kleegras-Mischung mit der trockenoleranteren Variante **Luzernegras** ausgetauscht. Bei 3 Schnitten konnten mit Luzerne-Kleegras 2008 und 2012 als Parzellenmittel 108 dt TM/ha erzielt werden. Luzernegras schnitt in diesem Jahr mit $\bar{\varnothing}$ 49 dt TM/ha deutlich schlechter ab. Die karge Bestandesetablierung mit starkem Unkrautdruck (60 % Segetalflora) ist in einer zu späten Aussaat mit der Folge einer schlechten Vorwinterentwicklung begründet.

Das Jahr der Witterungsextreme und wechselnden Temperaturen spiegelte sich ebenfalls in den **stark schwankenden Parzellenwerten** eines Prüfgebietes wider (vgl. Anlage 2). Mais und die Sorghumhirsen reagierten am stärksten mit Standardabweichungen zwischen 12 und 23 dt TM/ha (Tabelle 7).

Vegetationsjahr 2014

Das **Getreide in Reinsaat** erreichte trotz anfänglicher Schwierigkeiten standortübliche bis leicht überdurchschnittliche Ertragswerte. Der zeitige Aussaattermin der Wintergerste bereits Mitte September führte zwar zu einer guten Bestandesetablierung, aber Fraßschäden durch Hasen und ein starker Pilzdruck schwächten die Kultur sichtlich. Neben dem Krankheitsbefall wirkte sich beim Roggen der sehr späte Aussaattermin (22. Oktober) mit der Folge von sehr lückigen Beständen ertragsmindernd aus. Der milde Winter mit einem um 3 bis 5 Wochen früheren Vegetationsbeginn sowie die Behandlung mit Fungiziden und Wachstumsreglern zur Förderung der Bestockung führten letztendlich zu den erwarteten Biomasseaufwüchsen. Beim **Wickroggen**, einem Gemenge aus 75 % Roggen, 10 % Wicke und 15 % Welschem Weidelgras (Untersaat), wurden etwas niedrigere Ernteausbeuten im Vergleich zum Vorjahr verzeichnet. Die Leguminose und das Weidelgras fanden bei überwiegend feucht-warmer Witterung sehr gute Wachstumsbedingungen. Der ertragsbestimmende Roggen wurde dadurch zurückgedrängt.

Luzernegras, eine Ackerfuttermischung mit 65 % Luzerne, 20 % Knaulgras und 15 % Glatthafer für trockene Standorte, konnte in diesem Versuchsjahr viermal geerntet werden ($\bar{\varnothing}$ 130 dt TM/ha). Bestimmend für die Wahl des intensiven Schnittregimes waren die TS-Gehalte, die während der warmen Witterung innerhalb kürzester Zeit stark anstiegen. 2014 dominierten im Ackerfuttergemenge die Gräser, bei denen das Erntefenster begrenzt ist.

Für **Mais und Sorghum** war 2014 ein optimales Jahr: ein warmes und überwiegend feuchtes Klima mit vielen sommerlich-schwülen Tagen bot optimale Voraussetzungen für ein üppiges Wachstum der tropisch beheimateten C_4 -Pflanzen. Sowohl Haupt- als auch Zweitfrüchte erzielten 2014 die höchsten, bei EVA ab dem Jahre 2005 aufgezeichneten Trockenmasseerträge. Werte über 200 dt TM/ha konnten bisher nur 2005, einem sehr feuchten Jahr, realisiert werden. Zweitfrucht-Mais mit Aussaat Mitte Mai schnitt 10 % besser ab als der vier Wochen eher gelegte Mais in Hauptfruchtstellung. Dies ist auf die Wasserverhältnisse zurückzuführen: In den Frühjahrsmonaten war es sehr trocken und der Wasserbodenvorrat weitgehend aufgebraucht, was zu einem verzögerten Aufgang und einer langsamen Jugendentwicklung des Hauptfrucht-Maises führte. Erst Starkre-

genereignisse Anfang bis Mitte Mai konnten optimale Etablierungs- und Wachstumsbedingungen schaffen. Der Zweitfrucht-Mais wurde später gesät und dem Trockenstress nicht ausgesetzt. Die Ertragsunterschiede zwischen *Sorghum*-Haupt- und -Zweitfrucht sind artenspezifisch bedingt, nicht allein dem Drill-Zeitpunkt bzw. der Vegetationsdauer geschuldet (Aussaat - HF: 15.5.; ZF und SZF: 23.5.; Vegetationsdauer Futterhirsen: 152 Tage, Sudangrashybriden-ZF bzw. SZF: 117 bzw. 144 Tage). In Hauptfruchtstellung wurden Futterhirsen (*Sorghum bicolor*) gewählt. Sie besitzen ein höheres Biomassepotenzial, benötigen dafür aber eine längere Vegetationszeit als die für den Zweitfruchtanbau genutzten Sudangrashybriden (*Sorghum bicolor x sudanense*). Bei den Erprobungen im EVA- und *Sorghum*-Projekt lag das Ertragspotenzial der neueren, züchterisch bearbeiteten Futterhirsen im Durchschnitt auf Maisniveau (GRUNEWALD & JÄKEL 2014, THEIß & JÄKEL 2014). Bei zeitweise auftretenden Stressperioden aufgrund von Wassermangel sind die Sorghumhirsen mit ihrem tiefen und weit verzweigten Wurzelsystem dem Mais jedoch überlegen. So auch im Versuchsjahr 2014. Trockenstress im Juni und September tolerierten die Futterhirsen sichtlich besser als der Mais, was in einem Mehrertrag der HF von 15 % resultierte (vgl. Tabelle 7).

Die Angepasstheit einer Fruchtart an gewisse **Stresssituationen** spiegelt sich in den Ertragsschwankungsbreiten wider, ausgedrückt über statistische Streumaße. Stresssituationen im Jahr 2014 waren bei den Winterfrüchten insbesondere der hohe Befallsdruck durch Pilze und bei den Sommerkulturen phasenweise auftretender Wassermangel. Im Versuchsjahr 2014 tolerierten die Sorghumhirsen suboptimale Bedingungen deutlich besser als der Mais (Variationskoeffizienten Mais: 12 %, Variationskoeffizienten *Sorghum*: 3-4 %, ohne Abbildung).

Vegetationsjahr 2015

Trotz einer sehr zeitigen Aussaat bereits Ende September ging die **Wintertriticale** sehr schlecht auf, sodass eine Nachsaat Anfang November unumgänglich war. Zu Vegetationsbeginn war der Bestand unterentwickelt. Pilzkrankheiten aufgrund des ausgebliebenen Frosts und eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit schwächten den Bestand zusätzlich, sodass Erträge weit unter dem Standortdurchschnitt die Folge waren. **Wintergerste** lief zwar sehr gut auf, reagierte aber stark auf den Wassermangel kurz vor der Ernte und erreichte mit Ø 50 dt TM/ha das standortübliche Niveau von 60-65 dt TM/ha nicht. **Winterroggen** zeigte die beste Angepasstheit an das Wasserdefizit während der Hauptwachstumsphase, sowohl optisch als auch ertraglich (Ø 94 dt TM/ha in Hauptfruchtstellung bzw. Ø 63 dt TM/ha in Zwischenfruchtstellung).

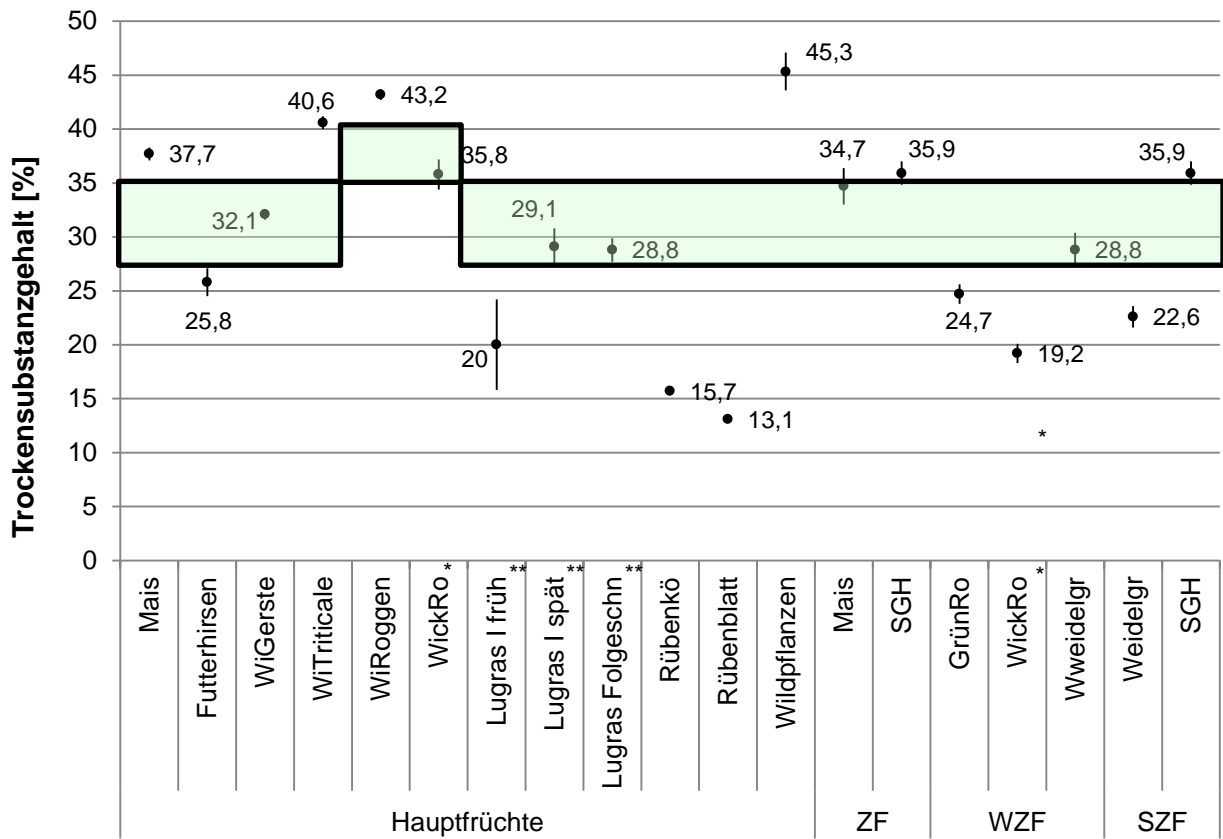
Ausbleibende Niederschläge in den Folgemonaten führten zu Problemen bei der Bestandesetablierung der **Sommerkulturen**. Die Hauptfrüchte konnten noch die Restfeuchte des Bodens ausnutzen, das Saatgut der Zweitkulturen dagegen lag wochenlang im Boden. „Bestandesrettende“ Niederschläge ab Mitte August führten zwar zu einem Wachstumsschub der Bestände, die bereits eingesetzte Notreife hatte jedoch eine sehr frühzeitige Ernte des Mais zur Folge. *Sorghum* tolerierte den Trockenstress besser. Eine beginnende Braunfärbung der Blätter ist gut verwachsen, sodass die gesamte Vegetationszeit bis weit in den Oktober ausgenutzt werden konnte. Aufgrund des späten Erntetermins war ein Ertragsvergleich der Sorghumhirsen mit Mais nicht möglich.

Luzernegras profitierte vom milden, niederschlagsreichen Winter mit einem dichten, üppigen Bestand und einer starken Dominanz der Gräserkomponente (ca. 90 %). Der erste Schnitt Mitte Mai war ertragsbestimmend. Für einen ertraglich guten zweiten Aufwuchs fehlte den wasserliebenden Gräsern die notwendige Bodenfeuchte. Dennoch wurde ein standortübliches Ertragsergebnis erzielt. **Weidelgras** als Sommerzwischenfrucht ist für leichte, trockenere Standorte nicht geeignet (vgl. Ergebnisse aus EVA II, GRUNEWALD & JÄKEL 2014) und enttäuschte wie in den Vorjahren. Das Ertragsniveau der **Rübe** ist stark sortenabhängig (120-

200 dt TM/ha bei EVA). Die Sorte „Ribambelle“, eine frühreife Energierübe mit wenig Erdanhang für den Biogassektor, erzielte Ø 150 dt TM/ha.

3.1.2 Abreifeverhalten (TS-Gehalte)

Die technologische Reife (Trockensubstanzgehalt in %) der EVA III-Fruchtarten im Durchschnitt des Versuchszeitraums 2013–2015 ist in Abbildung 13 aufgezeigt.



SGH = Sudangrashybriden; = optimaler TS-Bereich (PAULUS & STARK 2008; HERRMANN et al. 2009)

Stabw (TS %)	4,3	3,8	1,9	3,2	1,5	4,1	1,2	3,3	6,5	0,8	0,6	3,5	7,4	3,2	4,2	2,6	4,4	3,3	3,2
U (%)	11	15	6	8	3	11	6	11	23	5	5	8	21	9	17	14	15	15	9
Min-Wert (TS %)	31,7	21,5	28,5	37,0	41,5	31,3	16,8	24,4	21,3	14,6	12,4	42,7	24,8	32,1	19,6	16,4	23,7	16,7	32,1
Max-Wert (TS%)	46,1	29,7	35,6	46,9	45,7	41,2	21,4	31,5	41,5	16,4	13,7	50,4	45,3	40,8	31,7	21,9	34,6	26,1	40,8
Ausreißer-test Mudra 1958)																			
Min-Grenze (TS %)	29,3	18,4	28,4	34,3	40,3	27,8	17,6	22,6	16,1	14,1	11,9	38,4	20,2	29,6	16,5	14,1	20,2	16,1	29,6
Max-Grenze (TS%)	46,1	33,2	35,8	46,9	46,1	43,8	22,4	35,6	41,5	17,3	14,3	52,2	49,2	42,2	32,9	24,3	37,4	29,1	42,2
Ausreißer?	n	n	ja	n	n	n	n	n	ja	n	n	n	ja	n	n	n	n	n	n
			20,3 20,9 21,3 20,7						42,5 43,6				53,5						

* TS-Gehalt des Gemenges aus 75 % Winterroggen, 10 % Winterwicke und 15 % Welschem Weidelgras

** TS-Gehalt des Gemenges aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne

Ausreißertest: n = nein

Abbildung 13: Mittelwerte der absoluten Trockensubstanzgehalte

[(105 °C, TS in %) mit Fehlerindikator (Standardfehler des Mittelwerts in %)]

Fruchtarten im Energiefruchtfolgeversuch am Standort Trossin des Versuchszeitraums 2013-2015 unter Angabe statistischer Streuungsmaße der Einzelwerte (Standardabweichung Stabw, Variationskoeffizient U, Spannweite in %; Durchführung eines Aureißer-Tests nach MUDRA (1958). Einbeziehung des Ertragsprüfungsversuchs, ohne Zweitfrüchte 2015]

Das Abreifeverhalten der erprobten Energiepflanzen in den einzelnen Versuchsjahren zeigt Tabelle 8.

Tabelle 8: Durchschnittliche TS-Gehalte (in % ± Stabw) der EVA-Fruchtarten in den einzelnen Versuchsjahren unter Eliminierung von Ausreißern; Versuchsstandort Trossin; Einbeziehung der Werte des Ertragsprüfungsversuchs

Fruchtart	2013	2014	2015
<u>Hauptfrüchte</u>			
Mais	33,6 ± 1,2	43,0 ± 3,0	37,0 ± 2,4
<i>Sorghum b.</i>	22,3 ± 0,7	29,2 ± 0,5	----
Wintergerste	20,8 ± 0,4 *	30,4 ± 1,3	34,0 ± 1,0
Wintertriticale	38,3 ± 1,2	38,4 ± 0,6	45,1 ± 1,0
Winterroggen	----	42,0 ± 0,4	44,5 ± 1,1
Wickroggen	32,7 ± 1,0	38,9 ± 0,5	----
Luzernegras I früh	20,3 ± 0,9	19,9 ± 1,4	----
Luzernegras I spät	----	----	29,1 ± 3,3
Lugras Folgeschnitte	33,9 ± 7,3	26,2 ± 3,9	35,7 ± 2,2
Rübenkörper	----	----	15,7 ± 0,8
Wildpflanzen	----	----	45,3 ± 3,5
<u>Zweitfrüchte</u>			
Mais	27,7 ± 2,6	41,7 ± 2,4	----
<i>Sorghum b. x s.</i>	33,1 ± 1,0	38,6 ± 1,8	----
<u>WZF</u>			
Grünroggen	23,8 ± 0,8	20,5 ± 0,7	30,0 ± 1,9
Wickroggen	21,5 ± 0,4	16,8 ± 0,7	----
W. Weidelgras	----	25,5 ± 1,6	32,2 ± 3,6
<u>SZF</u>			
Weidelgras	23,2 ± 2,4	25,2 ± 0,7	19,4 ± 3,2
<i>Sorghum b. x s.</i>	33,1 ± 1,0	38,6 ± 1,7	----

WZF = Winterzwischenfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht

* alle 4 Parzellenwerte wurden nach MUDRA (1958) als Ausreißer bestimmt

Qualitativ hochwertige Silagen lassen sich nur mit Trockensubstanzgehalten des Ernteguts zwischen 28 und 35 % bzw. 35 und 40 % bei den meisten Getreidearten (Ausnahme: Gerste < 35 %) erzeugen (PAULUS & STARK 2008; HERMANN et al. 2009). Erwähnenswerte Probleme bei der Abreife, verbunden mit zu niedrigen TS-Gehalten, ergaben sich durch verspätete Aussattermine und eine dadurch verkürzte Vegetations- und Abreifezeit der Kultur sowie durch zu frühe fruchtfolgebedingte Erntetermine (*Sorghum*, Zwischenfrüchte). Insbesondere bei Mais, den Sorghumhirsen und den Rüben sollte auf die Sortenwahl geachtet werden. Bei Mais gilt: je wärmer der Standort und demnach auch je länger die Vegetationszeit ist, desto später abreifende Sorten können gewählt werden. In Trossin wurden Sorten mit Siloreifezahlen zwischen 240 und 250 (HF) angebaut, weil der bei EVA II erprobte „Atletico“ (S 280) in vielen Versuchsjahren die Aussaat der Folgefrucht verzögerte. Für die Versuchsjahre 2014 und 2015 mit sehr warmen und trockenen Sommern waren diese mittelfrühen Sorten allerdings nur bedingt geeignet, weil Wachstumszeit und Biomassebildungspotenzial verschenkt wurden. Für leichte, trockenere Standorte sind demnach Sorten mit Siloreifezahlen zwischen 260 und 270 in Hauptfruchtstellung zu empfehlen. Die neueren *Sorghum*-Sorten (bei EVA III: Hercules) können problemlos die TS-Grenze von 28 % erreichen, Voraussetzung sind optimale Aussaatbedingungen und ein nicht zu kühler Sommer (siehe auch THEIß & JÄKEL 2014). In Zweitfruchtstellung dagegen erlangten nur die Sudangrasybriden die für die Silierung erforderlichen TS-Gehalte (vgl. Abbildung 13). Bei den Rüben erzielten massenbetonte Zuckerrüben 40–60 % höhere TS-Gehalte als Biogas-Futterrüben (vgl. EVA II, GRUNEWALD & JÄKEL 2014). Der TS-Gehalt von Ackerfuttermischungen ist stark vom Schnitzeitpunkt und den dominierenden Komponenten abhängig. Leguminosen- und Segetalflora-betonte Mischungen erzielten geringere TS-Werte als Gräser-dominierte Gemenge. Bei den Gräsern ist das Erntefenster sehr gering, sodass innerhalb weniger Tage hohe Mengen an Lignin in die Cellulosefibrillen inkrustiert werden können. Damit ist die hohe Varianz der TS-Gehalte bei den Gräsermischungen zu erklären (Abbildung 13).

Einen sehr großen Einfluss auf das **Abreifeverhalten der erprobten Kulturarten im Versuchszeitraum 2013–2015** hatte die Witterung (vgl. nachfolgende Ergebnisse der einzelnen Vegetationsjahre).

Vegetationsjahr 2013

Beim **Getreide** erreichten nur die späteren Arten und Fruchtfolgestellungen mit Erntezeitpunkten ab Mitte Juni die optimalen TS-Gehalte. Beim früher geernteten Wintergetreide im Mai 2013 (Wintergerste, Wickroggen und Winterroggen als WZF) machten sich die ungünstigen Wachstumsbedingungen im Winter und Frühjahr deutlich im Entwicklungsstand (BBCH 63-65) und der verzögerten bzw. ausgebliebenen Abreife bemerkbar. Eine spätere Ernte war aufgrund der darauffolgenden *Sorghum*- (SZF) und Mais-Aussaats (ZF) nicht möglich. Bei **Luzernegras** hätte in Bezug auf Ertrag und Abreife ein späterer Erntetermin für den ersten Schnitt gewählt werden können. Der Bestand war allerdings so schlecht entwickelt, dass die Unkrautunterdrückung und Anregung des Wiederaustriebs sowie die Bestockung im Vordergrund standen. Krautige Segetalflora im Erntegut drückte den TS-Gehalt erheblich auf 20 % TS. Anwelkphasen sind bei solch niedrigen TS-Gehalten zur Reduzierung von Sickerwasser zu empfehlen. Im Vegetationsverlauf wurde Luzerne stark zurück gedrängt, sodass die Gräser (Knaulgras und Glatthafer) dominierten. Bei Gräsern ist das Erntefenster aufgrund einer rasch einsetzenden Lignifizierung gering, sodass der TS-Bereich verschiedener Schnitte enorm variieren kann. ***Sorghum bicolor*** enttäuschte ebenfalls mit niedrigen TS-Werten (Ø 22 % TS). Aufgrund von Bodenvernässungen konnte die Futterhirse erst Anfang Juni gedrillt werden, musste Wachstumsstagnationen durch Trockenheit einstecken und konnte auch im „goldenen Spätsommer“ ihr Wachstums- bzw. Entwicklungsdefizit nicht mehr aufholen. Bereits zu Beginn des Rispenschiebens (BBCH 51) wurde die Futterhirse vom Feld gefahren. Aufgrund zunehmender kühler Nächte, teilweise unter 5 °C, ab Mitte September und angekündigter Minusgrade war die Ernte Anfang Oktober unabdingbar. Sorghumhirsens reagieren auf Frost sehr empfindlich. ***Sorghum bicolor x sudanense*** dagegen reifte bei gleicher Aussaatzeit und kürzerer Vegetationszeit (Ernte bereits Anfang September) ohne Probleme ab (Ø 33 % TS). Auf ein besseres Abreifeverhalten von *Sorghum b. s.* im Vergleich zu *S. bicolor* wiesen bereits ZANDER & JÄKEL (2012) sowie THEIß & JÄKEL (2012, 2014) hin. Die früh- bis mittelfrüh reifen **Maissorten** „Ronaldinio“ (S240) und „Padrino“ (S230, ZF) konnten im trockenen Sommer gut abreifen und bereits Anfang bis Mitte September eingefahren werden.

Vegetationsjahr 2014

Im Versuchsjahr 2014 gab es bei den Haupt- und Zweitfrüchten keine Probleme beim Erreichen des für die Silierung optimalen TS-Gehaltes. Milde Wintertemperaturen verbunden mit starkem Pilzbefall und extremer Trockenstress im Juni führten zur vorzeitigen Reife des **spät geernteten Ganzpflanzengetreides** und hohen TS-Gehalten. Bei **Wickroggen** als Winterzwischenfrucht führte die gute Etablierung von Wicke im Bestand zu hohen Feuchtegehalten (TS: Ø 17 %). Erst im weiteren Vegetationsverlauf konnten sich Roggen und Gräser besser durchsetzen, wodurch in Kombination mit einem trockenen Erntemonat der TS-Gehalt des Wickroggens in Hauptfruchtstellung stark anstieg (TS = Ø 39 %). Die sich fortsetzende warme Witterung machte sich auch bei der Abreife der Sommerkulturen bemerkbar. Aufgrund von Projekterfahrungen wurden wieder die für den Versuchsstandort Trossin als gut geeignet eingestuften mittelfrühen **Mais**-Sorten (S230-S240) angebaut. In diesem Jahr wurden bereits in der zweiten Augusthälfte zum Ende der Milchreife TS-Werte um 28 % gemessen. Bodenverschlammungen machten den Boden aber erst Mitte September für die Erntetechnik befahrbar. Das Resultat waren Trockensubstanzgehalte > 40 % (vgl. Tabelle 8). Ausreichend Wärme während der gesamten Vegetationsperiode ließ auch bei den **Futterhirsens** TS-Gehalte > 28 % zu. Geerntet wurde wie in den Vorjahren Mitte Oktober kurz vor Einsetzen der ersten Nachfröste im BBCH-Stadium 65. Die besser und schneller abreifenden **Sudangrashybriden** (THEIß & JÄKEL 2014), die als Zweit- und Zwischenfrüchte in die Fruchtfolgen integriert wurden, erzielten auch bei EVA nicht nur in diesem Versuchsjahr deutlich höhere TS-Gehalte als die Futterhirsens (Tabelle 8). Der TS-Gehalt von **Ackerfuttermischungen** ist stark von den dominierenden Komponenten abhängig. Der 1. Schnitt war wie schon im letzten Jahr eher ein Bestockungsschnitt

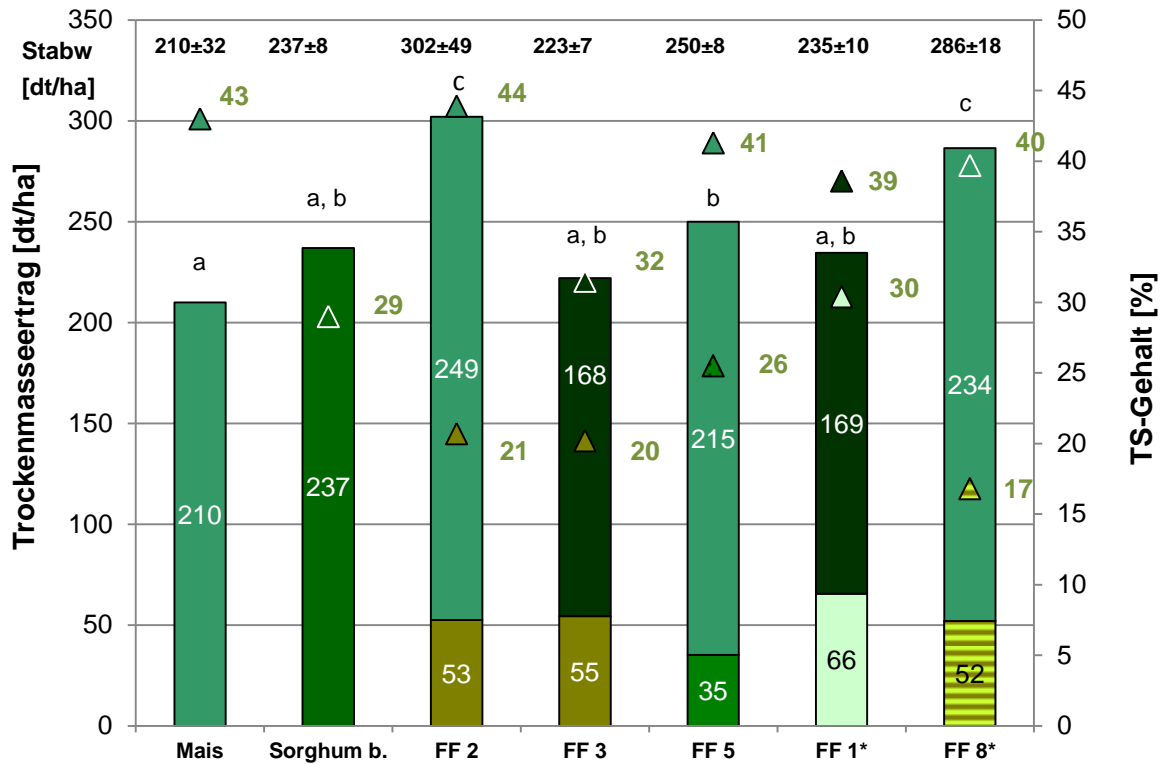
(hoher Unkrautdurchwuchs). Krautige Segetalflora im Erntegut drückte den TS-Gehalt. Im weiteren Vegetationsverlauf dominierten Gräser den Bestand, was zu einem raschen Anstieg des TS-Gehaltes innerhalb weniger Tage führen kann. Somit wurde das intensive Schnittregime (4 Schnitte pro Jahr) gewählt. Die TS-Gehalte variierten je nach Unkrautvorkommen stark. Weiterhin verzögerten häufige Niederschläge die Abreife. Die TS-Gehalte fielen beim 3. und 4. Schnitt letztendlich niedriger aus als gedacht. Vor dem 2. Schnitt im Juni dagegen führte Wassermangel vor der Ernte zu einem erheblichen Anstieg der Trockensubstanz.

Vegetationsjahr 2015

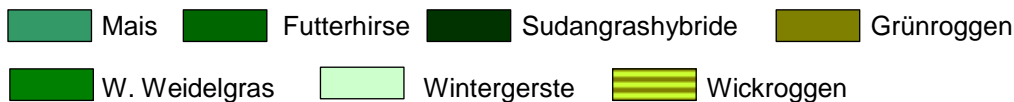
Trockenstress induzierte „Notreife“ prägte das Abreifeverhalten aller Fruchtarten im Versuchsjahr 2015 (vgl. Tabelle 8). Die **Winterzwischenfrüchte** profitierten dadurch und erzielten erstmalig optimale TS-Gehalte > 28 %. Bei den **Kulturen in Hauptfruchtstellung** dagegen waren die TS-Werte teilweise zu hoch. Probleme bei der Silierung, der Pumpfähigkeit des Häckselguts in der Biogasanlage und eine begrenzte Abbaubarkeit des Materials aufgrund eines zu hohen Lignifizierungsgrades könnten die Folge sein. Die als früh abreifend eingestufte **Biogas-Futterrübe** „Ribambelle“ (Saaten-Union) mit einem Erntetermin ab Mitte September erzielte trotz Ausnutzung der vollen Vegetationszeit (Ernte Mitte Oktober) nur TS-Gehalte von Ø 16 %. Mit anderen Biogaserüben-Sorten konnten in der zweiten Projektphase von EVA bereits TS-Gehalte zwischen 18 % (Futterrübe) und 25 % (massebetonte Zuckerrüben) erreicht werden (GRUNEWALD & JÄKEL 2014).

3.1.3 Zweikulturnutzung

Das Zweikulturnutzungssystem hat zum Ziel, die Vegetationszeit und die Flächen möglichst ganzjährig für die Biomasseproduktion zu nutzen. Deshalb wird eine Winterung relativ früh geerntet, damit die darauffolgende Sommerung noch genügend Wachstumszeit besitzt. Als früh räumende Winterzwischenfrüchte bieten sich Grünroggen, Wickroggen und Wintergerste an. Für den Zweitfruchtanbau eignen sich frühreife Mais- und Sorghum-Sorten. Abbildung 14 zeigt das Ernteergebnis der Zweikulturnutzung am Standort Trossin für das Versuchsjahr 2014. Für 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch keine Ergebnisse vor.



Grenzdifferenz $D_{unnett-C, \alpha = 5\%} = 28,5$ dt TM/ha (Varianzheterogenität)



a, b, c = homogene Untergruppe, in denen Mittelwerte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht voneinander abweichen

Abbildung 14: Erntedaten der Zweikulturnutzung

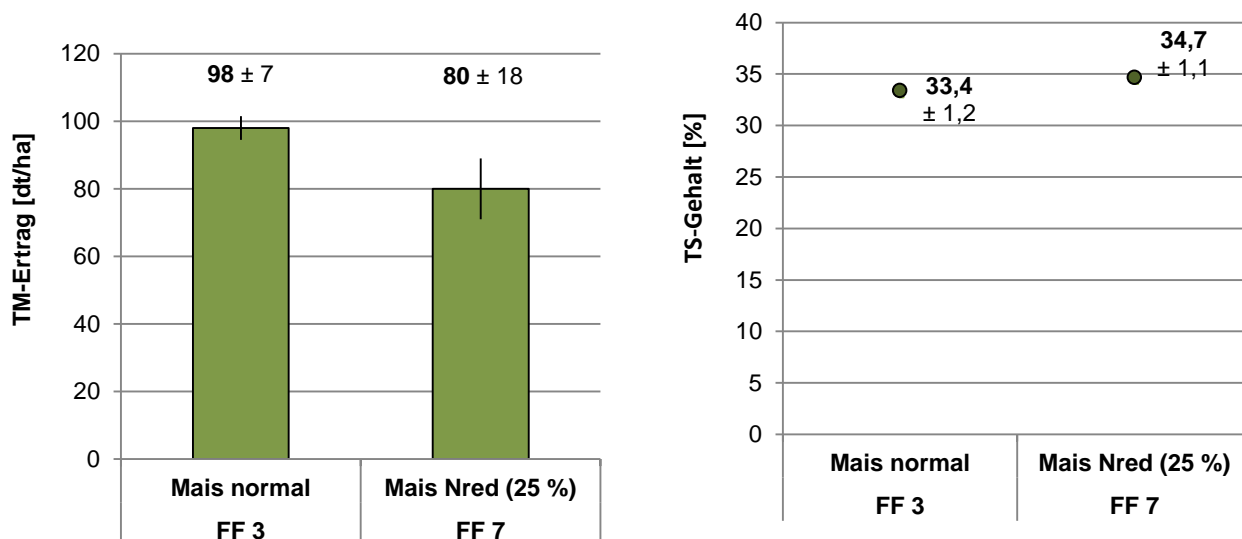
(absoluter Trockenmasseertrag in dt/ha, TS-Gehalt in %) von Mais und Sorghum im Vergleich zum Hauptfruchtanbau, Versuchsjahr 2014

Mais in Zweikulturnutzung erzielte im Vergleich zum Hauptfruchtanbau bei einem Niveau von $\alpha = 5\%$ signifikante Mehrerträge zwischen 20 % und 45 % (vgl. Abbildung 14). Zweitfrucht-Mais profitierte von günstiger Bodenfeuchte während der Auflaufphase als der 4 Wochen früher gesäte Mais in Hauptfruchtstellung. Die Erträge der Erstfrüchte Wickroggen und Grünroggen waren mit Werten knapp über 50 dt TM/ha standortüblich. Überwinterndes Weidelgras, etabliert als Untersaat im Wickroggen, schnitt mit durchschnittlich 35 dt TM/ha schlechter ab. Der Mais-Bestand nach Weidelgras hatte sichtlich größere Schwierigkeiten beim Auflaufen und bei der Etablierung als Mais nach Getreide. Auch die Erträge waren letztendlich niedriger (Abbildung 14). Mögliche Ursachen könnten Unverträglichkeiten zwischen den beiden Kulturarten, z. B. durch Wurzelausscheidungen, oder der erhebliche Durchwuchs des Grases im Mais-Bestand sein. Die Zehrung an den Wasservorräten war beim Weidelgras aber nicht höher als bei den anderen Vorfrüchten (vgl. Abb. 20). **Zweitfrucht-Sorghum** in Kombination mit Grünroggen bzw. Wintergerste als Vorfrucht lag mit den Hauptfrucht-Futterhirsen auf einem Ertragsniveau. Trotz nur geringfügig differierender Aussaattermine konnten die Sudangrashybriden mit $\bar{\varnothing}$ 170 dt TM/ha die Trockenmassen der leistungsstärkeren Futterhirsen ($\bar{\varnothing}$ 240 dt TM/ha) bei weitem nicht erreichen (vgl. Abbildung 14). Die für den Versuchsstandort guten Vorfruchterträge konnten das Gesamtergebnis der *Sorghum*-Zweikultursysteme aufwerten.

3.1.4 Reduzierte Stickstoff-Düngung

Die Nitratgehalte im Boden und im Grundwasser werden oft als Maßstab für eine gute landwirtschaftliche Praxis herangezogen. Somit wurde der Wasserschutzaspekt mit verstärkter Bedeutung auch in das EVA-Projekt aufgenommen. So wurde das Ertragsverhalten bei einer reduzierten Düngermenge im Vergleich zur standortangepassten Düngung untersucht. In Fruchtfolge 7 wurde 25 % weniger Stickstoff ausgebracht im Vergleich zu FF 3 (vgl. Tabelle 1 und Abbildung 15). Die angebauten Fruchtarten wurden ansonsten in gleicher Weise bewirtschaftet. Die Erntedaten der drei Jahre, TM-Ertrag (in dt/ha) und TS-Gehalt (in %), sind in Abbildung 15 a-c dargestellt.

Versuchsjahr 2013 (Mais in Hauptfruchtstellung)



	Mais FF 3	Mais FF 7 *
N-Bedarf [kg/ha]	152	152
Nmin 0-90 cm [kg/ha]	23	15
N-Düngung [kg/ha]	120	105

Signifikanztest über einfaktorielle ANOVA (SPSS 17.0):

Annahme: Varianzhomogenität

Trockenmasseertrag:

GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 33,0 dt TM/ha

Trockensubstanzgehalt:

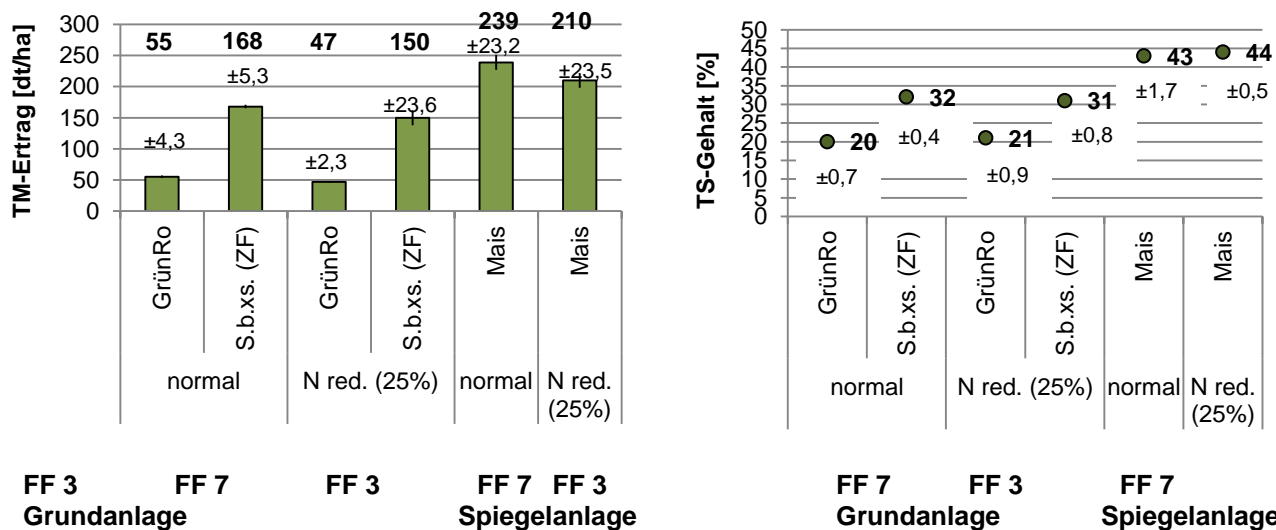
GD Tukey $\alpha = 5\%$ = 2,8 %

* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für FF 3.

Abbildung 15a: Vergleich der Trockenmasseerträge [dt/ha] und Trockensubstanzgehalte [%]

Versuchsjahr 2013, FF 3, standortangepasste N-Düngung und FF 7 bei 25 % reduzierter N-Aufwendung mit Angabe der Fehlerbalken (Standardfehler des Mittelwerts) und der Standardabweichung der Einzelwerte (\pm Wert)

Versuchsjahr 2014 (Grünroggen/Sorghum b. x s. [ZF] und Mais)



N-Bedarf [kg/ha]	100	140	100	140	152	152
Nmin 0-90 cm [kg/ha]	7	10			21	
N-Düngung [kg/ha]	115**	130	86*	97,5*	130	97,5*

Signifikanztest über einfaktorielle ANOVA (SPSS 17.0):

Annahme: Varianzhomogenität

Trockenmasseertrag:

GD Tukey $\alpha = 5\% = 30,9$ dt TM/ha

Trockensubstanzgehalt:

GD Tukey $\alpha = 5\% = 1,7\%$

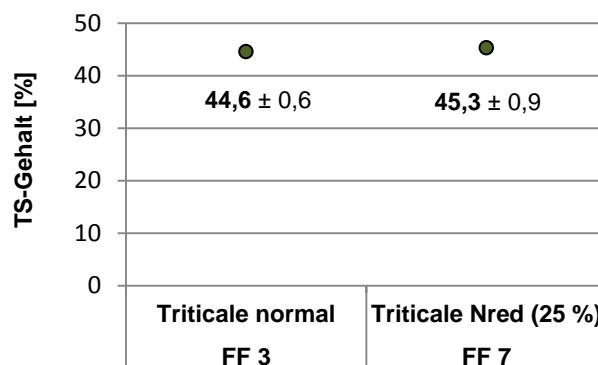
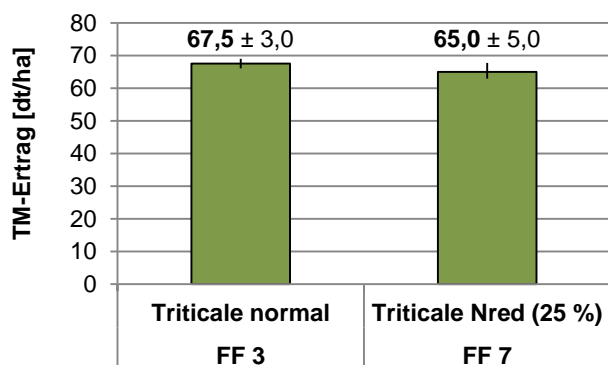
* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für FF 3.

** schlechte Bestandesetablierung

Abbildung 15 b: Vergleich der Trockenmasseerträge [dt/ha] und Trockensubstanzgehalte [%]

Versuchsjahr 2014, FF 3, standortangepasste N-Düngung und FF 7 bei 25 % reduzierter N-Aufwendung mit Angabe der Fehlerbalken (Standardfehler des Mittelwerts) und der Standardabweichung der Einzelwerte (\pm Wert)

Versuchsjahr 2015 (Wintertriticale)



	WiTriticale FF 3	WiTriticale FF 7 *
N-Bedarf [kg/ha]	100	100
Nmin 0-90 cm [kg/ha]	11	6
N-Düngung [kg/ha]	90	67,5

Signifikanztest über einfaktorielle ANOVA (SPSS 17.0):

Annahme: Varianzhomogenität

Trockenmasseertrag:

GD Tukey $\alpha = 5\% = 9,7$ dt TM/ha

Trockensubstanzgehalt:

GD Tukey $\alpha = 5\% = 1,9\%$

* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für FF 3.

Abbildung 15 c: Vergleich der Trockenmasseerträge [dt/ha] und Trockensubstanzgehalte [%]

Versuchsjahr 2015, FF 3, standortangepasste N-Düngung und FF 7 bei 25 % reduzierter N-Aufwendung mit Angabe der Fehlerbalken (Standardfehler des Mittelwerts) und der Standardabweichung der Einzelwerte (\pm Wert)

Bei allen Fruchtarten wurde ein nicht signifikanter Minderertrag zwischen 4 % und 15 % bei 75 %-iger N-Düngung registriert. Weiterhin streuen die Einzelwerte stärker. Mit der optimalen Düngevariante (FF 3) wurde ein stabileres Ertragsniveau erzielt (Abbildung 15 a-c). Auf das Abreifeverhalten hatte die geringere Stickstoffaufwendung keine Auswirkung. Es ist allerdings eine Tendenz zu geringfügig höheren TS-Werten bei suboptimaler Düngung zu erkennen. Optisch zeigten sich nur beim Mais aufgehellte, gelbliche Blätter als Folge fehlenden Stickstoffs.

3.2 Gasbildungspotenzial

Die im EVA-Versuch ermittelten Methangasausbeuten basieren auf der ATB-Biogasmatrix (HERMANN et al. 2013; PLOGSTIES et al. 2014) und sind für die erprobten Fruchtarten in Tabelle 9 aufgelistet (Methodikbeschreibung siehe Kapitel 2.6.2).

Tabelle 9: Durchschnittliche Methanausbeuten (in l/kg oTS) und Methangehalte (in Vol-%)

[EVA-Fruchtarten am Versuchsstandort Trossin; Methodik siehe Kapitel 2.6.2 und PLOGSTIES et al. 2015]

Fruchtart	Methanausbeute [l/kg oTS]	Methangehalt [Vol-%]
<u>Hauptfrüchte</u>		
Mais	338	55,9
<i>Sorghum b.</i>	336	59,1
Wintergerste	323	56,1
Wintertriticale	328	56,4
Winterroggen	324	56,4
Wickroggen	295	55,9
Luzernegras I früh	328	59,1
Luzernegras I spät	304	59,3
Lugras Folge früh	281	56,9
Lugras Folge spät	284	58,8
Rübenkörper	362	48,5
Wildpflanzen	237	56,1
<u>Zweitfrüchte</u>		
Mais	345	55,1
<i>Sorghum b. x s.</i>	297	56,3
<u>WZF</u>		
Grünroggen	352	58,0
Wickroggen	297	55,8
W. Weidelgras	379	56,4
<u>SZF</u>		
Weidelgras	358	58,1
<i>Sorghum b. x s.</i>	297	56,3

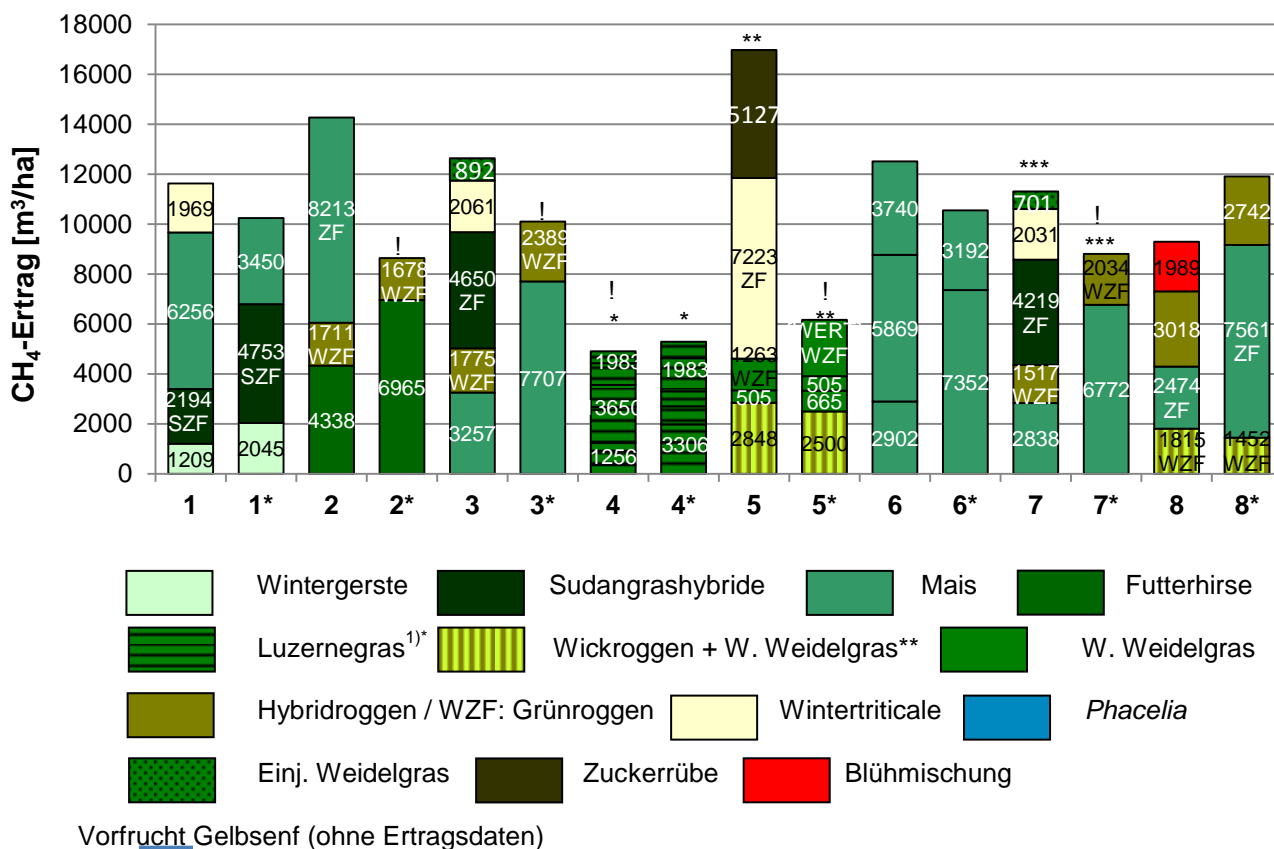
WZF = Winterzwischenfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht

Die spezifischen Biogas- bzw. Methanausbeuten (in l/kg oTS) sind in großem Maße von der biochemischen Zusammensetzung der Trockenmasse der Energiepflanzen abhängig. Die Gasausbeute wird im Wesentlichen von den drei Stoffgruppen Rohfett, leicht verdauliche Kohlenhydrate (Nichtfaserkohlenhydrate) und Rohprotein bestimmt (Methanausbeute: Rohfett > Rohprotein > leicht verdauliche Kohlenhydrate; FNR 2005). Zur schwer verdaulichen Fraktion zählt die Rohfaser, insbesondere der Lignocellulosekomplex (Cellulosefibrillen mit inkrustiertem Lignin). Je höher der Ligninanteil in der geernteten Biomasse ist, desto schlechter umsetzbar ist die organische Trockensubstanz zu Biogas für die Mikroorganismen im Fermenter. Die Inhaltsstoffcharakteristik der Pflanzenarten ist in Anlage 6 aufgezeigt.

Die **Methanausbeuten** variierten bei den im EVA-Projekt untersuchten Pflanzenarten deutlich. **Mais** wies mit $\bar{\emptyset}$ 1,9 % (in der TM) die geringsten ADL-Werte aller untersuchten Fruchtarten auf und erzielte Methanausbeuten von $\bar{\emptyset}$ 338 l/kg oTS (HF) als Haupt- bzw. $\bar{\emptyset}$ 345 l/kg oTS als Zweitfrucht. Über dem Gasbildungspotenzial von Mais lagen die **Biogasarübe** (Rübenkörper) und die **Zwischenfrüchte** Grünroggen sowie Weidelgras. Zwischenfrüchte stehen kürzere Zeit auf dem Acker und inkrustieren deutlich weniger Lignin als Hauptfrüchte. Für die Rübe standen zu Redaktionsschluss noch keine Ergebnisse der Inhaltsstoffanalyse zur Verfügung. Die Methanausbeuten der **Getreidearten** Wintergerste, Wintertriticale und Winterroggen differierten kaum ($\bar{\emptyset}$ 323–328 l/kg oTS mit 3-4 % Lignin in der TM). Getreide im Gemenge mit Winterwicke und Welschem Weidelgras schnitt dagegen ca. 10 % schlechter ab. Es wurden Ligningehalte bis zu 14 % in der Trockenmasse

von Wickroggen bestimmt (vgl. Anlage 6). Im Unterschied zu EVA II (GRUNEWALD & JÄKEL 2014) kristallisierten sich unter Einbeziehung der EVA III-Proben ungleiche Methanausbeuten der beiden **Sorghumhirsearten** heraus. *Sorghum bicolor* (Sorte Hercules, bei EVA II: Super Sile) lag mit Ø 336 l/kg oTS und ADL-Werten von Ø 3 % (in der TM) auf Maisniveau. *Sorghum bicolor x sudanense* (EVA II und III: Sorte Lussi) wies analog zu EVA II ein ca. 12 % geringeres Methanbildungspotenzial mit deutlich höheren Ligningehalten als *Sorghum bicolor* auf (7-8 % ADL in der TM). Das Gasbildungspotenzial der **Ackerfuttermischungen** ist von den dominierenden Komponenten und vom Schnittzeitpunkt abhängig. Je später geerntet wurde und je mehr Gräser im Gemenge waren, desto höher war der Rohfasergehalt. Die **Blümmischung**, ein Gemenge aus krautigen Wildkräutern, erreichte nur Methanausbeuten von Ø 237 l/kg oTS.

Das Methanbildungspotenzial der bei EVA III erprobten Fruchtarten bzw. FF, ausgedrückt als **Methanhektarertrag** [m³/ha], gibt Abbildung 16 wieder.



1) Luzernegras ist ein Leguminosen-Gras-Gemenge (Sächsische Qualitätsmischung QA 7) aus 20 % Knaulgras, 15 % Glatthafer und 65 % Luzerne.

* mehrere Schnitte pro Jahr

** Welsches Weidelgras als Untersaat vom Wickroggen, weiter genutzt als Winterzwischenfrucht vor Mais (in Abbildung: Ertrag der Herbstschnitte + Frühjahrsschnitt)

*** -25 % N-Düngung im Vergleich zu FF 3

! Ertragsdaten der Zweitfrüchte 2015 lagen zu Redaktionsschluss noch nicht vor

SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

Abbildung 16: Methanhektarerträge (in m³/ha), aufsummiert nach Fruchtfolgen, der im Versuchszeitraum geernteten Energiepflanzen am Standort Trossin

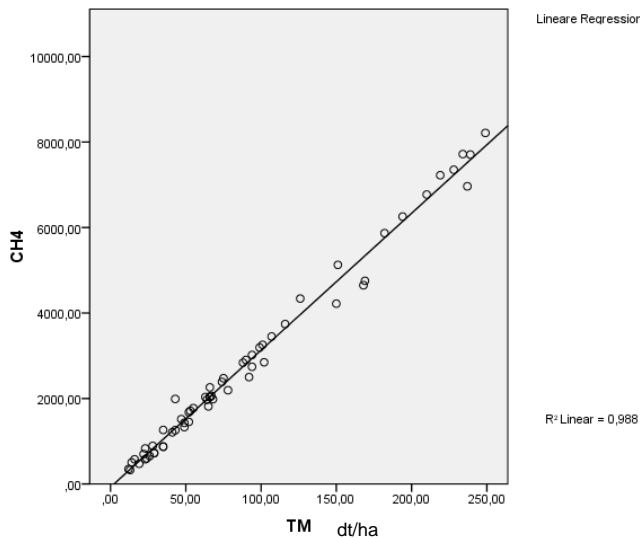


Abbildung 17: Streudiagramm der Regression mit sehr hoher linearer Abhängigkeit zwischen Trockenmasse- und Methanhektarerträgen

Versuchsjahre 2013-2015, Standort Trossin SPSS 17.0

** = Die Korrelation ist auf einem Niveau von 0,01 ($\alpha = 1\%$) 2-seitig signifikant.

■ Korrelationskoeffizient $r = 0,994$ **

■ Regressionskoeffizient $R = 0,988$

■ Lineare Regressionsgleichung:

$$\text{CH}_4\text{-Ertrag} = 32,1 \cdot \text{TM-Ertrag} - 73,8 \text{ (SPSS 17.0)}$$

Die Methanhektarerträge der untersuchten Energiepflanzen korrelieren in sehr hohem Maße mit deren Trockenmasseerträgen, d.h. Fruchtarten mit einem hohen Ertragspotenzial erreichen auch einen sehr guten Methanhektarertrag aus (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 16). Die Korrelation ist auf einem Niveau von $\alpha = 1\%$ signifikant. Die in Abbildung 17 angegebene Geradengleichung wird durch ein sehr gutes Bestimmtheitsmaß von 0,988 abgesichert.

3.3 Ökologische Nachhaltigkeitsbewertungen

3.3.1 Nährstoffaustrag – N_{\min} -Dynamik

Stickstoff wird generell als Motor des Pflanzenwachstums bezeichnet. Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft können aber zu einem Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser führen. Um die Zielvorgabe der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) „Schaffung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes von Gewässern“ erfüllen zu können, müssen die Nährstoffausträge mit dem Sickerwasser reduziert werden. Auch das Projekt EVA hat sich diesem Ziel mit der Optimierung des Düngemanagements und Maßnahmen zur Verbesserung der Fruchtfolgegestaltung angenommen. Nährstoffverlagerungen sind aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten des Sickerwassers erst nach einigen Jahren im Grundwasser nachweisbar. Aussagen über mögliche Stickstoff-Auswaschungsrisiken geben **N_{\min} -Boden-Werte**. Unter dem N_{\min} -Wert wird der Gehalt an leicht verfügbarem mineralischem Stickstoff, Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+), im Boden verstanden. Die N_{\min} -Mengen nach der Ernte und im Herbst erlauben eine Momentaufnahme des noch verfügbaren mineralischen Stickstoffs im Boden. Der Nachernte- N_{\min} gestattet Rückschlüsse darauf, ob Stickstoffdüngung und -mineralisation mit der Aufnahme durch die Pflanze in Einklang gestanden haben. Der N_{\min} -Wert zu Vege-

tationsende bei Beginn der Sickerwasserbildung gibt Auskunft über die Mineralisationsleistung des Bodens zwischen Ernte und Winterbeginn und lässt erste Abschätzungen des Nitrat-Verlagerungsrisikos mit dem Sickerwasser zu (BUTTLAR 2012). Beprobungen zu Vegetationsbeginn im Frühjahr dienen der N-Düngebedarfs-ermittlung einer Kulturart. Düngergaben zu den im Versuchszeitraum angebauten Beständen sind in Anlage 1 wiedergegeben.

3.3.1.1 Fruchtarten im Fruchtfolgeversuch

Die in Abbildung 18 a und b gezeigten N_{\min} -Ergebnisse (in kg/ha) der Bodenbeprobungen nach den Ernten der Kulturarten und zu Vegetationsende lassen Aussagen zur kulturbezogenen N-Dynamik der untersuchten Pflanzen zu. Bei Interpretation von kulturspezifischen N_{\min} -Bodengehaltsdiagrammen ist allerdings zu berücksichtigen, dass neben der angebauten Kulturart auch die Bodenbearbeitung und der Witterungsverlauf (Temperatur, Niederschlag) einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe des N_{\min} -Gehaltes haben.

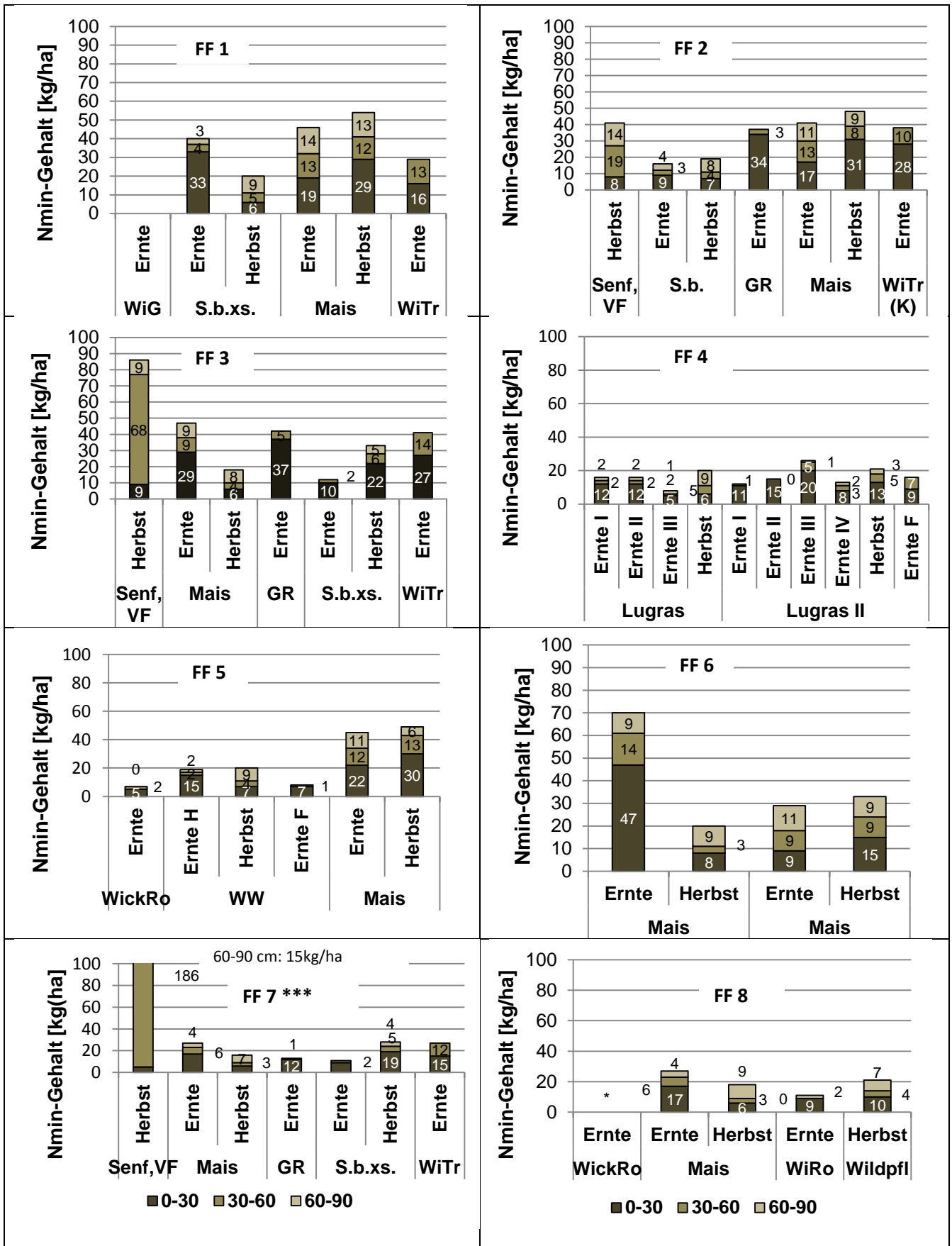


Abbildung 18a: N_{min}-Bodengehalte (in kg/ha) der Feldfrüchte

Energiefruchtfolgeversuch EVA am Standort Trossin unter Darstellung der Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm, Grundanlage (ab 2013)

* = manuelle Beprobung nur bis 60 cm Tiefe möglich, ** = Probenahmegerät defekt, *** = Fruchtfolge mit reduzierter N-Düngung (-25 %)

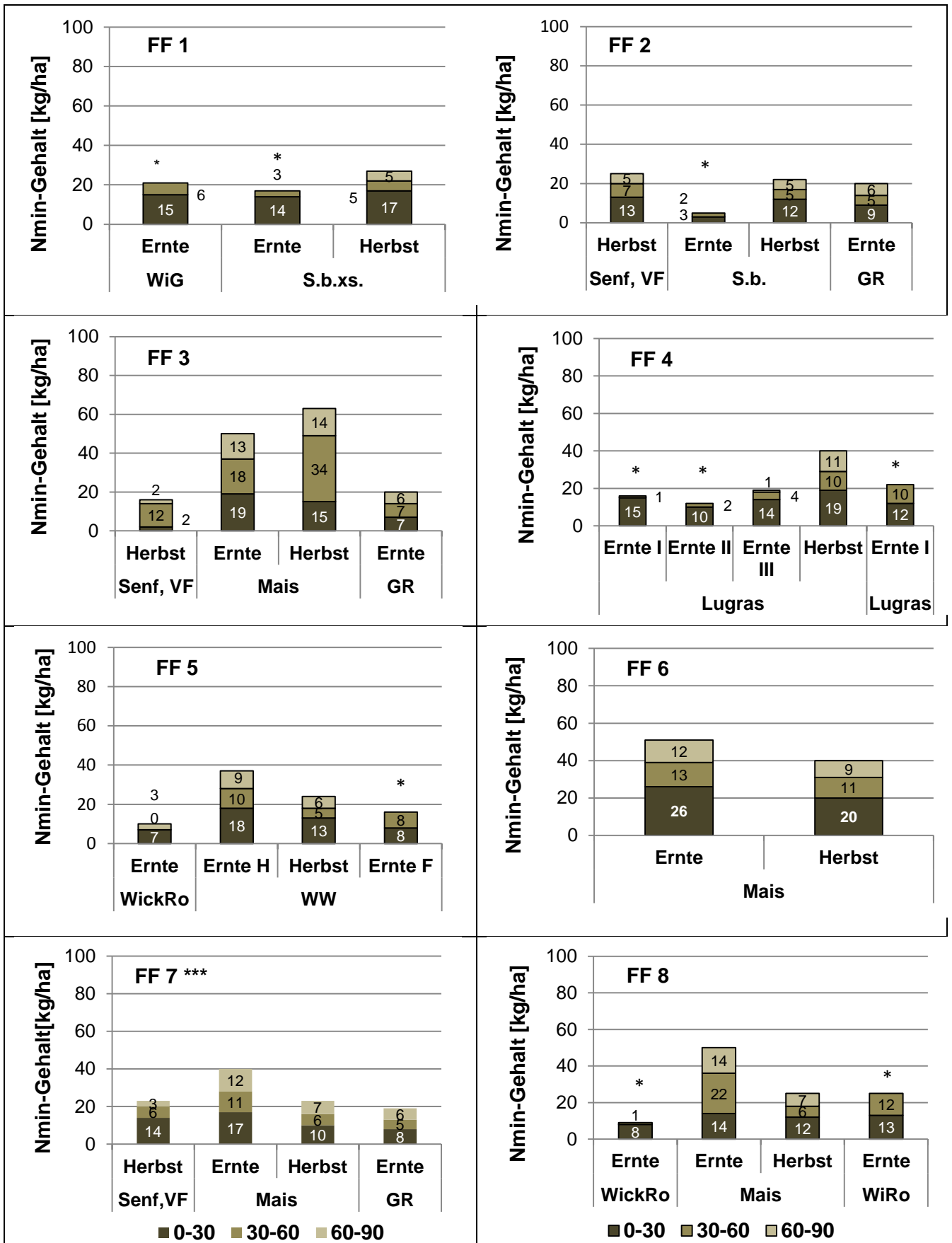


Abbildung 18b: N_{min}-Bodengehalte (in kg/ha) der Feldfrüchte

Energiefruchtfolgeversuch EVA am Standort Trossin unter Darstellung der Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm, Spiegelanlage (ab 2014)

* = manuelle Beprobung nur bis 60 cm Tiefe möglich, ** = Probenahmegerät defekt, *** = Fruchtfolge mit reduzierter N-Düngung (-25 %)

Die ermittelten **Nachernte-N_{min}-Gehalte** des Versuchszeitraums 2013 bis 2015 liegen je nach Fruchtart und Versuchsjahr zwischen 5 und 60 kg N/ha (0-60 cm Bodentiefe) und sind im geringen bis mittleren Gefährdungsbereich einzustufen (BEISECKER 2012). Nicht erreichte Ertragserwartungswerte und somit die Nicht-Ausschöpfung gedüngter Stickstoffmengen waren die Hauptursache erhöhter N_{min}-Werte nach Aberntung einer Fruchtart. Über den gesamten Versuchszeitraum wurden nach **Mais** die höchsten N_{min}-Werte gemessen (30-60 kg N_{min}/ha [0-60 cm], vgl. Abbildung 18). Höhere Nachernte-N_{min}-Gehalte bei Mais wurden auch als Ergebnis anderer Wasserschutz-Versuche festgestellt und als „maistypisch“ definiert (u. a. LfL o. J.; LWK Niedersachsen o. J.). KUHLMANN (2012) hält die Fähigkeit der verstärkten N-Mobilisierung durch Mais oder eine bevorzugte Ammoniumernährung für möglich. **Sorghumhirsen** besitzen ein besseres Nährstoffaneignungsvermögen (THEIB & JÄKEL 2012, 2014; ZANDER & JÄKEL 2012). Dies wurde auch bei EVA III durch niedrigere N_{min}-Werte von < 35 kg/ha (0-60 cm) nach Aberntung bei vergleichbarer Düngung wie Mais (siehe Tabelle Anlage 1) bestätigt. **Getreide-GPS mit spätem Erntezeitpunkt** weist erfahrungsgemäß die geringsten N_{min}-Gehalte nach der Ernte im Boden auf (BUTTLAR 2012), so auch im EVA-Versuch mit Ø 10-25 kg N_{min}/ha (0-60 cm). Eine Ausnahme waren die schlecht entwickelten Wintertriticale-Bestände im Versuchsjahr 2015 (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 18). **Ackerfuttermischungen mit Leguminosen** besitzen die Fähigkeit, Bodenstickstoff über Knöllchenbakterien zu fixieren, sodass geringe N-Düngemengen vollkommen ausreichen (N-Bedarf im Frühjahr 60 kg/ha, nach jedem Schnitt 30-40 kg/ha). Luzernegras bedeckt die Ackerfläche ganzjährig, bildet ein tief reichendes Wurzelsystem (Luzerne) und zeichnet sich durch ein gutes Nitrataneignungsvermögen (Umwandlung in Proteine) aus. Die ganzjährige N-Aufnahme und die demnach niedrigen N_{min}-Bodengehalte nach den Ernteschnitten (vgl. Abbildung 18) sind beste Voraussetzungen zur Entgegenwirkung von N-Auswaschungsverlusten.

Durch den N-Entzug der Hauptkultur sollte der Wurzelraum im Idealfall nach der Ernte tiefgründig von N_{min} entleert sein. Aufgrund von Mineralisationsprozessen bei einer warm-feuchten Witterung können die N_{min}-Werte in den oberen Bodenschichten bis zur Probenahme im Herbst aber wieder ansteigen. Typisch sind mit der Tiefe abnehmende N_{min}-Gehalte. Höhere Gehalte in tieferen Schichten (30-90 cm) deuten auf bereits abgelaufene **Verlagerungsprozesse** hin (Herbst 2014, vgl. Abbildung 18).

Die **Herbst-N_{min}-Gehalte** sollten bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Die tolerierbaren Gehalte sind von der Sickerwasserrate und von der Bodenart abhängig (HENNING & SCHEFFER 2000). Aus Sandböden wird der mineralische Bodenstickstoffgehalt des Herbstes fast vollständig im Winterhalbjahr ausgewaschen. In Lehm Böden verlässt nur ein geringer Teil des mineralischen Stickstoffs den Wurzelraum, sodass höhere Herbst-N_{min}-Werte toleriert werden können. Für den leichten Versuchsstandort Trossin (Su, Sickerwassermenge zwischen 150 und 250 mm/a nach ZALF 2014) geben HENNING & SCHEFFER (2000) einen Herbst-N_{min}-Grenzwert von 20 (bei niedrigerer Sickerwassermenge < 200 mm) bis 30 kg/ha (bei höherer Sickerwassermenge > 200 mm/a) an, um die Qualitätsnorm nach Wasserrahmenrichtlinie von 50 mg Nitrat je Liter Sicker- bzw. Grundwasser zu unterschreiten. Die im EVA III-Versuchszeitraum gezogenen Bodenproben wiesen zum Teil zu hohe N_{min}-Gehalte > 30 kg/ha (0-90 cm) auf. Als Ursachen können hohe Nachernte-N_{min}-Werte – vor allem bei Mais, produktionstechnische Maßnahmen (Bodenbearbeitung) und eine starke Mineralisationsleistung in den mild-feuchten Herbstern angegeben werden. Die größten Mengen des auswaschungsgefährdeten Nitrats wurden bei fehlender Begrünung festgestellt. Neben der winterlichen Brache stellte auch Wintertriticale als lückiger Problembestand im Herbst 2014 ein hohes N-Auswaschungsrisiko dar (vgl. Abbildung 18). Das Wintergetreide war bis Vegetationsende nicht in der Lage, einen dichten Bestand zu bilden, um den überschüssigen mineralischen Stickstoff im Boden zu binden. Ähnliches wurde im Herbst 2012 bei den Parzellen mit Gelbsenf verzeichnet. Mit dem Anbau der abfrierenden Zwischenfrucht Gelbsenf in FF 2, 3 und 7 sollte leicht auswaschungsgefährdeter Nitratstickstoff gebunden und die Boden-N_{min}-Gehalte bis zum Vegetationsende auf niedrigstes Niveau gebracht werden. Allerdings war das Gegenteil zu verzeichnen: enorm hohe N_{min}-

Gehalte bis zu 206 kg/ha, mit Hauptanteil in der mittleren Bodenschicht. Gelbsenf hat sich im Herbst 2012 sehr schlecht etabliert. Mitte November waren die Bestände nur 5-10 cm hoch (in anderen Jahren bis zu 40/50 cm). Große Mengen an Stickstoff aufzunehmen war unmöglich. Weiterhin trat Ende November eine Frostphase ein, bei der die kleinen Pflänzchen bereits abgestorben sind. Im darauffolgenden milden, regenreichen Dezember, der beste Lebensbedingungen für Destruenten bot, setzte bereits die Mineralisation des leicht abbaubaren (junges Pflanzenmaterial hat ein sehr enges C:N-Verhältnis), abgestorbenen Pflanzenmaterials ein, wodurch große Mengen an Stickstoff frei gesetzt wurden. Diese wurden in den Analyseergebnissen der Herbstbeprobungen, welche im Jahr 2012 aufgrund einer Projektpause erst Mitte Dezember gezogen werden konnten, festgehalten. Bei einer dichten Gründecke im Herbst konnte der leicht auswaschungsgefährdete Nitratstickstoff allerdings weitgehend gebunden werden, sodass die tolerierbaren Herbst-N_{min}-Gehalte <30 kg/ha eingehalten wurden (gut entwickelte Wintergetreidebestände, Gelbsenf 2013 – FF 2, 3 und 7, Ackerfuttermischung – FF 4 und überwinterndes Weidelgras – FF 5, vgl. Abbildung 18).

3.3.1.2 Auswirkung einer -25-%igen Düngung (Vergleich Fruchtfolge 7 mit FF 3)

Um Nitratausträge ins Grundwasser zu vermeiden, dürfen Stickstoffdüngergaben nicht zu hoch angesetzt werden. Auswirkungen auf den Ertrag bei reduzierter N-Aufwendung wurden bereits im Kapitel 3.1.4 behandelt. Ob eine verringerte N-Ausbringung auch den N_{min}-Verlauf bedeutend senkt, zeigt Abbildung 19. Verglichen wurden die Düngestufen „standortangepasste fruchtartenspezifische N-Gabe“ (FF 3) und „eine um 25 % reduzierte standortangepasste N-Gabe“ (FF 7 = FF 3 – 25 % N).

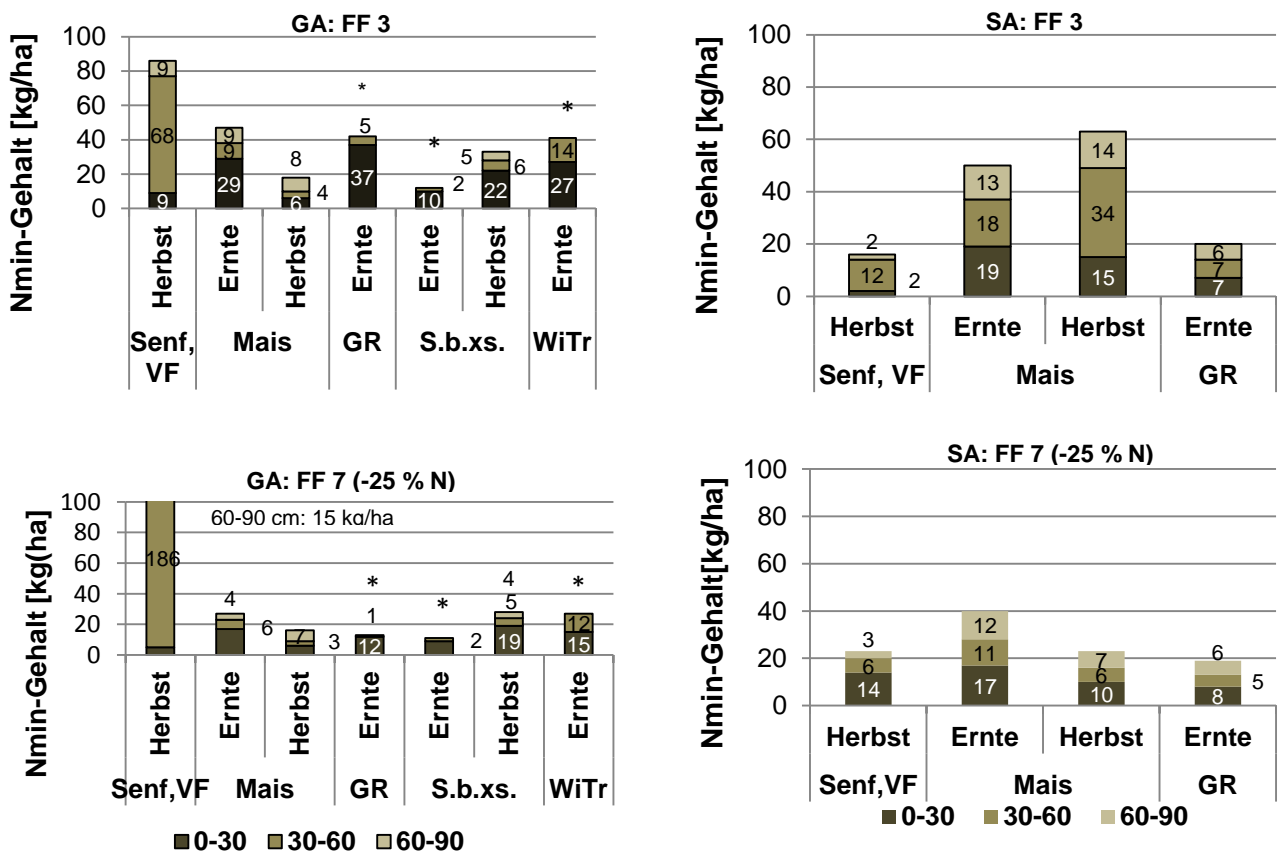


Abbildung 19: Vergleich der N_{min}-Bodengehalte (kg/ha) nach der Ernte und zu Vegetationsende

[bei standortangepasster (FF 3) und reduzierter Düngung (FF 7) am Standort Trossin unter Darstellung der Bodentiefe 0-30 cm, 30-60 cm, und 60-90 cm]

* = manuelle Beprobung nur bis 60 cm Tiefe möglich, GA = Grundanlage, SA = Spiegelanlage

Tabelle 10: Stickstoffdüngung (in kg/ha) bei den erprobten Fruchtarten in FF 3 und FF 7.

	Grundanlage				Spiegelanlage	
	Mais	GR	S. b.xs.	WiTriticale	Mais	GR
standortangepasste, fruchtartenspezifische Düngung (FF 3)						
N-Bedarf [kg/ha]	152	100	140	100	152	100
N_{min} 0-90 cm [kg/ha]	23	7	10	11	21	0
N-Düngung [kg/ha]	120	115	130	90	130	100
-25 % reduzierte N-Düngung (FF 7) *						
N-Düngung * [kg/ha]	105	86	97,5	67,5	97,5	75

* Die N-Reduzierung um 25 % erfolgte unter Zugrundelegung der regionalen Düngerempfehlung des jeweiligen Jahres für Fruchtfolge 3 (FF 7 = FF 3 -25 % N).

GR = Grünroggen, S. b. x s. = Sorghum bicolor x sudanense (Sudangrashybride)

Die Reduktion der N-Düngermenge um 25 % brachte bei den **Fruchtarten unterschiedliche Ergebnisse der N-Salden**. Eine Verringerung der Nachernte-N_{min}-Gehalte von 34 % wurde bei Wintertriticale (2015), 50 % bei Mais (2013) und bis zu 70 % bei Grünroggen (2014) ermittelt. Aufgrund der schlechten Bestandesetablierung waren diese Kulturen nicht in der Lage, den nach Sollwert ermittelten Stickstoff vollständig aufzubrauchen (Abbildung 19). Es gab keine Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Düngevarianten in Bezug auf den ermittelten Nachernte-N_{min}-Wert bei *Sorghum b. x s.* (2014) und Grünroggen (2015, vgl. Abbildung 19).

Obwohl dem **Mais** im Versuchsjahr 2014 (Spiegelanlage) bei einem hervorragenden Ertragsniveau von Ø 210 dt TM/ha die verminderte Düngermenge von 97,5 kg/ha sichtlich zu wenig war und mit Chlorosen reagierte, wurden noch Nachernte-N_{min}-Gehalte von 40 kg/ha gemessen (Abbildung 19 – FF 7/SA, vgl. mit Abbildung 15b). Gefäßversuche könnten zur Ursachenklärung beitragen, weil Überdüngung nicht der (alleinige) Grund für hohe N_{min}-Werte nach Maisabfuhr sein kann. Eine bevorzugte Ammoniumernährung oder eine verstärkte N-Mobilisierung können laut KUHLMANN (2012) angenommen werden. Die für das gute Ertragsniveau ungewöhnlich hohen Nachernte-N_{min}-Gehalte lassen aber auch auf einen Spurenelementemangel (Zink, Molybdän) schließen. Das aus dem Boden aufgenommene Nitrat wird in der Pflanze zu Ammonium reduziert und in Aminosäuren eingebaut. Dieser Prozess benötigt Energie, die über die Fotosynthese und die dabei gebildeten Zucker gewonnen wird. Das reduzierende Enzym, die Nitratreduktase, enthält Zink und Molybdän. Wenn eines der beiden Spurenelemente im Mangel ist, können die energieliefernden Zuckerreserven nicht verwertet werden.

3.3.2 Bodenwasserhaushalt

Wasser ist ein wesentlicher Bestandteil der Böden. Nur gut mit Feuchtigkeit versorgte Böden sind in der Lage, den Pflanzenwurzeln Nährstoffe in gelöster Form bereitzustellen und organische Masse hervorzubringen. Die vom Boden maximal aufnehmbare, gegen die Schwerkraft haltbare Wassermenge gibt die **Feldkapazität** an (Wasserspeichervermögen bei Sättigung in Vol-%). Abhängig von der jeweiligen Bodenart unterliegt das Wasser unterschiedlichen Bindungskräften. Pflanzen sind ab einer bestimmten Wasserspannung nicht mehr in der Lage, dem Boden Wasser über ihre Wurzeln zu entziehen, weil die Haftung des Wassers an die Bodenpartikel zu stark ist. Das für Pflanzen nicht mehr nutzbare Wasser wird Totwasser genannt (**pflanzenverfügbares Wasser bzw. nutzbare Feldkapazität** = Feldkapazität – Totwasser). Wesentliche Quellen für den Bodenwasserhaushalt sind das Niederschlagswasser, das als Haftwasser gegen die Schwerkraft im Boden festgehalten wird, und das Grundwasser, das vorrangig aus Sickerwasser gebildet wird und über Wasserverdunstungsprozesse an die Bodenoberfläche kapillar aufsteigen kann (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Bodenfeuchte unter ausgewählten Fruchtarten über den Versuchszeitraum

Bodenfeuchtemessungen fanden während der Versuchsjahre in unterschiedlicher Form statt und bedürfen weiterer Auswertung. Im Mittelpunkt stand erstens die Frage, welche Fruchtarten im Vergleich zu anderen unterschiedliche Wasserverbrauchswerte aufweisen. Dazu wurden aus Kapazitätsgründen nur ein paar Fruchtarten ausgewählt, denen jedoch einheitlich die Variante Brache/Mais in Hauptfruchtstellung als Referenz gegenübergestellt wurde. Zweitens sollte untersucht werden, welche Unterschiede in der Wasserversorgung entstehen, wenn Zweitfruchtanbau im Vergleich zum herkömmlichen Maisanbau auf einer im vorlaufenden Winterhalbjahr brach liegender Fläche erfolgt. Drittens war in den letzten beiden Projektjahren auch der Wasserhaushalt von Dauerkulturen wie Durchwachsene Silphie, Luzernegras und Szarvasigras betrachtet worden.

Um die beiden ersten Fragestellungen zu bearbeiten, wurden hauptsächlich die Ergebnisse wöchentlicher Beprobungen mit dem Bohrstock nach Pürckhauer in 10-cm-Schritten bis 60 cm Tiefe genutzt. Für die Bearbeitung von Frage 3 standen TDR-Messungen zur Verfügung, die zu Tageswerten zusammengefasst wurden.

Die Abbildung 20a bis c zeigt die Ergebnisse der Bohrstockbeprobungen in den Jahren 2013, 2014 und 2015. In allen drei Jahren zeigt sich, dass der Boden in den beprobten Schichten der jeweiligen Fruchtarten zu Beginn der jeweiligen Vegetationszeit im Rahmen der erzielbaren Messgenauigkeit die gleichen Bodenwassergehalte aufwies. Im Vergleich zur Brache, auf der dann bei Erreichen der Bodentemperaturbedingungen die Maisaussaat zur Hauptfruchtstellung erfolgte, verbrauchen die Dauerkulturen und die überwinterten Zwischenfrüchte im Zweitfruchtanbau in den ersten Wochen deutlich mehr Wasser. Starke Unterschiede innerhalb der Fruchtarten waren dabei in den Beprobungen mit dem Bohrstock nicht zu erkennen.

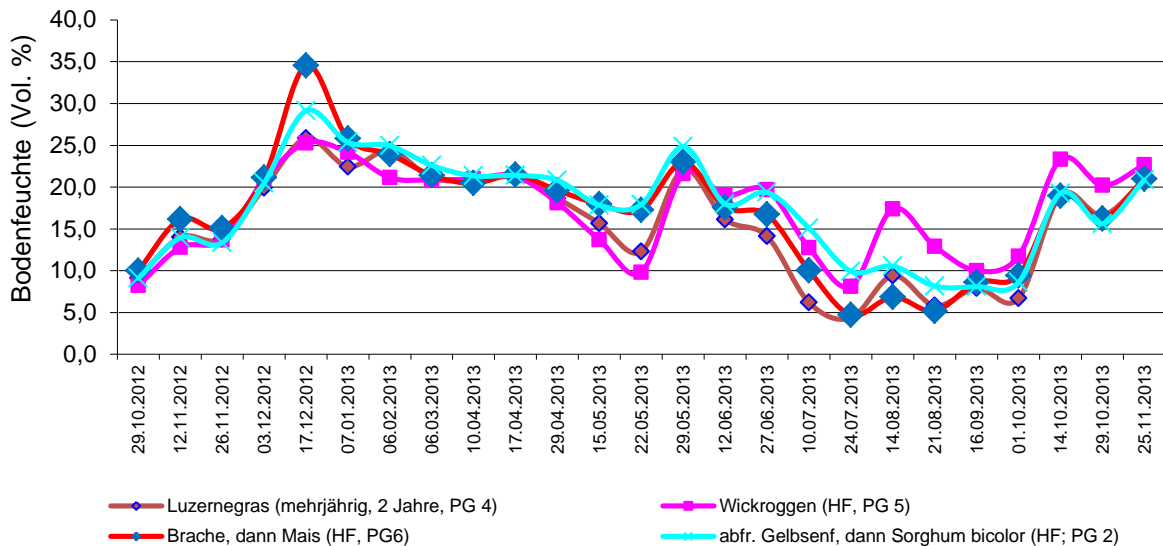


Abbildung 20a: Bodenwasserhaushalt (Vol.%) ausgewählter Fruchtarten im Vergleich zur winterlichen Brache mit anschließendem Mais-Hauptfrucht-Anbau (Versuchsjahr 2013)

Versuchsstandort Trossin (AZ 31, Su3), Beprobungstiefe: 60 cm

(Datenaufnahme: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie Leipzig)

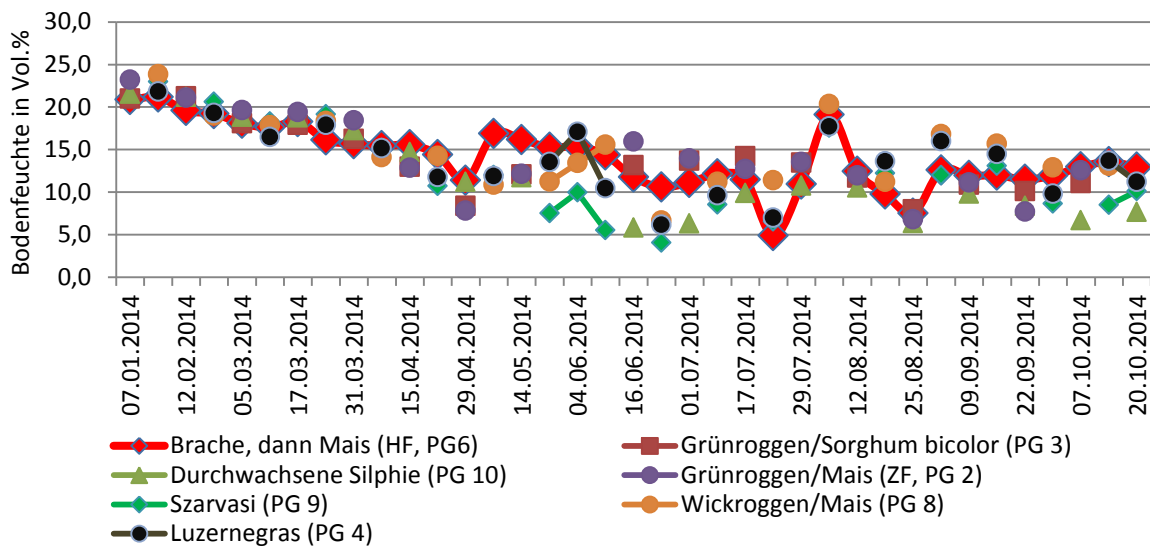


Abbildung 20b: Bodenwasserhaushalt (Vol.%) ausgewählter Fruchtarten im Vergleich zur winterlichen Brache mit anschließendem Mais-Hauptfrucht-Anbau (Versuchsjahr 2014)

Versuchsstandort Trossin (AZ 31, Su3), Beprobungstiefe: 60 cm

(Datenaufnahme: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie Leipzig)

Durch die Niederschläge der zweiten Hälfte der Vegetationszeit war in allen drei Jahren der Unterschied im Bodenwassergehalt der Variante Brache/Mais zu den Vergleichsvarianten ausgeglichen worden und so kann anhand der hier vorliegenden Werte zwar festgestellt werden, dass Dauerkulturen und winterharte Zwischenfrüchte einen deutlich höheren Wasserverbrauch in der ersten Hälfte der Vegetationszeit haben, aber die natürlichen Niederschläge in der weiteren Vegetationszeit diesen Unterschied ausgleichen können. Schwierig

würde es aber für die Pflanzenentwicklung im Zweitfruchtanbau, wenn die Niederschläge im Juni/Juli ausbleiben.

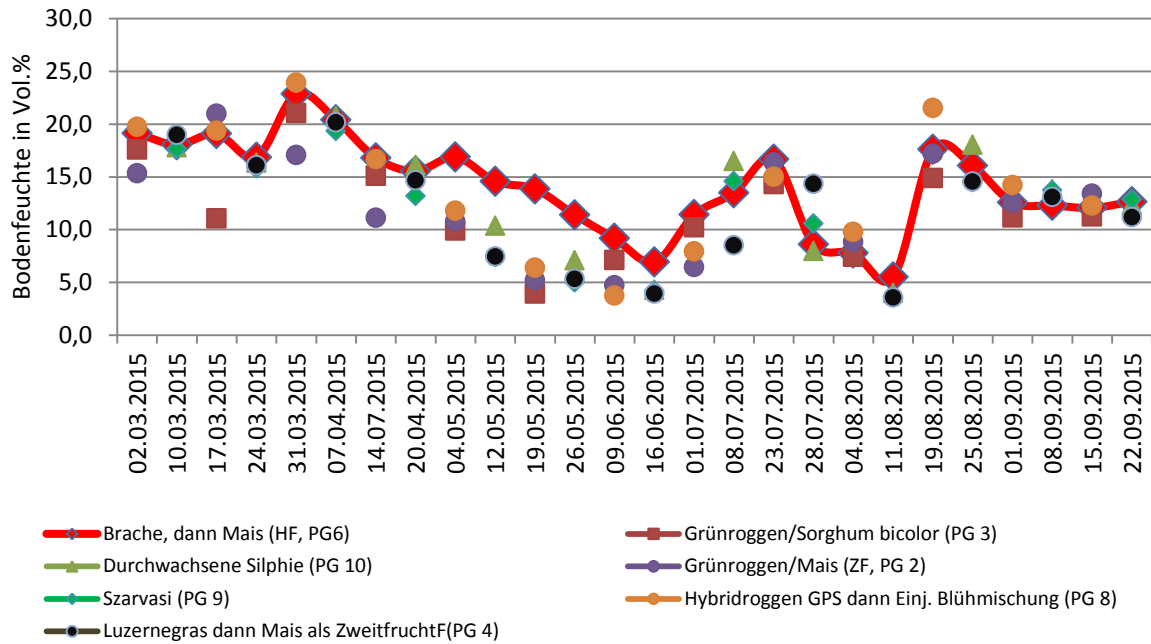


Abbildung 20c: Bodenwasserhaushalt (Vol.%) ausgewählter Fruchtarten im Vergleich zur winterlichen Brache mit anschließendem Mais-Hauptfrucht-Anbau (Versuchsjahr 2015)

Versuchsstandort Trossin (AZ 31, Su3), Beprobungstiefe: 60 cm
(Datenaufnahme: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie Leipzig)

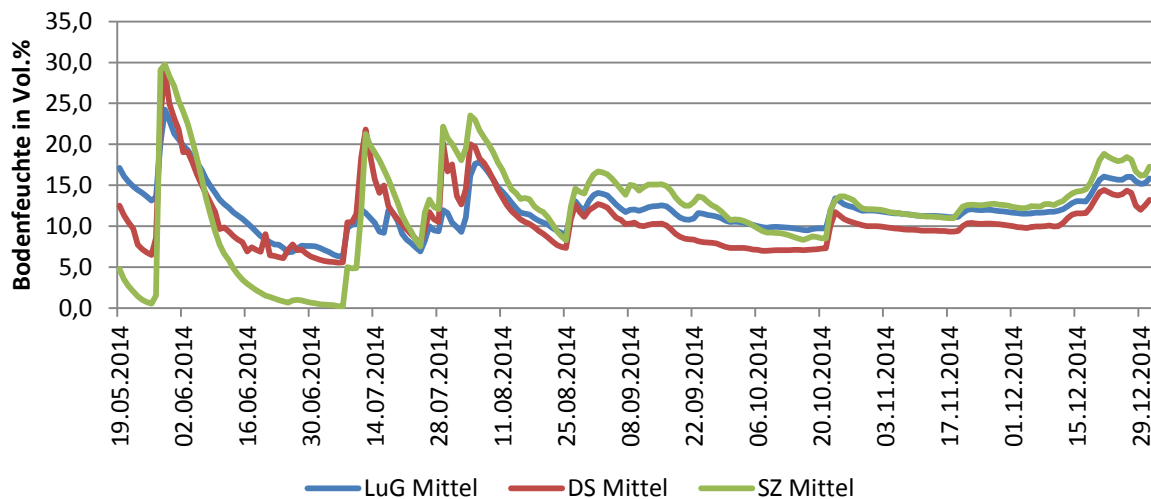


Abbildung 21a: Tägliche Bodenwassergehalte (Vol.%) von drei Dauerkulturen (Versuchsjahr 2014)

(Luzernegras LuG, Durchwachsene Silphie DS, Szarvasigras SZ)
Versuchsstandort Trossin (AZ 31, Su3), Beprobungstiefe: 60 cm
(Datenaufnahme: LfULG, Auswertung: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie Leipzig)

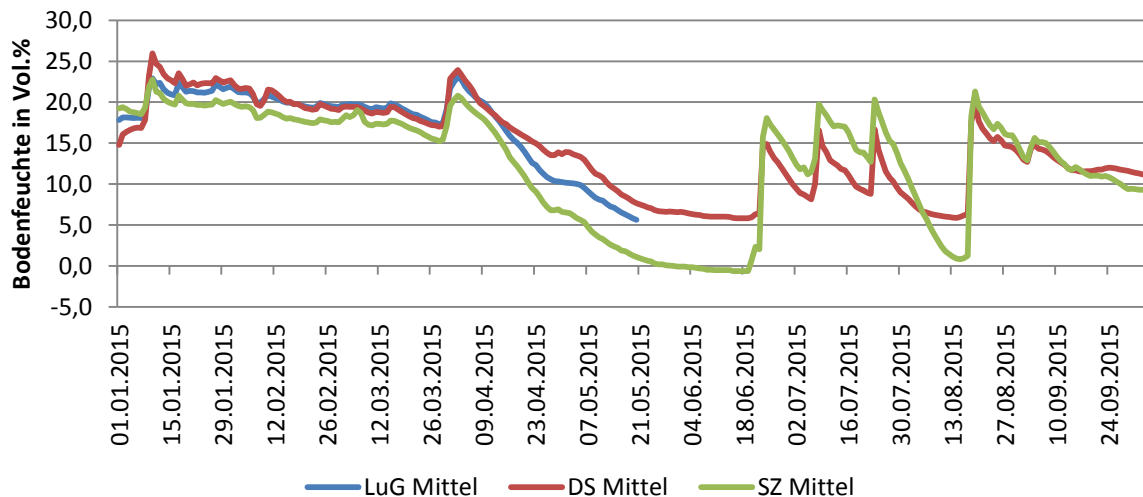


Abbildung 21b: Tägliche Bodenwassergehalte (Vol.%) von drei Dauerkulturen Versuchsjahr 2015

(Luzerngras LuG, Ende des Anbaus der Fruchtart am 20.05.2015, Durchwachsene Silphie DS, Szarvasigras SZ), Versuchsstandort Trossin (AZ 31, Su3), Beprobungstiefe: 60 cm

(Datenaufnahme: LfULG, Auswertung: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie Leipzig)

Die Abbildung 21a und b zeigt im Vergleich den Verlauf des Bodenwassergehaltes unter drei Dauerkulturen Luzerngras (LuG), Durchwachsene Silphie (DS), Szarvasigras (SZ). Während LuG und DS vergleichbare Werte im Laufe der gesamten Zeit zeigen, ist bei SZ in der ersten Hälfte der Vegetationszeit in beiden Versuchsjahren eine Wasserausschöpfung bis unter den Welkepunkt über die gesamte Beprobungstiefe zu erkennen, die erst durch die Niederschläge in der zweiten Hälfte der Vegetationszeit ausgeglichen wurde und die die Bodenwassergehalte in der Untersuchungsschicht etwa wieder auf das Niveau von LuG und DS hob.

3.4 Bonituren/Besonderheiten im Vegetationsverlauf

Die Ergebnisse der Bestandesaufnahmen in den einzelnen Versuchsjahren fasst Tabelle 11 zusammen.

Tabelle 11: Bestandesaufnahmeprotokoll der angebauten Feldfrüchte in den Versuchsjahren 2013–2015 des Versuchsstandortes Trossin

Fruchtarten	2013	2014	2015
Vorfrucht (abfrierender Gelbsenf)	<ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Mitte September - spärlicher Aufgang - schwach entwickelte Bestände zu Vegetationsende - Abfrieren bereits Ende November (Frost) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Ende August - sehr gute Bestandesentwicklung - dichter Bestand - froh nicht ab (sehr milder Winter), im März gemulcht 	----
Wintergetreide/ Winterzwischenfrüchte	<p><u>Wickroggen, Wintergerste:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Mitte September - Aufgang nach 8 Tagen - normale Vorwinterentwicklung - Biomasseverluste (abgefrorene Blätter), Vegetationsrückstand im Frühjahr (winterliche Frostperioden ohne Schneedecke) - Wickroggen bessere Frosthärte als Wintergerste - hohe Fusariumbelastung kurz vor Ernte, weil nasser Mai (WiGerste) - gutes Wachstum im durchschn. (T), feuchten Frühling - Ernte des Wickroggens problematisch, manuelle Aufrichtung (Wicke 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung in Abhängigkeit vom Aussaatzeitpunkt unterschiedlich (Abb. 25): <p><u>Wickroggen, Wintergerste:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - standortübliche Ausbringung Mitte Sept. - Aufgang nach 8-9 Tagen - normale Vorwinterentwicklung - WickRo: starke Dominanz der Wicken und Gräser (feuchte Witterung), Lager im mittleren Ausmaß im Mai nach Starkregen, dadurch Ernteprobleme - WiGerste: Fraßschäden durch Hasen, Braun- und Gelbrost (BSA 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung je nach Getreideart unterschiedlich (Abb. 29): <p><u>Grünroggen, Hybridroggen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat je nach Vorfrucht (25.09./20.10.) - standortüblich - Aufgang nach 6-8 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Hybridroggen am Parzellenrand etwas lückig (Drillmaschine, Abb. 29) - keine sichtbaren Schäden durch Frühjahrstrockenheit <p><u>Wintertriticale:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - zeitige Aussaat Ende September

Fruchtarten	2013	2014	2015
	<p>rankte um Roggenhalme, Lager durch Starkregenfälle Ende Mai, Abb. 22 links)</p> <p><u>Grünroggen, Wintertriticale (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - zeitige Aussaat Ende September - Aufgang nach 9-10 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Vegetationsrückstand im Frühjahr, gute Frosthärte, keine sichtbaren Schäden - gutes Wachstum im durchschn. (T), feuchten Frühling 	<p>= 5*), Blattfleckenkrankheit (<i>Rhynchosporium secalis</i>, BSA =2*)</p> <p><u>Grünroggen, Hybridroggen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat sehr spät - Ende Oktober (Bodenverschlammung) - trotz erhöhter Aussaatmengen und eines feuchten, milden Herbstes nur spärlicher Aufgang, lückige Bestände → Sorte Vitallo (Grünroggen) eigentlich spätsaatverträglich, Palazzo (Hybridroggen) sollte bis Mitte Oktober im Boden sein - Pilzbefall (milder Winter) - Untersuchungsbericht der mykologischen Diagnostik (BfUL): Typhula sp. - Blattfleckenkrankheit (<i>Rhynchosporium secalis</i>, BSA =2*) - Verdacht auf Nematoden (verdrehte, nach unten gekrümmte Blätter) durch Labor nicht bestätigt (Abb. 24) - 3 Wochen früherer Vegetationsbeginn positiv für Getreidewachstum - weitere Verdichtung der Bestände durch Düngemenge über Bedarf, Pflanzenschutz, Wachstumsregler (Abb. 25, Bild 4) <p><u>Wintertriticale (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat am 22.10. - Aufgang nach 9 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Pilzbefall (mild-feuchte Witterung) - Untersuchungsbericht der mykologischen Diagnostik (BfUL): <i>Microdochium nivale</i> (Schneeschimmel) - früherer Vegetationsbeginn positiv für Getreidewachstum 	<ul style="list-style-type: none"> - nur 1/3 des Saatguts aufgegangen – Folge: Nachsaat Anfang November - mit schlechter Bestandesetablierung in Winter - zum Vegetationsbeginn Bestand weiterhin lückig (Abb. 29) - keine weiteren Schäden durch Frühjahrstrockenheit <p><u>Wintergerste (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - standortübliche Aussaat Mitte September - Aufgang nach 8 Tagen - gute Vorwinterentwicklung - Stängel zu Vegetationsbeginn gelb (Abb. 29) - N-Mangel: starke Auswaschungsverluste im feuchten Herbst und Januar (Brache nach Vorfrucht WiRoggen – Kornnutzung) - leichte Trockenheitsschäden im Frühjahr
C₄-Pflanzen Hauptfrüchte	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - standortübliche Aussaat Ende April - Aufgang nach 11 Tagen (gute Aufgangsdichte: 8 Pfl. / m²) - erhebliche Beeinträchtigung Jugendentwicklung und Wachstum (kühles Frühjahr, heftige Niederschläge im Mai/Juni, Trocken-/ Hitzeperiode im Sommer) - Bonitur Längenwachstum (27.06.): Pflanzenhöhen von 75-95 cm - Aufholung Wachstumsdefizit im Spätsommer (Niederschläge Ende Juli + August, warme T) - Ernte am 2.09. mit Pflanzenhöhen von Ø 185 cm - starker Unkrautdruck (feuchte Witterung), bis zu 30 % vor Pflanzenschutzinsatz - Maiszünsler Ende der Blüte mit mittlerem bis starkem Befall (2013 noch keine Trichogramma-Behandlung) - Kolbenverluste durch Kolkraben (Abb. 22 rechts) <p><u>Sorghum bicolor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat wie Zweitfrucht-Mais - zügiger Aufgang nach 7 Tagen 	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat 2 Wochen früher als standortüblich (vorzeitiger Vegetationsbeginn) - verzögerter Aufgang nach 14 Tagen (ausbleibende NS bis Mitte Mai) - starke Trockenheit im Juni - Bonitur Längenwachstum (13.6.): Pflanzenhöhen von 65-80 cm - keine sichtbaren Pflanzenschädigungen - Aufholung Wachstumsdefizit ab Juli (schwül-warm) - Behandlung mit Trichogramma-Schlupfwespen, deutliche Verringerung Maiszünslerbefall - Mehrkolbigkeit – genetisch bedingt, Begünstigung durch hohe Sonneneinstrahlung, gute Nährstoffversorgung (Abb. 27 Mitte) - Rotfärbung von Stängel und Blatt (Abb. 27 rechts): <ol style="list-style-type: none"> 1. Schutz vor Sonneneinstrahlung (Anthocyane, sortenabhängig), 2. durch Wassermangel induzierte P-Unterversorgung 3. Zink-/Molybdänmangel (Anzei- 	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat standortüblich Ende April - Aufgang nach 11 Tagen (trockener April, aber Ende April 12 mm NS + Bodenfeuchtereserven vorhanden) - gute Bestandesetablierung (Anfang Mai 11 mm NS) - wochenlange Vorsommertrockenheit (Mai/Juni), unterdurchschnittliche Entwicklung, aber „Wasser hat gereicht für dichten Bestand“ - Pflanzenhöhen zu BBCH 31 (30.06.): 60-80 cm - deutliche Trockenheitsschäden (braune Blattspitzen) – Notreife ohne abschließende Kornfüllung (Abb. 32 links) - gute Wasserversorgung ab Juli – Pflanzenhöhen zwischen 160 und 190 cm am 21. Juli (BBCH 61) - Behandlung mit Trichogramma-Schlupfwespen, deutliche Verringerung Maiszünslerbefall - optimaler Erntetermin: Ende August – Bodenvernässung, Ernte erst Mitte September mit Folge

Fruchtarten	2013	2014	2015
	<ul style="list-style-type: none"> - 85%-ige Aufgangsrate - Vorsommer Starkniederschläge, Sommer Trockenheit (Wachstumsstagnation) - ab Juli gutes Wachstum (wärmeschwül) - profitierte von warmen Septembertagen - Ernte Anfang Oktober (Beginn Rispschieben) mit Pflanzenhöhen von Ø 233 cm 	<p>chen: hoher Nacherte-N_{min}) – Reduktion NO₃ in Pflanze zu NH₄⁺ + Einbau in Aminosäuren, dazu Energie benötigt, die über Photosynthese und die dabei gebildeten Zucker gewonnen wird – reduzierendes Enzym Nitratreduktase) als Hauptbestandteile Zink und Molybdän → bei Mangel dieser Spurenelemente werden Zuckerstoffe nicht verwertet, sondern mit Transpirationssog in Blattspitzen/-ränder verlagert</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ernte Mitte Sept. bei Pflanzenhöhen von 1,90 – 2,20 m - optimaler Erntetermin: Anfang Sept., Befahrbarkeit nicht gegeben <p><u>Sorghum bicolor (Abb. 28):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat zeitgleich mit ZF-Mais (Mitte Mai) - Aufgang mit Rate von 96 % nach 10 Tagen - Wachstumsstagnation im Juni (Trockenphase, BBCH 30 am 15.07. Pflanzenhöhen von 50-70 cm) - beste Wachstumsbedingungen während warm-feuchten Sommers - überragte bereits Ende August Mais in Bestandeshöhe (Abb. 28) - Ernte Mitte Oktober mit Pflanzenhöhen > 3 m 	<p>eines zu hohen TS-Gehaltes</p> <p><u>Sorghum bicolor (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat am 21.5., 3 Wochen nach Mais-Aussaat - zügiger Aufgang nach 7 Tagen (Restbodenfeuchte, während Aufgangsphase ein paar mm NS) - Reaktion auf Vorsommertrockenheit mit braunen Blattspitzen (Abb. 32 rechts + Wachstumsstagnation) - im allgemeinen besseres Erscheinungsbild als Mais, keine Notreife, grün - Pflanzenhöhen am 21.07. (BBCH 31): 100-110 cm - während warm-feuchten Spätsommers gute Entwicklung
C₄-Pflanzen Zweitfrüchte	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat relativ spät - Anfang Juni (Bodenverschlammung) - erschwerte Aufgang nach 7 Tagen (Starkregen), 7 Pfl. / m² - lückige Bestände - ähnlicher Entwicklungsverlauf wie HF-Mais - Kolbenverbiss ausgeprägter als bei HF-Mais - Ernte ebenfalls Anfang September <p>(BBCH 75)</p> <p><u>Sorghum bicolor x sudanense (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat wie Sorghum-HF und ZF-Mais - Aufgang nach 7 Tagen - starker Unkrautdruck (feuchte Witterung), bis zu 50 % vor Pflanzenschutzinsatz - sehr gutes Wachstum ab August - Ernte Anfang September (Milchreife) mit Pflanzenhöhe von Ø 253 cm - Maiszünsler-Verdacht auch bei <i>Sorghum b. x s.</i> (abgeknickte Halme) → keine positive Bestätigung durch phytopathologisches Labor der BfUL 	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Mitte Mai - deutliche Vorteile gegenüber HF (Bodenwasservorräte gefüllt, warmes Frühjahr) - rascher Aufgang nach 9 Tagen - ZF-Mais überholte HF in Bezug auf Bestandeshöhe + Ertrag, Pflanzenhöhen zur Ernte: 2,30-2,50 m (Abb. 27 links) <p><u>Sorghum bicolor x sudanense (Abb. 28):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat eine Woche später als HF-Sorghum - Aufgang mit Rate von 73 % nach 13 Tagen - Wachstumsbedingungen analog HF - Ernte Mitte September (frühe Teigreife) 	<p><u>Mais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Ende Mai, 4 Wochen nach HF - aufgrund Trockenheit Aufgang erst nach 4 Wochen (22 mm NS) - sehr schlechte Bestandesetablierung nach Luzernegras und Weidelgras (Abb. 33) – Ursache: schlechte Bodenbearbeitung (nur gegrubbert) - bessere Bestandesetablierung nach Grünroggen, aber auch lückig und unterdurchschnittlich - Pflanzenhöhen am 21.07.: 70-80 cm <p><u>Sorghum bicolor x sudanense:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Ende Mai zeitgleich mit Mais-ZF - Aufgang nach 5 Wochen (Anfang Juli 20 mm NS) - lückige Bestände - Pflanzenhöhen an 21.07.: 40-60 cm - ab Mitte August (schwül-warm) gutes Wachstum, keine sichtbaren Trockenheitsschäden
Sommerzwischenfrüchte	<p><u>Einjähriges Weidelgras (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Ende Juli - sehr konkurrenzschwach (starke Verunkrautung) <p><u>Sorghum bicolor x sudanense:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat wie Zweitfrucht-Mais und HF-Sorghum Anfang Juni 	<p><u>Einjähriges Weidelgras (EP):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat zeitig (23. Juni) - Sommer feucht - gute Etablierungs- und Wachstumsbedingungen <p><u>Sorghum bicolor x sudanense:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat eine Woche später als 	<p><u>Einjähriges Weidelgras:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Anfang Juli (22 mm NS nach wochenlanger Trockenheit am 23. Juni) - rascher Aufgang nach 8 Tagen (erneut 20 mm NS während Aufgangsphase) - Juli/August zu trocken für gutes

Fruchtarten	2013	2014	2015
	<ul style="list-style-type: none"> - zügiger Aufgang nach 7 Tagen - 78%-ige Aufgangsrate - Ausfallgetreide, Schadhirs - Vorsommer Starkniederschläge, Sommertrockenheit (Wachstumstagnation) - ab Juli gutes Wachstum (wärmeschwül) - profitierte von warmen Septem-berwochen - Ernte Anfang September 	<p>HF-<i>Sorghum</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufgang mit Rate von 73 % nach 13 Tagen - Wachstumsbedingungen analog HF - Ernte zu spät Mitte Oktober (TS = Ø 39 %), Defekt am Häcksler 	<p>Wachstum des Grases - Folge: lückiger, unterentwickelter Bestand</p> <ul style="list-style-type: none"> - ab Mitte August NS - Förderung Unkrautdruck (Abb. 31 links) <p><u><i>Sorghum bicolor x sudanense</i>:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat Ende Mai zeitgleich mit Mais-ZF und Sorghum-ZF - Aufgang nach 5 Wochen (Anfang Juli 20 mm NS) - lückige Bestände - Pflanzhöhen an 21.07: 40-50 cm - ab Mitte August (schwül-warm) gutes Wachstum, keine sichtbaren Trockenheitsschäden
über- bzw. mehr-jährige Gräser- und Grasgemenge (Luzernegras, Welsches Weidelgras)	<p><u>Luzernegras:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - zu späte Aussaat (Ende September, Projektpause) - → laut Saaten Union (2013) Aussaat bis Ende August bei T > 8,5°C - schlecht entwickelte Bestände vor Wintereintritt (zu kurze Jugendentwicklungsphase, kalte Tage im Spätherbst, starker Unkrautdruck) - Bestockungsschnitt im Frühjahr: Verringerung Segetalflora auf 20-25 % - Verschiebung Luzerne-Gras-Verhältnis (2:1) in Richtung Gräser (zunehmende Feuchte, Abb. 23) 	<ul style="list-style-type: none"> - profitierten von Niederschlägen im Spätherbst und Frühjahr - starker Unkrautdruck (Abb. 26 links) - verstärkter Durchwuchs von Weidelgras in anderen Kulturen (FF 3, 5, 8) - Mäusebefall (Abb. 26 Mitte) - Luzerne-Gras-Verhältnis (2:1) verschob sich nach jedem Schnitt in Richtung Gräser (Abb. 26 rechts) 	<ul style="list-style-type: none"> - zu Vegetationsbeginn üppige Bestände, wenig Segetalflora - Gräserdominanz (90 % Gras im Luzernegras) - Mäusebefall - deutliche Schäden durch Frühjahrs- und Vorsommertrockenheit – nur geringfügiger Wiederaufwuchs nach 1. Schnitt beim Luzernegras (Abb. 31 rechts)
Sonstige Kulturen (Rübe, Blühmischung)	----	----	<p><u>Blühmischung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mäusebefall - starker Weidelgras-Durchwuchs, Weidelgras ist KEINE Komponente der Mischung, 2013 W. Weidelgras in Wickroggen-Gemenge (Abb. 30) → nur ge-grubbert <p><u>Rübe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussaat standortüblich Anfang April (Trockenheitsphase) - Aufgang nach 13 Tagen - gute Entwicklung trotz wochen-langer Trockenheit - „verbrannte“ Blätter - Blattschäden gut verwachsen

PSM = Pflanzenschutzmaßnahme, NS = Niederschlag, T = Temperatur

EP = Ertragsprüfungsversuch (FF 1-3 in allen Versuchsjahren zur Datenabsicherung (Ertragsniveau)

* BSA Notenskala für Bonituren des Bundessortenamtes (BSA 2000): Note 1 (sehr geringer Schädlingsbefall) bis Note 9 (sehr starker Befall)

Versuchsjahr 2013



Abbildung 22: Wickroggenbestand im Lager nach Starkregenfällen (Juni 2013) (links); Kolbenverbiss bei Mais durch Kolkraben (rechts)

[rote Warnbänder brachten keinen Erfolg. August 2013, Standort Trossin]



Abbildung 23: Luzernegras mit starkem Unkrautdurchwuchs

nach dem 1. Schnitt im Mai (links); Anfang August mit Dominanz der Graskomponente (rechts), [Standort Trossin]

Versuchsjahr 2014



Abbildung 24: Stark verdrehte Roggenpflänzchen mit Verdacht auf Nematodenbefall

Diese Vermutung konnte bei der phytopathologischen Diagnostik nicht bestätigt werden.



Abbildung 25: Getreidebestände in Trossin Anfang Mai 2014

Bild 1: Wintergerste HIGHLIGHT. Bild 2: Winterroggen PALAZZO mit sichtbaren Lücken im Bestand. Bild 3: Wickroggen mit einem hohen Gräser- und Wickenanteil, im Lager. Bild 4: Grünroggen PROTECTOR nach guter Bestockung im Frühjahr. Bild 5: Wintertriticale AVEO



Abbildung 26: Gras- und Ackerfutterbestände 2014

Bild 1: Hoher Unkrautdruck im Luzernegras-Bestand (Mai 2014); Bild 2: Mäuselöcher im Weidelgras-Bestand (März 2014); Bild 3: Zunehmende Dominanz der Gräser beim Luzernegras nach jedem Schnitt (Ende August 2014, nach dem 3. Schnitt)



Abbildung 27: Maisbestände 2014 in Trossin

Bild 1: Deutliche Höhenunterschiede zwischen Hauptfrucht (links) und Zweitfrucht (rechts), Juli 2014

Bild 2: Mehrkolbigkeit, Juli 2014. Bild 3: Rotfärbung von Stängel und Blatt, Ende August 2014



Abbildung 28: Sorghum-Bestände im Versuchsjahr 2014 in Trossin

Sudangrashybride Lussi (links) und Futterhirse Hercules (rechts), Ende August, Versuchsjahr 2015



Abbildung 29: Getreidebestände in Trossin Mitte April 2015

Bild 1: Grünroggen PROTECTOR. Bild 2: Winterroggen PALAZZO. Bild 3: Wintertriticale COSINUS. Bild 4: Wintergerste HIGHLIGHT (zum Vergleich aus Ertragssicherungsversuch)



Abbildung 30: Wildpflanzen-Blütmischung mit starkem Weidelgras-Durchwuchs

Weidelgras ist keine Komponente der Blütmischung BG 90 (Saaten Zeller), Trossin Mitte Juni 2015



Abbildung 31: Verunkrauteter bzw. teilweise vertrockneter Weidelgras- (links) und Luzernegrasbestand (rechts)

Trossin, 20. August 2015



Abbildung 32: Folgen wochenlanger Trockenheit bei Mais (links) und Futterhirse (rechts)

Hauptfruchtstellung, Trossin, 20. August 2015



Abbildung 33: Zweikulturnutzung im Versuchsjahr 2015

Bild 1: HF-Mais (links) versus ZF-Mais (rechts). Bild 2: ZF-Mais nach der WZF Welsches Weidelgras.

Bild 3: ZF-Mais nach der Vorfrucht Luzernegrass; Trossin, 20.08.2015

3.5 Ökonomie

Die **Deckungsbeitragsanalyse** basiert auf der Gegenüberstellung der direkten Produktionskosten und der Erlöse für die Methanproduktion sowie die Gärrestverwertung je Hektar für die einzelnen Energiepflanzen des EVA III-Versuchs (vgl. Kapitel 2.6.3; Berechnungen von P. Kornatz & J. Müller, Universität Gießen). Die Ergebnisse der Kosten-Ertrags-Relationen des Energiefruchtfolgeversuchs sind in Tabelle 12 a (Anlage 5, Grundanlage) und Tabelle 12b (Anlage 6, Spiegelanlage) zu finden. Wirtschaftliche Betrachtungen der Zweikulturnutzung 2014 zeigt Abbildung 34.

3.5.1 Fruchtfolgeversuch

Weil zum Redaktionsschluss mit Ausnahme des Wintergetreides keine wirtschaftlichen Auswertungen aus dem Versuchsjahr 2015 vorlagen, wird vorrangig auf die Jahre 2013 und 2014 eingegangen.

Die ersten beiden Versuchsjahre waren wirtschaftlich günstig für den Energiepflanzenanbau auf einem leichten, sandigen Versuchsstandort. Insbesondere die **C₄-Pflanzen** profitierten von den überdurchschnittlich warmen Sommern mit phasenweise sehr gutem Niederschlagsangebot (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6). Mais und *Sorghum bicolor* schnitten 2013 mit Deckungsbeiträgen (DB) zwischen 120 und 530 €/ha (Mais) bzw. 600 €/ha (*Sorghum*) im Vergleich zu EVA II (2010–2012) überdurchschnittlich gut ab (vgl. GRUNEWALD & JÄKEL 2014). Dies lässt sich aber nicht allein über die günstige Witterung herleiten, sondern ist auch in der Abänderung der methodischen Vorgehensweise begründet. Beispielsweise wurde jetzt der Gärrest als organischer Dünger mit einem guten Nährstoffpotenzial mit eingerechnet (Gärrestleistung = anfallende Gärrestmenge mit standardisiertem Nährstoffgehalt abzüglich Ausbringungskosten, Methodik siehe Kapitel 2.6.3). Im Versuchsjahr 2014 wurden Deckungsbeiträge zwischen 1.000 und 1.500 €/ha bei Mais (HF) und 1.500 €/ha bei den Futterhirsen sogar überboten. Die Sorghumhirsen tolerierten auftretende Trockenstressperioden besser als Mais und konnten demzufolge in beiden Jahren höhere Deckungsbeiträge erzielen. Weiterhin gingen sie mit niedrigeren Saatgutkosten in die Berechnungen ein (vgl. Tabelle 12).

Für **Getreide-GPS (HF)** waren es schwierige Versuchsjahre. Winterliche Frostperioden mit Blattverlusten, ein starker Schädlingsbefall und ungünstige Aussaattermine bzw. -bedingungen sowie Frühjahrstrockenheit schwächten die Bestände erheblich. Dadurch waren zusätzliche kostenverursachende Pflegemaßnahmen (u. a. Wachstumsregler, Fungizide) notwendig. Am besten tolerierte Winterroggen, auch im Gemenge mit Winterwicke (Wickroggen), die genannten Stressfaktoren und erreichte Deckungsbeiträge zwischen 30 und 500 €/ha (vgl. Tabelle 13). Bis auf 2015 erzielte auch Wintertriticale sehr gute Kosten-Ertrags-Relationen zwischen 150 und 400 €/ha (unter Einbeziehung von Ergebnissen des Ertragsprüfungsversuchs, ohne Abbil-

dung). Die **mehrfährige Ackerfuttermischung (Luzernegras)** erreichte erst im 2. Hauptnutzungsjahr Bilanzen knapp über 0. Trotz Trockenmassen > 130 dt TM/ha fielen die Etablierungskosten im Ansaatjahr zu stark ins Gewicht. In beiden Jahren dominierten aufgrund der feuchten Witterung die Gräser im Bestand. Das Erntefenster für optimale TS-Gehalte war demnach sehr gering. Das gewählte intensive Schnittregime mit 3-4 Schnitten/Jahr verursachte überdurchschnittlich hohe Arbeitserledigungs- und Düngekosten (Tabelle 12).

Eine um **25 % reduzierte Düngung** hatte im Durchschnitt der erprobten Kulturen einen 25 % niedrigeren Deckungsbeitrag im Vergleich zur standortangepassten, fruchtartspezifischen Düngung zur Folge (vgl. FF 3 und 7 in Tabelle 12). Durch die eingesparten Düngekosten konnten die verminderten Methanhektarerträge nicht kompensiert werden.

Tabelle 12a: Deckungsbeitragsanalyse (DB in €/ha) der Anlage 5

mit Gegenüberstellung von Produktionskosten [€/ha] und Erlösen [€/ha] auf Basis des CH₄-Ertrags [m³/ha] und anfallenden Gärrestes für die Fruchtarten des EVA III-Versuchs in Trossin, Versuchsjahre 2013-2015, berechnet von P. Kornatz & J. Müller (Universität Gießen). 2015 nicht vollständig.

FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	Leistungen			Kosten					DB DAKfL [€/ha]
			CH ₄ -Ertrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gärrest [€/ha]	Ausbringung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dünger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr-Kosten [€/ha]	
1	2013	WiGerste, HF	1209	352	188	47	61	98	39	505	-210
	2013	<i>Sorghum. b.xs.</i> ,	2194	656	225	55	53	131	51	507	84
	2014	SZF	6256	1822	339	79	144	198	57	580	1103
	2015	Mais, HF	1969	575	112	32	72	170	57	426	-70
	2015	WiTriticale, HF	GD	----	----	----	127	----	----	27	-154
		FF/	<i>Phacelia</i> , SZF								
	Jahr										251
2	2013	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	----	----	164	-203
	2013	<i>Sorghum b.</i> , HF	4338	1023	545	122	60	131	51	598	606
	2014	Grünroggen, WZF	1711	472	246	60	74	296	78	480	-270
	2014	Mais, ZF	8213	2388	404	92	144	263	43	587	1663
	2015	WiTriticale, Korn	MF	553	----	----	72	257	90	307	-73
		FF/									
	Jahr										574
3	2013	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	----	----	151	-190
	2013	Mais, HF	3257	1160	248	60	144	131	53	491	529
	2014	Grünroggen, WZF	1775	462	248	60	74	288	78	489	-279
	2014	<i>Sorghum b. x s.</i> , ZF	4650	1404	514	114	53	279	53	574	845
	2015	WiTriticale, HF	2061	605	122	34	72	93	57	436	35
	2015	Weidelgras, SZF	892								
	FF/										940/
	Jahr										376
4	2013	Luzernegras, HF	1256	366	158	57	76	164	11	698	-482
	2014	Luzernegras, HF	3650	1020	582	154	0	256	0	1186	6
	2015	Luzernegras, WZF	1983								
	2015	Mais, ZF									
	FF/										-476/
	Jahr										-238

			Leistungen			Kosten						
FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	CH ₄ -Etrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gärrest [€/ha]	Ausbringung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dünger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr-Kosten [€/ha]	DB DAKfL [€/ha]	
5	2013	Wickroggen, HF	2848	852	299	71		98		504	478	
	2013	W. Weidelgras, SZF	505	137	30	14		66		164	-77	
	2014	W. Weidelgras, WZF	1263	353	131	36		220	21	350	-143	
	2014	WZF	7223	2066	418	95	144	194	43	581	1427	
	2015	Mais, ZF	5127									
	FF/ Jahr		Biogasrübe, HF									1685/843
6	2013	Mais, HF	2902	857	231	56	144	131	53	581	123	
	2014	Mais, HF	5869	1713	322	74	144	217	57	544	999	
	2015	Mais, HF	3740									
	FF/ Jahr										1122/561	
7	2013	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	----	---	151	-190	
	(-	2013	Mais, HF	2838	839	227	56	144	98	53	471	244
	25	2014	Grünroggen, WZF	1517	418	211	52	74	302	78	467	-344
	%	2014	<i>Sorghum b. x s.</i> , ZF	4219	1257	470	106	53	295	53	554	666
	N)	2015	WiTriticale, HF	2031	591	117	33	72	66	57	428	52
		2015	Weidelgras, SZF	701								
	FF/ Jahr											<u>428/171</u>
8	2013	Wickroggen, WZF	1815	509	298	70	64	98		540	35	
	2013	Mais, ZF	2474	649	274	65	144	131	51	503	29	
	2014	Hybridroggen, HF	3018	797	189	47	51	276	72	506	34	
	2015	Blühmischung, HF	1989									
	FF/ Jahr											<u>98/49</u>

GR = Gärrest, PSM = Pflanzenschutzmaßnahmen, ArEr = Arbeiterledigung, DAKfL = Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreie Leistung
HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, GD = Gründüngungspflanze, MF = Marktfrucht

Tabelle 12b: Deckungsbeitragsanalyse (DB in €/ha) der Anlage 6 (Spiegelanlage)

mit Gegenüberstellung von Produktionskosten [€/ha] und Erlösen [€/ha] auf Basis des CH₄-Ertrags [m³/ha] und anfallenden Gärrestes für die Fruchtarten des EVA III-Versuchs in Trossin, Versuchsjahre 2014 und 2015, berechnet von P. Kornatz & J. Müller (Universität Gießen). 2015 nicht vollständig.

			Leistungen			Kosten					
FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	CH ₄ -Ertrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gärrest [€/ha]	Ausbringung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dünger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr-Kosten [€/ha]	DB DAKfL [€/ha]
1	2014	WiGerste, HF	2045	596	200	50	64	205	57	518	-98
	2014	<i>Sorghum. b.xs.</i> ,	4753	1391	391	90	53	232	53	536	818
	2015	SZF	3450								
	FF/ Jahr	Mais, HF									720/ 720
2	2014	Senf, SZF	GD	----	----	----	39	---	---	121	-160
	2014	<i>Sorghum b.</i> , HF	6965	1968	784	171	64	210	53	787	1467
	2015	Grünroggen,	1678	462	163	42	78	196	48	430	-169
	2015	WZF									
FF/ Jahr	Mais, ZF									1138/ 760	
3	2014	Senf, SZF	GD	----	----	----	39			121	-160
	2014	Mais, HF	7707	2247	442	100	144	211	53	681	1500
	2015	Grünroggen,	2389	661	235	.57	78	131	57	460	113
	2015	WZF									
FF/ Jahr	<i>Sorghum b. x s.</i> , ZF									1453/ 969	
4	2014	Luzernegras, HF	3306	946	544	146	76	302	0	1273	-307
	2015	Luzernegras, HF	1983								
FF/ Jahr										-307/ -307	
5	2014	Wickroggen, HF	2500	760	212	52		244		476	200
	2014	W. Weidelgras,	1170	390	164	51		201		446	-144
	2015	SZF	2261								
	2015	W. Weidelgras,									
FF/ Jahr	WZF Mais, ZF									56/ 56	
6	2014	Mais, HF	7352	2144	454	102	144	207	53	682	1410
	2015	Mais, HF	3192								
FF/ Jahr										1410/ 1410	
7 (-25 % N)	2014	Senf, SZF	GD	----	----	----	39			121	-160
	2014	Mais, HF	6772	1978	383	88	144	167	53	652	1257
	2015	Grünroggen,	2034	558	200	50	78	144	57	445	-16
	2015	WZF									
FF/ Jahr	<i>Sorghum b. x</i> s., ZF									1081/ 721	

			Leistungen			Kosten					
FF	Jahr	Fruchtart, FF-Stellung	CH ₄ -Ertrag [m ³ /ha]	Erlös CH ₄ [€/ha]	Erlös Gärrest [€/ha]	Ausbringung GR [€/ha]	Saatgut [€/ha]	Dünger [€/ha]	PSM [€/ha]	ArEr-Kosten [€/ha]	DB DAKfL [€/ha]
8	2014	Wickroggen,	1452	382	296	69	72	284	21	518	-286
	2014	WZF	7561	2252	483	108	144	318	43	610	1512
	2015	Mais, ZF	2742	812	175	44	51	111	57	455	269
	FF/Jahr	Hybridroggen, HF									1495/748

GR = Gärrest, PSM = Pflanzenschutzmaßnahmen, ArEr = Arbeiterledigung, DAKfL = Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreie Leistung
 HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, GD = Gründüngungspflanze, MF = Marktfrucht

3.5.2 Zweikulturnutzung

Beim Anbau von zwei Kulturen innerhalb einer Vegetationsperiode stehen den erwünschten Mehreinnahmen doppelte Kosten für Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte gegenüber. Die erzielten Deckungsbeiträge von Mais und *Sorghum* bei Kultivierung als Zweitfrucht nach Grünschnitt- und GPS-Getreide sowie Welschem Weidelgras im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit dieser Fruchtarten in Hauptfruchtstellung zeigt Abbildung 34.

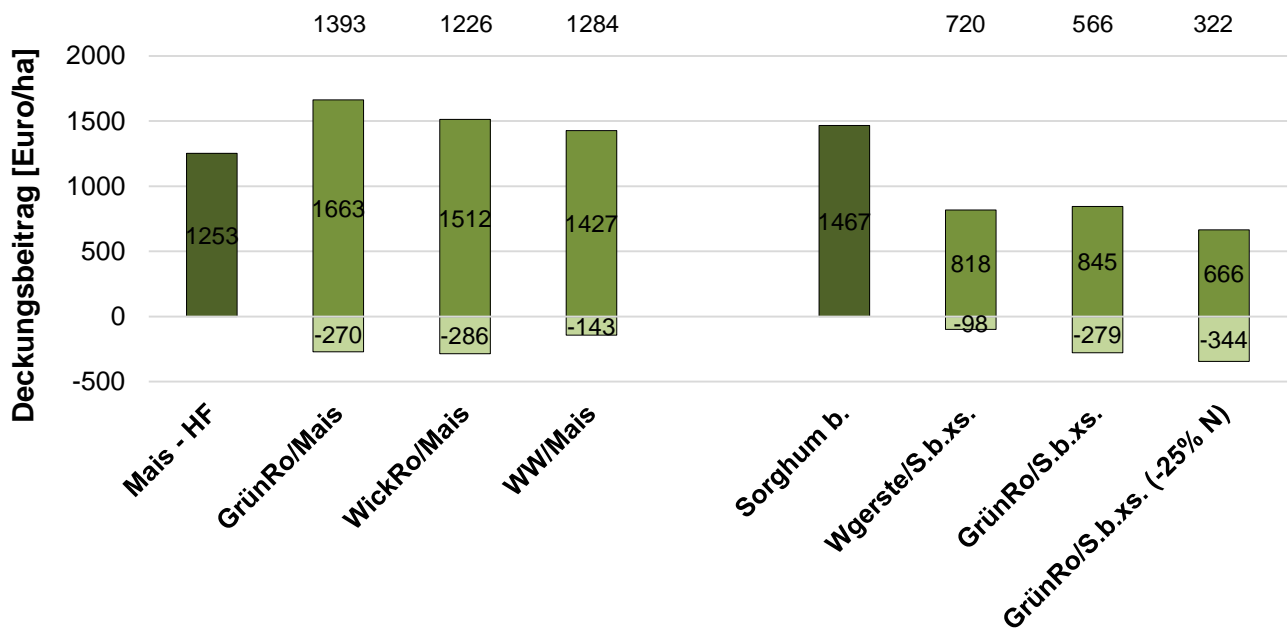


Abbildung 34: Deckungsbeiträge (in Euro/ha) der im Versuchsjahr 2014 erprobten Zweikultursysteme mit Mais und *Sorghum* im Vergleich zum Hauptfruchtanbau

Methodik siehe Kapitel 2.6.3; Berechnungen von P. Kornatz, Uni Gießen

WW = Welsches Weidelgras

Die **Vorfruchtleistung** war bei allen Zweikultursystemen nicht kostendeckend (Abbildung 34). Unter den Winterzwischenfrüchten (Ernte Anfang Mai) schnitt das Welsche Weidelgras aufgrund der Etablierung als Untersaat und dadurch entfallener Aussaat- sowie Etablierungskosten im Vergleich zum Getreide etwas günstiger ab. Wintergerste-GPS konnte in der längeren Wachstumszeit von 2 Wochen noch Biomasse zulegen und erreichte die höchsten Methanerlöse (Abbildung 34). Die für die **Mais-Zweitfrüchte** besseren Witterungsbedingungen während der Entwicklungsphase führten zu überragenden Erträgen, sodass die Mehrkosten der

Erstfrucht gedeckt werden konnten. Im Vergleich zum Mais-Hauptfruchtanbau wurden allerdings keine (Wickroggen/Mais) bzw. nur geringfügig höhere Deckungsbeiträge zwischen 2 % (Weidelgras/Mais) und 11 % (Grünroggen/Mais) erzielt. Die wirtschaftlichen Vorteile vom Weidelgras spiegeln sich im Gesamtsystem nicht wider, weil der nachfolgende Mais einen schlechteren Erlös als nach Getreide aufwies. Mindererträge von **Mais und Sorghum nach Gräsern** wurden bereits mehrfach in anderen Jahren registriert. Weidelgras hinterließ geringfügig höhere Nachernte-Bodenfeuchtegehalte als Grünroggen (vgl. Abbildung 20). Es wird von kulturspezifischen Unverträglichkeiten wie Wurzelausscheidungen ausgegangen. Ein weiteres Problem könnte der Durchwuchs von Gräsern in den C₄-Pflanzen-Beständen darstellen. Die **Sudangrashybriden (*Sorghum bicolor x sudanense*)** konnten in Kombination mit Wintergerste bzw. Grünroggen die biomassestarken Futterhirschen (*Sorghum bicolor*) ertraglich und ökonomisch nicht erreichen. Es wurden 50 % (mit Vorfrucht Wintergerste) bzw. 60 % (mit Vorfrucht Grünroggen) geringere Deckungsbeiträge erwirtschaftet. Die um **25 % reduzierte Düngung** schmälerte den Erlös nochmals um 20 % (Abbildung 34).

4 Diskussion

Die **Energiewende** ist der Weg in eine sauberere, umweltverträgliche, wirtschaftlich erfolgreiche und versorgungssichere Zukunft. Auf diesem Weg hat Deutschland schon vieles erreicht: Mittlerweile stammt fast ein Drittel des deutschen Stroms (Endenergieverbrauch) aus Erneuerbaren Energieträgern (Destatis 2015). In Sachsen werden ca. 21,4 % des Stromendverbrauchs durch Windkraft, Biomasse, Solarkraft, Wasser sowie Klär- und Deponiegas gedeckt (SAENA 2014). Die größten Anteile der Erträge (erzeugte Kilowattstunden) werden aus Wind und Biomasse geschöpft. **Energie aus Biomasse** hat viele Vorteile. Sie ist unendlich, vielseitig einsetzbar, lagerfähig bzw. speicherbar, bedarfsgerecht und regional verfügbar. Weiterhin leistet sie einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung Sachsens. Durch sie wird Wachstum generiert, die regionale Wertschöpfung gesteigert und es werden neue Arbeitsplätze geschaffen. Die Rohstoffe, die dies ermöglichen, reichen von Energiepflanzen über Wald- und Resthölzer bis hin zu Abfällen aus der Landwirtschaft und zur Biotonne. Dabei bieten Energiepflanzen die beste Energie-„Ausbeute“ (SAENA 2014). Über verschiedene Aufbereitungsverfahren werden aus der geernteten Biomasse feste, flüssige und gasförmige Energieträger erzeugt.

Biogas ist ein sehr verlässlicher Energieträger und kann aus nachwachsenden Rohstoffen, tierischen Exkrementen und organischen Abfällen gewonnen werden. Biogas ist vielseitig einsetzbar – als Kraftstoff sowie zur Strom- und Wärmeerzeugung. Anders als regenerative Energien aus Wind- und Sonnenkraft steht die aus Biogas gewonnene Energie stetig und unabhängig von Witterung oder Tageszeit zur Verfügung. Bei der Nutzung von Biogas wird kein zusätzliches Kohlenstoffdioxid in die Umwelt abgegeben. Zwar entsteht auch bei der Verbrennung von Biogas Kohlenstoffdioxid, jedoch besteht der entscheidende Unterschied darin, dass die ausgestoßene Menge an CO₂ derjenigen entspricht, die Pflanzen vorher bei der Bildung der verwendeten Substrate gebunden haben. So wird kein zusätzliches, als klimaschädlich eingestuftes Kohlenstoffdioxid in die Umwelt abgegeben. Biogas kann überall produziert werden. Wärme und elektrische Energie werden mit Biogas dort erzeugt, wo sie auch benötigt werden oder es sinnvoll ist. Aber nicht nur Industrieländer können von Biogasanlagen profitieren. Gerade für Entwicklungsländer sind nicht die Biogasanlagen in der Größenordnung von 150 kW gefragt, sondern Kleinanlagen, deren Methanproduktion ausreicht, um den Energiebedarf zum Kochen und Heizen zu decken. Eine Verwendung von Brennholz und eine mögliche Abholzung der umliegenden Vegetation kann somit verringert werden. Neben Gas, Strom und Wärme wird noch mehr in einer Biogasanlage produziert: hochwertiger Dünger. Stickstoff, Phosphor und Kalium bleiben bei der Biogaserzeugung nahezu unberührt und konzentrieren sich sogar während der Biogasproduktion. Es entsteht ein beinahe ge-

schlossener Kreislauf bei der Nutzung dieses Düngers auf den Feldern, auf denen die Substrate heranwachsen (SCHRIEWER 2015).

Die **Energiepflanzenproduktion** für Bioenergie, insbesondere der Anbau von Mais für Biogasanlagen und Raps zur Kraftstoffherstellung, ist bei überhöhtem Anbau auch mit Nachteilen verbunden. Der großflächige Anbau sorgt für Widerspruch in der Bevölkerung. Die „Tank-Teller-Diskussion“ und die „Vermaisung der Landwirtschaft“ sind nur einige Ängste der heutigen Gesellschaft, die mit dem Thema Nachwachsende Rohstoffe in Verbindung gebracht werden.

Mit Beginn der Energiewende wurden zahlreiche Energiepflanzenprojekte ins Leben gerufen, die sowohl ertraglich und ökonomisch als auch ökologisch effektive Substrate zur Bioenergieerzeugung erproben. Kulturen, die das Landschaftsbild über vielfältige, abwechslungsreiche Fruchtfolgen aufwerten, blühende Felder schaffen und für Lebens- bzw. Nahrungsräume sorgen, wurden untersucht. Mangelnder Wissenstransfer und unzureichende Öffentlichkeitsarbeit sind die Hauptursache für das Aufkommen von Kritikpunkten an der Energiegewinnung aus Biomasse. Auch dieser Aufgabe hat sich die Energiepflanzenforschung angenommen. Damit konnte die Akzeptanz des Energiepflanzenanbaus bei Leuten aus der „Nicht-Bioenergie-Branche“ deutlich gesteigert werden.

Das bundesweite **Verbundprojekt EVA ist ein Meilenstein in der Fruchtfolge- und Energiepflanzenforschung** sowohl mit regionalem als auch überregionalem Bezug. Landwirte sollen sich angesprochen fühlen, Kultivierungsempfehlungen für ihr Anbaugebiet einzuholen, aber auch für Optimierungsvorschläge hinsichtlich Produktionstechniken und Nutzungsstrategien offen sein.

Schon in den ersten beiden Projektphasen (2005–2009 und 2009–2013) des Verbundprojektes EVA wurden durch fundierte pflanzenbauliche Versuche sowie ökonomische, ökologische und biochemische Begleitforschungen **umfassende Fragestellungen über den Anbau von Energiepflanzen im Gesamtsystem bearbeitet**. Ergebnisse wurden in zahlreichen Veröffentlichungen (u. a. FNR 2010, 2012; KTBL 2006; VETTER et al. 2009) und auf einer Projekt-Internetseite (www.eva-verbund) aufbereitet.

In der dritten Phase dieses umfangreichen Projektes stehen, wie auch bei den Vorgängerprojekten, **Fruchtfolgen mit vielfältigen Ergänzungen zum Maisanbau** im Vordergrund. Dabei rückten allerdings immer mehr „nachhaltige Anbausysteme“ in den Fokus von Gesellschaft und Politik. „**Nachhaltigkeit** ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcennutzung, welches die Bewahrung der wesentlichen Eigenschaften, der Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit eines Systems zum Ziel hat“ (Wikipedia 2013). Für die Landwirtschaft und die Energiepflanzenerzeugung bedeutet dies die Entwicklung und Optimierung ökologisch tragfähiger, ökonomisch existenzfähiger, sozial verantwortlicher und ressourcenschonender Anbausysteme (nach DLG-Nachhaltigkeitsstandard, DLG 2009).

Den Forderungen einer nachhaltigen Landwirtschaft hat sich das Projekt EVA folgendermaßen angenommen: Im Verbundprojekt wurden weit reichende Fruchtfolgen in Hinsicht auf die Erhaltung und Vergrößerung der Artenvielfalt in landwirtschaftlich und bioenergetisch genutzten Anbausystemen erprobt. Neben alt bewährten Kulturarten zur Nahrungsmittelproduktion wurden bei EVA auch neuere bzw. in Vergessenheit geratene Fruchtarten, wie Sorghumhirsen, Sonnenblumen, Wildpflanzenmischungen und Rüben, in die Fruchtfolgen aufgenommen. Durch vielfältige Nutzungsstrategien, u. a. durch den Mischfruchtanbau, öffnen sich auch Wege für ertragsschwächere Feldfrüchte, die im Einzelanbau wenig Anerkennung haben, z. B. Winterwicke, Erbsen und Leindotter („**Schutz der Biodiversität**“, DLG 2009). Ergänzungen bzw. Alternativen zum Maisanbau spielen nicht nur mit Blick auf die Nachhaltigkeitskriterien eine große Rolle, sondern auch bei der Vergütung

nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 (EEG 2012; BMEL 2012). Seit 1. Januar 2012 gilt, dass bei Neuerrichtung einer Biogasanlage höchstens 60 Masseprozent an Mais (Ganzpflanze) und Getreidekorn einschließlich Corn-Cob-Mix eingesetzt werden dürfen („Maisdeckel“, BMEL 2012). Unter „Schutz der Artenvielfalt“ (DLG 2009) wird aber nicht nur eine Vielzahl an Biogassubstraten verstanden, sondern auch die Erhaltung des Lebensraumes für Insekten, Vögel und andere Lebewesen. Minimale Bodenbearbeitungsmethoden, reduzierte Pflanzenschutzmitteleinsätze und biodiversitätsfreundliche Fruchtfolgen (mehrjährige Energiepflanzen, Mischkulturen, langfristig offene Bestände, Fruchtarten mit langer Vegetationsperiode und Pflanzen mit langer Blühphase) sollten unbedingt Beachtung finden. EVA III untersuchte seit 2013 in vielen Bundesländern (und Anbaugebieten) eine so genannte „Biodiversitätsfruchtfolge“ (FF 8) mit einem Fruchtartenangebot für Blütenbesucher, Käfer, Vögel und Kleinsäuger. Die biotischen Auswertungen, welche auch schon bei EVA II für viele Fruchtfolgen durchgeführt wurden, übernimmt das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. (ZALF) in Müncheberg.

Eng verbunden mit der Reduktion des Faktoreinsatzes in der Landwirtschaft ist der **Umweltschutz**. Das Projekt EVA soll dem Praktiker Handlungswege aufzeigen, die beweisen, dass sich hohe Biomasseerträge und umweltschonende Anbaumaßnahmen nicht ausschließen müssen. In zahlreichen EVA-Versuchen wurden Produktionstechniken unter dem Aspekt des Boden-, Gewässer- und Luftschutzes erprobt. Der Bodenerosion/-verdichtung kann mit Zwischenfrüchten, mehrjährigen Ackerfuttermischungen und reduzierter Bodenbearbeitung entgegengewirkt werden (empfehlenswerte EVA-FF: 3 und 4, verschiedene Satellitenversuche des Teilprojektes 1). Mit dem Themenschwerpunkt „Untersuchung und Praxiseinführung eines grundwasser-schutzorientierten Biomasseanbaus vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)“ wird den Anforderungen der europäischen Gemeinschaft (EG) Rechnung getragen, landwirtschaftliche Nitrateinträge in das Grundwasser in den kommenden Jahren zu reduzieren (BMU 2011).

Durch Untersuchungen der Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU, Göttingen) in Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern der Versuchsstandorte wurden u. a.

- Klimagas optimierte Fruchtfolgen (-25 % N-Düngung),
- der Einsatz von Untersaaten und Zwischenfrüchten (z. B. abfrierender Gelbsenf),
- mehrjährigen Kulturen zur Bindung übermäßigen Stickstoffs im Herbst sowie
- gestaffelte Gärrestgaben („Kleiner und Großer EVA-Gärrestversuch“, Federführung beim TFZ Bayern)

geprüft. Daraus werden Aussagen zu Nährstoffsalden (ZALF Müncheberg), N_{\min} -Dynamiken im Vegetationsverlauf und zur bedarfsgerechten Stickstoffdüngung abgeleitet. Die Düngeversuche bei EVA leisten demnach auch einen wichtigen Beitrag zur Verminderung von N-Emissionen aus Düngemitteln (Lachgas, Ammoniak) und zur Reinhaltung der Luft.

Den steigenden Ansprüchen an die Landwirtschaft steht ihr zunehmender Ressourcenverbrauch gegenüber. Auch diese Thematik hat EVA bei der Fruchtfolgeentwicklung aufgegriffen, denn es ist offensichtlich, dass Zuwächse in der landwirtschaftlichen Produktion nicht über eine Ausweitung der Ackerfläche erfolgen können. Zweikultursysteme mit zwei ertraglich relevanten Ernten pro Jahr werden in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. **Ökonomische Nachhaltigkeit** ist nur durch eine Steigerung der Effizienz möglich, also der Produktion von mehr Gütern mit weniger oder kostengünstigeren Ressourcen. Maximale Trockenmasseerträge, für die Silierung optimale TS-Gehalte und hohe Methangasausbeuten sind Voraussetzungen für positive Deckungsbeitragsbilanzen. Züchter und Saatgutbetriebe entwickeln, auch aufbauend auf den Ergebnissen der EVA-Versuche, ständig neue und leistungsfähigere Energiepflanzensorten, die in gleicher Weise ein hohes Biomasse- und Gasbildungspotenzial bei **Faktor- und Ressourcenschonung** versprechen, z. B. in Bezug auf Saatgutmenge, Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, Maschinenverwendung und Bodenbearbeitung.

Durch

- Verteilung von Arbeitsspitzen,
- Minimierung des Anbauisikos und weniger Bearbeitungsmaßnahmen,
- bodenauflockernde FF-Glieder und Leguminosen mit Luftstickstoffbindefähigkeit,
- die Beteiligung an Förderprogrammen und Agrarumweltmaßnahmen, z. B. mit dem Anbau von Zwischenfrüchten

können mithilfe von vielfältig gestalteten Fruchtfolgen die Lebensgrundlagen gesichert werden.

In wasserreicheren Gebieten und Jahren kann sich die Etablierung von Untersaaten mit Weiternutzung als Folgefrucht (EVA III–FF 5) zur Senkung von Saatgut- und Arbeiterledigungskosten durchaus lohnen. Ökonomische Kosten-Ertrags-Berechnungen der Universität Gießen (Teilprojekt 3) können diese Aussagen bekräftigen.

Aus den Ergebnissen des Projektes EVA wird deutlich: Die Produktion von Biomasse zur Energieerzeugung stellt **keine Gefährdung des Naturhaushalts** dar. Ganz im Gegenteil, die Landschafts- und Artenvielfalt nimmt bei der Etablierung von abwechslungsreichen Fruchtfolgen deutlich zu (vgl. auch ZALF 2014). Ökologisch nachhaltige und standortangepasste Energiepflanzen-Anbausysteme können wesentlich zum Schutz der wertvollen Naturgüter Boden, Wasser und Luft beitragen (siehe auch Ergebnisse aus EVA II; GRUNEWALD & JÄKEL 2014).

Zusammengefasst soll das erlangte Wissen über (einjährige) Energiepflanzen und deren Eignung als Biogas-substrate für betriebliche Entscheidungen, für Bildungsträger, für die regionale Beratung und für politische Gremien zur Verfügung stehen.

5 Ausblick

Die Förderung des bundesweiten Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von Anbausystemen für Energiepflanzen zur Biogasproduktion, kurz EVA“ über das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, vertreten durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., läuft zum 30. November 2015 aus. Ertragsdaten konnten nur aus drei (Grundanlage ab 2013) bzw. zwei Versuchsjahren (Spiegelanlage ab 2014) gewonnen werden. Geplant war die Erprobung vierjähriger Fruchtfolgen mit einer einheitlichen Abschlussfrucht zur Darstellung fruchtfolgeabhängiger Einflüsse. In diesem Endbericht wurden nur die erhobenen Daten des bisherigen EVA III-Versuchszeitraums für den sächsischen Versuchsstandort Trossin ausgewertet. Für das Versuchsjahr 2015 lagen zum Redaktionsschluss allerdings noch keine Werte der Zweitfrüchte vor. Hinweise dazu wurden in den einzelnen Abschnitten, Tabellen und Diagrammen vermerkt.

Die Ergebnisse vom leichten, warm-trockenen D-Südstandort Trossin in der Kartoffel-Region Nordsachsen fließen in übergreifende Auswertungen des Teilprojektes 1 „Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion in den wichtigsten Ackerbauregionen Deutschlands“ ein. Federführend hierfür ist die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft in Jena (Ansprechpartner: Torsten Graf).

Erkenntnisse zu ökologischen, ökonomischen und analytischen Fragestellungen unter Betrachtung aller Versuchsstandorte veröffentlichen folgende Projektpartner:

- **Teilprojekt 2** - Ökologische Auswertungen (Abiotik und Biotik):
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg (Ansprechpartner: Matthias Willms, Michael Glemnitz)
- **Teilprojekt 3** - Wirtschaftliche Betrachtungen:
Universität Gießen (Ansprechpartner: Peter Kornatz, Prof. Dr. Joachim Aurbacher)
- **Teilprojekt 4** - Substratqualität, Konservierung und Gasbildungspotenziale (Batch-Tests):
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (Ansprechpartner: Monika Heiermann)

Die aktuellsten Informationen sind weiterhin unter www.eva-verbund.de zu finden.

6 Anbauempfehlung

Auf leichten, diluvialen Böden unter Einfluss des **mitteleutschen Trockengebietes** überzeugten Fruchtfolgen mit Mais, Getreideganzpflanzen und Sorghumhirsen. **Getreide-GPS** erreichte zwar nicht die höchsten Trockenmasse-Erträge, wies aber über alle Versuchsjahre sehr geringe Ertragsschwankungen auf (ertragsstabile Fruchtart). Wintergetreidekulturen sollten bevorzugt werden, weil sie bis zu 25 % höhere Erträge im Vergleich zu den Sommerarten erzielten. Wintertriticale und Winterroggen, auch im Gemenge mit Winterwicke (Wickroggen), tolerierten die auftretenden Stressfaktoren (Frost und Trockenheit) am besten und reagierten mit den geringsten Ertragseinbußen. Im Vergleich zu Mais besitzen die wärmeliebenden **Futterhirsen und Sudangrashybriden** ein höheres Bodenwasserausschöpfungsvermögen aufgrund eines ausgedehnten Faserwurzelsystems. Sie verfügen außerdem über eine größere Hitze- und Trockentoleranz (stellen Wachstum bei Wassermangel ein) und können somit vor allem in wasserarmen Jahren und in Regionen mit ausgeprägten Trockenphasen das Ertragsrisiko deutlich senken. Für den Hauptfruchtanbau sind vorrangig die leistungstärkeren Futterhirsen (*Sorghum bicolor*) einzusetzen.

Um zu enge Fruchtfolgen zu vermeiden, können **Sonnenblumen** (Biogas-Sorten) und **Biogaserüben** (E-Typ-Zuckerrüben) integriert werden. In Regionen mit einem größeren Akzeptanzproblem des Energiepflanzenanbaus bieten sich weiterhin massestarke **Blümmischungen** speziell für den Biogassektor an. Bei wirtschaftlicher Nutzung sind diese Wildkräuter-Gemenge allerdings nicht für das Greening anrechenbar.

Ein mehrjähriger Anbau von **Ackerfutter** (Leguminosen-Gras-Gemengen) bei ca. 2–3 Schnitten im Jahr (extensives Schnittregime) ist aufgrund der ertraglichen, ökonomischen und ökologischen Leistung nicht nur für Böden mit niedrigen Stickstoff- und/oder Humussalden zu empfehlen. In trockeneren Regionen eignen sich Luzerne-Gras-Gemenge (Direktsaat), bei besserer Wasserversorgung Mischungen aus Luzerne und Rotklee.

Mit **Zwischenfrüchten** kann das Risiko für Bodenverdichtungen und N-Verlagerungen nach der Hauptfrucht-Ernte verringert sowie die Bodenfruchtbarkeit durch Aufwertung des Humushaushalts verbessert werden. Für leichte Böden bieten sich Sorghumhirsen mit guter Abreife (Sudangrashybriden, z. B. „Lussi“) als Biogassubstrat, sowie Ölrettich, Gelbsenf und *Phacelia* (für Raps-betonte Fruchtfolgen) zur Gründüngung an. Für die wasserzehrenden Weidelgräser reichte das Wasserangebot in vielen Jahren oft nicht aus.

Zu niedrige TS-Gehalte, nicht nur bei Zwischenfrüchten, sollten durch Anwelkphasen oder Siliermittelzusätze ausgeglichen werden, um Silierverluste zu vermeiden.

Als nutzbare Zwischenfrüchte eignen sich unter trockeneren Bedingungen Winterroggen und Wickroggen, bei besserem Niederschlagsangebot Gräser und -gemenge. Nach Gräsern zeigten sich in mehreren Versuchsjahren jedoch schwierige Aufgangsbedingungen für die Nachkultur. Ursachen müssen noch geklärt werden und werden in schlechteren Etablierungsbedingungen für die Nachfrucht (Wasserangebot, Saatbett etc.) oder in einer Unverträglichkeit zwischen den Fruchtarten gesehen. Bei der Zweitfruchtwahl sollte sowohl bei **Mais** als auch bei den **Sorghumhirsen** auf frühreife Sorten geachtet werden. Weil *Sorghum bicolor*-Sorten schlechter abreifen, sind zur Zweikulturnutzung früh räumende *Sorghum bicolor x sudanense*-Sorten zu empfehlen.

Sowohl zur Erreichung ökonomischer als auch ökologischer Ziele bieten sich kombinierte Energiepflanzen-Marktfrucht-Anbausysteme an. Eine Einschätzung zur Anbaueignung der im EVA-Versuch am Standort Trossin geprüften Fruchtarten hinsichtlich wichtiger Biogassubstrat-Eigenschaften gibt Tabelle 13.

Tabelle 13: Anbaueignung verschiedener Energiepflanzen als Biogassubstrat auf leichten Böden bei periodischem Wassermangel auf Grundlage der EVA-Versuchsergebnisse

Fruchtart	TM-Ertrag	TS-Gehalt	CH ₄ -Ausbeute	Ökologie	Ökonomie	Bemerkung
Mais - HF	++	++	++	o	++	
Mais - ZF	++	++	++	o	++	frühreife Sorten
<i>Sorghum</i> - HF	++	+	+	+	+	Futterhirse - Sorten
<i>Sorghum</i> - ZF	++	++	+	+	+	Sudangrasybriden, frühreife Sorten
Getreide-GPS	+	++	+	+	+	ertragsstabil
Wickroggen	+	++	+	++	+	oft Ernteprobleme (Lager, „Gewirr“)
Leguminosen-Gras-Gemenge	+ bis ++	+	+	++	+	mehrfährig, ca. 2-3 Schnitte/Jahr
Blühmischung	+	+	o. A.	++	o. A.	Aufwertung Landschaft
Biogaserübe (Körper)	++	--	++	o	-	massenbetonte E-Typ-Zuckerrübe mit hohem Zuckergehalt

Fruchtart	TM-Ertrag	TS-Gehalt	CH ₄ -Ausbeute	Ökologie	Ökonomie	Bemerkung
Einj. Weidelgras - SZF	--	++	+	+	--	hoher Wasserbedarf
Sorghum - SZF	++	+	+	+	-	Sudangrashybriden, frühreife Sorten
W. Weidelgras - WZF	+	+	+	+	-	günstig zu etablieren als Untersaat von Wickroggen (Wickroggen Plus)
Grünroggen - WZF	+	-	+	+	--	
Wickroggen - WZF	+	-	+	++	--	
Gründünpflanzen	--	--	o. A.	++	--	zur Einhaltung der CC-Kriterien

-- sehr negativ; - negativ; o neutral + positiv; ++ sehr positiv; o. A. = ohne Angabe

7 Zusammenfassung

Aufbauend auf zwei Vorgängerprojekten, EVA I (2005-2009) und EVA II (2009-2013), wurden 2013 in der fünften Rotation bzw. 2014 in der sechsten Rotation jeweils acht Anbausysteme mit Energiepflanzen zur Biogasproduktion auf einem leichten, diluvialen Boden in der Winterroggen-Kartoffel-Region Nordsachsens unter Einfluss des mitteldeutschen Trockengebietes (Versuchsstandort Trossin: H = 120 m ü. NN, T = 8,9 °C, NS = 554 mm, Su3, AZ = 31) etabliert.

Neben der fortführenden Untersuchung der drei ertragsstärksten C₃-C₄-Ganzpflanzen-Fruchtfolgen lag das Augenmerk bei EVA III verstärkt auf der Erprobung von themenspezifischen, ökologischen Anbausystemen, die zum nachhaltigeren Energiepflanzenanbau in Bezug auf Biodiversität sowie Boden- und Gewässerschutz beitragen sollen. In die Fruchtfolgen wurden sowohl traditionelle Kulturarten des Nahrungs- und Futterpflanzenanbaus (Mais, Getreideganzpflanzen, Rüben) als auch „neuartige“ Feldkulturen (Futterhirsen, Sudangrashybride) und mehrjährige Ackerfuttermischungen aufgenommen. Weiterhin wurden Blümmischungen und Artengemenge integriert.

Aufgrund der zunehmenden Flächenknappheit und der stetig steigenden Pachtpreise hält das Interesse an wirtschaftlich rentabler Zweikulturnutzung weiter an. Großer Wert wurde auch auf Zwischenfrüchte zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Erfüllung von Umweltrichtlinien gelegt. Den Abschluss der 4-jährigen Anbausysteme bildete ein einheitliches Fruchtfolgeglied (Winterroggen als Marktfrucht) zur Darstellung fruchtfolgeabhängiger Effekte.

Ertraglich schnitten Anbausysteme mit **Mais** (Ø 138 dt TM/ha), **Futterhirsen** (Ø 181 dt TM/ha) und Biogasrüben (Ø 151 dt TM/ha) am besten ab. Mais und *Sorghum bicolor* erzielten Deckungsbeiträge bis zu 1.500 €/ha. Die Sorghumhirsen tolerierten auftretende Trockenstressperioden besser als Mais und konnten demzufolge höhere mittlere Deckungsbeiträge erzielen.

Wintergetreideganzpflanzen erreichten zwar nur ein mittleres Ertragsniveau von 50-95 dt TM/ha, zeigten aber die geringsten witterungsbedingten Ertragschwankungen über alle Versuchsjahre. Zu den stresstolerantesten Getreidearten zählten Winterroggen, auch im Gemenge mit Winterwicke (Wickroggen) und Wintertriticale. Für Getreide-GPS waren es schwierige Versuchsjahre (winterliche Frostperioden mit Blattverlusten, ein starker Schädlingsbefall, ungünstige Aussaattermine und -bedingungen, Frühjahrstrockenheit). Dadurch waren zusätzliche kostenverursachende Pflegemaßnahmen notwendig.

Die Leistung der **Ackerfuttermischung** war schnittabhängig. Die höchsten Trockenmasseerträge wurden bei vier Schnitten pro Jahr erzielt (intensives Schnittregime). Bei der mehrjährigen Ackerfuttermischung konnten die im Ansaatjahr anfallenden Etablierungskosten trotz Trockenmassen > 130 dt/ha erst im 2. Hauptnutzungsjahr ausgeglichen werden. Das gewählte intensive Schnittregime mit 3-4 Schnitten pro Jahr verursachte hohe Arbeitserledigungs- und Düngekosten.

Zweikultursysteme mit Mais verzeichneten signifikante Mehrerträge zwischen 20 % und 45 % im Vergleich zum Hauptfruchtanbau. Bei den Sorghumhirsen lagen die Erträge beider Anbauformen auf einem Niveau. Der wirtschaftliche Mehraufwand beim Anbau von zwei Kulturen innerhalb einer Vegetationsperiode konnte sowohl mit Mais als auch *Sorghum* als Zweitfrucht nicht bzw. nur geringfügig gewinnbringend gedeckt werden.

Qualitativ hochwertige Silagen lassen sich nur mit **Trockensubstanzgehalten** des Erntegutes zwischen 28 % und 35 % bzw. 35 % und 40 % bei den meisten Getreidearten erzeugen. Überwiegend trockene Witterungsbedingungen führten zur guten Abreife fast aller erprobten Fruchtarten. Teilweise wurden sogar zu hohe TS-Gehalte gemessen. Bei der Rübe waren die TS-Gehalte sortenabhängig. Bei den Gräser-Leguminosengemengen war das Erntefenster in Abhängigkeit von den Komponenten und dem Schnittzeitpunkt sehr gering, sodass die Restfeuchte-Gehalte in der Trockenmasse stark variierten.

Das Methanbildungspotenzial der erprobten Fruchtarten korrelierte in einem sehr hohen Maße signifikant zum Trockenmasseertrag.

Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft können zu einem Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser führen. Die ermittelten Nachernte- N_{\min} -Gehalte des Versuchszeitraums lagen je nach Fruchtart und Versuchsjahr zwischen 5 und 60 kg N/ha (0-60 cm Bodentiefe) und sind im geringen bis mittleren Gefährdungsbereich einzustufen. Nicht erreichte Ertragserwartungswerte und somit die Nichtausschöpfung gedüngter Stickstoffmengen, produktionstechnische Maßnahmen (Bodenbearbeitung) und eine starke Mineralisationsleistung in den mild-feuchten Herbstern sowie die Jahreswitterung waren die Hauptursachen erhöhter N_{\min} -Werte nach Aberntung einer Fruchtart. Die größten Mengen des auswaschungsgefährdeten Nitrats wurden bei fehlender Begrünung festgestellt.

Eine Reduktion der N-Düngermenge um 25 % brachte bei Fruchtarten mit unterdurchschnittlichem Ertragsniveau eine Verringerung der Nachernte- N_{\min} -Gehalte bis zu 70 %. Bei Beständen mit einem standortüblichen oder darüber liegenden Ertragswert gab es, mit Ausnahme von Mais, keine Unterschiede zwischen den beiden Düngevarianten (normal gedüngt und 75 % der optimalen fruchtartenspezifischen Düngermenge). Eine

um 25 % reduzierte Düngung hatte im Mittel einen 25 % niedrigeren Gewinn im Vergleich zur optimalen Düngung zur Folge.

Die ermittelten Bodenfeuchten nach Aberntung der Winterkulturen richteten sich nach dem spezifischen Wasserbedarf einer Fruchtart, der genutzten Vegetationszeit und den vorherrschenden Witterungsbedingungen. Je später im Vegetationsverlauf eine Kultur geerntet wurde, desto mehr zehrte sie an den Bodenwasservorräten. In Bezug zur gebildeten Biomasse (Wassernutzungseffizienz) schnitten Welsches Weidelgras und Wintergerste am schlechtesten ab. Bei Vergleich der Sommerbestände (C₄-Pflanzen) zehrten Sorghumhirsen aufgrund eines ausgedehnteren Wurzelsystems stärker an den Wasserreserven als Mais. Die Bodenfeuchtemessungen bei Zweikulturnutzung ergaben, dass der Zweitfrucht bis zu 40 % weniger Wasser während der Etablierungsphase zur Verfügung stand im Vergleich zur Hauptfruchtstellung.

8 Literaturverzeichnis

- BAYWA (2014): Pflanzenschutz-Navigator 2014. BAYWA AG
- BEISECKER, R. (2012): WRRL. Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft, Kassel
- Biocare (2013): Trichogramma Schlupfwespe. Link: <http://www.biocare.de/trichogramma/> (Stand: 3.2.15)
- BGR (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung KA5. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- BMBF (2015): Bioökonomie – neue Konzepte zur Nutzung natürlicher Ressourcen. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin
- BMEL (2012): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Daten und Fakten zu Biomasse – Die Novelle 2012. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin
- BMEL (2014): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Daten und Fakten zu Biomasse – Die Novelle 2014. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin
- BMU (2011): Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie und ihre Umsetzung in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
- BSA (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Bundessortenamt, Hannover
- BROSIUS, F. (1998): Boxplots und Fehlerbalken, In: SPSS 8. International Thomson Publishing
- Destatis (2015): Wirtschaftsbereich Energie. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- DLG (2009): DLG-Zertifikat, Nachhaltige Landwirtschaft. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DULLER, CHR. (2007): Einführung in die Statistik mit Excel und SPSS. Physica-Verlag, Heidelberg
- ELSNER, F. (2009): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Universität Osnabrück, Osnabrück
- FNR (2005): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow
- FNR (2010): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow
- FNR (2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen, Regionalausgabe Sachsen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow
- FÖRSTER, F. (2013, 2014, 2015): Düngbedarfsermittlung BEFU. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012): Das Energiefruchtfolgeprojekt EVA II, Versuchsstandort Trossin, Vorläufiger Abschlussbericht (Förderkennzeichen 22013008). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012 b): Rechnet sich´s? Bauernzeitung 36/2012, 54-55.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, Phase 2, Teilprojekt 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime auf D-Süd-Standorten“. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014 b): Hybridroggen-GPS als Biogassubstrat – Ertragsprüfung und Leistungsoptimierung mittels Bioextrusion. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- HENNINGS, H.-H., SCHEFFER, B. (2000): Zum Nitrataustrag ins Grundwasser – Stand der Erkenntnisse. Wasserwirtschaft 90, 348-355
- HERRMANN, CH., HEIERMANN, M., IDLER, C. (2009): Silierung von Energiepflanzen, In: Vetter, A., Heiermann, M., Toews, T. (Hrsg.), Anbausysteme für Energiepflanzen. DLG-Verlag. Frankfurt/Main

- HERMANN, CH., HEIERMANN, M., IDLER, C., PLOGSTIES, V. (2013): Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis. Schlussbericht des Teilprojektes 4 (FKZ: 22013308) im Rahmen des Verbundvorhabens „EVA 2“. ATB Potsdam-Bornim
- KORNATZ, P., MÜLLER, J., AURBACHER, J. (2014): Endbericht EVA II, Teilprojekt 3: Ökonomische Begleitforschung. Universität Gießen, Gießen
- KORNATZ, P., MÜLLER, J., AURBACHER, J. (2015): Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung. Zwischenbericht EVA III, Versuchsjahr 2014. Universität Gießen, Gießen
- KOSCHAK, J. (2008): Standardabweichung und Standardfehler. Z Allg Med 2008/84, 258-260
- KTBL (2006): Energiepflanzen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- KTBL (2013): Faustzahlen Biogas. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- KTBL (2014): Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/2015. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- KUHLMANN, J. (2012): Maisanbau und Wasserschutz. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
- LfL (o. J.): Gewässerschutz: Zehn Jahre Stickstoff-Monitoring. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising Link: www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032228/ (Stand: 28.2.15)
- LfULG (2009): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, Phase 1, Teilprojekt 1 „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime auf D-Süd-Standorten“ (Förderkennzeichen 220-023-05). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig
- LWK Niedersachsen (o. J.): Grundwasserschutzorientierter Anbau von Mais und Energiepflanzen (Poster). Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
- MUDRA, A. (1958): Einführung in die Methodik der Feldversuche. Paul Parey, Berlin und Hamburg
- PAULUS, J., STARK, G. (2008): Empfehlungen zum Einsatz von Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS). Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising
- PLOGSTIES, V., HERRMANN, C., IDLER, C., HEIERMANN, M. (2015): 2. Zwischenbericht des Teilprojektes 4 (FKZ: 22006312) „Ermittlung des Einflusses der Substratqualität und des Silagemanagements auf die Biogasausbeute“ im Rahmen des Verbundvorhabens „Standortangepasste Anbausysteme für die Produktion von Energiepflanzen – EVA 3. ATB, Potsdam-Bornim
- RASCH, D., ENDERLEIN, G., HERRENDÖRFER, G. (1973): Biometrie. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- RÖHRICHT, CH.; FREYDANK, S., SCHRÖDER, S. (2008): Energie vom Sand. Bauernzeitung 25 (2008), S. 26-27
- SAENA (2014): Erneuerbare Energien in Sachsen. Sächsische Energieagentur GmbH, Dresden
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke-Verlag, Stuttgart
- SCHRIEWER (2015): Biogas: Vorteile von Biogas. Schriewer Biogas Consulting, Ombau
- THEIß, M., JÄKEL, K. (2012): Sorghumhirsen, Ein Beitrag zur Diversifizierung des Energiepflanzenpektrums. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- THEIß, M., JÄKEL, K. (2014): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Bewertung von Sorghumarten und -hybriden als Energiepflanzen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen
- VDLUFA (1997): Methodenbuch Band 1 – Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA (1998): Methodenbuch Band 3 – Futtermitteluntersuchung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VETTER, A., HEIERMANN, M., TOEWS, T. (2009): Anbausysteme für Energiepflanzen, optimierte Fruchtfolgen und effiziente Lösungen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- VON BUTTLAR, C. (2012): Energiepflanzenanbau nach EG-WRRL. Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU), Göttingen
- Wikipedia (2013): Nachhaltigkeit, Link: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit> (Stand: 22.3.15)

- ZALF (2014): EVA II – Endbericht zu Teilprojekt 2: Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus.
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg
- ZANDER, D., JÄKEL, K. (2012): Ergebnisse mehrjähriger Sortenversuche Sorghumhirsen. Schriftenreihe, Heft
24/2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen

Anlagen

Anlage 1a	Anbautechnik beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III, Versuchsjahr 2013	85
Anlage 1b	Anbautechnik beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III, Versuchsjahr 2014	86
Anlage 1c	Anbautechnik beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III, Versuchsjahr 2015	92
Anlage 2a	Parzellenwerte der Frischmasseerträge, Versuchsjahr 2013,	97
Anlage 2b	Parzellenwerte der Frischmasseerträge, Versuchsjahr 2014,	99
Anlage 2c	Parzellenwerte der Frischmasseerträge, Versuchsjahr 2015,	102
Anlage 3a	Parzellenwerte der Trockenmasseerträge Versuchsjahr 2013,	108
Anlage 3b	Parzellenwerte der Trockenmasseerträge Versuchsjahr 2014,	107
Anlage 3c	Parzellenwerte der Trockenmasseerträge Versuchsjahr 2015,	110
Anlage 4a	Parzellenwerte der Trockensubstanzgehalte Versuchsjahr 2013	116
Anlage 4b	Parzellenwerte der Trockensubstanzgehalte Versuchsjahr 2014	115
Anlage 4c	Parzellenwerte der Trockensubstanzgehalte Versuchsjahr 2015	118
Anlage 5a	Biogas-Matrix mit Richtwerten für Methanausbeuten und oTS-Gehalten	124
Anlage 5b	Methanausbeuten und oTS-Gehalte ermittelt vom ATB Potsdam (Batch-Versuche)	122
Anlage 6	Inhaltsstoffcharakteristik	126

Anlage 1a: Anbautechnik der Vorfrüchte (Gelbsenf), Haupt- und Zwischenfrüchte beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Versuchsjahr 2013

Abkürzungen und Erläuterungen unter der Tabelle

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiver- sitäts-FF)
Vorfrüchte		Gelbsenf (abfrierend)	Gelbsenf (abfrierend)				Gelbsenf (abfrierend)	
Sorte (Saatgutvertrieb)		Ascot (Saaten Union)	Ascot (Saaten Union)				Ascot (Saaten Union)	
FF-Stellung/Nutzung		SZF / GD (Mulch)	SZF (GD) / Mulch				SZF / GD (Mulch)	
Bodenbearbeitung vor Aussaat		23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)	23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)				23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)	
Aussaatdatum		18.09.12	18.09.12				18.09.12	
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat				Drillsaat	
Aussaatmenge		320 Kö/m ²	320 Kö/m ²				320 Kö/m ²	
Aufgang [Pflanzen/m²]		26.09.12 (k. B.)	26.09.12 (k. B.)				26.09.12 (k. B.)	
N-Düngemittel + menge [kg/ha]		----	----				----	
Herbizid + -menge [kg/ha]		Keine Herbizidanwendung					Keine Herbizidanw.	
Erntedatum		abfrierend	abfrierend				abfrierend	
Bodenbearbeitung vor Aussaat Nach- frucht		Saatbettbereitung für <i>Sorghum</i> mit Kreiselegge	keine, Mulchsaat Mais				keine, Mulchsaat Mais	

Anlage 1a: Fortsetzung

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiver- sitäts-FF)
Winterfrüchte	Wintergerste			Luzernegras *	Wickroggen **			Wickroggen **
Sorte (Saatgutvertrieb)	HIGHLIGHT (DSV)			QA 7 *	Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)			Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS			HF (1. HNJ) / GPS	HF / GPS			WZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)			23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)	23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)			23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert (2 x)
Aussaatdatum	18.09.12			27.09.12	18.09.12			18.09.12
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat			Drillsaat	Drillsaat			Drillsaat
Aussaatmenge	320 Kö/m ²			20 kg/ha	320 Kö/m ²			320 Kö/m ²
Aufgang (Pfl/m²)	26.09.12 (k. B.)			12.10.12 (k. B.)	26.09.12 (k. B.)			26.09.12 (k. B.)
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	21			17	10			7
N-Düngung (BBCH) ³⁾	09.04.13, KAS, 90 kg N/ha (23-24)			09.04.12, KAS, 60 kg/ha (EC 21) 28.05.13, KAS, 50 kg/ha (n. 1. Schnitt) 29.07.13, KAS, 40 kg/ha (n. 2. Schnitt)	09.04.13, KAS, 50 kg/ha (EC 23-24) 29.04.13, KAS, 40 kg/ha (EC 32)			09.04.13, KAS, 60 kg/ha (EC 23-24) 29.04.13, KAS, 30 kg/ha (EC 32)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR- einsatz (BBCH)	02.10.12, Fenikan (H), 2,0 l/ha (13)			27.06.13, Karate Zeon (I), 0,075 l/ha (EC 31/32)	----			----
Erntedatum ⁴⁾	23.05.13			Schnitt I: 23.05.13 Schnitt II: 18.07.13 Schnitt III: 19.09.13	01.07.13 ⁵⁾			23.05.13
BBCH Ernte	65			L: 39/51, G:59/61 L: 39/63, G: 59/65 L: 29, G: 65	R: 77, W: 65/81			R: 63, W: 49/51

Anlage 1a: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiver- sitäts-FF)
Sommerfrüchte	<i>Sorghum b. x s.</i>	<i>Sorghum bicolor</i>	Mais			Mais	Mais	Mais ⁵⁾
Sorte (Saatgutvertrieb)	Lussi (Caussa- de Saaten)	Herkules (Saaten Union)	Ronaldinio – S240 *** (KWS)			Ronaldinio – S240 *** (KWS)	Ronaldinio – S240 *** (KWS)	Padrino – S230 *** (KWS)
FF-Stellung/Nutzung	SZF / GPS	HF / GPS	HF / GPS			HF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	24.05.13 Kreiselegge (2 x) 06.06.13 Saatbett- ber. mit Kreisel- egge (2 x)	06.06.13 Saatbettbe- reitung mit Krei- selegge (2 x)	nach Abfrieren Gelb- senf / im Früh- jahr: ----			23.08.12 gescheibt 30.08.12 gepflügt 10.09.12 gegrubbert 2 x im Frühjahr: ----	nach Abfrieren Gelb- senf / im Früh- jahr: ----	24.05.13 Kreiselegge (2 x) 06.06.13 Saatbettberei- tung mit Kreiselegge (2 x)
Aussaatdatum	07.06.13	07.06.13	30.04.13			30.04.13	30.04.13	07.06.13
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat	Drillsaat, Mulchsaat	Einzelkornsaat, Mulchsaat			Einzelkornsaat	Einzelkornsaat, Mulchsaat	Einzelkornsaat
Aussaatmenge, Reihen- abstand, Saattiefe	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	25 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	9 Kö/m ² - Ablageab- stand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm			9 Kö/m ² - Ablageab- stand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageab- stand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageab- stand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm
Aufgang (Pfl/m ² bzw. lfd. m)	14.06.13	14.06.13	11.05.13			11.05.13	11.05.13	14.06.13
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	----	23	23			13	15	7
N-Düngung (BBCH) ³⁾	24.06.13, KAS, 120 kg N/ha (EC 13)	24.06.13, KAS, 120 kg N/ha (EC 13)	07.05.13, KAS, 120 kg N/ha (vA)			07.05.13, KAS, 120 kg N/ha (vA)	07.05.13, KAS, 105 kg N/ha (vA)	24.06.13, KAS, 120 kg N/ha (EC 13)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid-einsatz (BBCH)	27.06.13, Gardo Gold (H), 3,8 l/ha (EC14/15) 12.07.13, Gardo Gold (H) + Certrol B (H), 2,0 + 0,5 l/ha (EC 22/24)	27.06.13, Gardo Gold (H), 3,8 l/ha (EC14/15)	16.05.13, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 11-12)			16.05.13, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 11- 12)	16.05.13, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 11-12)	27.06.13, Gardo Gold (H), 3,8 l/ha (EC 14/15)
Erntedatum ⁴⁾	03.09.13	02.10.13	03.09.12			03.09.12	03.09.12	03.09.13
BBCH Ernte	77/83	51	83			83	83	75/79

Abkürzungen: FF – Fruchtfolge, GD = Gründüngung, GPS = Ganzpflanzensilage, HF = Hauptfrucht, HNJ = Hauptnutzungsjahr, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, WR = Wachstumsregler, ZF = Zweitfrucht

L = Luzerne, G = Gras, R = Roggen, W = Wicke

k. B. = aufgrund von Personalwechsel keine Bonitur erfolgt, vA = vor Aufgang

1) Aussaatverfahren: Einzelkornsaat mit Hege 76, Drillsaat mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge

2) N_{min}-Bodenbeprobung im Frühjahr erfolgte am 2. April 2013 mithilfe des John Deere, der mit Bohrstock (Entnahmerille von 18 cm) und Schlaghammer ausgestattet ist; angegebene Werte beziehen sich auf die Bodentiefe von 0-60 cm

3) KAS = Kalkammonsalpeter, bestehend aus 13,5 % Nitratstickstoff, 13,5 % Ammoniumstickstoff und ca. 22 % Calciumcarbonat

4) Ernte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 mit Maisvorsatz (Häcksellänge: 10 mm)

5) Die Sorte Wickroggen Plus enthält als Untersaat zu 15 % Welsches Weidelgras (winterhart), welches nach der Ernte des Wickroggens nicht umgebrochen wurde, sondern zur Kostenminimierung als Winterzwischenfrucht des Zweikultursystems mit Mais (2014) genutzt wird.

* Das Luzernegras-Gemenge wurde nach den Ansprüchen der Sächsischen Qualitätssaatmischung QA7 hergestellt (LFULG 2012): 20 % Knautgras (BSV-Saaten), 15 % Glatthafer (BSV-Saaten) und 65 % Luzerne (Saaten-Union).

** Wickroggen ist ein winterhartes Gemenge aus Winterroggen und Winterwicke. Die Sorte „Wickroggen Plus“ von DSV Saaten enthält noch als Untersaat Welsches Weidelgras (75 % Winterroggen, 10 % Winterwicke, 15 % Welsches Weidelgras).

*** Einteilung der Reifegruppen beim Mais: früh (S200-S220), mittelfrüh (S230-S250) und mittelspät (S260-S290)

Anlage 1b: Anbautechnik der Winter- und Sommerkulturen der Grundanlage beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Versuchsjahr 2014

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiver- sitäts-FF)
Winterfrüchte		Grünroggen	Grünroggen	Luzernegras *	W. Weidelgras ⁵⁾		Grünroggen	Hybridroggen
Sorte (Saatgutvertrieb)		Vitallo (KWS)	Vitallo (KWS)	QA 7 *	Wickroggen Plus ** 5) (DSV Saaten)		Vitallo (KWS)	Palazzo (KWS)
FF-Stellung/Nutzung		WZF / GPS	WZF / GPS	HF (2. HNJ) / GPS	WZF / GPS		WZF / GPS	WZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat		07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)	----	----		07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (1 x)
Aussaatdatum		22.10.13	22.10.13	27.09.12	18.09.12		22.10.13	22.10.13
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat	Drillsaat	Drillsaat		Drillsaat	Drillsaat
Aussaatmenge		390 Kö/m ²	390 Kö/m ²	20 kg/ha	320 Kö/m ²		390 Kö/m ²	270 Kö/m ²
Aufgang (Pfl/m²)		30.10.13 (228)	30.10.13 (245)	12.10.12 (k. B.)	26.09.12 (k. B.)		30.10.13 (251)	30.10.13 (209)
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾		8,1	6,9	6,6	8,7		14,9	14,3
N-Düngung (BBCH) ³⁾		07.03.14, Alzon 46, 115 kg/ha (EC 22)	07.03.14, Alzon 46, 115 kg/ha (EC 22)	07.03.14, Alzon 46, 70 kg/ha (EC 23) 27.05.14, Alzon 46, 50 kg/ha (EC 21) 26.06.14, KAS, 60 kg/ha (EC 58) 14.08.14, Alzon 46, 30 kg/ha (EC 63)	07.03.14, Alzon 46, 70 kg/ha (EC 22)		07.03.14, Alzon 46, 86 kg/ha (EC 22)	07.03.14, Alzon 46, 130 kg/ha (EC 22)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR- einsatz (BBCH)		25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA)	25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA)	----	----		25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA)	25.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (vA) 28.03.14, Arelon fl. (H), 1,38 l/ha (25) 28.03.14, CCC (WR), 1,3 l/ha (25)
Erntedatum ⁴⁾		07.05.14	07.05.14	Schnitt I: 05.05.14 Schnitt II: 23.06.14 Schnitt III: 13.08.14 Schnitt IV: 28.10.14	05.05.14		07.05.14	19.06.14
BBCH Ernte		55	55	I: 51, II: 61, III: 61, IV: 35	39		55	85

Anlage 1b: Fortsetzung

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiver- sitäts-FF)
Sommerfrüchte	Mais	Mais	<i>Sorghum b. x s.</i>	lt. Tab. A1 a	Mais	Mais	<i>Sorghum b. x s.</i>	
Sorte (Saatgutvertrieb)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Padrino, S230 *** (KWS)	Lussi (Caussade Saaten)		Padrino, S230 *** (KWS)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Lussi (Caussade Saaten)	
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS	ZF / GPS	ZF / GPS		ZF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS	
Bodenbearbeitung vor Aussaat	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (3 x) 03.04.14 Kreiseleg- ge	15.05.14 Kreiselegge	23.05.14 Kreiselegge		15.05.14 Kreiselegge	07.10.13 3 x Kreiselegge 21.10.13 gegrubbert (3 x) 03.04.14 Kreiselegge	23.05.14 Kreiselegge	
Aussaatdatum	16.04.14	16.05.14	23.05.14		16.05.14	16.04.14	23.05.14	
Aussaatverfahren ¹⁾	Einzelkornsaat	Einzelkorn-, Mulchsaat	Drill-, Mulchsaat		Einzelkorn-, Mulchsaat	Einzelkornsaat	Drill-, Mulchsaat	
Aussaatmenge, Reihen- abstand, Saattiefe	9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm		9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² , Ablage: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	
Aufgang (Pfl/m² bzw. lfd. m)	30.04.14 (8-9)	25.05.14 (9)	05.06.14 (29)		25.05.14 (9)	30.04.14 (8-9)	05.06.14 (28)	
N_{min} [kg/ha] ²⁾	27,1	37,0 (10) ²⁾	41,9 (10) ²⁾		8,6 (10) ²⁾	18,1	13,5	
N-Düngung (BBCH) ³⁾	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Un- terfuß (11)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (12)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (vA)		27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (12)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 85 kg N/ha + 13 kg N/ha Unterfuß (vA) ²⁾	
Herbizid/Insektizid/ Fungizideinsatz (BBCH)	05.05.14, Successor (H), 4,0 l/ha (12)	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 02.06.14, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha (EC 12-13) 02.06.14, Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 12-13)	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 12.06.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 13-21)		02.06.14, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha (EC 12- 13) 02.06.14, Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 12-13)	05.05.14, Successor (H), 4,0 l/ha (12))	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 12.06.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 13-21)	
Erntedatum ⁴⁾	17.09.14	17.09.14	17.09.14		17.09.14	17.09.14	17.09.14	
BBCH Ernte	87	85	83		85	87	83	

Anlage 1b: Fortsetzung

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiver- sitäts-FF)
Vorfrüchte		Gelbsenf (abfrierend)	Gelbsenf (abfrierend)				Gelbsenf (abfrierend)	
Sorte (Saatgutvertrieb)		Ascot (Saaten Union)	Ascot (Saaten Union)				Ascot (Saaten Union)	
FF-Stellung/Nutzung		SZF / GD (Mulch)	SZF (GD) / Mulch				SZF / GD (Mulch)	
Bodenbearbeitung vor Aussaat		19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)	19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)				19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)	
Aussaatdatum		26.08.13	26.08.13				26.08.13	
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat				Drillsaat	
Aussaatmenge		320 Kö/m ²	320 Kö/m ²				320 Kö/m ²	
Aufgang [Pflanzen/m²]		02.09.13 (206)	02.09.13 (185)				02.09.13 (158)	
N-Düngemittel + menge [kg/ha]		----	----				----	
Herbizid + -menge [kg/ha]		Keine Herbizidanwendung					Keine Herbizidanw.	
Erntedatum		abfrierend	abfrierend				abfrierend	

Anlage 1b: Fortsetzung

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte	Wintergerste			Luzernegras *	Wickroggen + WW ⁵⁾			Wickroggen **
Sorte (Saatgutvertrieb)	HIGHLIGHT (DSV)			QA 7 *	Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)			Wickroggen Plus ** (DSV Saaten)
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS			HF (1. HNJ) / GPS	HF (+ ZwF) / GPS			WZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)			19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)	19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)			19.08.13 gescheibt 20.08.13 gepflügt 20.08.13 gegrubbert (2 x)
Aussaatdatum	19.09.13			26.08.13	19.09.13			19.09.13
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat			Drillsaat	Drillsaat			Drillsaat
Aussaatmenge	330 Kö/m ²			20 kg/ha	330 Kö/m ²			330 Kö/m ²
Aufgang (Pfl/m²)	27.09.13 (303)			02.09.13 (k. B.)	28.09.14 (k. B.)			28.09.13 (k. B.)
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	57,1			11,1	9,0			9,6
N-Düngung (BBCH) ₃₎	07.03.14, Alzon 46, 70 kg N/ha (EC 23)			07.03.14, Alzon 46, 70 kg/ha (EC 22) 27.05.14, Alzon 46, 50 kg/ha (EC 22) 26.06.14, KAS, 50 kg/ha (EC 58) 14.08.14, Alzon 46, 30 kg/ha (EC 61)	07.03.14, Alzon 46, 90 kg N/ha (EC 22) 26.06.14, KAS, 60 kg N/ha (EC WW: 20) nach 1. Schnitt WW: 14.08.14, Alzon 46, 30 kg N/ha (EC 20)			07.03.14, Alzon 46, 90 kg N/ha (EC 22)
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR- einsatz (BBCH)	01.10.13, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 11/12)			----	----			----
Erntedatum ⁴⁾	20.05.14			Schnitt I: 05.05.14 Schnitt II: 23.06.14 Schnitt III: 13.08.14 Schnitt IV: 28.10.14	WickRo: 19.06.14 ⁵⁾ WW I: 13.08.14 WW II: 28.10.14			07.05.14
BBCH Ernte	69			I: 51, II: 61, III: 61, IV: 35	WickRo: 85, WW I: 61, WW II: 32			85

Anlage 1b: Fortsetzung

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts- FF)
Sommerfrüchte	<i>Sorghum b. x s.</i>	<i>Sorghum bicolor</i>	Mais	lt. Tab. A1 b		Mais	Mais	Mais
Sorte (Saatgutvertrieb)	Lussi (Caussade Saaten)	Herkules (Saaten Union)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)			Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Ronaldinio, S240 *** (KWS)	Padrino, S230 *** (KWS)
FF-Stellung/Nutzung	SZF / GPS	HF / GPS	HF / GPS			HF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	21.05.14 Kreiselegge	24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.05.14 Kreiselegge	24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.04. gegrubbert (2 x)			24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.04. gegrubbert (2 x)	24.03.14 gepflügt 28.03.14 gegrubbert (2 x) 15.04. gegrubbert (2 x)	15.05.14 Kreiselegge
Aussaatdatum	23.05.14	15.05.14	16.04.14			16.04.14	16.04.14	16.05.14
Aussaatverfahren ¹⁾	Drill-, Mulchsaat	Drillsaat	Einzelkornsaat			Einzelkornsaat	Einzelkornsaat, Mulchsaat	Einzelkorn-, Mulchsaat
Aussaatmenge, Reihen- abstand, Saattiefe	40 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	27 Kö/m ² , 25 cm, 4 cm	9 Kö/m ² - Ablageab- stand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm			9 Kö/m ² - Ablageab- stand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageab- stand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm	9 Kö/m ² - Ablageabstand: 14,6 cm, 75 cm, 5 cm
Aufgang (Pfl/m² bzw. lfd. m)	05.06.14 (28)	25.05.14 (26)	30.04.14 (8)			30.04.14 (8-9)	30.04.14 (8)	25.05.14 (9)
N_{min} [kg/ha] ²⁾	21,2 (10) ²⁾	27,0	21,2			13,7	20,3	8,6 (10) ²⁾
N-Düngung (BBCH) ³⁾	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (vA)	27.05.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 102 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 112 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)			30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 84 kg N/ha + 13,5 kg N/ha Unterfuß (11)	30.04.14, Alzon 46 + DAP (Unterfuß), 122 kg N/ha + 18 kg N/ha Unterfuß (11)
Herbizid/Insektizid/ Fungizideinsatz (BBCH)	12.06.14, Gardo Gold, 4,0 l/ha (EC 13/21)	02.06.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (EC 13)	05.05.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (12)			05.05.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (12)	05.05.14, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (12)	08.05.14, Clinic (TH), 3,0 l/ha (vS) 02.06.14, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha (EC 13/14) 02.06.14, Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 13/14)
Erntedatum ⁴⁾	14.10.14	14.10.14	17.09.14			17.09.14	17.09.14	17.09.14
BBCH Ernte	85	65	87			87	87	85

Abkürzungen: FF = Fruchtfolge, GD = Gründüngung, GPS = Ganzpflanzensilage, HF = Hauptfrucht, HNJ = Hauptnutzungsjahr, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, WR = Wachstumsregler, ZF = Zweitfrucht, ZwF = Zwischenfrucht

WW = Welsches Weidelgras

k. B. = aufgrund einer Mischung keine Bonitur erfolgt, vA = vor Aufgang, vS = vor der Saat

1) Aussaatverfahren: Einzelkornsaat mit Hege 76, Drillsaat mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge

2) N_{\min} -Bodenbeprobung im Frühjahr erfolgte am 25.02.2014 für die Winterkulturen bzw. am 01.04.2014 für *Sorghum* und Mais in Hauptfruchtstellung mithilfe des John Deere, der mit Bohrstock (Entnahmerille von 18 cm) und Schlaghammer ausgestattet ist; bei Zweitfrüchten wurde ein N_{\min} -Wert von 10 kg N/ha angerechnet, da Nachernte-Laborwerte der WZF bei der Aussaat noch nicht vorlagen; angegebene Werte beziehen sich auf die Bodentiefe von 0-60 cm

N-Düngung – 25% bezieht sich auf ermittelte N-Düngermenge in FF 3 (= standortangepasste N-Düngung)

3) KAS = Kalkammonsalpeter, bestehend aus 13,5 % Nitratstickstoff, 13,5 % Ammoniumstickstoff und ca. 22 % Calciumcarbonat

Alzon 46 = stabilisierter Harnstoff 46, ein N-Dünger aus 46 % Gesamtstickstoff als Carbamidstickstoff mit einem Nitrifikationshemmergemisch (Dicyandiamid und 1H-1,2,4 Triazol)

4) Ernte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 mit Maisvorsatz (Häcksellänge: 10 mm), Gräser und –gemenge wurden mit dem Frontmäher geschnitten

5) Die Sorte Wickroggen Plus enthält als Untersaat zu 15 % Welsches Weidelgras (winterhart), welches nach der Ernte des Wickroggens nicht umgebrochen wurde, sondern zur Kostenminimierung als Winterzwischenfrucht des Zweikultursystems mit Mais (2015) genutzt wird.

* Das Luzernegras-Gemenge wurde nach den Ansprüchen der Sächsischen Qualitätssaatmischung QA7 hergestellt (LFULG 2013): 20 % Knautgras (BSV-Saaten), 15 % Glatthafer (BSV-Saaten) und 65 % Luzerne (Saaten-Union).

** Wickroggen ist ein winterhartes Gemenge aus Winterroggen und Winterwicke. Die Sorte „Wickroggen Plus“ von DSV Saaten enthält noch als Untersaat Welsches Weidelgras (75 % Winterroggen, 10 % Winterwicke, 15 % Welsches Weidelgras).

*** Einteilung der Reifegruppen beim Mais: früh (S200-S220), mittelfrüh (S230-S250) und mittelspät (S260-S290)

Anlage 1c: Anbautechnik der Winter- und Sommerkulturen der Grundanlage beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Anbaujahr 2015

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte	Wintertriticale	Wintertriticale	Wintertriticale	Luzernegras *			Wintertriticale	Blütmischung
Sorte (Saatgutvertrieb)	Cosinus (KWS)	Cosinus (KWS)	Cosinus (KWS)	QA 7 *			Cosinus (KWS)	BG 90 (Saaten-Zeller)
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS	HF / Korn	HF / GPS	WZF (3. HNJ) / GPS			HF / GPS	HF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiseleg- ge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiseleg- ge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiseleg- ge				22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiseleg- ge	19.06.14 Kreiseleg- ge
Aussaatdatum	25.09.14 / 06.11.14	25.09.14	25.09.14 / 06.11.14				25.09.14 / 06.11.14	23.06.15
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat / Nachsaat	Drillsaat	Drillsaat / Nachsaat				Drillsaat / Nachsaat	Drillsaat
Aussaatmenge	350 Kö/m ² /235 Kö/m ²	350 Kö/m ²	350 Kö/m ² /235 Kö/m ²				350 Kö/m ² /235 Kö/m ²	11 kg/ha
Aufgang	02.10.14	02.10.15	02.10.14				02.10.14	21.07.14
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	11,8	15,5	10,9	8,0			(6)	5
N-Düngung (BBCH) ³⁾	25.03.15, Piamon33S, 90 kg/ha	06.11.14, KAS, 50 kg/ha (EC 22/23) 25.03.15, Piamon33S, 120 kg/ha	19.03.15, Piamon33S, 50 kg/ha 09.04.15, Piamon33S, 27 kg/ha (EC 30) 12.05.15, Piamon33S, 18 kg/ha (EC 55)				25.03.15, Piamon33S, 67,5 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 95 kg/ha
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR- einsatz (BBCH)	09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)			----			09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)	-
Erntedatum ⁴⁾	17.06.15	05.08.15	17.06.15	21.05.15			17.06.15	17.09.15
BBCH Ernte	75	99	75	61			75	85

Anlage 1c: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Sommerfrüchte	<i>Phacelia</i>		Einj. Weidelgras	Mais	Biogaserübe	Mais	Einj. Weidelgras	Blümmischung
Sorte (Saatgutvertrieb)			Liquattro (DSV)	Padrino, S230 (KWS) **	Ribambelle (Gehalts- Futterrübe, Saaten- Union)	Grosso, S250 (KWS) **	Liquattro (DSV)	BG 90 (Saaten-Zeller)
FF-Stellung/Nutzung	SZF / GD		SZF / GPS	ZF / GPS	HF / GPS (Kö)	HF / GPS	SZF / GPS	HF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat	25.06.15 2 x Kreide- legge		25.06.15 2 x Kreide- legge	21.05. / 26.05.15 gescheibt, ge- kreiselt	03.03. / 20.03.15 gescheibt, gepflügt	27.04.15, ge- scheibt, ge- kreiselt	25.06.15 2 x Kreide- legge	19.06.14, Kreiselegge
Aussaatdatum	01.07.15		01.07.15	27.05.15	07.04.15	29.04.15	01.07.15	23.06.15
Aussaatverfahren ¹⁾	Drillsaat		Drillsaat	Einzelkornsaat	Einzelkornsaat	Einzelkorns.	Drillsaat	Drillsaat
Aussaatmenge	15 kg/ha		50 kg/ha	9 Pfl. / m ²	17 / 45 cm	9 Pfl. / m ²	50 kg/ha	11 kg/ha
Aufgang	15.07.15		09.07.15	26.06.15	20.04.15	10.05.15	09.07.15	21.07.14
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	29,4		41,1	22,2	14	11	(41,1)	5
N-Düngung (BBCH) ₃₎	25.03.15, Piamon33S, 90 kg/ha		23.07.15, Piamon33S, 100 kg/ha	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	15.04.15, Piamon33S, 100 kg/ha	07.05.15, Pia- mon33S, 120 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 75 kg/ha (vA)	25.03.15, Piamon33S, 95 kg/ha
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR- einsatz (BBCH)	----		----	17.06.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (vA) + Maister Power, 1,5 l/ha (vA) 01.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha (EC 13) 07.07.15 Trichogramma- Ausbringung (I)	09.04.15, Goltix Gold (H), 2,0 l/ha + Rebell (H), 1,5 l/ha 06.05.15, Goltix Gold (H), 2,0 l/ha + Rebell (H), 1,0 l/ha + Beta- nal Expert (H), 1,5 l/ha + Fu- silade Max (H), 1,0 l/ha (EC 12-14) 19.05.15, Goltix Gold (H), 2,0 l/ha + Fusilade Max (H), 1,0 l/ha + Betanal Expert (H), 1,25 l/ha (EC 14/15) 09.06.15, Goltix Gold, 2,0 l/ha + Rebell, 1,0 l/ha + Betanal Ex- pert, 1,5 l/ha + Fusilade Max, 1,0 l/ha (EC 19) 17.06.15, Karate Zeon (I), 0,075 l/ha (EC 19) 09.07.15, Jewel (F), 1,0 l/ha (EC 39)	06.05.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha (vA) + Spectrum (H), 0,75 l/ha (vA) 24.06.15 1. Trichogramma- Ausbringung 07.07.15 2. Trichogramma- Ausbringung	----	-
Erntedatum ⁴⁾	----		15.09.15		13.10.15	17.09.15	15.09.15	17.09.15
BBCH Ernte	----		61		49	83	61	85

Anlage 1c: Anbautechnik der Winter- und Sommerkulturen der Spiegelanlage beim Energiefruchtfolgeversuch EVA III am Standort Trossin (AZ 31) im Anbaujahr 2015

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Winterfrüchte		Grünroggen	Grünroggen	Luzernegras *	W. Weidelgras ⁵⁾		Grünroggen	Hybridroggen
Sorte (Saatgutvertrieb)		Protector (Saaten-Union)	Vitallo (KWS)	QA 7 *	Untersaat ⁵⁾		Vitallo (KWS)	Progas (KWS)
FF-Stellung/Nutzung		WZF / GPS	WZF / GPS	HF (2. HNJ) / GPS	WZF / GPS		WZF / GPS	HF / GPS
Bodenbearbeitung vor Aussaat		15.10.14 ge- scheibt, Kreisel- egge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiseleg- ge				22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiseleg- ge	22.09./23.09.14 gescheibt, Kreiselegge
Aussaatdatum		20.10.14	25.09.15				25.09.15	25.09.14
Aussaatverfahren ¹⁾		Drillsaat	Drillsaat				Drillsaat	Drillsaat
Aussaatmenge		420 Kö/m ²	400 Kö/m ²				400 Kö/m ²	260 Kö/m ²
Aufgang		28.10.15	02.10.14				02.10.14	02.10.14
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾		7,5	0,3	2,9	2,7		(1,4)	1,2
N-Düngung (BBCH) ³⁾		25.03.15, Piamon33S, 90 kg/ha	19.03.15, Piamon33S, 50 kg/ha 25.03.15, Piamon33S, 50 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 65 kg/ha 05.06.15, Piamon33S, 65 kg/ha 02.09.15, Piamon33S, 50 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 85 kg/ha		25.03.15, Piamon33S, 75 kg/ha	25.03.15, Piamon33S, 115 kg/ha
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR- einsatz (BBCH)		05.11.14, Fenikan (H), 2,5 l/ha EC11)	09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)	----	----		09.10.14, Herold SC (H), 0,5 l/ha (EC 12/13)	-
Erntedatum ⁴⁾		19.05.15	19.05.15	Schnitt I: 21.05.15 Schnitt II: 31.08.15	21.05.15		19.05.15	17.06.15
BBCH Ernte		61	61	Schnitt I: 61 Schnitt II: 31	61		61	75

Anlage 1c: Fortsetzung.

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono- Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodiversitäts-FF)
Sommerfrüchte	Mais	Mais	Sorghum b. x s.	Luzerngras *	Mais	Mais	Sorghum b. x s.	
Sorte (Saatgutvertrieb)	Agro Vitallo, S270 (AgroMais) **	Claudio, S240 (AgroMais) **	Lussi (Caus- sade Saaten)	QA 7 *	Padrino, S230 (KWS) **	Grosso, S250 (KWS) **	Lussi (Caus- sade Saaten)	
FF-Stellung/Nutzung	HF / GPS	ZF / GPS	ZF / GPS	HF (2. HNJ) / GPS	ZF / GPS	HF / GPS	ZF / GPS	
Bodenbearbeitung vor Aussaat	27.04.14 gegrub- bert, Kreiselegge	20./21./26.05.15 2 x gescheibt, Krei- selegge	20./21./26.05.15 2 x gescheibt, Krei- selegge		21./26.05.15 gescheibt, Kreiseleg- ge	27.04.14 ge- grubbert, Krei- selegge	20./21./26.05.15 2 x gescheibt, Krei- selegge	
Aussaatdatum	29.04.15	27.05.15	27.05.15		27.05.15	29.04.15	27.05.15	
Aussaatverfahren ¹⁾	Einzelkornsaat	Einzelkornsaat	Drillsaat		Einzelkornsaat	Einzelkornsaat	Drillsaat	
Aussaatmenge	9 Pfl. / m ²	9 Pfl. / m ²	27 Kö/m ²		9 Pfl./m ²	9 Pfl. / m ²	27 Kö/m ²	
Aufgang	10.05.15	20.06.15	01.07.15		26.06.15	10.05.15	01.07.15	
N_{min} Frühjahr [kg/ha] ²⁾	11	13,7	13,7	2,9	15,3	7,3	(1,4)	
N-Düngung (BBCH) ³⁾	07.05.15, Piamon33S, 120 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	25.03.15, Piamon33S, 65 kg/ha 05.06.15, Piamon33S, 65 kg/ha 02.09.15, Piamon33S, 50 kg/ha	05.06.15, Piamon33S, 100 kg/ha (vA)	07.05.15, Piamon33S, 125 kg/ha (vA)	05.06.15, Piamon33S, 75 kg/ha (vA)	
Herbizid/Insektizid/ Fungizid/WR- einsatz (BBCH)	06.05.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha + Spectrum (H), 0,75 l/ha (vA) <u>biologisch:</u> 24.06.15 1. Trichogramma- Ausbringung 07.07.15 2. Trichogramma- Ausbringung	01.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha + Kelvin (H), 1,0 l/ha (EC 13) <u>biologisch:</u> 07.07.15 Trichogramma- Ausbringung	08.07.15, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha + Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 13)	----	01.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha + Kelvin (H), 1,0 l/ha (13) 08.07.15, Maister Power (H), 1,5 l/ha + Kelvin (H), 1,0 l/ha (14) <u>biologisch:</u> 07.07.15 Trichogramma- Ausbringung	06.05.15, Gardo Gold (H), 4,0 l/ha + Spectrum (H), 0,75 l/ha (vA) <u>biologisch:</u> 24.06.15 1. Trichogramma- Ausbringung 07.07.15 2. Trichogramma- Ausbringung	08.07.15, Gardo Gold (H), 2,5 l/ha + Certrol B (H), 0,5 l/ha (EC 13)	
Erntedatum ⁴⁾	17.09.15			Schnitt I: 21.05.15 Schnitt II: 31.08.15		17.09.15		
BBCH Ernte	83			Schnitt I: 61 Schnitt II: 31		83		

Abkürzungen: FF = Fruchtfolge, GD = Gründüngung, GPS = Ganzpflanzensilage, HF = Hauptfrucht, HNJ = Hauptnutzungsjahr, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, Kö = Rübenkörper

vA = vor Aufgang

- 1) Aussaatverfahren: Einzelkornsaat mit Hege 76 (Abstand der Ablage / Reihenabstand, in cm), Drillsaat mit Hege 80 PNI mit Kreiselegge
 - 2) N_{min}-Bodenbeprobung im Frühjahr erfolgte am 16./17.03.2015 für die Winterkulturen bzw. am 19.05.2015 für *Sorghum* und Mais in Zweitfruchtstellung mithilfe des John Deere, der mit Bohrstock (Entnahmerille von 18 cm) und Schlaghammer ausgestattet ist; angegebene Werte beziehen sich auf die Bodentiefe von 0-60 cm
N-Düngung – 25% bezieht sich auf ermittelte N-Düngermenge in FF 3 (= standortangepasste N-Düngung)
 - 3) Piamon 33 S = kombinierter Stickstoffdünger mit Schwefel, Ammoniumsulfat-Harnstoff aus 33 % Gesamt-Stickstoff und 12 % wasserlöslichem Schwefel
 - 4) Ernte mithilfe des Parzellenhäckslers Hege 212 mit Maisvorsatz (Häcksellänge: 10 mm), Gräser und –gemenge wurden mit dem Frontmäher geschnitten
 - 5) Die Sorte Wickroggen Plus enthält als Untersaat zu 15 % Welsches Weidelgras (winterhart), welches nach der Ernte des Wickroggens nicht umgebrochen wurde, sondern zur Kostenminimierung als Winterzwischenfrucht des Zweikultursystems mit Mais genutzt wurde.
- * Das Luzernegras-Gemenge wurde nach den Ansprüchen der Sächsischen Qualitätssaatmischung QA7 hergestellt: 20 % Knautgras (BSV-Saaten), 15 % Glatthafer (BSV-Saaten) und 65 % Luzerne (Saaten-Union).
- ** Einteilung der Reifegruppen beim Mais: früh (S200-S220), mittelfrüh (S230-S250) und mittelspät (S260-S290)

Anlage 2a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>	WiGerste (BBCH 65, HF) A: 221 B: 187 C: 176 D: 195 <u>PG: 195</u> Stabw: 19,4	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 108 B: 112 C: 106 D: 121 <u>PG: 112</u> Stabw: 6,7	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 127 B: 86 C: 120 D: 149 <u>PG: 121</u> Stabw: 26	Luzerngras I (BBCH 39/51, HF) A: 65 B: 52 C: 68 D: 59 <u>PG: 61</u> Stabw: 7,0				Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 124 B: 110 C: 109 D: 98 <u>PG: 110</u> Stabw: 10,6	Wickroggen (BBCH 63 [Ro]/49-51 [Wicke], WZF) A: 306 B: 294 C: 303 D: 315 <u>PG: 304</u> Stabw: 8,6
		Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, SZF) A: 277 B: 180 C: 254 D: 234 <u>PG: 236</u> Stabw: 41,5	Sorghum bicolor (BBCH 51, HF) A: 668 B: 500 C: 485 D: 595 <u>PG: 562</u> Stabw: 85,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 306 B: 285 C: 282 D: 330 <u>PG: 301</u> Stabw: 22,3	Luzerngras II (BBCH 39/63, HF) A: 64 B: 44 C: 61 D: 58 <u>PG: 57</u> Stabw: 8,8	Wickroggen (BBCH 77 [Ro]/65-79 [Wicke], HF) A: 359 B: 290 C: 306 D: 297 <u>PG: 313</u> Stabw: 31,5	Mais (BBCH 83, HF) A: 317 B: 219 C: 237 D: 254 <u>PG: 257</u> Stabw: 42,6	Mais (BBCH 83, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 265 B: 208 C: 230 D: 306 <u>PG: 252</u> Stabw: 42,7	Mais (BBCH 75/79 , ZF) A: 292 B: 223 C: 294 D: 377 <u>PG: 297</u> Stabw: 63,3
				Luzerngras III (BBCH 29/65, HF) A: 56 B: 34 C: 56 D: 39 <u>PG: 46</u> Stabw: 11,1					

Anlage 2a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich.

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Frisch- mas- se- Er- trag [dt/ha]	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 273 B: 259 C: 293 D: 273 <u>PG: 275</u> Stabw: 13,7	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 237 B: 230 C: 242 D: 273 <u>PG: 246</u> Stabw: 19,1	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 63 B: 67 C: 72 D: 78 <u>PG: 70</u> Stabw: 6,4	Wintertriticale (BBCH 77, HF) A: 265 B: 273 C: 301 D: 303 <u>PG: 285</u> Stabw: 19,2	Mais (BBCH 83, HF) A: 377 B: 337 C: 344 D: 356 <u>PG: 353</u> Stabw: 17,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 344 B: 345 C: 314 D: 300 <u>PG: 326</u> Stabw: 22,5	Mais (BBCH 83, HF) A: 368 B: 327 C: 276 D: 291 <u>PG: 315</u> Stabw: 41,1	Grünroggen (BBCH 63, WZF) A: 320 B: 299 C: 299 D: 298 <u>PG: 304</u> Stabw: 10,6	Grünroggen (BBCH 63, WZF) A: 310 B: 316 C: 325 D: 324 <u>PG: 319</u> Stabw: 7,3
	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD) A: 88 B: 96 C: 87 D: 86 <u>PG: 89</u> Stabw: 4,3	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD) A: 187 B: 145 C: 115 D: 116 <u>PG: 141</u> Stabw: 33,7		Einj. Weidelgras (BBCH 25, SZF) A: 30 B: 19 C: 12 D: 9 <u>PG: 17</u> Stabw: 9,2				Mais (BBCH 79, ZF) A: 376 B: 343 C: 314 D: 292 <u>PG: 331</u> Stabw: 36,3	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, ZF) A: 406 B: 374 C: 355 D: 353 <u>PG: 372</u> Stabw: 24,4

Anlage 2b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag [dt/ha]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 234 B: 212 C: 276 D: 234 PG: 239 Stabw: 26,7					
			Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 283 B: 235 C: 225 D: 275 PG: 254 Stabw: 28,7	Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 258 B: 260 C: 255 D: 309 PG: 270 Stabw: 25,5	Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 140 B: 105 C: 128 D: 128 PG: 125 Stabw: 14,6	W. Weidelgras (BBCH 51, WZF) A: 127 B: 139 C: 163 D: 126 PG: 139 Stabw: 17,4	Grünroggen (BBCH 55, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 242 B: 200 C: 209 D: 227 PG: 219 Stabw: 18,8		
		Mais (BBCH 87, HF) A: 378 B: 460 C: 428 D: 457 PG: 431 Stabw: 38,1	Mais (BBCH 85, ZF) A: 586 B: 487 C: 516 D: 552 PG: 535 Stabw: 42,8	Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 537 B: 547 C: 513 D: 528 PG: 531 Stabw: 14,2	Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 155 B: 136 C: 156 D: 132 PG: 145 Stabw: 12,3	Mais (BBCH 85, ZF) A: 504 B: 509 C: 537 D: 530 PG: 520 Stabw: 16,2	Mais (BBCH 87, HF) A: 401 B: 426 C: 318 D: 484 PG: 407 Stabw: 68,9	Hybridroggen (BBCH 85, HF) A: 249 B: 198 C: 227 D: 219 PG: 223 Stabw: 21,3	
				Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 50 B: 63 C: 76 D: 80 PG: 67 Stabw: 13,6				Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 528 B: 388 C: 491 D: 526 PG: 483 Stabw: 65,7	

Anlage 2b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Spiegelanlage 6) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)
Frischmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>	Wintergerste (BBCH 69, HF) A: 198 B: 200 C: 236 D: 229 <u>PG: 216</u> Stabw: 19,5	Sorghum bicolor (BBCH 65, HF) A: 811 B: 794 C: 801 D: 830 <u>PG: 809</u> Stabw: 15,6	Mais (BBCH 87, HF) A: 564 B: 517 C: 531 D: 595 <u>PG: 552</u> Stabw: 34,8	Luzerngras I (BBCH 51, HF) A: 217 B: 208 C: 278 D: 198 <u>PG: 225</u> Stabw: 36,0 Luzerngras II (BBCH 61, HF) A: 70 B: 72 C: 125 D: 67 <u>PG: 84</u> Stabw: 27,8 Luzerngras III (BBCH 61, HF) A: 117 B: 137 C: 128 D: 128 <u>PG: 127</u> Stabw: 8,2 Luzerngras IV (BBCH 35, HF) A: 96 B: 125 C: 111 D: 106 <u>PG: 110</u> Stabw: 12,2	Wickroggen (BBCH 85, HF) A: 219 B: 211 C: 216 D: 312 <u>PG: 239</u> Stabw: 48,6 W. Weidelgras I (BBCH 61, SZF) A: 63 B: 70 C: 72 D: 133 <u>PG: 85</u> Stabw: 32,7 W. Weidelgras II (BBCH 32, SZF) A: 78 B: 90 C: 61 D: 104 <u>PG: 83</u> Stabw: 18,4	Mais (BBCH 87, HF) A: 605 B: 548 C: 522 D: 537 <u>PG: 553</u> Stabw: 36,2	Mais (BBCH 87, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 494 B: 409 C: 492 D: 525 <u>PG: 480</u> Stabw: 49,7	Wickroggen (BBCH 55, WZF) A: 307 B: 316 C: 305 D: 311 <u>PG: 310</u> Stabw: 5,0 Mais (BBCH 85, ZF) A: 609 B: 591 C: 562 D: 598 <u>PG: 590</u> Stabw: 19,8

Anlage 2b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich

	Prüfgebiet 1	Prüfgebiet 1*	Prüfgebiet 2	Prüfgebiet 3	Prüfgebiet 4	Prüfgebiet S1	Prüfgebiet S1*	Prüfgebiet S2	Prüfgebiet S3
Frisch- mas- se- Er- trag [dt/ha]	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Mais (BBCH 87, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale – Markt- frucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)
	A: 83	A: 57	A: 67	A: 65	A: 560	A: 339	A: 277	A: 267	A: 267
	B: 92	B: 75	B: 69	B: 82	B: 545	B: 320	B: 227	B: 280	B: 280
	C: 94	C: 74	C: 72	C: 82	C: 521	C: 226	C: 198	C: 207	C: 207
	D: 78	D: 61	D: 75	D: 73	D: 542	D: 300	D: 185	D: 231	D: 231
	PG: 87	PG: 67	PG: 71	PG: 76	PG: 542	PG: 296	PG: 222	PG: 246	PG: 246
	Stabw: 7,5	Stabw: 9,1	Stabw: 3,5	Stabw: 8,2	Stabw: 15,7	Stabw: 49,7	Stabw: 40,7	Stabw: 33,3	Stabw: 33,3
						Phacelia (BBCH 69, SZF/GD)	Phacelia (BBCH 69, SZF/GD)	Einj. Weidel- gras (BBCH 69, SZF)	Einj. Weidel- gras (BBCH 69, SZF)
						A: 327	A: 361	A: 110	A: 110
						B: 272	B: 358	B: 143	B: 143
					C: 315	C: 347	C: 108	C: 108	
					D: 293	D: 336	D: 135	D: 135	
					PG: 302	PG: 350	PG: 69	PG: 124	
					Stabw: 24,2	Stabw: 11,6	Stabw: 5,1	Stabw: 17,4	

Anlage 2c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 155 B: 137 C: 135 D: 134 PG: 140 Stabw: 9,9	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 54 B: 55 C: 55 D: 58 PG: 53 Stabw: 1,8	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 159 B: 144 C: 150 D: 150 PG: 151 Stabw: 6,2	Luzernegras (BBCH 61, WZF) A: 198 B: 234 C: 292 D: 282 PG: 249 Stabw: 45,2	Biogasrübe geköpft Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 974 B: 805 C: 760 D: 978 PG: 879 Stabw: 113,2			Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 155 B: 141 C: 132 D: 154 PG: 146 Stabw: 11,1	
	Phacelia (BBCH 61, SZF/GD) A: 134 B: 133 C: 147 D: 172 PG: 146 Stabw: 18,2		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 136 B: 172 C: 127 D: 156 PG: 148 Stabw: 20,0	Mais (BBCH , ZF)	Biogasrübe entblät- tert Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 1081 B: 895 C: 804 D: 1052 PG: 958 Stabw: 131,2	Mais (BBCH 83, HF) A: 289 B: 274 C: 315 D: 303 PG: 295 Stabw: 17,6		Blümmischung (BBCH 85, WZF) A: 84 B: 97 C: 87 D: 114 PG: 96 Stabw: 13,6	
					Biogasrübe Rüben- blätter (BBCH 49, HF) A: 378 B: 266 C: 270 D: 336 PG: 313 Stabw: 54,2			Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 97 B: 116 C: 116 D: 116 PG: 111 Stabw: 9,6	

Anlage 2c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Frischmasseerträge (in dt/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Spiegelanlage 6) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Frischmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>				Luzernegras I (BBCH 61, HF) A: 179 B: 142 C: 216 D: 142 PG: 170 Stabw: 35,7	W. Weidelgras (BBCH 61, WZF) A: 193 B: 180 C: 167 D: 301 PG: 210 Stabw: 61,3	Mais (BBCH 83, HF) A: 281 B: 281 C: 248 D: 241 PG: 263 Stabw: 21,2	Grünroggen (BBCH 61, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 235 B: 200 C: 219 D: 193 PG: 212 Stabw: 18,7	Hybridroggen (BBCH 75, HF) A: 242 B: 205 C: 183 D: 219 PG: 212 Stabw: 24,9	
		Mais (BBCH 83, HF) A: 327 B: 301 C: 294 D: 280 PG: 301 Stabw: 19,7	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 170 B: 183 C: 168 D: 174 PG: 174 Stabw: 6,7	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 225 B: 228 C: 241 D: 304 PG: 249 Stabw: 37,3	Luzernegras II (BBCH 31, HF) A: 78 B: 88 C: 64 D: 61 PG: 73 Stabw: 12,6				
			Mais (BBCH , ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)		Mais (BBCH , ZF)		Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)	

Anlage 3a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgeversuch EVA III angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013

Standort Trossin. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, L = Luzerne, G = Gras, R = Roggen, W = Wicke

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Trockenmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>				Luzernegras I (BBCH 39/51 [L], 59/61 [G], HF) A: 13 B: 11 C: 14 D: 12 PG: 12 Stabw: 1,1					
	Wintergerste (BBCH 65, HF) A: 45 B: 39 C: 37 D: 40 PG: 41 Stabw: 3,2	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 21 B: 20 C: 20 D: 21 PG: 20 Stabw: 0,5	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 19 B: 22 C: 17 D: 15 PG: 18 Stabw: 2,8	Luzernegras II (BBCH 39/63 [L], 59/65 [G], HF) A: 25 B: 18 C: 27 D: 23 PG: 23 Stabw: 3,6	Wickroggen (BBCH 77 [R], 65/79 [W], HF) A: 142 B: 97 C: 101 D: 98 PG: 110 Stabw: 17,1		Mais (BBCH 83, HF) A: 113,8 B: 72,9 C: 81,1 D: 91,1 PG: 89,7 Stabw: 17,7	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 18 B: 19 C: 19 D: 20 PG: 19 Stabw: 0,6	Wickroggen (BBCH 63 [R], 49/51 [W], WZF) A: 65,4 B: 64,1 C: 66,2 D: 65,9 PG: 65,4 Stabw: 0,9
	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, SZF) A: 89 B: 60 C: 83 D: 80 PG: 78 Stabw: 12,4	Sorghum bicolor (BBCH 51, HF) A: 154 B: 107 C: 107 D: 135 PG: 126 Stabw: 22,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 107 B: 92 C: 93 D: 110 PG: 101 Stabw: 9,2	Luzernegras III (BBCH 29 [L], 65 [G], HF) A: 16 B: 9 C: 15 D: 11 PG: 13 Stabw: 3,2				Mais (BBCH 83, HF) - 25 % N-Düngung A: 92,2 B: 69,9 C: 78,6 D: 110,6 PG: 87,8 Stabw: 17,7	Mais (BBCH 75/79, ZF) A: 75,5 B: 56,5 C: 74,2 D: 93,7 PG: 75,0 Stabw: 15,2

Anlage 3a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C- Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze. * = Standardausgleich

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3	
Trocken- mas- se- Er- trag [dt/ha]	Wintertriticale (BBCH 77, HF)	Wintertriticale (BBCH 77, HF)		Wintertriticale (BBCH 77, HF)				Grünroggen (BBCH 63, WZF)	Grünroggen (BBCH 63, WZF)	
	A: 111	A: 91		A: 97				A: 76	A: 70	
	B: 101	B: 89		B: 101				B: 76	B: 76	
	C: 116	C: 95	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn)	C: 112				C: 72	C: 79	
	D: 108	D: 104	(BBCH 99, HF)	D: 109	Mais (BBCH 83, HF)	Mais (BBCH 83, HF)	Mais (BBCH 83, HF)	D: 76	D: 75	
	<u>PG: 109</u>	<u>PG: 95</u>		<u>PG: 105</u>				<u>PG: 75</u>	<u>PG: 75</u>	
	Stabw: 6,1	Stabw: 6,6	A: 55	Stabw: 6,8	A: 121	A: 115	A: 130	Stabw: 2,1	Stabw: 3,6	
			B: 58		B: 112	B: 115	B: 112			
	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD)	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD)	C: 62	Einj. Weidelgras (BBCH 25, SZF)	C: 113	C: 101	C: 88		Mais (BBCH 79, ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, ZF)
	A: 12	A: 30	D: 67	A: 6	D: 115	D: 102	D: 98	A: 112	A: 143	
	B: 11	B: 20	<u>PG: 61</u>	B: 5	<u>PG: 115</u>	<u>PG: 108</u>	<u>PG: 107</u>	B: 106	B: 128	
	C: 12	C: 15	Stabw: 5,2	C: 3	Stabw: 3,8	Stabw: 7,9	Stabw: 18,3	C: 94	C: 115	
	D: 12	D: 18		D: 2				D: 88	D: 119	
	<u>PG: 12</u>	<u>PG: 21</u>		<u>PG: 4</u>				<u>PG: 100</u>	<u>PG: 126</u>	
	Stabw: 0,2	Stabw: 6,6		Stabw: 1,9				Stabw: 11,0	Stabw: 12,3	

Anlage 3b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ -Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais-Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Trockenmasse-Ertrag [dt/ha]				Luzerngras I (BBCH 51, HF) A: 47 B: 45 C: 56 D: 48 PG: 49 Stabw: 4,9			Grünroggen (BBCH 55, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 50 B: 45 C: 45 D: 46 PG: 47 Stabw: 2,3		
			Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 57 B: 50 C: 48 D: 55 PG: 53 Stabw: 4,3	Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 51 B: 53 C: 54 D: 61 PG: 55 Stabw: 4,3	Luzerngras II (BBCH 61, HF) A: 34 B: 34 C: 37 D: 35 PG: 35 Stabw: 1,1	W. Weidelgras (BBCH 51, WZF) A: 33 B: 35 C: 39 D: 35 PG: 35 Stabw: 2,6	Mais (BBCH 87, HF) A: 177 B: 183 C: 147 D: 220 PG: 182 Stabw: 30,2	Hybridroggen (BBCH 85, HF) A: 104 B: 82 C: 96 D: 92 PG: 94 Stabw: 9,2	
		Mais (BBCH 87, HF) A: 169 B: 207 C: 195 D: 205 PG: 194 Stabw: 17,6	Mais (BBCH 85, ZF) A: 314 B: 208 C: 234 D: 243 PG: 249 Stabw: 45,2	Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 169 B: 173 C: 160 D: 169 PG: 168 Stabw: 5,3	Luzerngras III (BBCH 61, HF) A: 33 B: 31 C: 41 D: 35 PG: 35 Stabw: 4,5	Mais (BBCH 85, ZF) A: 206 B: 216 C: 218 D: 219 PG: 215 Stabw: 5,8		Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 168 B: 117 C: 150 D: 166 PG: 150 Stabw: 23,6	
				Luzerngras IV (BBCH 35, HF) A: 15 B: 17 C: 19 D: 19 PG: 18 Stabw: 2,1					

Anlage 3b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Spiegelanlage 6 angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)
Trockenmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>	Wintergerste (BBCH 69, HF) A: 62 B: 63 C: 67 D: 71 PG: 66 Stabw: 4,2	Sorghum bicolor (BBCH 65, HF) A: 241 B: 227 C: 233 D: 246 PG: 237 Stabw : 8,2	Mais (BBCH 87, HF) A: 241 B: 224 C: 221 D: 272 PG: 239 Stabw: 23,2	Luzerngras I (BBCH 51, HF) A: 43 B: 44 C: 47 D: 38 PG: 43 Stabw: 3,9 Luzerngras II (BBCH 61, HF) A: 25 B: 31 C: 37 D: 23 PG: 29 Stabw: 6,2 Luzerngras III (BBCH 61, HF) A: 26 B: 29 C: 32 D: 28 PG: 29 Stabw: 2,4 Luzerngras IV (BBCH 35, HF) A: 21 B: 26 C: 24 D: 24 PG: 24 Stabw: 2,5	Wickroggen (BBCH 85, HF) A: 90 B: 86 C: 87 D: 105 PG: 92 Stabw: 8,9 W. Weidelgras I (BBCH 61, SZF) A: 18 B: 20 C: 23 D: 31 PG: 23 Stabw: 5,8 W. Weidelgras II (BBCH 32, SZF) A: 17 B: 17 C: 14 D: 17 PG: 16 Stabw: 1,4	Mais (BBCH 87, HF) A: 252 B: 235 C: 202 D: 225 PG: 228 Stabw: 21,0	Mais (BBCH 87, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 216 B: 176 C: 219 D: 230 PG: 210 Stabw: 23,5	Wickroggen (BBCH 55, WZF) A: 51 B: 52 C: 54 D: 51 PG: 52 Stabw: 1,6 Mais (BBCH 85, ZF) A: 262 B: 233 C: 224 D: 218 PG : 234 Stabw : 19,5

Anlage 3b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C- Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, GD = Gründüngungspflanze

	Prüfgebiet 1	Prüfgebiet 1*	Prüfgebiet 2	Prüfgebiet 3	Prüfgebiet 4	Prüfgebiet S1	Prüfgebiet S1*	Prüfgebiet S2	Prüfgebiet S3
Trocken- masse- Ertrag [dt/ha]	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Mais (BBCH 87, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)
	A: 53	A: 37	A: 43	A: 43	A: 205	A: 129	A: 104	A: 103	
	B: 58	B: 50	B: 53	B: 44	B: 210	B: 121	B: 88	B: 107	
	C: 63	C: 48	C: 54	C: 46	C: 204	C: 86	C: 78	C: 81	
	D: 49	D: 39	D: 47	D: 49	D: 215	D: 113	D: 72	D: 89	
	PG: 56	PG: 44	PG: 49	PG: 45	PG: 208	PG: 112	PG: 85	PG: 246	
	Stabw: 5,9	Stabw: 6,2	Stabw: 5,0	Stabw: 2,6	Stabw: 5,2	Stabw: 18,6	Stabw: 14,1	Stabw: 33,3	
						Phacelia (BBCH 69, SZF/GD)	Phacelia (BBCH 69, SZF/GD)	Phacelia (BBCH 99, HF)	Einj. Weidelgras (BBCH 69, SZF)
						A: 54	A: 59	A: 45	A: 27
						B: 49	B: 62	B: 44	B: 35
						C: 57	C: 58	C: 29	C: 28
						D: 52	D: 55	D: 32	D: 34
					PG: 53	PG: 59	PG: 38	PG: 31	
					Stabw: 3,2	Stabw: 2,9	Stabw: 6,0	Stabw: 4,1	

Anlage 3c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)
Trockenmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 69 B: 63 C: 64 D: 61 <u>PG: 64</u> Stabw: 3,4	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 36 B: 36 C: 36 D: 37 <u>PG: 36</u> Stabw: 0,5	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 72 B: 65 C: 67 D: 66 <u>PG: 67</u> Stabw: 3,0	Luzernegras (BBCH 61, WZF) A: 56 B: 71 C: 72 D: 72 <u>PG: 68</u> Stabw: 7,7	Biogasrübe entblät- tert Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 170 B: 143 C: 118 D: 173 <u>PG: 151</u> Stabw: 25,8	Mais (BBCH 83, HF) A: 107 B: 104 C: 134 D: 121 <u>PG: 116</u> Stabw: 13,9	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 71 B: 65 C: 60 D: 68 <u>PG: 66</u> Stabw: 4,9	Blümmischung (BBCH 85, WZF) A: 42 B: 42 C: 39 D: 50 <u>PG: 43</u> Stabw: 4,6
	Phacelia (BBCH 61, SZF/GD) A: 24 B: 23 C: 27 D: 29 <u>PG: 26</u> Stabw: 2,9		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 26 B: 29 C: 30 D: 28 <u>PG: 28</u> Stabw: 1,7	Mais (BBCH , ZF)	Biogasrübe Rüben- blätter (BBCH 49, HF) A: 52 B: 33 C: 35 D: 45 <u>PG: 41</u> Stabw: 8,8		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 18 B: 22 C: 24 D: 23 <u>PG: 22</u> Stabw: 2,5	

Anlage 3c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliebes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Spiegelanlage 6) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Trockenmasse-Ertrag <i>[dt/ha]</i>				Luzernegras I (BBCH 61, HF) A: 53 B: 44 C: 53 D: 45 PG: 49 Stabw: 4,7	W. Weidelgras (BBCH 61, WZF) A: 65 B: 61 C: 58 D: 81 PG: 66 Stabw: 10,2	Mais (BBCH 83, HF) A: 112 B: 103 C: 86 D: 94 PG: 99 Stabw: 11,4	Grünroggen (BBCH 61, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 70 B: 61 C: 62 D: 58 PG: 63 Stabw: 5,2	Hybridroggen (BBCH 75, HF) A: 105 B: 92 C: 84 D: 96 PG: 94 Stabw: 9,0	
		Mais (BBCH 83, HF) A: 114 B: 105 C: 109 D: 98 PG: 107 Stabw: 6,5	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 51 B: 57 C: 53 D: 48 PG: 52 Stabw: 3,9	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 68 B: 70 C: 76 D: 81 PG: 74 Stabw: 5,8	Luzernegras II (BBCH 31, HF) A: 27 B: 29 C: 25 D: 23 PG: 26 Stabw: 3,0	Mais (BBCH , ZF)	Mais (BBCH 83, HF) A: 112 B: 103 C: 86 D: 94 PG: 99 Stabw: 11,4	Grünroggen (BBCH 61, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 70 B: 61 C: 62 D: 58 PG: 63 Stabw: 5,2	Hybridroggen (BBCH 75, HF) A: 105 B: 92 C: 84 D: 96 PG: 94 Stabw: 9,0
			Mais (BBCH , ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)				Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)	

Anlage 3c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockenmasseerträge (Absolutwerte bei 105 °C- Trocknung in dt TM/ha) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Frisch- mas- se- Er- trag [dt/ha]	Wintergerste (BBCH 61, HF)	Wintergerste (BBCH 61, HF)		Senf Vorfrucht		Winterroggen – Marktfrucht (Korn)	Winterroggen – Mark- tfrucht (Korn)	Winterroggen – Mark- tfrucht (Korn)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn)
	A: 38	A: 50	Senf Vorfrucht	Mais (BBCH 83, HF)	Mais (BBCH 83, HF)	(BBCH 99, HF)	(BBCH 99, HF)	(BBCH 99, HF)	(BBCH 99, HF)
	B: 56	B: 60		A: 109	A: 85	A: 40	A: 51	A: 30	A: 37
	C: 52	C: 62	<i>Sorghum bico- lor</i> (BBCH , HF)	B: 128	B: 81	B: 39	B: 52	B: 40	B: 47
	D: 36	D: 57		C: 118	C: 71	C: 39	C: 40	C: 27	C: 38
	PG: 45	PG: 57		D: 111	D: 81	D: 42	D: 30	D: 38	D: 40
	Stabw: 10,0	Stabw: 5,2		PG: 79	PG: 40	PG: 43	PG: 33	PG: 40	
	<i>Sorghum b. x s.</i> (BBCH , SZF)	<i>Sorghum b. x s.</i> (BBCH , SZF)		PG: 117	Stabw: 5,9	Stabw: 1,5	Stabw: 10,7	Stabw: 6,3	Stabw: 4,8
				Stabw: 8,7					

Anlage 4a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliebes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgeversuch EVA III angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, L = Luzerne, G = Gras, R = Roggen, W = Wicke

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Trockensubstanz- Gehalt [%]				Luzernegras I (BBCH 39/51 [L], 59/61 [G], HF) A: 19,4 B: 21,4 C: 20,1 D: 20,1 PG: 20,3 Stabw: 0,9					
	Wintergerste (BBCH 65, HF) A: 20,3 B: 20,9 C: 21,3 D: 20,7 PG: 20,8 Stabw: 0,4	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 19,1 B: 17,6 C: 18,6 D: 16,9 PG: 18,0 Stabw: 1,0	Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 19,2 B: 21,7 C: 16,6 D: 15,4 PG: 18,2 Stabw: 2,8	Luzernegras II (BBCH 39/63 [L], 59/65 [G], HF) A: 39,0 B: 41,5 C: 43,6 D: 40,0 PG: 41,0 Stabw: 2,0	Wickroggen (BBCH 77 [R], 65/79 [W], HF) A: 31,3 B: 33,4 C: 33,1 D: 32,9 PG: 32,7 Stabw: 1,0			Senf - Vorfrucht (BBCH 61, SZF) A: 18,2 B: 18,5 C: 18,8 D: 19,7 PG: 18,8 Stabw: 0,6	Wickroggen (BBCH 63 [R], 49/51 [W], WZF) A: 21,4 B: 21,8 C: 21,9 D: 20,9 PG: 21,5 Stabw: 0,4
	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, SZF) A: 32,1 B: 33,6 C: 32,7 D: 34,3 PG: 33,1 Stabw: 1,0	Sorghum bicolor (BBCH 51, HF) A: 23,0 B: 21,5 C: 22,0 D: 22,6 PG: 22,3 Stabw: 0,7	Mais (BBCH 83, HF) A: 35,1 B: 32,3 C: 33,1 D: 33,2 PG: 33,4 Stabw: 1,2	Luzernegras III (BBCH 29 [L], 65 [G], HF) A: 29,1 B: 26,6 C: 26,4 D: 28,8 PG: 27,7 Stabw: 1,4			Mais (BBCH 83, HF) A: 35,9 B: 33,3 C: 34,2 D: 35,9 PG: 34,8 Stabw: 1,3	Mais (BBCH 83, HF) - 25 % N-Düngung A: 34,9 B: 33,7 C: 34,1 D: 36,2 PG: 34,7 Stabw: 1,1	Mais (BBCH 75/79, ZF) A: 25,8 B: 25,4 C: 25,2 D: 24,8 PG: 25,3 Stabw: 0,4

Anlage 4a: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliebes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C- Trocknung, in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2013

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Trocken- sub- stanz- Ge- halt [%]	Wintertriticale (BBCH 77, HF)	Wintertriticale (BBCH 77, HF)		Wintertriticale (BBCH 77, HF)				Grünroggen (BBCH 63, WZF)	Grünroggen (BBCH 63, WZF)
	A: 40,4	A: 38,5		A: 36,7				A: 23,9	A: 22,7
	B: 39,0	B: 38,4		B: 36,9				B: 25,4	B: 24,0
	C: 39,6	C: 39,4	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn)	C: 37,0				C: 24,0	C: 24,3
	D: 39,5	D: 37,9	(BBCH 99, HF)	D: 36,0	Mais (BBCH 83, HF)	Mais (BBCH 83, HF)	Mais (BBCH 83, HF)	D: 25,6	D: 23,0
	<u>PG: 39,7</u>	<u>PG: 38,6</u>	A: 87,0	<u>PG: 36,7</u>	A: 32,0	A: 33,5	A: 35,3	<u>PG: 24,7</u>	<u>PG: 23,5</u>
	Stabw: 0,6	Stabw: 0,6	B: 86,7	Stabw: 0,4	B: 33,3	B: 33,2	B: 34,2	Stabw: 0,9	Stabw: 0,8
	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD)	Phacelia (BBCH 65, SZF/GD)	C: 86,9	Einj. Weidelgras (BBCH 25, SZF)	C: 32,9	C: 32,0	C: 31,7	Mais (BBCH 79, ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH 77/83, ZF)
	A: 13,2	A: 16,2	D: 86,6	A: 20,5	D: 32,3	D: 34,0	D: 33,7	A: 29,7	A: 35,2
	B: 11,9	B: 13,6	<u>PG: 86,8</u>	B: 25,6	<u>PG: 32,6</u>	<u>PG: 33,2</u>	<u>PG: 33,7</u>	B: 31,0	B: 34,1
	C: 13,2	C: 12,9	Stabw: 0,2	C: 21,9	Stabw: 0,6	Stabw: 0,8	Stabw: 1,5	C: 29,8	C: 32,5
	D: 13,9	D: 15,7		D: 24,8				D: 30,1	D: 33,6
	<u>PG: 13,0</u>	<u>PG: 14,6</u>		<u>PG: 23,2</u>				<u>PG: 30,1</u>	<u>PG: 33,9</u>
	Stabw: 0,8	Stabw: 1,6		Stabw: 2,4				Stabw: 0,6	Stabw: 1,1

Anlage 4b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Energiefruchtfolgegrundversuch (Anlage 5) angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Trockensubstanz- Gehalt [%]				Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 20,1 B: 21,2 C: 20,4 D: 20,6 PG: 20,6 Stabw: 0,5					
			Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 20,2 B: 21,4 C: 21,3 D: 20,1 PG: 20,7 Stabw: 0,7	Grünroggen (BBCH 55, WZF) A: 19,6 B: 20,4 C: 21,1 D: 19,6 PG: 20,2 Stabw: 0,7	Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 24,4 B: 32,6 C: 28,6 D: 27,5 PG: 28,3 Stabw: 3,4	W. Weidelgras (BBCH 51, WZF) A: 25,8 B: 24,9 C: 24,7 D: 27,4 PG: 25,5 Stabw: 1,6	Grünroggen (BBCH 55, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 20,6 B: 22,3 C: 21,7 D: 20,4 PG: 21,2 Stabw: 0,9		
		Mais (BBCH 87, HF) A: 44,6 B: 45,0 C: 45,5 D: 44,8 PG: 45 Stabw: 0,4	Mais (BBCH 85, ZF) A: 53,5 B: 42,6 C: 45,3 D: 43,9 PG: 46,3 Stabw: 3,6	Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 31,4 B: 31,5 C: 31,2 D: 32,0 PG: 31,5 Stabw: 0,4	Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 21,0 B: 22,4 C: 26,3 D: 26,5 PG: 24,0 Stabw: 2,8	Mais (BBCH 85, ZF) A: 40,9 B: 42,5 C: 40,6 D: 41,2 PG: 41,3 Stabw: 0,8	Mais (BBCH 87, HF) A: 44,1 B: 43,1 C: 46,1 D: 45,5 PG: 44,7 Stabw: 1,4		Hybridroggen (BBCH 85, HF) A: 41,8 B: 41,5 C: 42,3 D: 42,2 PG: 42,0 Stabw: 0,4
				Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 29,0 B: 27,7 C: 24,5 D: 24,3 PG: 26,4 Stabw: 2,3				Sorghum b. x s. (BBCH 83, ZF) A: 31,9 B: 30,1 C: 30,5 D: 31,5 PG: 31,0 Stabw: 0,8	

Anlage 4b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Spiegelanlage 6 angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)
TS-Gehalt [%]	Wintergerste (BBCH 69, HF) A: 31,0 B: 31,3 C: 28,5 D: 30,9 PG: 30,4 Stabw: 1,3	Sorghum bicolor (BBCH 65, HF) A: 29,7 B: 28,6 C: 29,0 D: 29,6 PG: 29,2 Stabw : 0,5	Mais (BBCH 87, HF) A: 42,7 B: 43,3 C: 41,7 D: 45,7 PG: 43,3 Stabw: 1,7	Luzernegras I (BBCH 51, HF) A: 19,8 B: 21,0 C: 16,8 D: 19,0 PG: 19,2 Stabw: 1,8 Luzernegras II (BBCH 61, HF) A: 35,1 B: 42,5 C: 29,5 D: 35,0 PG: 35,5 Stabw: 5,4 Luzernegras III (BBCH 61, HF) A: 22,7 B: 21,3 C: 25,2 D: 21,9 PG: 22,8 Stabw: 1,7 Luzernegras IV (BBCH 35, HF) A: 21,4 B: 21,1 C: 21,3 D: 22,7 PG: 21,6 Stabw: 0,7	Wickroggen (BBCH 85, HF) A: 41,2 B: 40,7 C: 40,2 D: 33,6 PG: 38,9 Stabw: 3,6 W. Weidelgras I (BBCH 61, SZF) A: 27,6 B: 29,1 C: 31,4 D: 23,2 PG: 27,8 Stabw: 3,5 W. Weidelgras II (BBCH 32, SZF) A: 22,0 B: 18,5 C: 23,1 D: 16,3 PG: 20,0 Stabw: 3,1	Mais (BBCH 87, HF) A: 41,6 B: 42,8 C: 38,6 D: 41,9 PG: 41,2 Stabw: 1,8	Mais (BBCH 87, HF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 43,7 B: 43,1 C: 44,4 D: 43,8 PG: 43,8 Stabw: 0,5	Wickroggen (BBCH 55, WZF) A: 16,6 B: 16,6 C: 17,8 D: 16,4 PG: 16,8 Stabw: 0,7 Mais (BBCH 85, ZF) A: 43,1 B: 39,5 C: 39,8 D: 36,5 PG : 39,7 Stabw : 2,7

Anlage 4b: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C- Trocknung, in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2014

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind rot markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, GD = Gründüngung. * = Standardausgleich

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Trockensubstanz- Gehalt [%]	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Mais (BBCH 87, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)	Wintertriticale – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Wintertriticale (BBCH 83, HF)
	A: 84,4	A: 84,5	A: 84,8	A: 84,3	A: 36,6	A: 38,1	A: 37,5	A: 89,4	A: 38,6
	B: 84,1	B: 84,9	B: 84,5	B: 84,5	B: 38,6	B: 37,7	B: 38,9	B: 86,4	B: 38,1
	C: 84,5	C: 84,5	C: 84,6	C: 84,3	C: 39,1	C: 38,2	C: 39,1	C: 89,2	C: 39,1
	D: 84,1	D: 84,6	D: 84,4	D: 84,7	D: 39,6	D: 37,8	D: 38,8	D: 88,1	D: 38,4
	<u>PG: 84,3</u>	<u>PG: 84,6</u>	<u>PG: 84,6</u>	<u>PG: 84,5</u>	<u>PG: 38,5</u>	<u>PG: 38,0</u>	<u>PG: 38,6</u>	<u>PG: 88,3</u>	<u>PG: 38,5</u>
	Stabw: 0,2	Stabw: 0,2	Stabw: 0,2	Stabw: 0,2	Stabw: 1,3	Stabw: 0,3	Stabw: 0,7	Stabw: 1,4	Stabw: 0,4
						<i>Phacelia</i> (BBCH 69, SZF/GD)	<i>Phacelia</i> (BBCH 69, SZF/GD)	Einj. Weidelgras (BBCH 69, SZF)	
						A: 16,5	A: 16,4	A: 24,5	
						B: 18,0	B: 17,3	B: 24,7	
						C: 18,0	C: 16,8	C: 26,1	
						D: 17,9	D: 16,4	D: 25,3	
					<u>PG: 17,6</u>	<u>PG: 16,7</u>	<u>PG: 25,2</u>		
					Stabw: 0,7	Stabw: 0,4	Stabw: 0,7		

Anlage 4c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgebietes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Grundanlage 5 des Energiefruchtfolgeversuchs angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind rot markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht, GD = Gründüngungspflanze

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)
Trockensubstanz- Gehalt [%]	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 44,4 B: 45,9 C: 46,9 D: 45,5 <u>PG: 45,7</u> Stabw: 1,0	Wintertriticale – Marktf Frucht (Korn) (BBCH 99, HF) A: 85,0 B: 84,5 C: 84,8 D: 84,3 <u>PG: 84,7</u> Stabw: 0,3	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 45,0 B: 45,0 C: 44,7 D: 43,7 <u>PG: 44,6</u> Stabw: 0,6	Luzernegras (BBCH 61, WZF) A: 28,4 B: 31,5 C: 24,5 D: 25,7 <u>PG: 27,5</u> Stabw: 3,1	Biogasrübe entblät- tert Rübenkörper (BBCH 49, HF) A: 15,7 B: 16,0 C: 14,6 D: 16,4 <u>PG: 15,7</u> Stabw: 0,8	Mais (BBCH 83, HF) A: 37,0 B: 37,9 C: 42,6 D: 39,9 <u>PG: 39,3</u> Stabw: 2,5	Wintertriticale (BBCH 75, HF) A: 45,8 B: 46,1 C: 45,0 D: 44,1 <u>PG: 45,2</u> Stabw: 0,9	Blümmischung (BBCH 85, WZF) A: 50,4 B: 42,7 C: 44,5 D: 43,5 <u>PG: 45,3</u> Stabw: 3,5
	Phacelia (BBCH 61, SZF/GD) A: 18,1 B: 17,1 C: 18,6 D: 17,0 <u>PG: 17,7</u> Stabw: 0,8		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 18,5 B: 19,1 C: 20,3 D: 19,6 <u>PG: 19,4</u> Stabw: 0,8	Mais (BBCH , ZF)	Biogasrübe Rüben- blätter (BBCH 49, HF) A: 13,7 B: 12,4 C: 13,0 D: 13,4 <u>PG: 13,1</u> Stabw: 0,6		Einj. Weidelgras (BBCH 61, SZF) A: 18,5 B: 19,1 C: 20,3 D: 19,6 <u>PG: 19,4</u> Stabw: 0,8	

Anlage 4c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C-Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der auf der Spiegelanlage 6 des Energiefruchtfolgeversuchs angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. FF = Fruchtfolge, HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht, ZF = Zweitfrucht

	Fruchtfolge 1 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 1 aus EVA II)	Fruchtfolge 2 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 2 aus EVA II)	Fruchtfolge 3 (C ₃ -C ₄ - Pflanzen FF 3 aus EVA II)	Fruchtfolge 4 (Ackerfutter-FF)	Fruchtfolge 5 (Rüben-FF)	Fruchtfolge 6 (Ökonomie-FF / Mono-Mais- Anbau)	Fruchtfolge 7 (Klimagas-optim. FF [-25 % N])	Fruchtfolge 8 (Biodi- versitäts-FF)	
Trockensubstanz- gehalt [%]				Luzernegras I (BBCH 61, HF) A: 29,3 B: 31,4 C: 24,4 D: 31,5 <u>PG: 29,1</u> Stabw: 3,3	W. Weidelgras (BBCH 61, WZF) A: 33,4 B: 34,0 C: 34,6 D: 26,8 <u>PG: 32,2</u> Stabw: 3,6	Mais (BBCH 83, HF) A: 39,8 B: 36,8 C: 34,5 D: 39,2 <u>PG: 37,6</u> Stabw: 2,4	Grünroggen (BBCH 61, WZF) - 25 % N-Düngung zu FF 3 A: 29,9 B: 30,5 C: 28,4 D: 30,0 <u>PG: 29,7</u> Stabw: 0,9	Hybridroggen (BBCH 75, HF) A: 43,6 B: 45,0 C: 45,7 D: 43,7 <u>PG: 44,5</u> Stabw: 1,1	
		Mais (BBCH 83, HF) A: 34,7 B: 35,0 C: 37,1 D: 35,0 <u>PG: 35,5</u> Stabw: 1,1	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 30,1 B: 31,2 C: 31,4 D: 27,4 <u>PG: 30,0</u> Stabw: 1,8	Grünroggen (BBCH 61, WZF) A: 30,4 B: 30,9 C: 31,7 D: 26,6 <u>PG: 29,9</u> Stabw: 2,3	Luzernegras II (BBCH 31, HF) A: 35,0 B: 33,1 C: 38,1 D: 36,9 <u>PG: 35,8</u> Stabw: 2,2				
			Mais (BBCH , ZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)		Mais (BBCH , ZF)		Sorghum b. x s. (BBCH , ZF)	

Anlage 4c: Parzellenwerte (Wiederholungen A-D und Durchschnittswert des Prüfgliedes [PG]) der Trockensubstanzgehalte (Absolutwerte bei 105 °C Trocknung in %) mit Standardabweichung (Stabw) der im Ertragsprüfungsversuch angebauten Fruchtarten im Versuchsjahr 2015

Standort Trossin. Ausreißer nach MUDRA (1958) sind **rot** markiert. HF = Hauptfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht. * = Standardausgleich

	Prüfglied 1	Prüfglied 1*	Prüfglied 2	Prüfglied 3	Prüfglied 4	Prüfglied S1	Prüfglied S1*	Prüfglied S2	Prüfglied S3
Trocken- substanz- Gehalt [%]	Wintergerste (BBCH 61, HF)	Wintergerste (BBCH 61, HF)		Senf Vorfrucht		Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Markt- frucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Markt- frucht (Korn) (BBCH 99, HF)	Winterroggen – Marktfrucht (Korn) (BBCH 99, HF)
	A: 35,6	A: 34,9	Senf		Mais (BBCH 83, HF)				
	B: 33,5	B: 33,4	Vorfrucht	Mais (BBCH 83, HF)	A: 39,0	A: 84,7	A: 84,1	A: 82,9	A: 83,3
	C: 33,6	C: 33,6		A: 33,7	B: 39,1	B: 84,1	B: 83,5	B: 82,8	B: 83,4
	D: 32,8	D: 33,8	Sorghum bico- lor (BBCH , HF)	B: 37,3	C: 36,6	C: 84,7	C: 84,2	C: 83,4	C: 83,1
	<u>PG: 33,9</u>	<u>PG: 33,9</u>		C: 34,2	D: 37,1	D: 84,9	D: 82,8	D: 83,8	D: 83,7
	<i>Stabw: 1,2</i>	<i>Stabw: 0,7</i>		D: 34,2	<u>PG: 37,9</u>				
				<u>PG: 34,9</u>	<i>Stabw: 1,3</i>	<u>PG: 84,5</u>	<u>PG: 83,7</u>	<u>PG: 83,2</u>	<u>PG: 83,3</u>
	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)	Sorghum b. x s. (BBCH , SZF)		<i>Stabw: 1,6</i>		<i>Stabw: 0,4</i>	<i>Stabw: 0,7</i>	<i>Stabw: 0,5</i>	<i>Stabw: 0,3</i>

Anlage 5a: Biogas-Matrix mit Richtwerten für Methanausbeuten (relativ zu Mais in %), und oTS-Gehalten der im Projekt EVA III erprobten Fruchtarten

Standort Trossin. Hergeleitet aus Versuchsdaten des Projektes EVA der Jahre 2005-2014 (n = Anzahl der Mittelwerte der analysierten Proben, keine Einzelwerte), Methode: Batch- und Hohenheimer Biogasertragstest, Bewertung von Silagen, keine Berücksichtigung von Silierverlusten, Stand: 15.12.2014, Quelle: PLOGSTIES et al. 2015. HF = Hauptfrucht, ZF = Zweitfrucht, SZF = Sommerzwischenfrucht, WZF = Winterzwischenfrucht

Fruchtart	BBCH	n ausgewertet	Methanausbeute [% , relativ zu Mais]	oTS-Gehalt [% TS]
Mais – HF	81 – 87	60	100	95,4
Mais – ZF	81 – 87	19	102	95,6
<i>Sorghum bicolor</i>				
Gute Eignung für Silage (≥ 26 % TM + BBCH ≥ 69)	69 – 85	8	87	95,1
Gute Eignung für Silage (≥ 26 % TM + BBCH < 69)	59 – 65	2	90	94,0
Schlechtere Eignung für Silage (< 26 % TM)	49 – 85	16	93	93,2
<i>Sorghum b. x s.</i>				
Gute Eignung für Silage (≥ 26 % TM + BBCH ≥ 69)	69 – 85	30	88	94,7
Schlechtere Eignung für Silage (< 26 % TM)	33 – 88	31	94	93,2
Wintergerste – HF	71 – 85	27	98	93,6
Winterroggen – HF	71 – 85	15	91	94,7
Winterroggen – WZF (Grünschnitt)	45 – 59	23	104	91,7
Winterroggen, Winterwicke, W. Weidelgras im Gemenge (Wickroggen) – HF & WZF	65-85	6	88	94,0
Luzernegras				
Erster Schnitt früh ^{a)}		8	97	88,9
Erster Schnitt spät ^{b)}		10	90	89,2
Folgeschnitte früh ^{a)}		4	83	88,8
Folgeschnitte spät ^{b)}		22	84	88,6
Fruchtart	BBCH	n ausgewertet	Methanausbeute [% , relativ zu Mais]	oTS-Gehalt [% TS]
W. Weidelgras Untersaat (SZF)	51	2	122	87,6
Erster Schnitt früh (WZF)		13	112	90,4
Einjähriges Weidelgras				
BBCH < 55	33-51	5	106	87,7
BBCH ≥ 55	61-89	10	90	89,0
Zuckerrübe (entblattet)	49	2	107	92,1
Blütmischung (Biogas 1, einjährig)	61-69	1	70	89,3

a) Hohe Schnittfrequenz bzw. BBCH < 55

b) Niedrige Schnittfrequenz bzw. BBCH ≥ 55

Anlage 5b: Methanausbeuten (in l/kg oTS) und oTS-Gehalte (in % TS) der EVA III-Ernteproben vom Versuchsstandort Trossin

Ermittelt vom ATB Potsdam über Batch-Versuche (Methode: Kapitel 2.5). Methanausbeuten der Fruchtarten korrigiert über den Mais-Referenzwert (Berechnungsmethodik siehe Kapitel 2.6.2)

Versuchsjahr	Fruchtart (Fruchtfolge)	Methanausbeute [l/kg oTS]	Methanausbeute korrigiert [l/kg oTS]	oTS-Gehalt [% TS]
2013	Wintergerste (FF 1)	315	300	93,6
	<i>Sorghum bicolor</i> (FF 2)	362	345	95,1
2014	<i>Sorghum bicolor</i> (FF 2)	309	294	95,1
	Wickroggen (FF 5)	289	274	94,0
	Hybridroggen (FF 8)	339	323	94,7

Anlage 6: Inhaltsstoffcharakteristik (in % in der Trockenmasse) der untersuchten EVA III-Kulturarten im Versuchszeitraum, Versuchsstandort Trossin

FF	Fruchtart	FF-Stellung	Inhaltsstoffe [% in TM]						
			RA	ADF	ADL	N	P	K	Mg
Versuchsjahr 2013									
1	Wintergerste	HF	7,01	34,93	3,44	2,07	0,43	2,54	0,17
	<i>Sorghum b. x s</i>	SZF	3,63	36,50	10,13	1,40	0,19	0,91	0,23
2	<i>Sorghum bicolor</i>	HF	4,00	30,13	3,33	1,26	0,14	0,94	0,23
3	Mais	HF	4,77	24,92	2,38	1,43	0,18	0,77	0,25
4	Lugras I, 1. HNJ	HF	9,56	28,39	4,19	2,57	0,45	3,09	0,32
	Lugras II, 1. HNJ	HF	7,55	31,41	5,63	1,44	0,29	2,29	0,23
	Lugras III, 1. HNJ	HF	11,10	27,64	4,16	2,84	0,30	2,27	0,30
5	Wickroggen	HF	9,08	44,49	14,36	1,47	0,29	1,39	0,16
	Weidelgras, Herbst		7,22	35,61	6,54	2,36	0,27	1,23	0,27
6	Mais	HF	3,88	25,27	2,18	1,28	0,18	0,72	0,27
7 *	Mais	HF	4,45	26,29	2,50	1,28	0,21	0,73	0,26
8	Wickroggen	WZF	6,68	38,80	5,16	1,77	0,36	2,26	0,17
Versuchsjahr 2014 - Grundanlage									
1	Mais	HF	2,76	16,30	1,86	1,15	0,29	0,52	0,27
2	Grünroggen	WZF	6,41	37,80	5,03	1,86	0,30	2,51	0,08
	Mais	ZF	2,79	18,00	1,80	1,04	0,27	0,61	0,21
3	Grünroggen	WZF	6,50	38,10	5,20	1,96	0,30	2,59	0,09
	<i>Sorghum b. x s.</i>	ZF	3,43	43,20	7,01	1,01	0,20	0,88	0,22
4	Lugras I, 2. HNJ	HF	7,50	34,90	3,39	1,79	0,28	2,74	0,11
	Lugras II, 2. HNJ	HF	8,90	32,40	4,93	2,66	0,36	3,04	0,24
	Lugras III, 2. HNJ	HF	8,90	32,40	4,30	2,75	0,39	2,71	0,25
	Lugras IV, 2. HNJ	HF	11,25	35,60	3,89	2,49	0,41	2,77	0,25
5	W. Weidelgras	WZF	6,79	23,60	2,45	1,23	0,25	2,43	0,12
	Mais	ZF	2,40	16,00	1,89	1,17	0,30	0,57	0,22
6	Mais	HF	2,87	18,00	1,74	1,11	0,30	0,63	0,25

Anlage 6: Fortsetzung

FF	Fruchtart	FF-Stellung	Inhaltsstoffe [% in TM]							
			RA	ADF	ADL	N	P	K	Mg	
7 *	Grünroggen	WZF	5,87	37,10	7,62	1,85	0,31	2,49	0,08	
	<i>Sorghum b. x s.</i>	ZF	3,24	43,50	7,71	0,85	0,19	0,96	0,18	
8	Hybridroggen	HF	3,89	28,10	4,29	1,15	0,22	1,18	0,08	
Versuchsjahr 2014 - Spiegelanlage										
1	WiGerste	HF	4,61	31,50	4,31	0,94	0,21	1,88	0,10	
	<i>Sorghum b. x s.</i>	SZF	3,39	36,90	8,14	1,01	0,22	0,72	0,24	
2	<i>Sorghum bicolor</i>	HF	3,68	29,10	10,43	0,70	0,13	0,97	0,20	
3	Mais	HF	3,39	17,00	1,28	1,31	0,29	0,77	0,23	
4	Lugras I, 1. HNJ	HF	8,89	34,20	4,80	2,28	0,32	3,42	0,19	
	Lugras II, 1. HNJ	HF	9,77	33,80	5,94	2,32	0,34	3,38	0,38	
	Lugras III, 1. HNJ	HF	10,24	34,50	3,48	2,47	0,41	3,32	0,30	
	Lugras IV, 1. HNJ	HF	12,43	35,20	3,13	2,41	0,36	2,98	0,28	
5	Wickroggen	HF	5,95	35,30	5,50	1,45	0,20	1,82	0,19	
	W. Weidelgras Herbst I		9,03	34,60	8,87	1,85	0,32	2,23	0,21	
	Weidelgras Herbst II		12,16	32,00	2,73	2,35	0,39	2,69	0,25	
6	Mais	HF	3,16	19,00	1,83	1,18	0,26	0,69	0,23	
7 *	Mais	HF	3,12	16,80	1,49	1,12	0,26	0,69	0,23	
8	Wickroggen	WZF	9,36	33,80	4,15	2,48	0,41	3,55	0,19	
	Mais	ZF	2,96	17,70	1,83	1,23	0,26	0,63	0,23	

RA = Rohasche

ADF = Säure-(Acid)Detergentien-Fasern = Lignocellulosekomplex

ADL = Säure-(Acid) Detergentien-Lignin = Lignin

Öffentlichkeitsarbeit

Artikel in Fachzeitschriften

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Hirse, Rübe, Roggen. Bauernzeitung 33/2015, S. 34-35.
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/Grunewald_BZ.pdf
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Leistungsstarke Alternativen – Energiepflanzen für Standorte mit leichten Böden und wenig Wasser. Energie aus Pflanzen 4/2015, S. 64-66.
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/eap_2015-4_EVA_LULG_1.pdf

Beiträge in Kongressbänden

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten - Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau? In: Biogas in der Landwirtschaft. Tagungsband zum Kongress am 10. und 11. September 2013 in Kassel. KTBL / FNR, S. 318-320.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten - Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau? In: Gülzower Fachgespräche Band 45 - 4. Symposium Energiepflanzen (22./23. Oktober 2014, Berlin). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Güstrow, S. 422.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen - Vielfalt auf dem Acker. In: Bioenergie. Vielseitig, sicher, wirtschaftlich, sauber?! Tagungsband zur Jahrestagung am 1. und 2. Oktober 2014 in Leipzig. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) Leipzig, S. 210-211.
<https://www.dbfz.de/index.php?id=792&L=0>
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Standortangepasste Energiefruchtfolgen. In: Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Band 52: Tagungsband 9. Rostocker Bioenergieforum am 18./19. Juni 2015. Universität Rostock, Rostock, S. 55-57.

Berichte und Schriftenreihen

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K., SCHRÖDER, S. (2014): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Schriftenreihe 25/2014 zum Abschlussbericht EVA II. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22636>
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Hybridrogen-Ganzpflanzensilage als Biogassubstrat. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23276>

Zwischenberichte EVA III

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Das Projekt EVA III. Versuchsstandort Trossin Sachsen. Versuchsjahr 2013. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Das Projekt EVA III. Versuchsstandort Trossin Sachsen. Versuchsjahr 2014. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Vorträge

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Ergebnisse aus der EVA-Forschung. Energiepflanzentag 2013, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin (28.08.2013).
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/30699.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): 9 Jahre Energiefruchtfolgeforschung zur Biogasproduktion im Projekt EVA 2005 – 2013. Dienstberatung Referat 72. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen (19.03.2014).

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): 9 Jahre Energiefruchtfolgeforschung zur Biogasproduktion im Projekt EVA 2005 – 2013. Sitzung des Fachbeirates "Pflanzliche Erzeugung". Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen (01.04.2014).

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Standortangepasste Energiepflanzen in Fruchtfolgen zur Biogaserzeugung: Biomasseerträge, Gasbildungspotenziale und Nachhaltigkeit – Das Projekt EVA 2005 - 2013. Energiepflanzentag, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin (03.09.2014)
http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Grunewald_EVA_LfULG.pdf

- GRUNEWALD, J. (2015): Energiepflanzen zur Biogasproduktion und Blümmischungen für Ackerland im Raum Bautzen. Winterfortbildung Landwirtschaft & Beratung Katzer, Hochkirch bei Bautzen (19.01.2015)

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogasproduktion – Ergebnisse aus dem Projekt EVA. Energiepflanzentag, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin (27.08.2015)
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38981.htm>

Poster und Präsentationen

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Versuchsplan des Verbundprojektes EVA III. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Präsentation:
verschiedene Veranstaltungen des LfULG

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten – Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau? Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Poster_Zweikulturnutzung_Energiepflanzen.pdf
Präsentation:
KTBL-/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft“ am 10. und 11. September 2013 in Kassel
4. Symposium Energiepflanzen am 22. und 23. Oktober 2013 in Berlin

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen: Vielfalt auf dem Acker I. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23317>
Präsentation:
Jahrestagung am 01. und 02. Oktober 2014 in Leipzig. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Leipzig.

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Energiepflanzen für Biogasanlagen: Vielfalt auf dem Acker II. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23318>
Präsentation:
Jahrestagung am 01. und 02. Oktober 2014 in Leipzig. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Leipzig.

- GRUNEWALD, J., PÖTZSCHKE, K., JÄKEL, K. (2014): Die Projekte EVA und *Sorghum*: Von der Probenahme zum Beratungspapier. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Präsentation:
Labortag Sachsen-Thüringen am 22. Januar 2014 in Nossen.
Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Nossen.

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Standortangepasste Energiefruchtfolgen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Bibliothek/Standortangepasste_Energiefruchtfolgen_%C3%96A_1.pdf
Präsentation:
9. Rostocker Bioenergieforum am 18. und 19. Juni 2015 in Rostock. Universität Rostock, Rostock.

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Wirkung unterschiedlicher Stickstoff-Düngungsvarianten mit Gärrest beim Energiepflanzenanbau. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Poster_G%C3%A4rrestversuch__EVA_Grunewald__Kompatibilit%C3%A4tsmodus__1.pdf

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Fördermöglichkeiten der Biomasseforschung. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Präsentation:
Arbeitstreffen „Biomasseforschung der Zukunft“. LfULG, Nossen.

- GRUNEWALD, J., GRUBITZSCH, R., JÄKEL, K. (2013, 2014, 2015): Versuchsfeld-/Projektposter: „Energiefruchtfolgegrundversuch Sachsen – Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion für D-Südstandorte“, „Gärrestversuch in Sachsen – Wirkung unterschiedlicher Stickstoff-Düngungsvarianten“ und „Ertragssicherungsversuch“. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
Präsentation:
Energiepflanzentage in Trossin. LfULG, Nossen.

Newsletterbeiträge

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Anbausysteme für Biogaspflanzen – Acht Energiefruchtfolgen auf leichten Böden erprobt. Newsletter Ausgabe 04.09.2014.
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden.
<http://www.smul.sachsen.de/lfulg/40427.htm>

Internetbeiträge

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Energiepflanzen für Biogasanlagen am 28. August 2013 in Trossin. Veranstaltungsnachlese des Energiepflanzentages. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie,

Nossen.

<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/30699.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Energiepflanzen zur Biogasproduktion am 03. September 2014 in Trossin. Veranstaltungsnachlese des Energiepflanzentages. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33546.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2014): Feldtag Energiepflanzen am 16. September 2014 in Pommritz bei Bautzen. Veranstaltungsnachlese. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33645.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Energiepflanzen zur Biogasproduktion am 27. August 2015 in Trossin. Veranstaltungsnachlese des Energiepflanzentages. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38981.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Feldtag Energiepflanzen am 8. September 2015 in Pommritz bei Bautzen. Veranstaltungsnachlese. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38898.htm>

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Energiepflanzen für Biogas – Gesetzliche Rahmenbedingungen/Förderung, EVA-Fruchtfolgesysteme, Biomassebereitstellung/Anbau. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/7146.htm>

Veranstaltungen mit Versuchsfeldbesichtigung

- 28.08.2013 Energiepflanzentag Trossin
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/30699.htm>

- 03.09.2014 Energiepflanzentag Trossin
<http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33546.htm>

- 16.09.2014 Energiepflanzenfeldtag Pommritz
<http://landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/33645.htm>

- 27.08.15 Energiepflanzenfeldtag Trossin
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38981.htm>

- 08.09.15 Energiepflanzenfeldtag Pommritz
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/38898.htm>

Sonstige Veröffentlichungen

- GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2015): Energiepflanzenanbau in Sachsen. Daten- und Faktenblatt. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.
<http://www.smul.sachsen.de/lfulg/41268.htm>

Bezug: siehe Redaktion

Weitere Informationen:

- www.eva-verbund.de
- <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/7146.htm>

Herausgeber:

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

Autor:

Jana Grunewald
Abteilung Landwirtschaft/Referat Pflanzenbau
Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen
Telefon: +49 35242 631-7223
Telefax: +49 35242 631-7299
E-Mail: jana.grunewald@smul.sachsen.de

Redaktion:

Dr. Kerstin Jäkel
Abteilung Landwirtschaft/Referat Pflanzenbau
Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen
Telefon: +49 35242 631-7204
Telefax: +49 35242 631-7299
E-Mail: kerstin.jaekel@smul.sachsen.de

Fotos:

Jana Grunewald (LfULG)
Robert Grubitzsch (LfULG)

Redaktionsschluss:

31.12.2015

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter www.publikationen.sachsen.de heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

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

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