

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbau- systemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Ergebnis- Endbericht
Standort Dornburg

Dieses Vorhaben wird vom BMEL über die FNR gefördert und
seitens der TLL koordiniert
(FKZ: 22013008)

Projekt-Nr.: 99.16



Langtitel: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II)

Kurztitel: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Projektleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Abteilung: 400

Abteilungsleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Laufzeit: 01.02.2009-29.02.2013

Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Bearbeiter: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
Jens Eckner, Dr. Marco Lorenz, Dr. Arlett Nehring, Markus Dressler,
Daniel Freund, Maren Schmidt, Christoph Strauss

Verfasser: Eckner, J.; Vetter, A.
Weitere Autoren sind in den jeweiligen Kapiteln namentlich benannt.

Jena, im Januar 2014

Dr. Armin Vetter
Stellvertretender Präsident

Gliederung	
Tabellenverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1 Einleitung	7
2 Versuchsdurchführung	7
2.1 Charakterisierung des Versuchsstandortes	7
2.2 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen.....	7
2.3 Witterungsverlauf	10
2.4 Bestandesentwicklungen und Besonderheiten in der Versuchsdurchführung	11
3 Ergebnisse	12
3.1 Übersicht.....	12
3.2 Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Erträge	15
3.2.1 Kumulierte Erträge des Fruchtfolgeversuchs in EVA II	15
3.2.2 Bewertung mit Biogasausbeuten.....	16
3.2.3 Erträge und Auswirkungen auf das Abschlussfruchtfolgeglied Winterweizen...17	
3.2.4 Ergebnisse des Satellitenversuchs „Faktorminimierung Bodenbearbeitung“ ...18	
3.2.5 Winter, K.: Untersuchungen zur Bodenmikrobiologie – Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Bodeneigenschaften bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung	21
3.3 Ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen.....	24
3.4 Weiterführende Nachhaltigkeitsbewertungen	27
3.4.1 Nährstoffbilanzierung	27
3.4.2 Humusbilanzierung	30
3.4.3 Energie- und Treibhausgasbilanz.....	32
3.4.4 Zusammenfassende Übersicht der Bewertungsgrößen und Parameter.....	34
4 Diskussion und Schlussfolgerungen.....	34
5 Fazit	37
6 Literaturverzeichnis	38
7 Anhang.....	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standardfruchtfolgen 01- 05 und Regionalfruchtfolgen 06 – 08 , 1.-4.Anlage.....	8
Tabelle 2: Standorteigenschaften der Versuchsorte in Thüringen.....	9
Tabelle 3: Treibhausgas- und energiebezogenen Indikatoren FF01-FF08.....	33
Tabelle 4: Indikatoren FF01-FF08	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Niederschlag 2009 -20012	10
Abbildung 2: Temperatur 2009- 2012	10
Abbildung 3: Niederschlag und Temperatur am Standort Dornburg 01/2009 – 09/2013	11
Abbildung 4: Trockenmasseerträge der angebauten Fruchtarten und Jahreskombinationen	13
Abbildung 5: Methanerträge (farbige Balken) und Trockenmasseerträge der FF 01-08	16
Abbildung 6: Erträge Abschluss-FFG W.Weizen	17
Abbildung 7: TM-Erträge der Fruchtarten bei 2 Bodenbearbeitungsvarianten.....	19
Abbildung 8: Kornerträge W.Weizen der FF 01-07, 1. & 3.Anlage;	20
Abbildung 9: Kumulierte biologische Aktivität im Boden [%]	22
Abbildung 10: Atmungsaktivität von Mikroorganismen in drei Bodentiefen in verschiedenen Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung, Untersuchungszeitpunkt Frühjahr 20011, n=6; Fehlerbalken: Standardabweichungen.....	23
Abbildung 11: Relativerträge von Energiepflanzen, W.Weizen und biologischen Aktivität im Boden.....	24
Abbildung 12: EVA-Deckungsbeiträge und Trockenmasseerträge der FF 01-08	25
Abbildung 13: Deckungsbeiträge der angebauten Fruchtarten und Jahreskombinationen....	26
Abbildung 14: Stickstoff (N)-Bilanz der FF01-FF08.....	28
Abbildung 15: Phosphor (P)-Bilanz der FF01-08	29
Abbildung 16: Kalium (K)-Bilanz der FF01-08.....	29
Abbildung 17: Humussalden 1.-4.Anlage;.....	30
Abbildung 18: Treibhausgasemissionen unterteilt nach Verursachungsgruppen	32

Abkürzungsverzeichnis

A - D	Gehaltsklassen/Versorgungsstufen
ASS	Ammonsulfatsalpeter
BB	Bodenbearbeitung
EROI	Energy return of investment
FF	Fruchtfolge
FFG	Fruchtfolgeglied
GPS	Ganzpflanzensilage
HafSMisch	Hafersortenmischung
HF	Hauptfrucht
HNJ	Hauptnutzungsjahr
HSM	Hafersortenmischung
KAS	Kalkammonsalpeter
Ko	Korn
Konv.	Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug
Luzgr.	Luzernegras
MDÄ	Mineraldüngeräquivalent
min.	mineralisch
minimal	Minimalbodenbearbeitung ohne Pflug
N	Stickstoff
N _{min}	mineralisierter Stickstoff im Boden
SBA	Stickstoffbedarfsanalyse
S.Gerste	Sommergerste
SZwF	Sommerzwischenfrucht
THG	Treibhausgas
Topi (Kr + Kn)	Topinambur (Kraut und Knolle)
TS	Trockensubstanzgehalt in %
US	Untersaat
W.Gerste	Wintergerste
W.Getreide	Wintergetreide
W.Roggen	Winterroggen
WZwF	Winterzwischenfrucht
W.Triticale	Wintertriticale
W.Weizen	Winterweizen
ZF	Zweitfrucht
ZwF	Zwischenfrucht

1 Einleitung

Im Rahmen des Verbundprojektes „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeeregime“ – Kurzbezeichnung „EVA“ (FKZ: 22013008) wurden Fruchtfolgeversuche und Versuche zu verschiedenen Systemfragestellungen des Energiepflanzenanbaus für die Bereitstellung von Biogassubstraten an über 20 Standorten etabliert. Die verschiedenen Standorte repräsentieren unterschiedliche Anbauregionen Deutschlands. Begleitforschung in weiteren Teilprojekten soll eine ganzheitliche Beurteilung des Energiepflanzenanbaus im Fruchtfolgekontext ermöglichen. Für die Auswertungen und weiterführenden Betrachtungen werden die Ergebnisse aus EVA I (1. Anlage 2005 - 2008; 2. Anlage 2006 - 2009) einbezogen.

2 Versuchsdurchführung

2.1 Charakterisierung des Versuchsstandortes

Der Versuchsstandort Dornburg (Saale-Holzland-Kreis) liegt am Südostrand des Thüringer Beckens, unmittelbar vor dem Steilabfall der Hochfläche zwischen Ilm und Saale zum Saaletal. Entsprechend der sind die Versuchsflächen dem Agrargebiet 1 – Erfurter Beckenzuzuordnen und in die Agrarbodeneinheit Sommertrockene Lößstandorte Ost einzugliedern. In der marktfruchtgeprägten Region sind typische Fruchtarten: W.Weizen, W.Raps, W.Gerste und auch Brau- und Sommergerste.

Die Versuchsflächen sind wie folgt zu charakterisieren:

Geografische Koordinaten:	51° N, 11°40'O
Höhenlage:	250m bis 270 m über NN
Geologischer Untergrund:	mittlerer Muschelkalk mit Löss-Auflage
Bodentyp:	Humus-Parabraunerde aus Löss
Bodenart:	Ut 4
Bodenwertzahlen:	46 bis 80, Mittel 65
Jahresdurchschnittstemperatur:	8,3°C
Jahresniederschläge:	584 mm

2.2 Versuchsaufbau, Datenerhebung und Bewertungsgrundlagen

In den Parzellenversuchen werden verschiedene Fruchtfolgen für die Gärsubstrat- bzw. Marktfruchtnutzung verglichen. In weiterführenden Satellitenprojekten und Versuchen stehen Untersuchungen zu Systemfragestellungen hinsichtlich der nachhaltigen und effizienten Gestaltung der Energiepflanzenanbau für die Bereitstellung von Biogassubstraten im Mittelpunkt.

Grundversuch, Standort Dornburg

Die in EVA I (1.Anlage 2005-2008; 2.Anlage 2006-2009) geprüften Fruchtfolgen (teilweise verändert) werden räumlich in weiteren 2 Rotationen weitergeführt. Die 3.Anlage (2009-2012) besteht im Grundversuch aus acht Fruchtfolgen (FF 1-8). Als Versuchsanlage wurde

im Jahr 2009 (3.Anlage) eine zweifaktorielle Spaltanlage (A/B-Block) angelegt. Die Versuchsfläche ist in Großteilstücke und Kleinteilstücke geteilt.

In 2010 erfolgte nochmals die Anlage des Fruchtfolgeversuches (4.Anlage; FF 1-7) als einfaktorielle Blockanlage (A-Block). In der 4. Anlage wurde nur eine konventionelle Bodenbearbeitung durchgeführt.

Aufgrund der Ergebnisse aus der Projektphase EVA I erfolgte eine Umstellung der Fruchtfolge 01. Die S.Gerste wurde durch eine Winterung W.Gerste ersetzt und die Anbauabfolge in der Fruchtfolge verändert. So wird nach W.Gerste Sorghum als Sommerzwischenfrucht (SZwF) angebaut und nach W.Triticale (GPS) Phacelia, welche zur Humusreproduktion auf der Fläche verbleibt.

Nur in der 3.Anlage wurde Topinambur (FF 8) angebaut.

Tabelle 1: Standardfruchtfolgen 01- 05 und Regionalfruchtfolgen 06 – 08 , 1.-4.Anlage

EVA I	Fruchtfolge 1	Fruchtfolge 2	Fruchtfolge 3	Fruchtfolge 5	Fruchtfolge 4	Fruchtfolge 6	Fruchtfolge 7	Fruchtfolge 8
EVA II				Fruchtfolge 4	Fruchtfolge 5			
2005 / 2006	Sommergerste Ölrettich (ZwF)	Sorghum	Mais	S.Gerste US Luzernegras	Hafer- Sortenmischung	Hafer- Sortenmischung	Mais (HF)	Topinambur
2009 / 2010	Wintergerste Sorghum (ZwF)			Hafer- Sortenmischung	S.Gerste US Luzernegras			
2006 / 2007	Mais (HF)	Grünschnittroggen (WZw F)/ Mais (ZF)	Grünschnittroggen (WZw F)/ Sorghum (ZF)	Luzernegras	Wintertriticale	Artengemisch W.Gerste W.Roggen W.Weizen	Mais (HF)	Topinambur
2010 / 2011				Wintertriticale	Luzernegras			
2007 / 2008	Wintertriticale Sorghum (ZwF)	Wintertriticale	Wintertriticale (GPS) einj. Weidelgras (ZF)	Luzernegras	Winterraps	Winterraps	Mais (HF)	Topinambur
2011 / 2012	Wintertriticale Phacelia (Zw F-GD)			Winterraps	Luzernegras			
2008 / 2009	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen
2012 / 2013								

fett = Ganzpflanzennutzung als Silage nicht fett = Marktfruchtproduktion

Nach EVA I (2005-2009) erfolgte zwischen den Fruchtfolgen die Fruchtfolgen 4 und 5 ein Flächentausch, um den nicht praxisrelevanten Anbau von Luzernegras nach Luzernegras zu vermeiden. In den weiterführenden Auswertungen erfolgt die Bezeichnung FF04/FF05 und FF05/FF04, somit werden gleich gestaltete Rotationen miteinander verglichen.

Die wendende Grundbodenbearbeitung basiert auf dem Pflugeinsatz. Die Aussaat der einzelnen Fruchtarten wurde zu ortsüblichen Terminen durchgeführt. Die Sortenwahl erfolgte standortangepasst unter Berücksichtigung der Ergebnisse der jeweiligen Landessortenversuche. Pflanzenschutzmaßnahmen (Fungizide und Herbizide) kamen nach guter fachlicher Praxis entsprechend den Befallsituationen zum Einsatz. Die Stickstoffdüngung der einzelnen Fruchtarten erfolgte nach Bodenuntersuchung entsprechend der SBA-Methode (Zorn). Im Herbst 2008 wurde auf der Fläche, unter Berücksichtigung der Gehaltsklassen eine fruchtartenspezifische Phosphor- und Kaliumdüngung ausgebracht. Eine nachfolgende Prüfung der Gehaltsklassen im Frühjahr 2010 ergab einen unveränderten Zustand. Die Analysen der pH-Werte (2010) zeigten für die 3.Anlage die Gehaltsklassen B (niedrig) und C (optimal), sowie für die 4.Anlage D (hoch) und E (sehr hoch). In der 3.Anlage wurde eine entsprechende Düngung mit Branntkalk (CaO) und Calciumcarbonat (CaCO₃ in FF08 Topinambur und FF05 Luzernegras) vorgenommen. Die Erntetermine wurden auf Pflanzenentwicklung und Trockensubstanzgehalte abgestimmt und wurden mit der entsprechenden vorhandenen Parzellen-Ernte und Futtertechnik durchgeführt. Im Versuchszeitraum kamen unterschiedlichste Parameter (Witterung,

Bewirtschaftungsdaten, pflanzenbauliche Daten und Bonituren usw.) zur Erhebung, die Parameter und jeweilige Methoden sind im Methodenhandbuch unter www.eva-verbund.de/intern hinterlegt.

Weitere Versuche

An insgesamt 4 Thüringer Standorten wurden weiterführende Fruchtfolgeversuche und weiterführende Versuche zu verschiedenen Systemfragestellungen angelegt.

Tabelle 2: Standorteigenschaften der Versuchsorte in Thüringen

		Bodenform	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage	Ø Jahres-temperatur	Ø Jahres-niederschlag
Dornburg	Lößstandorte der Übergangslagen	Löss-Parabraunerde	tU	46-80	250 m ü. NN	585 mm	8,3°C
Oberweißbach	Thüringer Wald	Schieferschutt-Braunerde	uL	31	660 m ü. NN	842 mm	5,9°C
Heißberg	Verwitterungsböden der Übergangstandorte	Bergton- Staugley Kiesranker	IT	43	380 m ü. NN	760 mm	7,1°C
Burkersdorf	Verwitterungsböden der Übergangstandorte	Berglehm-Braunerde	sL	36	440 m ü. NN	642 mm	7,1°C

Die weiterführenden Versuche zu verschiedenen Systemfragestellungen im Energiepflanzenanbau für Biogassubstrate sind mit einer entsprechenden Anpassung der Datenerhebung an den Versuchsaufbau des Grundversuches angelehnt.

Faktorminimierung Bodenbearbeitung, Standort Dornburg

In der 3. Anlage waren in der zweifaktorielle Spaltenanlage (A/B-Block) 2 Bodenbearbeitungsstrategien als Prüffaktor integriert. In der Variante Minimalbodenbearbeitung erfolgt in den FF01-05 des Grundversuches vergleichend zur konventionellen Bodenbearbeitung (wendende Bodenbearbeitung mit Pflug) die Bodenbearbeitung pfluglos. Die Ergebnisse dieses Versuchsaufbaues können mit den in der 1.Anlage bereits gewonnenen Ergebnissen verglichen werden.

Satellitenversuch „Kleiner Gärrestversuch und Großer Gärrest“, Standort Dornburg

Für den Kleinen Gärrestversuch wurde, um den Einfluss der Gärrestdüngung (100% Gärrest; 50 % Gärrest + 50 % mineralisch) auf die Ertragsentwicklung im Vergleich zur mineralischen Düngung (100 % mineralisch) zu testen, die Fruchtfolge 3 als einfaktorielle Blockanlage in räumlicher Nähe des Grundversuches nochmals angelegt.

Der Große Gärrestversuch vergleicht die Auswirkungen verschiedener Düngerniveaustufen auf die Fruchtarten Mais, W.Triticale und das nachfolgende FFG W.Weizen. Im Mais wurden sieben (50, 75, 100, 125, 200 % Gärrest; 100 % mineralisch; Nullvariante) und in Wintertriticale fünf (75, 100, 125 % Gärrest; 100 % mineralisch; 100 % Gärrest-Ausbringung 20 % als Herbstgabe und 80 % im Frühjahr) verschiedene Düngungsstufen und Varianten geprüft. Der eingesetzte Gärrest bestand überwiegend aus Rindergülle und zu 5 % der Frischmasse aus Rinderfestmist, Gerstenschrot und Maissilage. Die mineralische Düngung der Kulturen erfolgte nach SBA (Stickstoff-Bedarfs-Analyse Thüringen) und bei der Gärrestdüngung wurde ein MDÄ von 70 % unterstellt. Am Standort erfolgte die Versuchsdurchführung und die Parametererhebung. Methodik und Ergebnisse der Versuche

sind im Endbericht, vorgelegt durch das TFZ Straubing, Dr. M. Fritz und Dr. B. Formowitz als Koordination zum Satellitenversuch dargestellt.

Satellitenversuch „Eignung von Ackerfutter und Grünlandmischungen für die energetische Nutzung“, Standorte Dornburg, Burkersdorf, Oberweißbach und Heßberg

In einem auf 3 Hauptnutzungsjahre ausgelegten Versuchsprogramm standen an den Standorten Dornburg und Burkersdorf 3 Ackerfuttermischungen in 2 verschiedenen Schnittregimen auf ihre Anbaueignung zur Prüfung. An den Standorten Heßberg und Oberweißbach wurden 3 Grünlandmischungen in 2-3 schnittigen Regime im Vergleich zum 4-5 schnittigen Ernteregime angebaut. Durch die jeweiligen Versuchsstationen erfolgte die Versuchsdurchführung und die Parametererhebung. Methodik und Ergebnisse sind im Endbericht, vorgelegt durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Dr. M. Benke, T. Glauert als Koordination zum Satellitenversuch dargestellt.

2.3 Witterungsverlauf

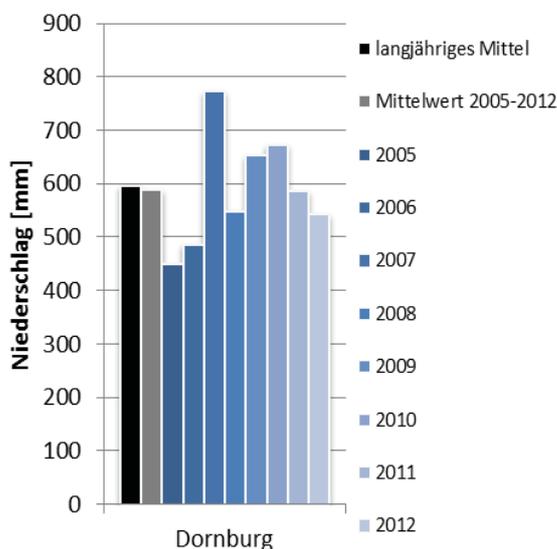


Abbildung 1: Niederschlag 2009 -20012 Standort Dornburg

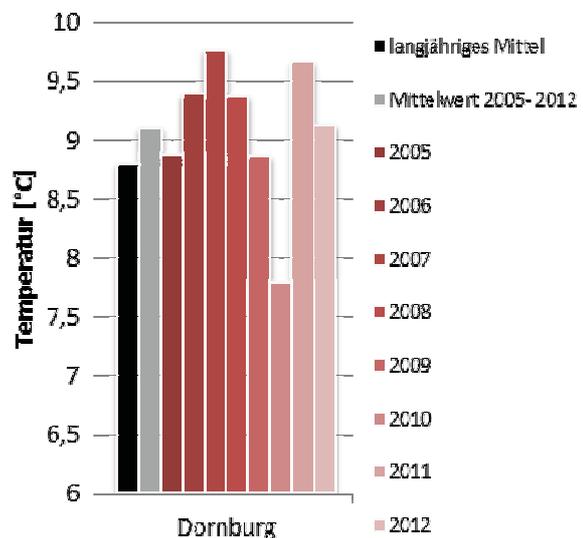


Abbildung 2: Temperatur 2009- 2012 Standort Dornburg

Abbildung 1 und Abbildung 2 verdeutlichen die großen Spannweiten der im Versuchszeitraum EVA I und EVA II aufgezeichneten Witterungsdaten. Die Wachstumsbedingungen in den einzelnen Jahren unterscheiden sich teilweise erheblich und sind unterschiedlich zu charakterisieren. Die höher aufgelösten Werte (Monats- Dekaden oder Tageswerte) zeigen mitunter weit größere Schwankungen und Extrema auf.

Die Niederschläge der Monate Februar – April in den betrachteten Jahren fallen tendenziell geringer aus mit z.T. erheblichen Rückgängen in den Monaten. Die Problematik der Frühjahrstrockenheit (und z.T. Frühsommertrockenheit) wird dadurch verschärft.

Im Gegensatz dazu zeigen sich tendenzielle, in Einzeljahren jedoch erhebliche Niederschlagszunahmen, in Abhängigkeit der Jahresschwankungen, in den Monaten Mai – August. Besonders zu benennen ist die Regenperiode mit einer Regenmenge von 161 mm im Zeitraum vom 15.05.13- 31.05.13, welche in der Umgebung starke Überflutungen und Höchstwasserstände zur Folge hatte.

Der Herbst zeigt bezüglich des Niederschlages in den betrachteten Jahren ein sehr differenziertes Bild. In trockenen Witterungsphasen konnten dennoch die Ernten ohne nennenswerte Beeinträchtigung durchgeführt werden.

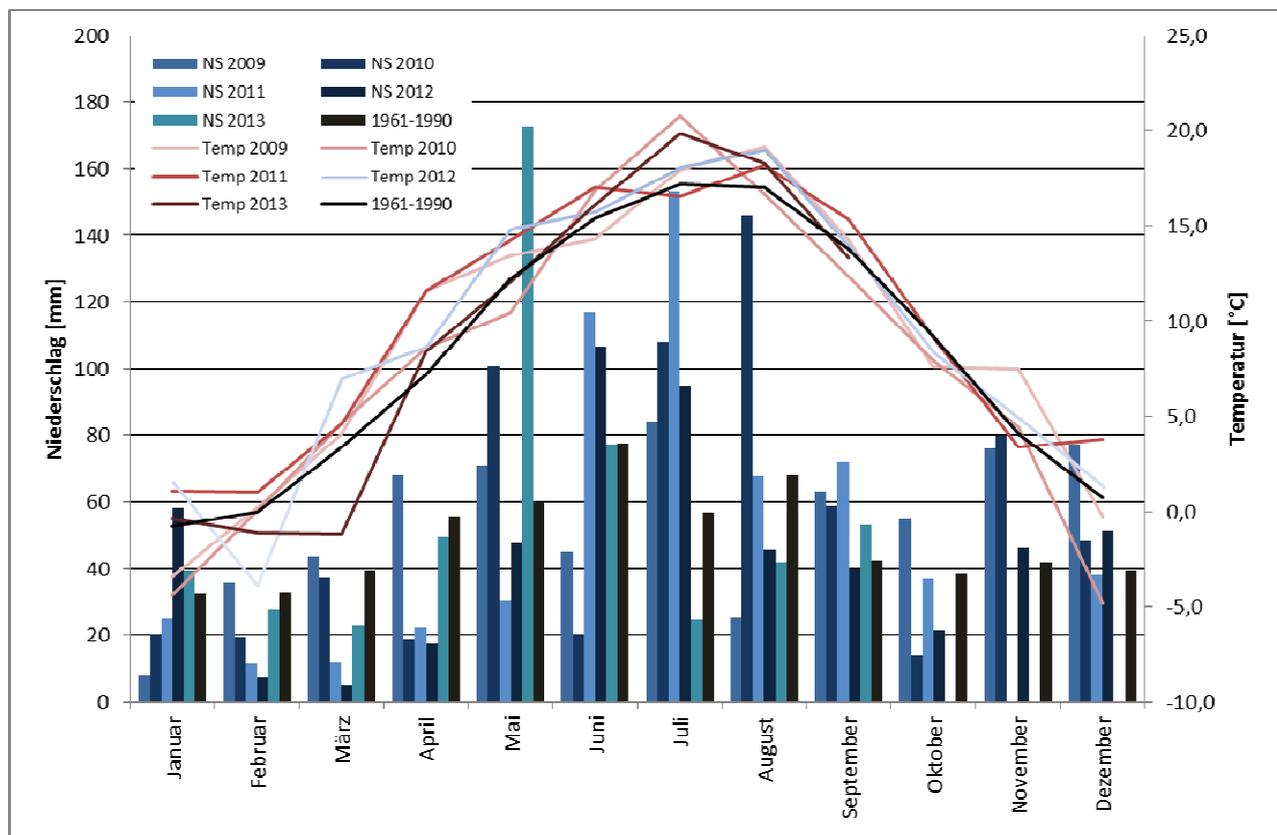


Abbildung 3: Niederschlag und Temperatur am Standort Dornburg 01/2009 – 09/2013 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961-1990)

Die höchsten Tagesniederschläge traten am 03.07.2011 mit 36 mm auf. Weiterhin fallen die verschiedenen Trockenphasen im Frühjahr oder der trockene November 2011 (mit 0 mm Niederschlag) auf. Die höchsten Tagesmitteltemperaturen am Standort wurden am 11.07.2010 mit 28 °C und die niedrigsten am 06.01.2009 und am 06.02.2012 mit -18 °C gemessen.

Auffällig ist, in der Mehrzahl der Jahre ein recht schneller Temperaturanstieg im Frühjahr, oft verbunden mit einer nachfolgenden trockeneren Phase (z.B. 2009 und 2011; 2010 und 2012 etwas verzögert). Dies spiegelt die Bedingungen zu Vegetationsbeginn bis zur Aussaat der Sommerungen wider.

Abbildung 3 zeigt den Witterungsverlauf der Jahre 2009 – 2013 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961-1990).

2.4 Bestandesentwicklungen und Besonderheiten in der Versuchsdurchführung

Die ungleichmäßige Bestandesentwicklung 2009 bei Sorghum (FF 1 u. 2) führte zu einem starken Unkrautdruck in Form von Schadhirschen. Die Bekämpfung mit Gardo Gold[®] erwies sich an dieser Stelle als schwierig. Des Weiteren konnte ein verstärkter Blattlausbefall und ein hohes Aufkommen von Braunrost im Winterweizen beobachtet werden. Gegen den Blattlausbefall wurden 0,2 kg/ha Pirimor[®] eingesetzt. Im Herbst 2009 wurde die Aussaat der Winterungen (Grünschnittroggen, W.Triticale, Artenmischung [W.Triticale, W.Weizen]) durch

die anhaltenden Niederschläge stark beeinflusst und hatte eine schlechte Bestandesetablierung im Frühjahr 2010 zur Folge. Bei den Fruchtarten Mais und Sorghum konnte 2010 durch die kühle und v.a. trockene Witterung bedingt eine verzögerte Entwicklung beobachtet werden. Die anhaltende Junitrockenheit führte zum Vertrocknen und Absterben der Zweitfrucht Sorghum in der Fruchtfolge 3. Es erfolgte ein Umbruch mit anschließender Neuansaat. Während der Versuchszeit konnte im Maisbestand eine unzureichende Herbizidwirkung beobachtet werden, die teilweise auf die hohen Temperaturen zurückzuführen war. Des Weiteren trat ein verstärkter Maiszünslerbefall auf, obwohl ein Insektizideinsatz entsprechend des Warndiensthinweises erfolgte. Generell wurden 2010 durch die Frühjahrs- und Vorsommertrockenheit nur recht geringe Trockenmassegehalte bei den einzelnen Kulturen erreicht.

Nur beim Raps kam es 2011 zu geringen Auswinterungsschäden, welche sich jedoch nicht stark auf den Pflanzenbestand auswirkten und sich im Laufe des Frühjahrs verwuchsen. Auch im Winter 2011/2012 traten, im Gegensatz zu den allgemeinen Beobachtungen, keine Auswinterungsschäden beim Getreide auf, da in den kritischen Phasen meist eine ausreichende Schneebedeckung am Standort gegeben war. Die sehr trockenen Bedingungen mit überdurchschnittlichen Temperaturen ab März bis in den Mai hinein, überstand der Winterweizen sehr gut. Ab Mai 2012 setzten jedoch wieder ausreichend Niederschläge ein, so dass sich die Bestände sehr gut entwickelten. Zum Teil trat im Weizen erheblicher Durchwuchs von Ausfallgetreide (W.Triticale) und einjährigen Weidelgras auf, der in den entsprechenden Varianten auch ertragswirksam wurde. Probleme traten weiterhin durch überdurchschnittlichen Mäusebefall (v.a. in W.Raps, Luzernegras, einj. Weidelgras, aber auch im W.Weizen) auf.

Nach einem langen Winter im Jahr 2013 mit Frostperioden bis in den April, konnten die notwendigen Feldarbeiten und Aussaaten erst sehr spät durchgeführt werden. Die nachfolgende o.g. Regenperiode hinterließ teilweise Erosionsrinnen und stark verschlammte Böden. Die darauffolgende Hitzeperiode führte teilweise zu Trockenstress und vorzeitiger Abreife der Bestände.

3 Ergebnisse

3.1 Übersicht

Entscheidend für die pflanzenbauliche Bewertung ist der Trockenmasseertrag. Zur Sicherung der dauerhaften Substratbereitstellung zum Betrieb einer Biogasanlage, sind entsprechend zu kalkulierende Mengen bereitzustellen. Dies erfolgt über die standörtlich zu erwartende Flächenertragsleistung. Eine weiterführende Bewertung der bereitgestellten Biogassubstrate hinsichtlich der Substrateigenschaften, Gasbildungspotentiale und der Kosten durch die Produktion und der Wirtschaftlichkeit werden im Folgenden dargestellt.

In der Folge werden die Trockenmasseerträge aus der 1.- 4. Anlage (EVA I + EVA II) mit den Ergebnissen der 3. und 4. Anlage (EVA II) verglichen. Abbildung 4 zeigt für die einzelnen Fruchtarten und einiger Jahreskombinationen die Mittelwerte der Erträge und die Minimum-Maximum Spannen für die angebauten Kulturen.

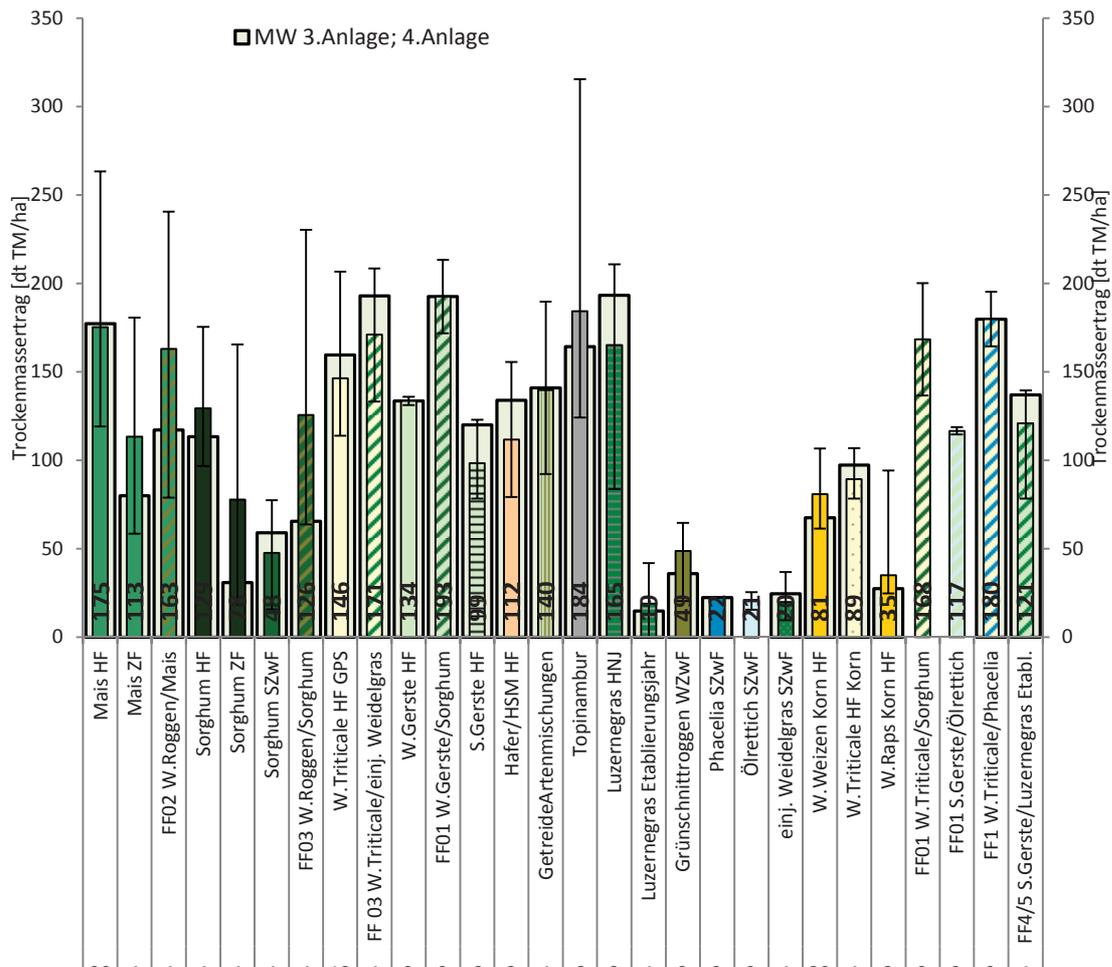


Abbildung 4: Trockenmasseerträge der angebauten Fruchtarten und Jahreskombinationen 1.-4. Anlage (farbige Balken) im Vergleich mit 3.-4. Anlage Fehlerbalken: Variationsbreite

Den Höchstertrag in der 3. und 4. Anlage erreicht Mais im Jahr 2011 in der FF01, FFG 3 mit 219,38 dt TM/ha (TS: 32.3%) festgestellt. Hohe Erträge mit im Mittel aus 3. und 4. Anlage von 177,3 dt TM/ha sind für Mais in Hauptfruchtstellung festzuhalten. Die Kombination FF02 Grünschnittroggen/ Mais(ZF), kann dagegen keine höheren Erträge gegenüber Mais HF absichern. Als Zweitfrucht erzielt Sorghum gegenüber Mais geringere Erträge, dennoch ist die Kombination FF03 W.Roggen (WZwF)/Sorghum(ZF), durch die Mögliche Variation des Erntezeitpunktes des Grünschnittroggen gegenüber der Kombination W.Roggen (WZwF)/ Mais ertraglich gleichwertig. Im Versuchszeitraum EVA II zeigte sich Sorghum in SoZwF-Stellung gegenüber Sorghum in ZF-Stellung ertragreicher, entsprechende Ergebnisse sind auf die Wachstumsbedingungen nach den jeweiligen Aussatterminen zurückzuführen. Langsame Jugendentwicklung durch niedrige Temperaturen (Luft & Boden) und unzureichende Wasserverfügbarkeiten (Frühsommertrockenheit) führten zu stärkerer Unkrautkonkurrenz und verzögerten Bestandesentwicklungen. Diese Bedingungen führten auch zu geringeren Erträgen von Mais in Zweitfruchtstellung im EVA II- Untersuchungszeitraum gegenüber dem Mittel aus allen Anlagen. Auch Sorghum in Hauptfruchtstellung (113,32 dt TM/ha) ist ertraglich Mais unterlegen. Bemerkenswert sind die weit streuenden Ertragswerte der C4-Pflanzen Mais und Sorghum in den einzelnen Jahren, so wurde im Zeitraum 2009- 2013 für Mais in Hauptfruchtstellung ein minimaler Ertrag mit 141 dt TM/ha und ein maximaler Ertrag mit 219 dt TM/ha konstatiert werden.

Als Getreidearten und Artenmischungen zur Nutzung als Ganzpflanzensilage kamen im Zeitraum 2009 bis 2013 W.Triticale, W.Gerste und eine Artenmischung aus W.Weizen W.Triticale zum Anbau. Tendenziell waren die Erträge von GPS-Getreide in der 3. und 4. Anlage höher als im Mittel der Anlagen. Auffallend sind die sich abhebenden GPS- Erträge im Jahr 2011 (W.Triticale 207 dt TM/ha und Getreideartenmischung 191 dt TM/ha), welche durch die optimalen Wuchsbedingungen mit ausreichenden Niederschlägen im Mai 2011 möglich wurden.

W.Gerste (HF) wurde in der FF 01 angebaut und erreichte einen Ertrag von 134 dt TM/ha, die Kombination FF03 W.Gerste/Sorghum (ZF) garantierte im Mittel tendenziell höhere Erträge als Mais in Hauptfrucht. W.Triticale (GPS) kam in den Fruchtfolgen 1, 3 und 4 zur Aussaat und erzielte über den Anbauzeitraum im Mittel mit 157 dt TM/ha einen ähnlich hohen Ertrag wie Mais. Bei der Artenmischung lag der Ertrag bei 141,02 dt TM/ha.

Deutlich wird, dass am Standort die Kombinationen Wintergetreide (HF) mit nachfolgender Sommerzwischenfrucht höhere Erträge absichern können als Mais in Hauptfruchtstellung. Als Sommergetreidearten wurden Sommergerste, Hafer und eine Hafersortenmischung in die Versuche einbezogen. Hier wurden im Versuchszeitraum EVA II höher Erträge als im Mittel der Anlagen festgestellt, Hafer und Hafersortenmischungen erbrachten mit 134 dt TM/ha mit Wintergetreide mit Wintergetreidearten vergleichbare Erträge. Der hohe Ertrag der Hafersortenmischung im Jahr 2009 mit 156 dt TM/ha, ist mit den Auswirkungen des Grünlandbruches Herbst 2007 zu erklären. Eine Verbesserung der Bodeneigenschaften und die verzögerte Mineralisierung der durch das Luzernegras hinterlassenen Wurzelmassen lassen die verbesserte Ertragsleistung der Hafersortenmischung zuordnen. Der Grünlandbruch zeigte bei der direkten Folgefrucht W.Weizen nicht die erwarteten Ertragssteigerungen.

Bei Topinambur wurde der höchste Ertrag 2010 mit 193 dt TM/ha realisiert. Nur bei trockenen Witterungsbedingungen im Jahr 2010 war Topinambur dem Mais überlegen. Im Jahr 2011 mit der Nutzung von Kraut und Knolle konnten in der Summe keine höheren Erträge realisiert werden. Die große Spannweite der Trockenmasseerträge in den

Erntejahren ist auf die unterschiedlichen Nutzungsarten Kraut und Kraut+Knolle zurückzuführen.

Mit Luzernegras in der Summe ein Ertrag von 394 dt TM/ha geerntet werden, die kumulierten Erträge ergeben sich aus bis zu vier Schnitten je Nutzungsjahr. Der jährliche Durchschnittsertrag für Luzernegras im Hauptnutzungsjahr lag im Untersuchungszeitraum EVA II(197 dt TM/ha) über dem mittleren Ertrag aus allen Anlagen und auf dem Niveau von Mais in Hauptfruchtstellung.

Als Zwischenfrüchte wurden Phacelia, Grünschnittroggen und einjähriges Weidelgras in die Fruchtfolgen integriert. Phacelia verblieb zur Gründüngung auf der Fläche. Die Ertragsermittlung ergab bei Phacelia einen Trockenmasseertrag von 21 dt/ha. Mit Grünschnittroggen wurden keine standorttypischen Erträge erzielt.

Das Abschlussfruchtfolgeglied Winterweizen erzielte durchschnittlich über alle Fruchtfolgen. 2012 83,3 dt/ha und 2013 78,2 dt/ha Kornertrag (14 % Restfeuchte). Weiterführende Auswertungen zum Winterweizen finden sich in Abschnitt 3.2.3.

3.2 Ergebnisdarstellung Fruchtfolgeversuch: Erträge

3.2.1 Kumulierte Erträge des Fruchtfolgeversuchs in EVA II

Die Darstellung der aufsummierten Trockenmasseerträge erfolgt ohne Einbeziehung des Abschlussfruchtfolgegliedes W.Weizen. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben die bei einer Kornnutzung (W.Triticale FF 02; W.Raps FF 05/FF04, FF06) auf dem Feld verbleibenden Strohmenngen.

Mit der Umstellung der FF 01 in der 3. und 4. Anlage ist eine Trockenmasseertragssteigerung erreicht worden, so dass FF 01 mit 555 dt TM/ha die ertragsstärkste Fruchtfolge ist. Die Umstellung der Fruchtfolge durch den Wechsel von S.Gerste zu W.Gerste machte den Anbau von Sorghum als ertragsstärkere Zwischenfrucht möglich. Mit einem durchschnittlichen Ertrag von 533 dt TM/ha (MW 3. u. 4. Anlage) folgt die Regionalfruchtfolge 07 mit Mais in der Selbstfolge, hier fallen die weit streuenden Ertragswerte für Mais in den verschiedenen Jahren auf. Ebenfalls hohe Ertragswerte konnte für die FF04/FF05 mit 523 dt TM/ha in der 3. und 4. Anlage festgestellt werden. Gute und stabile Luzerneerträge mit 5 (2010, 202 dt TM/ha), 4 (2011, 201 dt TM/ha) möglichen Schnitten zeigen, dass die standortangepasste Ackerfuttermischung mit Mais vergleichbare Trockenmasseerträge sichert. Sehr hohe Getreide-GPS- Erträge im Jahr 2011 in den FF 05 und FF 06 grenzen die 4. Anlage als ertragsstärker ab. Generell garantieren die FF05/FF04 und die FF06 ohne integrierte C4-Pflanzen und Zwischenfrüchte in unserer Marktfruchtregion stabile Erträge, welche dennoch schwächer als die Erträge der übrigen Fruchtfolgen sind. Für die Fruchtfolgen mit integrierten Marktfrüchten (FF 02, FF05/FF04, FF06) zur Kornnutzung bleibt festzuhalten, dass das abweichende Nutzungsziel geringere Trockenmasseerträge nach sich zieht.

3.2.2 Bewertung mit Biogasausbeuten

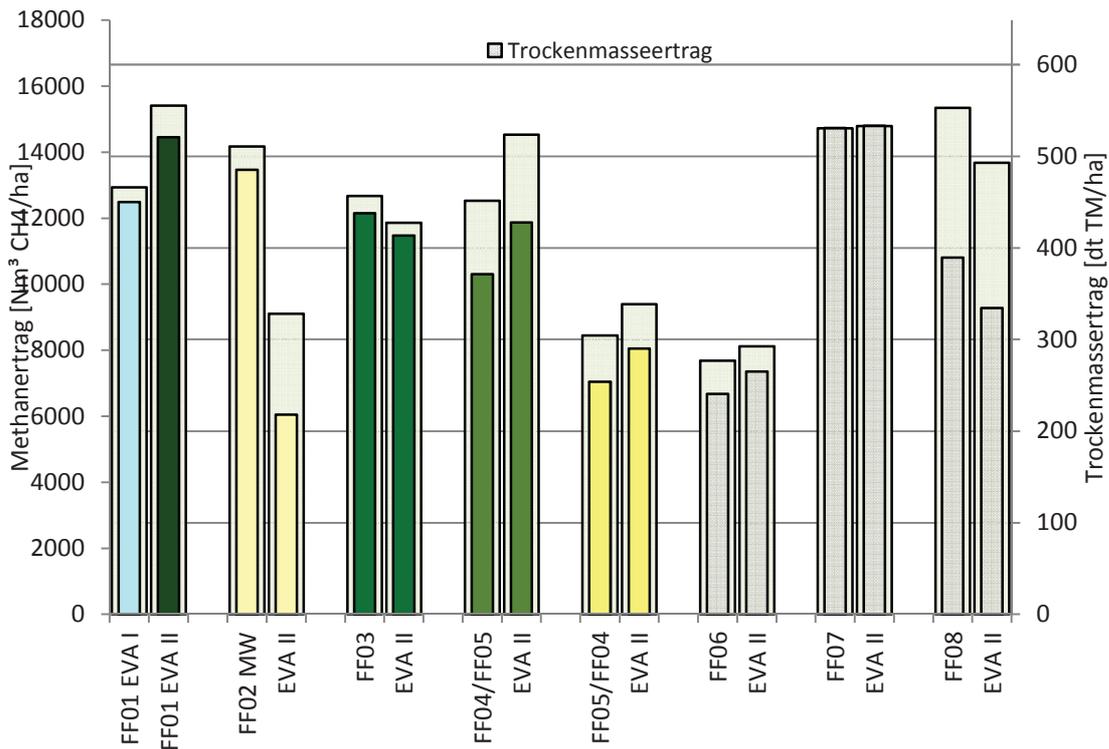


Abbildung 5: Methanerträge (farbige Balken) und Trockenmasseerträge der FF 01-08
 MW: Mittel 1.-4.Anlage, EVA I: Mittel 1.-2.Anlage, EVA II: 3.-4.Anlage

In der Darstellung Methanhektarerträge der Fruchtfolgen finden nur Erträge mit der Nutzungsausrichtung zur Substratbereitstellung für Biogasanlagen Berücksichtigung. Biogaserträge hängen von unterschiedlichen Faktoren ab, zum einen ist das Ertragspotential des Standortes für die jeweiligen Fruchtarten maßgeblich, zum anderen sind die spezifischen Gasbildungspotentiale der jeweiligen Substrate entscheidend. Diese sind abhängig von verschiedenen Substrateigenschaften, welche mit Fruchtart und Fruchtfolgestellung in Beziehung zu bringen sind. Untersuchungen zeigten, dass Sorten und Standort geringere Auswirkungen auf die Gasbildungspotentiale der Substrate haben als Fruchtart und Fruchtfolgestellung (Bischof, 2012).

Im EVA-Projekt werden rechnerisch anhand der Inhaltstoffe kalkulierte Biogasausbeuten den Parzellenversuchen zugeordnet, gleichzeitig stehen direkte Messreihen für verschiedene Substrate aus Batch-Apparaturen zur Verfügung. Somit liegen auch direkte Messwerte vor. Die Messwerte fließen in die EVA- Methanausbeuteberechnungsmatrix ein und dienen zur weiteren Validierung der etablierten Berechnungsmethode. Die Methodik zur Berechnung und zu den Batch-Versuchsmessungen ist den Berichten des Teilprojektes 4 „Ermittlungen des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis“ am ATB Potsdam (Heiermann, 2013) und der Arbeitsgruppe Biogas TLL Jena beschrieben. Diese Einbeziehung der Gasbildungspotentiale der unterschiedlichen Substrate zieht eine Verschiebung der Ertragsbewertung nach sich.

Mit der Gegenüberstellung der mittleren Methanerträge der Fruchtfolgen zu den mittleren Trockenmasseerträgen (Vgl. Abb.:5), werden die hohen Ertragsleistungen der der FF08 und FF04/FF05 relativiert. Die etablierten mehrjährigen Kulturen mit u.a. höheren Ligningehalten der Substrate leisten im Verhältnis geringere Methanhektarerträge als die FF01, FF03, FF07 obwohl die Trockenmasseerträge vergleichbar sind.

Die Bewertung der Ertragsleistung der Fruchtfolgen unter Einbeziehung der Gasbildungspotentiale unterstreicht die Vorzüglichkeit des Maises, so hat FF07 mit der Maisselbstfolge mit 14730 Nm³ CH₄/ha die höchsten Methanhektarerträge.

Wie die die Darstellung der kumulierten Methanhektarerträge für die einzelnen Fruchtfolgen (Vgl. Anhang 1) zeigt, garantierte Mais die höchsten Gaserträge (7315 Nm³CH₄/ha, FF7, 2007), Topinambur erbrachte trotz wesentlich des geringeren Methanbildungspotentials, im Jahr 2008 bei einer Trockenmasseleistung von 316 dt TM/ha, 6381 Nm³CH₄/ha. In der 3. und 4. Anlage verhalten sich die Gaserträge entsprechend den Biomasseaufwüchsen. Auffallend sind in FF02 die, im Vergleich zum Mittel über alle Anlagen, im Verhältnis geringeren Gaserträge welche durch die schwächeren Erträge der besseren Substratlieferanten Sorghum und Mais.

3.2.3 Erträge und Auswirkungen auf das Abschlussfruchtfolgeglied Winterweizen

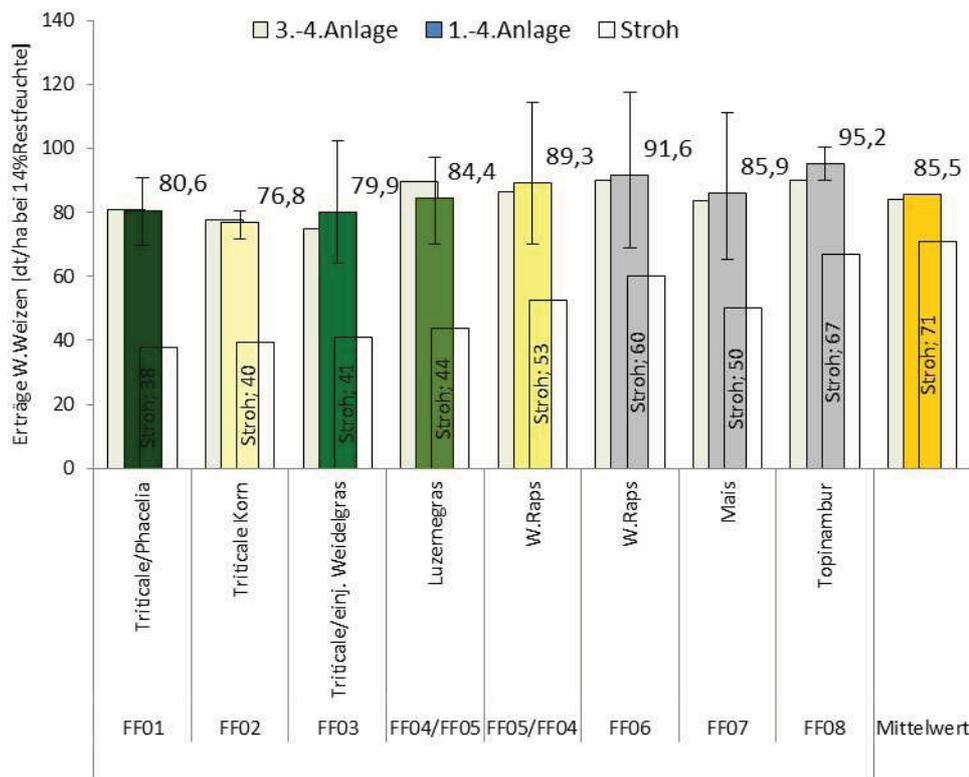


Abbildung 6: Erträge Abschluss-FFG W.Weizen
 Vergleich Korntrag Mittel 1.-4. Anlage (farbige Balken),
 Korntrag Mittel 3.-4. Anlage, Strohertrag Mittel 1.-4. Anlage
 Fehlerbalken: Variationsbreite

Am Standort Dornburg standen mittlere W.Weizen- Erträge von 80,9 dt/ha (1.-4.Anlage) zur Ernte. Während des Versuchszeitraumes EVA II (3.-4.Anlage) wurde ein mittlerer Weizenertrag von 81,2 dt/ha geerntet.

Die Erträge des einheitlichen abschließenden Fruchtfolgeglieders ermöglicht die Beurteilung der Vorfruchtwirkungen. Unterschiedliche Ertragsniveaus zeigen Vorfruchtwirkungen. Erwartungsgemäß zieht Raps als Vorfrucht signifikant bessere W.Weizen- Erträge nach sich (Vgl. Abbildung 6, FF05, FF06), entsprechend schlechte Vorfruchtwirkung zeigte W.Triticale für Kornnutzung (FF02) und die Kombination W.Triticale/ einj. Weidelgras (FF03).

Eine Vorfruchtwirkung des mehrjährigen Luzernegrases (FF04/FF05) konnte nicht festgestellt werden. Ursache hierfür sind u .A. die vergleichsweise schlechteren Saatbettbedingungen für die Nachfrucht W.Weizen und die aufgrund eines weiten C-N-Verhältnisses zeitlich verzögerte Umsetzung der Pflanzen- und Wurzelrückstände. Aus den erhobenen Witterungsdaten, Bewirtschaftungsdaten und den durchgeführten Bonituren lassen sich keine wesentlich variierenden Wuchsbedingungen in den entsprechenden Untersuchungsjahren als Ursache ableiten..

In den Jahren 2012 und 2013 wurden Mycotoxinanalysen an Ernteproben auf Desoxinivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA) nach Probenaufbereitung mittels ELISA-Test durchgeführt. In den untersuchten Proben konnten keine Werte oberhalb der Nachweisgrenzen festgestellt werden (Vgl. Anhang 6).

Die erfassten erntbaren Strohmenge lassen die gleichen Schlüsse bezüglich der Vorfruchtwirkungen zu wie die des Haupternteproduktes Korn. Dies spiegelt sich auch in den unterschiedlichen Korn: Stroh-Verhältnissen zwischen den Fruchtfolgen wieder.

Hervorzuheben sind die hohen Stroherträge in der 3.Anlage Erntejahr 2012, besonders die Erträge nach Vorfrucht Raps von über 150dt/ha.

Die verhältnismäßig geringen Stroherträge sind sowohl auf die Bestandesführung (Vgl. Anhang 5) als auch auf die Witterungsverhältnisse zum Zeitpunkt des Schossens zurückzuführen.

Weitere Untersuchungen auf unterschiedliche Qualitätsparameter (Vgl. Anhang 6) ergaben keine auf Vorfruchtwirkung oder Fruchtfolgeeffekten zurückzuführenden Ergebnisse, vielmehr spiegeln sich hier die entsprechenden Wuchsbedingungen der Jahre wieder.

3.2.4 Ergebnisse des Satellitenversuchs „Faktorminimierung Bodenbearbeitung“

Der Vergleich der Trockenmasseerträge (Vgl. Anhang 3) zwischen den etablierten Bodenbearbeitungsvarianten konventionell (wendende Grundbodenbearbeitung mit Pflug) und pfluglos /minimal zeigt vergleichbare, tendenziell für die Minimalbodenbearbeitung geringere Erträge. Die Ertragsituation in FF04/FF05 mit den höheren Erträgen in beiden vergleichbaren Anlagen ist nur unzureichend durch die veränderte Bodenbearbeitung zu erklären. Das Luzernegras wurde als Untersaat in die S.Gerste etabliert, so dass die Bodenbearbeitung sich während des Fruchtfolgeverlaufes nur in der Grundbodenbearbeitung zum FFG01 unterschied und eine Einflussnahme auf die Ertragsbildung der Ackerfütterkultur Luzernegras als unwahrscheinlich anzusehen ist. Die Prüfung der Bestandesdaten (Bodendeckungsgrad, BBCH-Entwicklung, Mängelbonituren, Bestandeshöhe) lässt ebenso keine ausreichende Erklärung für die ertraglichen Unterschiede zu.

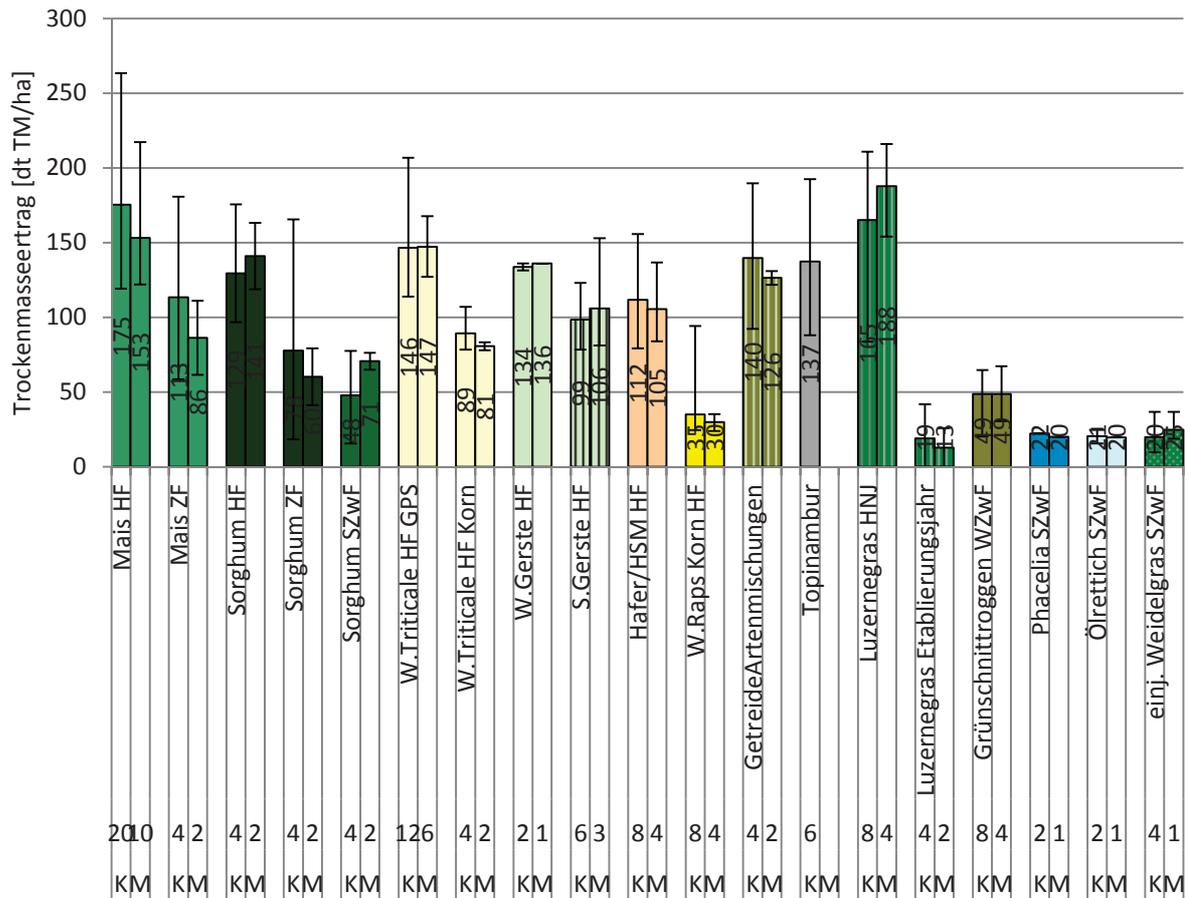


Abbildung 7: TM-Erträge der Fruchtarten bei 2 Bodenbearbeitungsvarianten minimal (M) vs. Konventionell (K); n=Stichprobenanzahl; Fehlerbalken: Variationsbreite

Abbildung 7 zeigt den Vergleich der Ertragsleistungen der einzelnen Kulturarten zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten. Erwartungsgemäß spiegeln sich hier die Unterschiede nach Gruppierungen wieder. W.Getreidearten und Artenmischungen in den unterschiedlichen Nutzungsformen reagieren neutral bzw. mit leichtem Ertragsrückgang auf eine verringerte Bodenbearbeitungsintensität (z.B.: Getreideartenmischungen: 140 dt TM/ha vs. 126 dt TM/ha).

Der aufgrund der Temperaturansprüche von Sorghum späte Aussattermin fällt teilweise mit der für den Standort Dornburg prägenden Frühjahrstrockenheit zusammen. Hier können durch die bodenwasserschonende pfluglose Grundbodenbearbeitung positive Ertragseffekte beobachtet werden (Sorghum HF: 129 dt TM/ha vs. 141 dt TM/ha). Für die angebauten Zwischenfrüchte ist zumeist die Niederschlagssituation zur Bestandesbildung ausreichend. Durch die bodenwasserschonende pfluglose Bodenbearbeitung werden keine zusätzlichen Ertragspotentiale erschlossen.

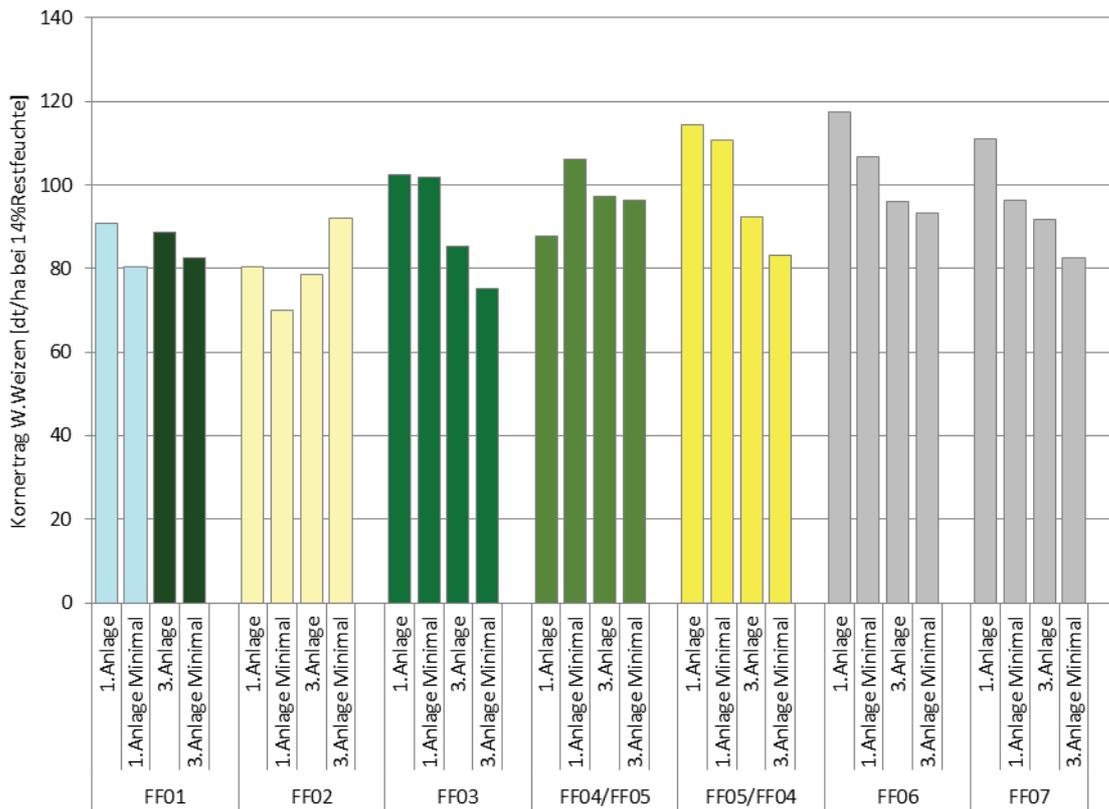


Abbildung 8: Kornerträge W.Weizen der FF 01-07, 1. & 3.Anlage;
Vergleich der Bodenbearbeitungsvarianten konventionell und minimal

Die Kornerträge des Abschlussfruchtfolgegliedes W.Weizen waren in der Variante pfluglose Bodenbearbeitung geringer als in der Variante konventionelle Bodenbearbeitung. So waren im Mittel die Kornerträge der pfluglosen Bearbeitungsvarianten in der 1. Anlage um 6,7% und in der 3.Anlage um 4,5% geringer. Hier sind die unterschiedlichen Saatbettbedingungen ausschlaggebend für die Ertragsunterschiede anzusehen. Im Untersuchungszeitraum EVA II konnte mit den durchgeführten Kornproben-Analysen auf die Mycotoxine Desoxinivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA) nicht die Tendenz für hohe Mycotoxingehalte durch Minimalbodenbearbeitung aus den Erntejahren 2008 und 2009 bestätigt werden. In den Erntejahren 2012 und 2013 lagen die Analysewerte in allen Folgen und Bearbeitungsvarianten unterhalb der Nachweisgrenzen.

Im Vergleich der Bonitur- und Bestandesdaten für die Bodenbearbeitungsvarianten konnte keine Unterscheide hinsichtlich Bestandesentwicklung, Schaderreger-, Krankheits- und Unkrautvorkommen und –aufkommen festgestellt werden. Hier bleibt einmal mehr auf die unterschiedlichen Dynamiken zwischen Parzellenversuchen und Praxisschlägen hinzuweisen.

Die Gegenüberstellung der betriebswirtschaftlichen Kenngrößen EVA-Deckungsbeitrag (Auerbacher, Kornatz, & Dunkel, 2013), und Arbeiterledigungskosten zeigt, dass mit Minimalbodenbearbeitung bei vergleichbaren Ertragsleistungen ein Potential zur Ergebnisoptimierung vorhanden ist. Höhere Deckungsbeiträge durch geringere Arbeiterledigungskosten sind möglich.

Die VDLUFA-Methode (Körschens, Rogasik, & Schulz, 2004) gibt für Bodenbearbeitungen keine unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden vor, so dass eventuelle

Bilanzsaldounterschiede nur durch ertragliche Unterschiede zu erklären wären. Positive Einflüsse auf Bodenfunktionen und Bodenstruktur als Beitrag und zur Umsetzung WRRL werden in der Literatur dargestellt und sind in der Praxis in die Entscheidungsfindung einzubinden.

3.2.5 Winter, K.: Untersuchungen zur Bodenmikrobiologie – Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Bodeneigenschaften bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Den Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Bodenorganismen zu schützen ist notwendige Voraussetzung für deren Umsatzleistungen und im §2 des Bundesbodenschutzgesetzes festgeschrieben. Um die bodenbiologische Situation von Böden unter dem Anbau von Energiepflanzen zu beschreiben, beauftragte das EVA-Verbundprojekt Dr. Sabine Tischer von der Bodenbiogeochemie des Institutes für Agrar- und Ernährungswissenschaft der MLU Halle mit Untersuchung zu bodenbiologischen Parametern. Am Standort Dornburg sollten bodenbiologische Effekte im Boden unter vier verschiedenen Fruchtfolgen bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen bestimmt. Im Vergleich standen konventionelle Bearbeitung mit dem Pflug (konv.) und Minimalbodenbearbeitung mit der Scheibenegge (minimal) über zwei ganze Vegetationsperioden. Erträge der Energiepflanzen der Fruchtfolgen (FF), sowie des Abschlussgliedes W.Weizen (WW) von 2012 wurden in die Auswertung miteinbezogen.

Methoden

Es wurden Bodenproben aus den Fruchtfolgen 01, 03, 04, und 05 entnommen, wobei die Entnahme in drei Tiefen (0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 cm) erfolgte. Im Herbst 2008 erfolgte eine Erfassung des Ist-Zustandes der Fläche. Bis einschließlich zum Frühjahr 2011, jeweils im Frühjahr und Herbst wurden pro Variante A und B Probe entnommen. Es erfolgten folgende Untersuchungen:

- pH-Werte nach DIN ISO 10390-7
- C/N-Gehalte nach DIN ISO 10694
- Messung der Ariginin- Ammonifikation nach Kandeler (1993)

mit sechs Laborwiederholungen aus den A und B Proben wurden folgende Analysen vorgenommen:

- Basalatmung nach Heinemeyer *et al.* (1989),
- Mikrobielle Biomasse durch substratinduzierte Respiration nach Anderson&Domsch (1978)
- Katalasezahl nach Beck (1971)
- β -Glucosidaseaktivität nach Hoffmann & Dedecken (1965)
- Phosphataseaktivität nach Hoffmann (1968)

Als öko-physiologische Parameter wurde das C_{mic}/C_{org} -Verhältnis und der metabolische Quotient (qCO_2) errechnet.

Alle Analysen sind Nachweise für mikrobielle Aktivität im Boden.

Im Frühjahr und Herbst 2009 kamen Bodenproben in einer Bodentiefe von 0-10 sowie 10-20 cm zur Probennahme und Phospholipidfettsäuren (PLFA)-Analysen wurden nach Frostegård *et al.* (1993) und Bååth and Anderson (2003) durchgeführt. Die PLFA-Analyse weist die

Aktivität der verschiedenen Mikroorganismengesellschaften (Bakterien, Pilze, Algen und Protozoen) im Boden nach.

Zusammenfassende Bewertung der Biologischen Aktivität mit Berücksichtigung der Erträge der Energiepflanzen (EP) und des Abschlussfruchtfolgeglieds Winterweizen

Wenn der höchste gemessene Wert für die jeweils unterschiedlichen Parameter der biologischen Aktivität, respektive der niedrigste Wert für den Metabolischen Quotient gleich 100% gesetzt wird, ergibt sich aus dem Mittelwert aller Parameter für die mikrobielle Aktivität im Boden folgende Darstellung (Abb.9).

Generell zeigen sich höhere Aktivitäten in den Minimalbodenbearbeitungsvarianten gegenüber den Pflug-Varianten. Signifikant höher sind sie in den Fruchtfolgen 01 minimal und FF03 minimal gegenüber FF01 konv. und FF03 konv.. Nur tendenziell höher sind sie in bei FF04 minimal und FF05 minimal gegenüber FF04 konv. und FF04 konv..

Die höchste mikrobielle und enzymatische Aktivität zeigt der Boden unter der FF01 minimal. Die Sommerzwischenfrucht Sorghum (1. Jahr) und die Gründüngung Phacelia (3. Jahr) geben gute Nahrungsgrundlagen für Bodenmikroorganismen. Auch die Abfolge Wintergetreide-Mais-Wintergetreide scheint für die Lebensbedingungen der Bodenorganismen von Vorteil zu sein. Fruchtfolge 04 und 05 haben beide niedrige Werte. Auffällig sind die niedrigen Werte der FF 05 mit S.Gerste und anschließend mehrjährigem Ackerfutter (Luzernegras). In dieser Fruchtfolge ist die höchste Humusbildung nachgewiesen (TP2 Endbericht EVA II). Die guten Bodenbeschaffenheiten (Humusgehalt und Bodenstruktur), die unter dem Anbau von Leguminosengemengen zu finden sind (LOGES, 2013), scheinen aber weniger gute Bedingungen für Mikroorganismen zu bieten, weil hier eine geringere Aktivität der meist aeroben Bodenorganismen zu finden ist. Auch die FF04 mit einem Sommergetreide gefolgt von Wintergetreide und Winterraps fördern die Aktivität der Bodenmikroorganismen wenig. Die Ursache könnte in dem geringen Eintrag organischer Substanzen in den Boden aus dieser FF sein.

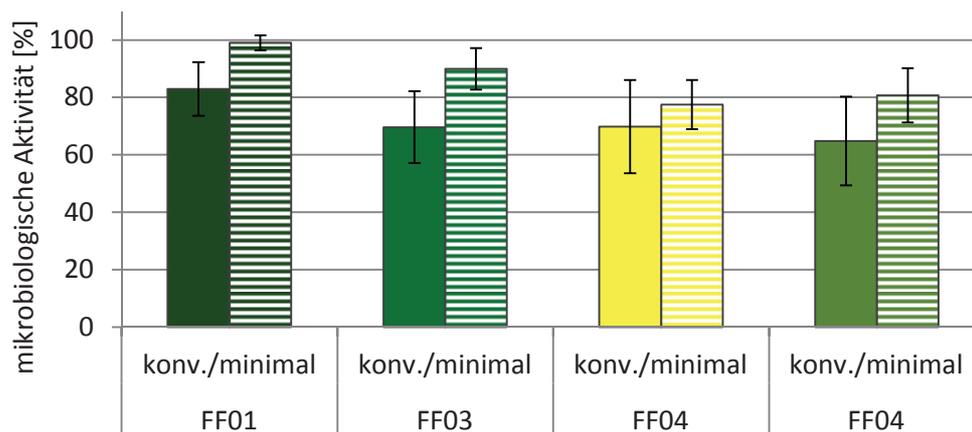


Abbildung 9: Kumulierte biologische Aktivität im Boden [%] in den vier untersuchten FF unter beiden Bodenbearbeitungsvarianten, n=8, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen

Minimalbodenbearbeitung führt zu einer deutlichen Differenzierung der Mikroorganismenaktivität in den einzelnen Bodenschichten (Abb.10). In der oberen Bodenschicht führen die

Anreicherung organischer Substanzen und das Vorhandensein von Sauerstoff zu einer Aktivitätssteigerung der Mikroorganismen. Dieses führt nicht nur zu hohen Umsätzen von Nährstoffen, sondern auch zu einer Zunahme mikrobiell resistenter C-Verbindungen. Humusbildung hat positive Auswirkungen auf Aggregatstabilität.

Insgesamt ist die Auswirkung der Bodenbearbeitung aber gering im Vergleich zu den Auswirkungen der Fruchtfolgen und der jährlichen klimatischen Unterschiede auf die Bodenmikroorganismen.

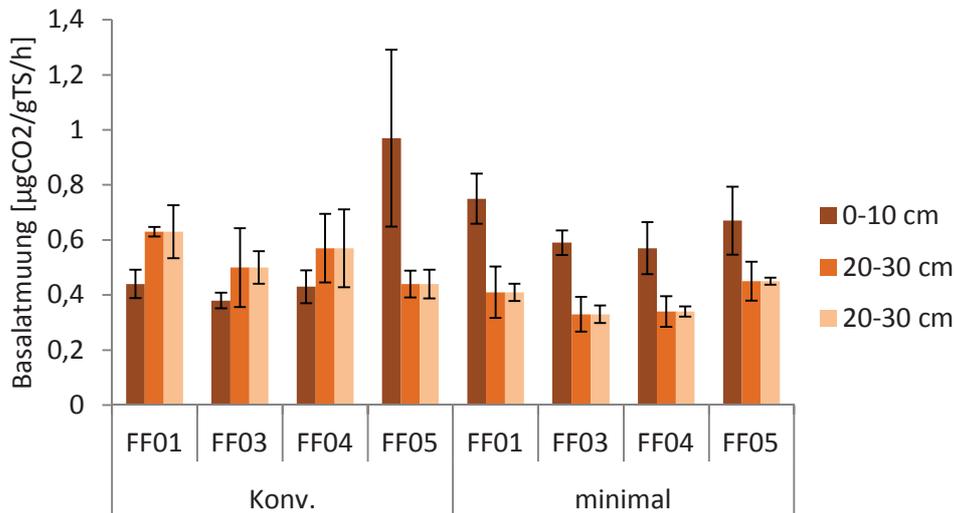


Abbildung 10: Atmungsaktivität von Mikroorganismen in drei Bodentiefen in verschiedenen Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung, Untersuchungszeitpunkt Frühjahr 20011, n=6; Fehlerbalken: Standardabweichungen

Der höchste Energiepflanzenenertrag brachte die Fruchtfolge FF05 minimal, (Ackerfutterfruchtfolge). Auch die Pflugvariante dieser FF05 konv. sicherte einen sehr hohen Ertrag. Höchste W.Weizenerträge sind nach dem W.Raps der FF04 in beiden Bodenbearbeitungsvarianten zu verzeichnen, womit der Raps als gute Vorfrucht für W.Weizen bestätigt ist

In Abb. 3 werden die kumulierten Werte der biologische Aktivität im Boden in den acht untersuchten FF dargestellt und die Erträge von Energiepflanzen und Weizen in % (hier wurden auch die höchsten Erträge gleich 100% gesetzt).

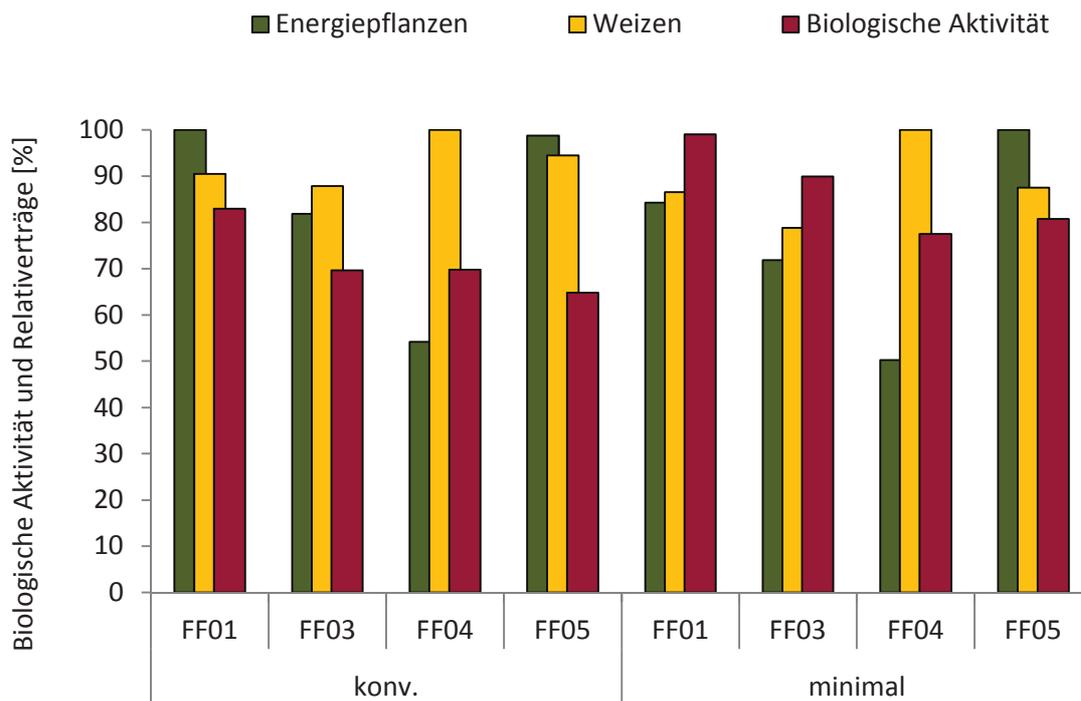


Abbildung 11: Relativerträge von Energiepflanzen, W.Weizen und biologischen Aktivität im Boden

3.3 Ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen

Die ökonomische Bewertung der Fruchtfolgen erfolgt anhand des Bewertungskriteriums „EVA-Deckungsbeitrag“. Definition, einfließende Größen und Berechnung des herangezogenen EVA-Deckungsbeitrages sind im Bericht des Teilprojektes 3 „Ökonomische Begleitforschung“ (Auerbacher, Kornatz, & Dunkel, 2013) dargelegt.

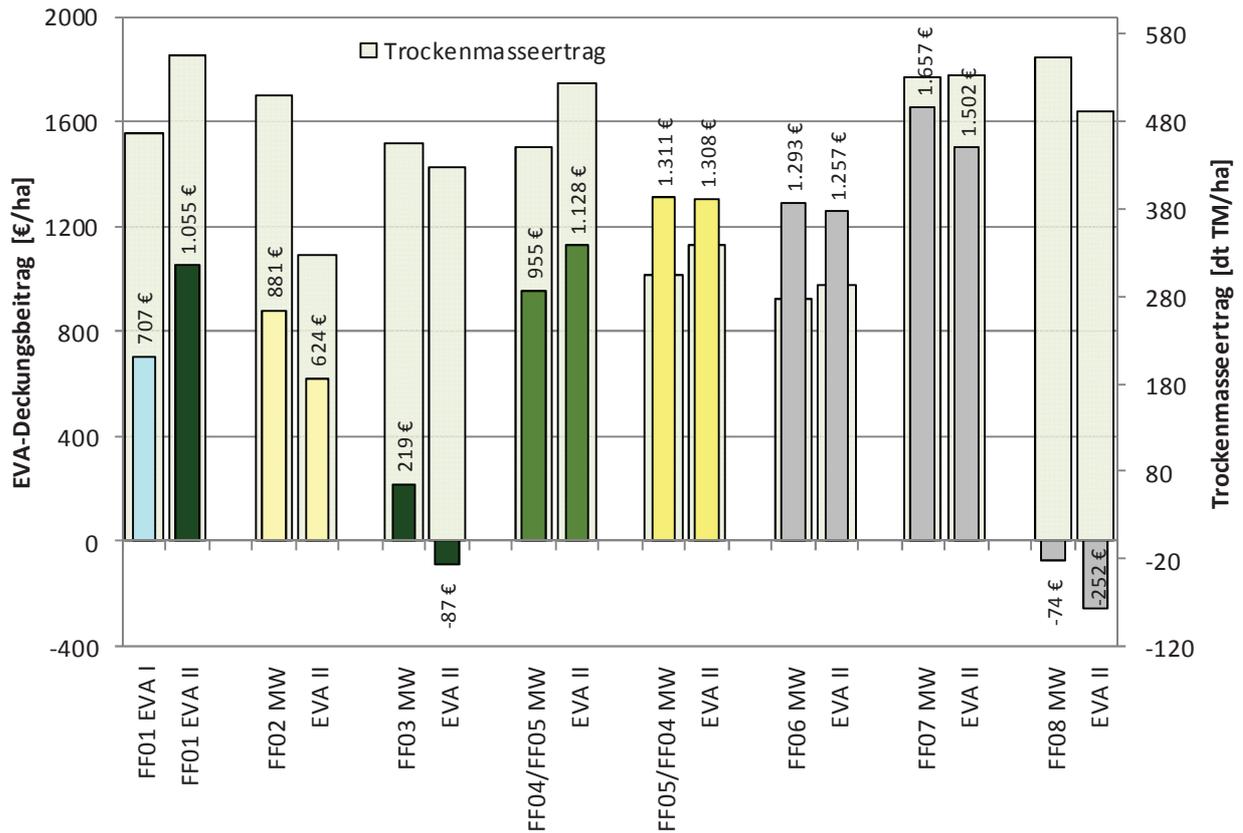


Abbildung 12: EVA-Deckungsbeiträge und Trockenmasseerträge der FF 01-08

EVA-Deckungsbeiträge: farbige Balken

MW: Mittel 1.-4.Anlage, EVA I: Mittel 1.-2.Anlage, EVA II: 3.-4.Anlage

Im Mittel war FF 07 mit einem EVA-Deckungsbeitrag von 1657 €, ökonomisch am erfolgreichsten. FF 08 mit der mehrjährigen Nutzung von Topinambur erzielte im Mittel, trotz vergleichsweise guter Trockenmasseerträge einen negativen EVA-Deckungsbeitrag von minus 74€ (EVA II -252€). Während FF05 und FF06 mit einem hohen Marktfruchtanteil und entsprechend geringerer Trockenmasseleistung gute und stabile EVA-Deckungsbeiträge garantiert, sind bei den Energiepflanzenfruchtfolgen im Vergleich EVA II zum Mittelwert aus allen Anlagen größere Unterschiede auszumachen. Dabei sind die Unterschiede sowohl durch unterschiedliche Ertragsniveaus zu erklären (Vgl. Abb. 12, FF 02, FF 05/ FF05) als auch durch unterschiedliche Kostenstrukturen und teilweise notwendiger Mehraufwand für Erreichen ähnlicher Ertragsniveaus. Der negative EVA-Deckungsbeitrag in FF 08, ist durch hohe Pflanzkosten im ersten Jahr und aufwendige Erntetechnik für die Nutzung Kraut und Knolle bedingt. Der kostenextensive Anbau von Luzernegrass mit 2 Hauptnutzungsjahren bei hohen Ertragsleistungen und die guten GPS-Leistungen am Standort führen im Vergleich mit den Standardfruchtfolgen FF01, FF02 zu hohen EVA-Deckungsbeiträgen.

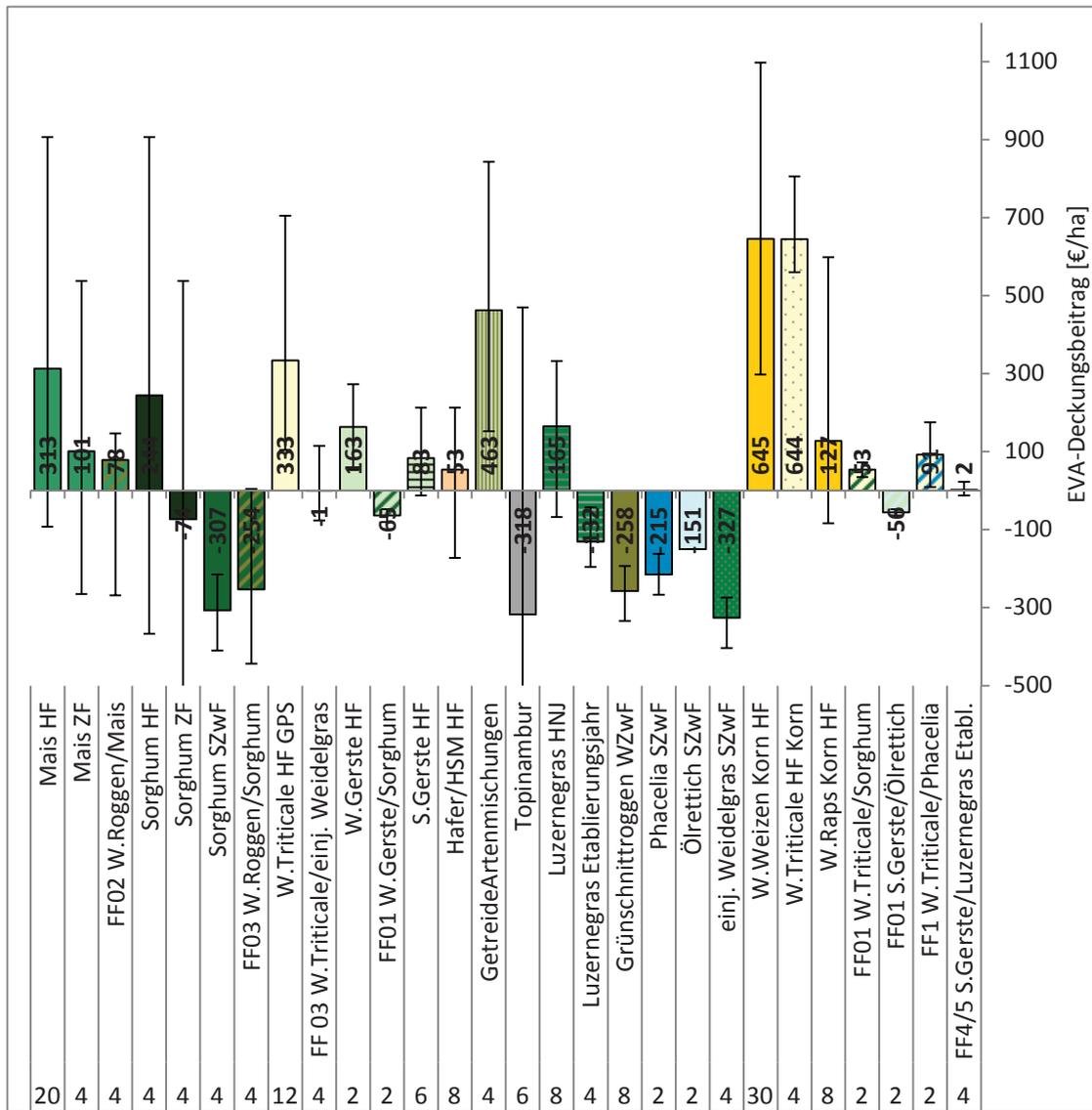


Abbildung 13: Deckungsbeiträge der angebauten Fruchtarten und Jahreskombinationen 1.-4.Anlage (farbige Balken) im Vergleich mit 3.-4.Anlage Fehlerbalken: Variationsbreite

Bei der Betrachtung des EVA-Deckungsbeitrag für die jeweiligen Fruchtarten und Jahreskombinationen zeigen sich hohe Amplituden zwischen Minimal- und Maximalwert. Die Vorzüglichkeit von Dornburg als Getreide-Gunststandort, spiegelt sich in den höchsten Ergebnissen für Getreide mit Kornnutzung (W.Weizen: MW: 645€, Max: 1.098€, W.Triticale: MW: 644€, Max: 805€) und sehr guten Ergebnissen für Wintergetreide mit GPS-Nutzung wieder (MW: W.Triticale: 333€, W.Gerste: 163€, Getreideartenmischungen: 463€).

Mais und Sorghum unterliegen im ökonomischen Ergebnis wesentlich höheren Schwankungen und spiegeln die Bedingungen in den Wuchsjahren mit entsprechenden Faktorinput und deren Arbeitswirtschaftlichen Anforderungen. Im Mittel konnten mit den C4-Pflanzen in Hauptfruchtstellung bessere Ergebnisse erzielt werden.

In Zweitfruchtstellung oder Zwischenfruchtstellung spiegeln sich höhere Etablierungsrisiken und Ertrags- und Qualitätsunsicherheit in teilweise stark negativen Ergebnissen wieder. Festzuhalten bleibt, dass angebaute Fruchtarten in Zwischenfruchtstellung am Standort negative Ergebnisse erzielen und deren direkten und indirekten positiven Wirkungen auf Fruchtfolge, Stoffhaushalte, ökologische Zielgrößen usw. durch andere Fruchtfolgeglieder monetär ausgeglichen werden müssen.

3.4 Weiterführende Nachhaltigkeitsbewertungen

3.4.1 Nährstoffbilanzierung

Eine bedarfsgerechte, verlustarme Nährstoffzufuhr zum Erreichen des wirtschaftlichen Optimalertrages und der angestrebten Qualität der Ernteprodukte bei Vermeidung wirtschaftlicher Nachteile und negativer Auswirkungen auf die Umwelt durch Überdosierungen sind Ziel der Düngung. Grundlage der Düngedarfsermittlung sind neben Untersuchungen von Böden und Pflanzen auf die Nährstoffgehalte Nährstoffbilanzierungen (Zorn). §5 DüV (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen, 2007) legt spezifisch durchzuführende Nährstoffvergleiche fest.

In die dargestellten Salden fließen Nährstoffzufuhr durch organische oder mineralische Düngung, für Stickstoff (N) zusätzlich durch legume Stickstoffbindung und Nährstoffentzug durch Abfuhr von Ernteprodukten und Nebenernteprodukten ein. Für die Bedarfsanalyse sind zusätzlich im Boden vorhandene Nährstoffe (N_{min}, Gehaltsklassen (A- E) und während der Vegetationszeit erwartungsgemäß freisetzbare Nährstoffe zu berücksichtigen.

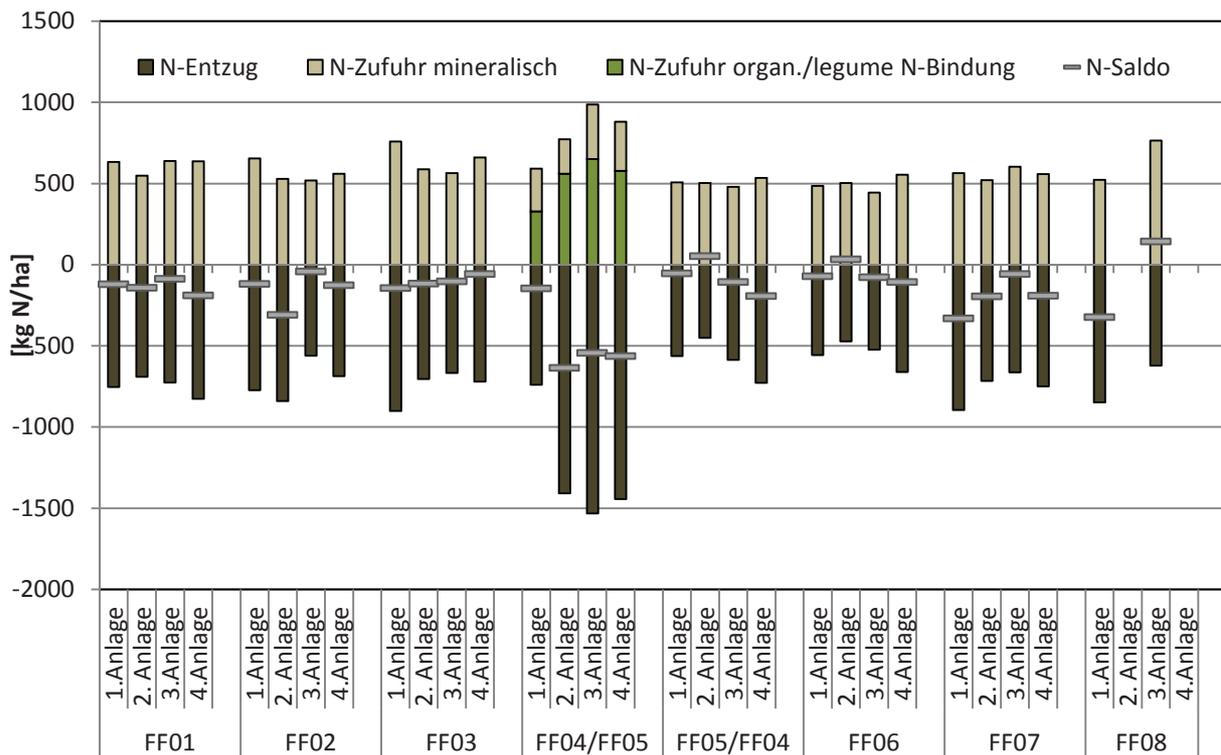


Abbildung 14: Stickstoff (N)-Bilanz der FF01-FF08

Da Ertragserwartungen und tatsächliche Erträge nicht in jedem Fall übereinstimmen schwanken die Salden der Fruchtfolgen zwischen den Anlagen.

Bei starken Abweichungen des Ertragsniveau von der Ertragserwartung kann es zum einen zu Mangelerscheinungen bei den Pflanzen, Nichterreichen des Ertragsoptimums oder Qualitätseinbußen, zum anderen zu Nährstoffverlagerungen ins Grundwasser oder in Oberflächengewässer kommen. In FF 08 wurde in der 3. Anlage nicht das erwartete Ertragsniveau erreicht, so dass ein hoher N-Saldo (N-Überschuss 141 kg N/ha) mit den einhergehenden ökologischen Risiken zu verzeichnen ist. Die marktfruchtorientierten Fruchtfolgen FF 04/FF05 und FF06 haben durch die verbleibenden Nebenernteerzeugnisse geringe N-Entzüge (FF05/FF04: MW -583kg N/ha, FF06: MW -554 kg N/ha) und machen dem Versuchsansatz entsprechend geringere N-Mineraldüngergaben möglich. Die Ackerfutterfruchtfolge FF04/FF05 liegt mit einem N-Entzug von im Mittel 1280 kg auf einem sehr hohen Niveau.

Mit den Gehaltsstufen entsprechenden P-Dünger- und K-Düngergaben werden in allen Fruchtfolgen und über die 1.-4. Anlage negative P-Salden und K-Salden ermittelt.

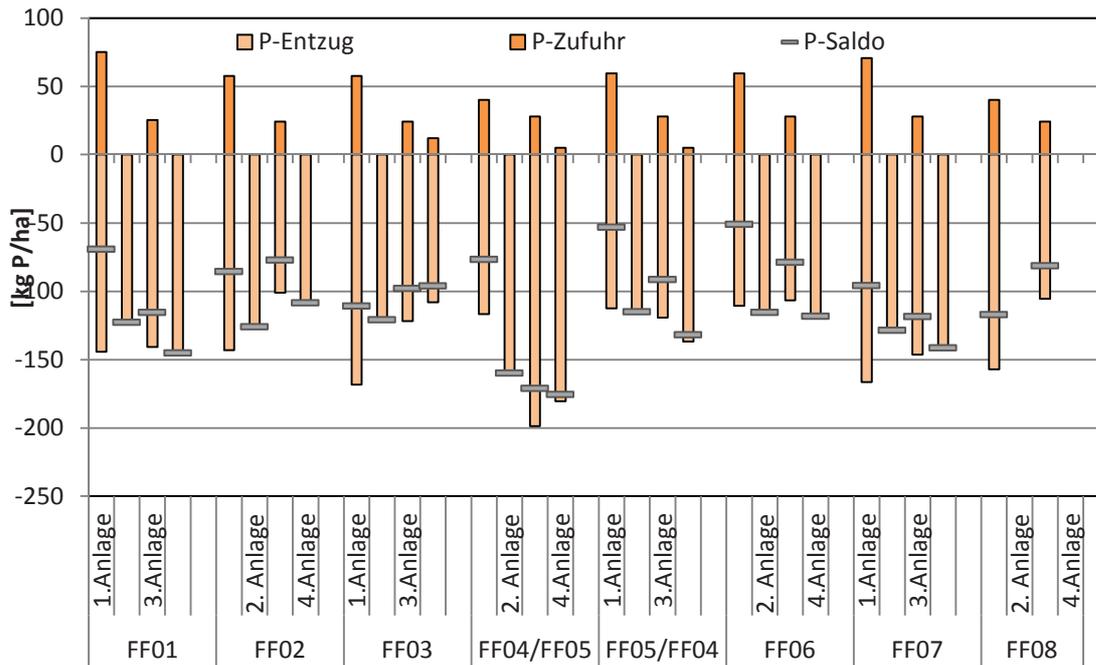


Abbildung 15: Phosphor (P)-Bilanz der FF01-08

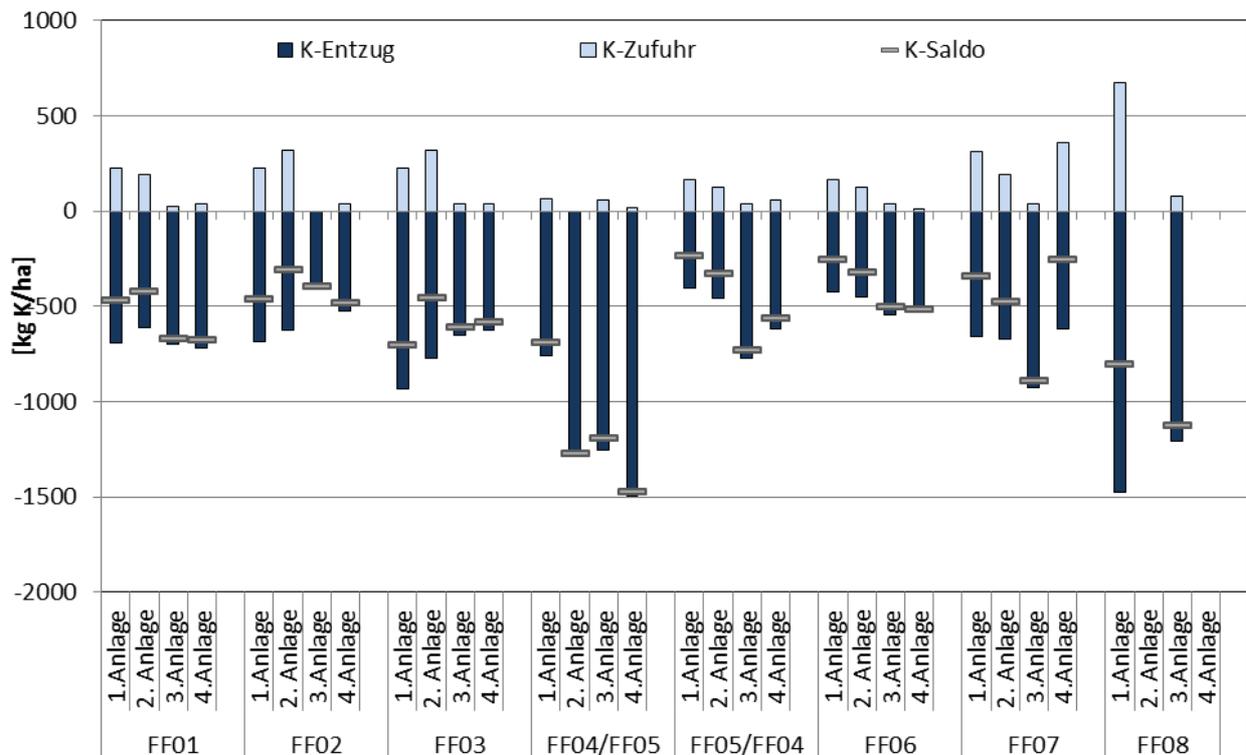


Abbildung 16: Kalium (K)-Bilanz der FF01-08

Für weitergehende Betrachtungen und Diskussionen bleibt anzumerken, dass durch die mögliche Rückführung der Gärreste die abgefahrenen Nährstoffe bis auf zu berücksichtigende Transport- und Silierverluste (Heiermann, 2013) zurückgeführt werden.

Somit ist ein entsprechende Mineraldüngereinsparung mit den entsprechenden Auswirkungen auf Energie- und Treibhausgasbilanzen möglich. Zusätzlich machten begleitende EVA-Versuche deutlich, dass die veränderten Eigenschaftsansprüche mit der Produktion von Biogassubstraten gegenüber der Marktfrucht- oder Futtermittelproduktion Möglichkeiten zur Faktoroportimierung und Inputeinsparungen bei der Düngung verfügbar machen.

3.4.2 Humusbilanzierung

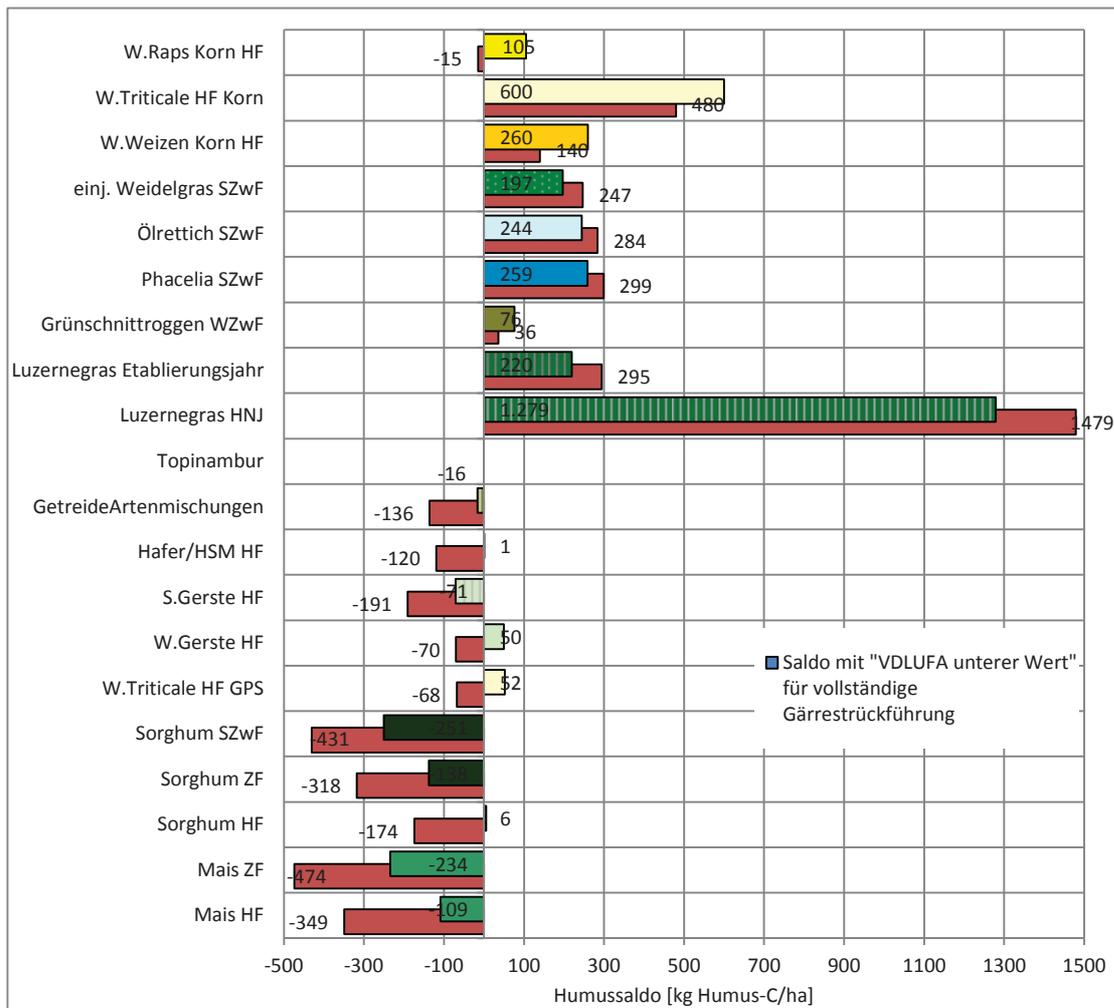


Abbildung 17: Humussalden 1.-4.Anlage;
 Humus-Saldo mit VDLUFA-Wert Fruchtart + Gründüngungsertrag + Stroh, Rübenblatt
 + Gärrest bei voller Rückfuhr (Szenario "Kreislauf")
 farbige Balken mit VDLUFA „unterer Wert“, rote Balken mit VDLUFA „oberer Wert“

In Abbildung 17 sind die Mittel der Humussalden für die angebauten Fruchtarten bei vollständiger Gärrestrückführung dargestellt. Die aufgeführten Bilanzen wurden nach VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung (VDLUFA, 2004) berechnet, dabei wurden folgende Annahmen getroffen: nicht aufgenommene Fruchtarten wurden per Analogieschluß ergänzt, zwischen Feldertrag und in Biogasanlage eingebrachter Menge wurde ein Verlust von 15% Berücksichtigt (Silierverlust, Randverluste, Transportverluste, Entnahmeverlust). Dabei sind Humusmehrende Fruchtarten (W.Getreide und W.Raps mit Kornnutzung, C3-Pflanzen im Zwischenfruchtanbau und Luzernegras) und Humuszehrende Fruchtarten (Getreide mit GPS-Nutzung, C4-Pflanzen) zu unterscheiden. Mit den Gärresten werden im Mittel bei Luzernegras 679 kg Humus-C/ha zurückgeführt (Mais HF 451 kg Humus-C/ha; Sorghum HF: 447 kg Humus-C/ha), ebenfalls Humus-C mehrend wirken die verbleibenden Pflanzenrückstände wie Stroh und Spreu bei der Kornnutzung (W.Triticale: 880 kg Humus-C/ha; W.Weizen: 540 kg Humus-C/ha) und die zur Gründüngung angebauten Zwischenfrüchte (Ölrettich: 164 kg Humus-C/ha; Phacelia: 179 kg Humus-C/ha). Hier wird der hohe Beitrag der verbleibenden Nebenernteprodukte bei der Marktfruchtproduktion zur Humusproduktion und zum Erhalt der Bodenfunktion deutlich.

Ziel ist es eine ausgeglichene Humusbilanzsalden über die Fruchtfolge zu erreichen. Dabei sind Salden unter -200 und über 300 kg Humus-C/ha im Mittel der Fruchtfolgen zu vermeiden. Wie die Darstellung der Humusbilanzen für die einzelnen Fruchtfolgen und Anlagen (Vgl. Anhang 4) zeigt, wird diese Ziel weder in der Berechnung mit dem „unteren“ Wert noch mit dem „oberen“ Wert nach VDLUFA für die Fruchtfolge 07 der Maisselbstfolge ohne Gärrestrückführung erreicht. Mit der Annahme des VDLUFA unteren Wertes für die Bilanzierung zur Aufrechterhaltung des Ertragsfähigkeit und der Funktion des Boden sind bei Gärrestrückführung auch in den C4-Pflanzen geprägten Fruchtfolgen (FF01,FF02, FF03, FF07) positive Salden möglich. Dies zeigt, dass Energiepflanzenanbau nicht mit Humuszehrung einhergeht, vielmehr können die Humus-C Überschüsse aus dem Anbau von Luzernegras (FF04/FF05) durch Gärrestaubsbringung in humuszehrende Kulturen ausgeglichen werden. Für weiterführende Aussagen sei auf den Bericht des Teilprojektes 2 “Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenbaus“ (Glemnitz, 2013) verwiesen.

3.4.3 Energie- und Treibhausgasbilanz

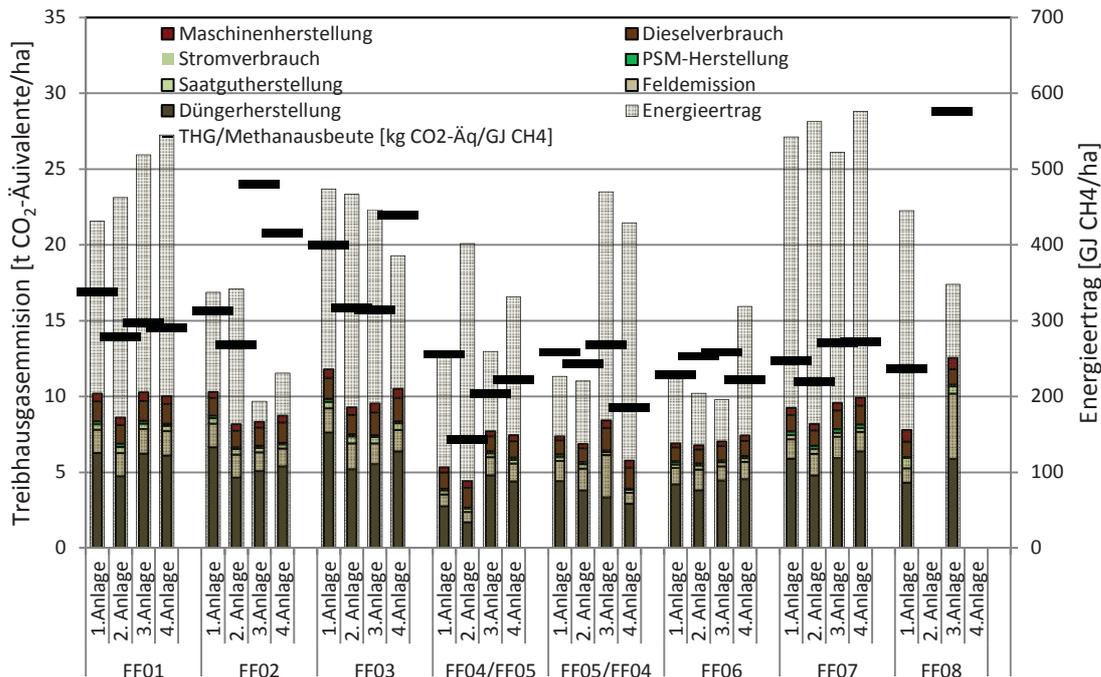


Abbildung 18: Treibhausgasemissionen unterteilt nach Verursachungsgruppen flächenbezogener Energieertrag & produktbezogene THG-emission der FF01- 08; 1.-4.Anlage

Die dargestellten Produkt- bzw. Energieertragsgekoppelte Bilanzierungen (THG-Bilanz und Energiebilanz) wurde mit dem MiLA (Model of integrated Life Cycle Assessment for Agriculture) als „cradle to gate“- Bilanzierung berechnet. Die entsprechende Methodik ist im Bericht der Arbeitsgruppe Abiotik im TP2 dargestellt (Glemnitz, 2013). Die in die Fruchtfolgen integrierten Marktfrüchte fließen nicht in die Bilanzierung ein.

Die Emission von Klima- und Treibhausgasen durch die landwirtschaftliche Produktion, wird maßgeblich durch die an die Herstellung mineralischer Dünger gekoppelte Emission bestimmt. Die weiteren zu betrachtenden Emissionsquellen wie Feldemissionen, oder Dieserverbrauch spielen eher untergeordnete Rollen. Die in der Bewirtschaftung relativ extensive FF04/FF05 benötigt im Vergleich geringere Mineraldüngermengen, so dass produktbezogen (Energieertrag aus CH₄) in der 2. Anlage mit 7,14 kg CO₂-Äq/GJ CH₄ der geringste Saldo berechnet werden konnte. Im Mittel über alle Anlagen wird durch FF04/FF05 am wenigsten THG emittiert. Dem gegenüber sind die Salden in den Fruchtfolgen FF01, FF02, FF03 die höheren Energieerträge an Mineraldüngeremehraufwendungen geknüpft, so dass diese teilweise hoch ausfallen (FF01, 1. Anlage 16,89 kg CO₂-Äq/GJ CH₄; FF02, 3. Anlage: 23,96 kg CO₂-Äq/GJ CH₄, FF03, 4. Anlage: 21,93 kg CO₂-Äq/GJ CH₄), vor allem, wenn die Ertragserwartungen zur Düngerbemessung nicht erreicht wurden. Die hohen Energieerträge der FF07 Mais-Mais-Mais-W.Weizen (522-576 GJ CH₄/ha) zogen in der Produktion keine höheren Emissionen nach sich. Die hohen Kalium- Entzüge durch Topinambur (FF08) machten nach Abfall in Gehaltsstufe B(niedrig) eine Kalkung notwendig,

Diese wurde mit Branntkalk durchgeführt und erklärt die hohen Feldemissionen und den hohen produktbezogenen THG- Bilanz–Saldo.

Für alle Fruchtfolgen wurden positive Energiebilanzen (zwischen FF06: 202 GJ/ha und FF07: 479 GJ/ha) errechnet Der Bericht der Leopoldina Bioenergie- Möglichkeiten und Grenzen (Leopoldina, 2013) gibt für die Biogasproduktion aus Maissilage einen EROI von 4,8 an, die gemachten Untersuchungen und Berechnungen zeigen für die FF01 – FF08 einen EROI von über 5, für FF07 Mais-Mais-Mais-W.Weizen wird im Mittel ein EROI-Wert von 7,8 berechnet und zeigt die beste Energienutzungseffizienz unter den Angebauten Fruchtfolgen.

Tabelle 3: Treibhausgas- und energiebezogenen Indikatoren FF01-FF08

		FF01	FF02	FF03	FF04/FF05	FF05/FF04	FF06	FF07	FF08
THG-Emissionen	t CO ₂ -Äq/ha	9,8	8,9	10,3	6,0	7,3	7,0	9,2	10,2
THG/Methanausbeute	kg CO ₂ -Äq/GJ CH ₄	15,0	18,4	18,4	10,6	11,6	12,0	12,6	26,8
Energieertrag	GJ CH ₄ /ha	489	276	443	389	259	238	551	396
Energieaufwand	GJ/ha	76	53	88	51	37	36	72	75
Energiebilanz	GJ/ha	413	223	355	338	222	202	479	321
EROI		6,4	5,2	5,1	7,6	7,0	6,5	7,8	5,3

3.4.4 Zusammenfassende Übersicht der Bewertungsgrößen und Parameter

Tabelle 4: Indikatoren FF01-FF08

		FF01	FF02	FF03	FF04/FF05	FF05/FF04	FF06	FF07	FF08
Trockenmasseertrag	dt TM/ha	510,8	381,9	456,5	451,4	304,4	277,0	530,7	553,2
Methanertrag	N m ³ CH ₄ /ha	13468	7719	12154	10301	7051	6675	14734	10804
N-Zufuhr Mineralisch	KG N/ha	614	566	643	277	507	485	562	644
Humusbilanz-Saldo	kg Humus-C /ha & Jahr	-271	-61	-256	321	-32	-33	-353	
Wasserverbrauch	mm/Jahr	394	373	393	392	395		421	
Sickerwassermenge	mm/Jahr	147	138	127	134	142		79	
Nitrataustrag	kg N/ ha & Jahr	22	24	21	24	28		20	
THG-Emissionen	t CO ₂ -Äq/ha	9,8	8,9	10,3	6,0	7,3	7,0	9,2	10,2
THG/Methanausbeute	kg CO ₂ Äq/GJ CH ₄	15,0	18,4	18,4	10,6	11,6	12,0	12,6	26,8
Energieertrag	GJ CH ₄ /ha	489	276	443	389	259	238	551	396
Energieaufwand (KEA)	GJ/ha	76	53	88	51	37	36	72	75
Energiebilanz	GJ/ha	413	223	355	338	222	202	479	321
EROI		6,4	5,2	5,1	7,6	7,0	6,5	7,8	5,3
Brutvogelhabitatindex	(4 Arten)	1,95	1,47	1,74	2,77	1,81	2,18	1,28	1,78
Futterhabitatindex	(3 Arten)	2,73	2,29	2,68	4,36	1,41	1,65	1,78	2,92
EVA-Deckungsbeitrag	€/ha	881,1	923,2	219,3	955,0	1311,4	1293,3	1657,0	-73,6

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Bereitstellung von Substraten für Betrieb der Biogasanlage steht in der Praxis im Mittelpunkt. Zum Erreichen stehen in der Praxis verschiedene Anbauvarianten und -systeme zur Verfügung. In die betrieblichen Entscheidungen über Auswahl und Kombination der Anbauvarianten finden ein Vielzahl Kriterien Eingang. Neben den pflanzenbaulichen und standortbestimmten Entscheidungsgründen (Ertragspotential am Standort, Bodenwasserhaushalt und Niederschlagsversorgung, phytosanitärer Status usw.) sind auch betriebswirtschaftliche Größen (Betriebsausstattung, Flächenstruktur, Arbeitsspitzenverteilung) und ökologische, gesellschaftliche und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in der Anbaugestaltung zu berücksichtigen, um eine nachhaltigen und

effizienten Energiepflanzenanbau zur landwirtschaftlichen Produktion von Energiepflanzen sicher zu stellen.

Unter dem Gesichtspunkt eines Energiepflanzenanbau nach guter fachlicher Praxis und einer standortangepassten Fruchtfolgegestaltung wurden am Standort Dornburg neben 5 Standardfruchtfolgen (FF01- FF05 an 8 Standorten in Deutschland im Vergleichsanbau) 3 Regionalf Fruchtfolgen mit Standortangepasster Fruchtfolgegestaltung in 4 Rotationen (EVA II: 3. Anlage 2009-2012 und 4. Anlage 2010-2013) angebaut. Weiter Versuchsanlagen zu verschiedenen Systemfragestellungen wurden im Projektverlauf angelegt und wissenschaftlich ausgewertet.

Für die Biogassubstratproduktion ist Mais in Hauptfruchtstellung als Fruchtart mit der höchsten Vorzüglichkeit anzusehen. Hohe Trockenmasseerträge (max: 264 dt TM/ha) in Verbindung mit guten Biogasausbeuten ermöglichen gute Energieerträge und EVA-Deckungsbeträge. So ist FF08 (Mais-Mais-Mais-W.Weizen) im Mittel die ökonomisch erfolgreichste der angebauten Fruchtfolgen. Demgegenüber stehen hohe notwendige Energieaufwendungen (FF08 KEA:72 GJ/ha), hohe Treibhausgasemissionen, vergleichsweise ungünstige Habitategenschaften des Maises und Risiken von Fruchtfolgekrankheiten, Ertragsdepressionen und kulturartfolgenden Schaderregern, welche hohe Anbaukonzentrationen nach guter fachlicher Praxis ausschließen. In den Thüringer Marktfruchtregionen (Thüringer Becken, Östthüringer Übergangslagen) ist Mais als Energiepflanze eine günstige Möglichkeit zur Auflockerung der getreidebetonten Fruchtfolgen. Aufgrund der geringen Maisanbaukonzentrationen und der Kleinräumlichkeit der Agrarlandschaften sind negative Auswirkungen und gesellschaftliche Akzeptanzprobleme wie in einigen deutschen Veredlungsregionen nicht zu befürchten.

Am Standort erbrachte die FF04/FF05 (S.Gerste-Luzernegras-Luzernegras-W.Weizen) gute Trockenmasseerträge. Die Substrateigenschaften des Luzerne-Grases bedingen vergleichsweise geringere Methanhektarerträge. Durch die extensive Bewirtschaftungsweise (geringe Energieaufwendungen, geringe Aufwendungen für Mineraldünger) ist unter dem erreichten Ertragsniveau eine Produktion mit im Vergleich geringen THG-Emissionen bei einem günstigen Energienutzungseffizienzniveau (FF04/FF05 EROI: 7,6) möglich. Die ökologische Vorzüglichkeit des Luzernegrasanbaus (FF04/FF05: Futterhabitatindex: 4,36, Brutvogelhabitatindex: 2,77, Humusbilanzsaldo 321 kg Humus-C /ha & Jahr) zusammen mit den guten ökonomischen Ergebnissen (EVA: Deckungsbeitrag: 955,01 €) zeigen eine hohe Anbaueignung der Fruchtfolge. Mit den Ergebnissen des Satellitenversuches „Ackerfutter und Grünlandmischung“ (Vetter, Strauß, Lorenz, & Nehring, 2013) verschiedener Standorten in Thüringen konnten die hohen Ertragsleistungen der standortangepassten Ackerfuttermischung Luzernegras bestätigt werden. In weiterführenden Versuchen, gilt es das Etablierungsrisiko der Ackerfuttermischung zu Minimieren und geeignete ertragsstarke Deckfrüchte zu finden.

In der ökonomischen Bewertung der Fruchtarten mit Hilfe des EVA-Deckungsbeitrages stehen mit W.Weizen Kornnutzung (645€/ha), W.Triticale Kornnutzung (644 €/ha), die in FF06 angebauten Getreideartenmischung mit GPS-Nutzung und W.Triticale mit GPS-Nutzung auf den Rangfolgen 1 – 4. Die sicheren und hohen Erträge (W.Weizen Korn: StABW 12,45 dt/ha =17,4%) der in die Fruchtfolgen integrierten W.Getreide, spiegeln die hohe Anbaueignung von W.Weizen und W.Triticale und die Prägung als Marktfruchtregion wieder. Mit den in der Praxis bekannten Anbauverfahren und der vorhandenen Aussaat- und Pflorgetechnik sind Ganzpflanzengetreide zur Produktion von Biogassubstraten einfach in die Produktion einzugliedern. Durch das frühe Räumen der Kulturen ist es möglich

Zwischenfrüchte zu etablieren. Dabei können Zwischenfrüchte sowohl Ertragsfunktionen, phytosanitäre Funktionen, betriebswirtschaftliche bzw. arbeitswirtschaftliche Funktionen als auch Ressourcenschutzfunktionen und landeskulturelle Funktionen erfüllen (Freyer, 2003).

In FF01 erfüllt die angebaute Zwischenfrucht Sorghum in den vorrangig eine Ertragsfunktion. Die angebauten Kombinationen (W.Gerste-Sorghum) erbringt im Mittel die höchste TM-Jahresproduktion im Vergleich zu anderen Fruchtarten und Kombinationen. Mit Grünschnittroggen in FF02 und FF03 in Kombination mit den nachgestellten C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung, werden nur vergleichbare und in EVA II tendenziell schlechtere TM-Ertragsergebnisse bei geringerem ökonomischen Nutzen erzielt. Die ressourcenschonende Funktion des W.Roggens mit geforderten Greening-Effekten, Nährstofffixierung über Winter und humusmehrender Funktion steht dem gegenüber. Deutlich wird hier das Spannungsfeld zwischen Erntezeitpunkt WZwF (Ertrag, TS-Gehalt), Wasserversorgung der in der Jugendentwicklung konkurrenzschwachen C4-Pflanzen bei möglicher Frühjahrstrockenheit, den Ertrags- und Abreiferisiken und der möglichen Verschiebung des optimalen Saatzeitpunktes der Folgefrucht. Untersuchungen vom Standort Güterfelde (Vetter, Strauß, Lorenz, & Nehring, 2013) zeigen, dass Erntezeitpunkt, Saatzeit und Sortenwahl flexibel und standortangepasst zu wählen sind, um Ertragseinbußen zu vermeiden.

Zwischenfrüchte können positive phytosanitäre Effekte mit sich bringen. Ertragsmindernde Schadkomplexe, wie Fusariosen, Getreidefußkrankheiten, Ungräser, Unkräuter im Getreideanbaues und phytotoxisch wirkende Abbauprodukte der Strohrotte gilt es auszuschließen oder zu vermindern. Die unterschiedlichen Erträge des W.Weizen in FF01, FF02 und FF03 als den Fruchtfolgeumlauf abschließende Frucht zeigen die unterschiedlichen Wirkungen der Vorfrüchte auf.

Um die Bodenfunktionen zu gewährleisten, ist es notwendig eine ausgeglichen Humus- und Nährstoffhaushalt zu erhalten hier können humusmehrende und zur Gründüngung angebaute Zwischenfrüchte (Phacelia FF01) aktive Beiträge leisten und gleichzeitig ökologische Forderungen nach Diversität, Boden- und Gewässerschutz erfüllen.

Alternative Kulturarten in Hauptfrucht oder Zweitfruchtstellung wie Topinambur, Sommergetreide zur GPS-Nutzung und Sorghum als Energiepflanzen erbrachten unterschiedlich zu bewertende Ergebnisse, teilweise gilt es für abschließende Bewertungen weitere Erfahrungen und Ergebnisse zu sammeln. Topinambur enttäuschte aufgrund seiner schwankenden Ertragsergebnisse, der ökonomische Nutzen blieb aufgrund der hohen Pflanzkosten und der vergleichsweise schlechten Biogasausbeuten hinter den Erwartungen zurück. Sorghum in HF-oder ZF-Stellung sicherte teilweise gute TM-Erträge bei ausreichenden TS-Gehalten. Auf der anderen Seite war in den Jahren 2010 und 2011 aufgrund der schlechten Jugendentwicklung ein Umbruch und eine Neueinsaat der Kultur notwendig und die TS-Gehalte >25% (gefordert für Silierrfähigkeit, Minimierung Silierverluste und Transportwürdigkeit) werden oft nicht erreicht. In weiteren Versuchen gilt es den Datenumfang zu erhöhen und Erfahrungen bei der Kulturführung zu sammeln. Die angebauten Sommergetreide (S.Gerste, Hafer und Hafersortenmischung) konnten aufgrund unterlegenen Ertragsleistungen bei gleichen Arbeiterledigungskostenniveaus wirtschaftlich nicht überzeugen. Die sehr guten TM- Ertragsergebnisse der Hafersortenmischungen in 2009(156 dt TM/ha) und 2010 (137 dt TM/ha)zusammen mit den Eigenschaften als Gesundheitsfrucht in Getreidefruchtfolgen (Lütke Entrup & B., 2011), machen eine weitere Prüfung sinnvoll.

5 Fazit

Mit den Ergebnissen der 3. und 4. Anlage der EVA-Fruchtfolgeversuche werden die Ergebnisse des Projektes EVA I abgesichert und bestätigt. Weiterführende Aussagen zu Anbausystemen und Anbauvarianten für die Bereitstellung von Biogassubstraten wurden gewonnen. Im Fokus der Betrachtungen lagen dabei Gestaltung und Bewertung von Energiepflanzenfruchtfolgen.

Die Rolle des Maises als wichtigste Fruchtart für die Bereitstellung von Biogassubstraten wird anhand der Ergebnisse bestätigt. Unter den Bedingungen des Standortes Dornburg stellen Luzernegrass und Wintergetreide zur Ganzpflanzensilagenutzung wertvolle Ergänzungen in den Anbauvarianten dar. Durch diese Fruchtarten oder die Möglichkeit der Etablierung von Zwischenfrüchten können ökologische Funktionen und ressourcenschonenden Funktionen erfüllt werden.

Die geprüften Fruchtfolgen zeigen, dass durch vielgliedrige, fruchtartendiverse Fruchtfolgen mit integrierten Zwischenfrüchten eine ökonomisch und ökologisch nachhaltige und ertragssichere Produktion von Energiepflanzen möglich ist. Mit der langfristigen Ressourcenschonung wird somit ein Beitrag zum Erreichen der gesellschaftlichen Zielsetzungen erbracht.

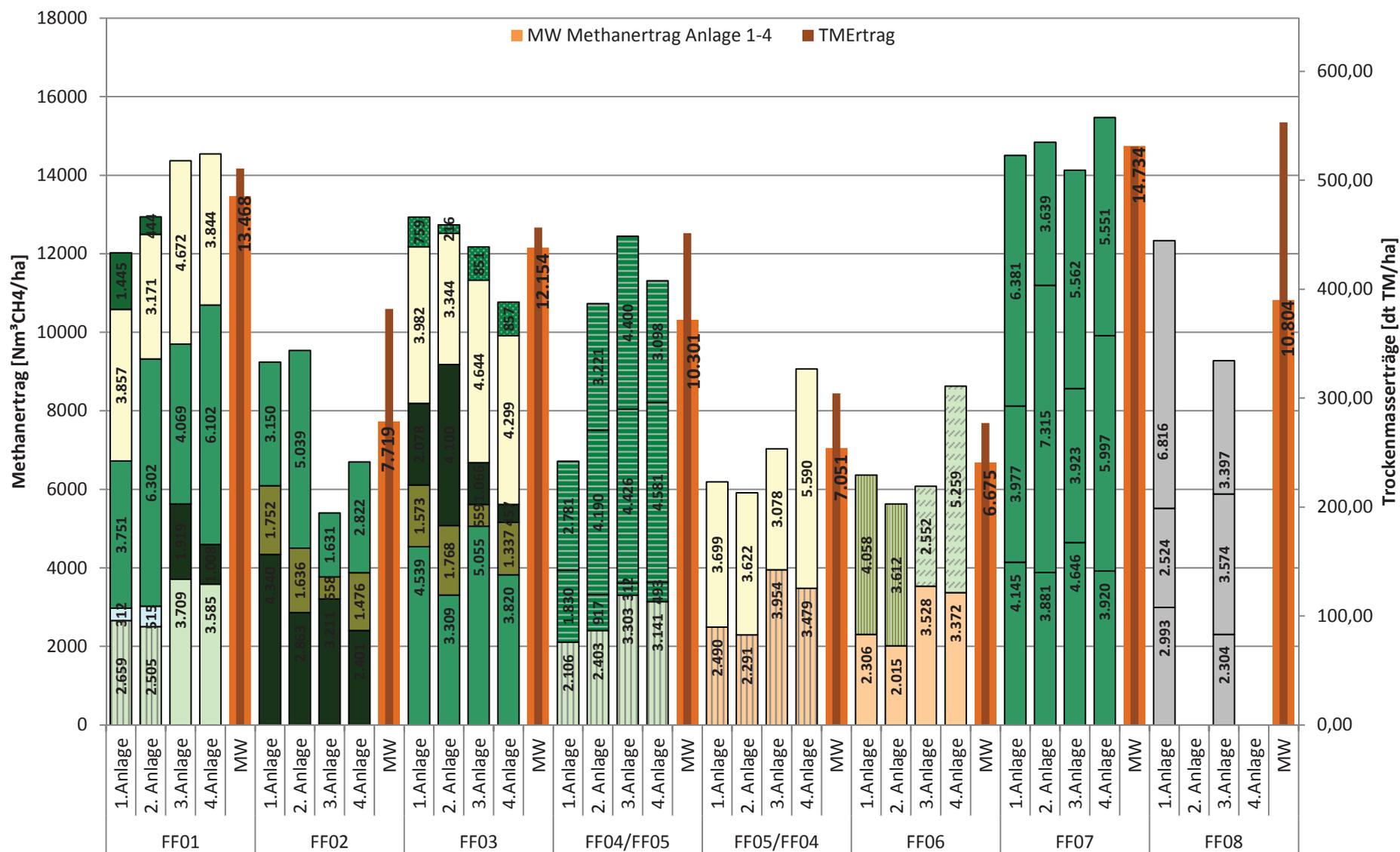
6 Literaturverzeichnis

- Auerbacher, J., Kornatz, P., & Dunkel, J. (2013). *Abschlussbericht Teilvorhaben 3:Ökonomische Begleitforschung*. Gießen.
- Bischof, R. V. (2012). *Optimierung des Anbauverfahrens von Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogasproduktion. Schlußbericht zum Vorhaben 08NR129*. Hannover: Technischen Informationsbibliothek und Informationsbibliothek.
- Freyer, B. (2003). *Fruchtfolgen*. Stuttgart: Ulmer.
- Glemnitz, M. W. (2013). *Vorläufiger Endbericht zu Teilprojekt II" Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus*. Müncheberg: ZALF.
- Heiermann, M. H. (2013). *Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis, Abschlußbericht Teilprojekt 4/ EVAII (FKZ 22013308)*. Potsdam.
- Körshens, M., Rogasik, J., & Schulz, E. (2004). *VDLUFa Standpunkt Humusbilanzierung: Methode zur Bemessung der Humusversorgung von Ackerland*. Von <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf> abgerufen
- KTBL. (2009). *Faustzahlen Biogas*. Darmstadt: KTBL.
- Leopoldina. (2013). *Bioenergie- Möglichkeiten und Grenzen*. Von http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2013_06_Stellungnahme_Bioenergie_DE.pdf abgerufen
- Lütke Entrup, N., & B., S. (2011). *Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2: Kulturpflanzen*. Bonn: AgroConcept.
- Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen - Düngeverordnung – DüV vom 27. Februar 2007*. (2007). BGBl. I, S. 221.
- Vetter, A., Strauß, C., Lorenz, M., & Nehring, A. (2013). *vorläufiger Abschlußbericht TP1"Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime"*. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Zorn, W. e. (2009). Von <http://www.thueringen.de/th8/tll/pflanzenproduktion/duengung/> abgerufen

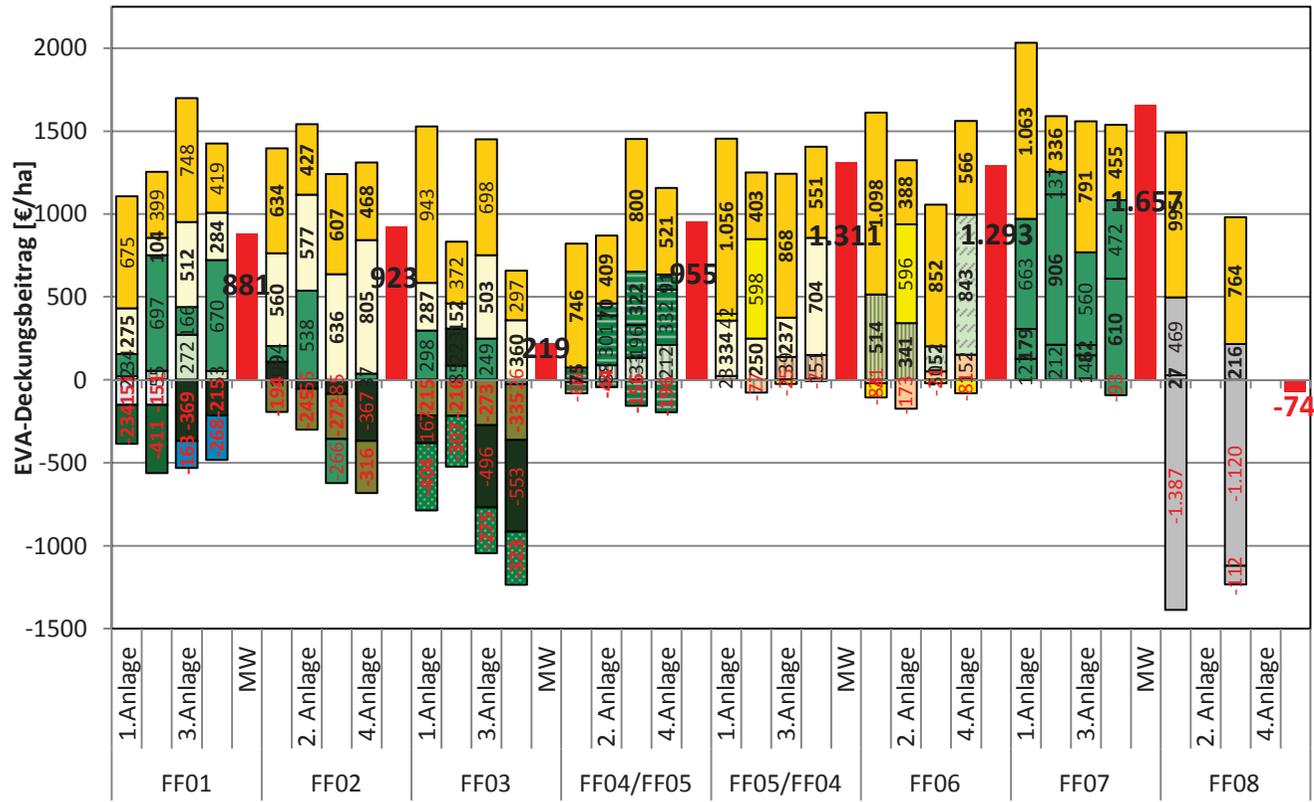
7 Anhang

Anhang 1: Kumulierte Methanerträge und Mittel TM-Erträge der FF 01-08, 1.-4.Anlage	40
Anhang 2: Kumulierte EVA-Deckungsbeiträge FF01-08, 1.-4.Anlage	41
Anhang 3: TM-Erträge;FF01- 08, 1.Anlage + 3.Anlage, Bodenbearbeitung Konv./minimal	42
Anhang 4: Humusbilanzierung FF01-08, 1.-4.Anlage	43
Anhang 5: Kornertrag & Strohertrag AbschlußFFG W.Weizen FF01-FF08, 1.-4.Anlage	45
Anhang 6: Qualitätsparameter des AbschlußFFG W.Weizen FF01-08; 1.-4.Anlage	46
Anhang 7: Bewirtschaftungsdaten FF01-08, 1.-4.Anlage	47

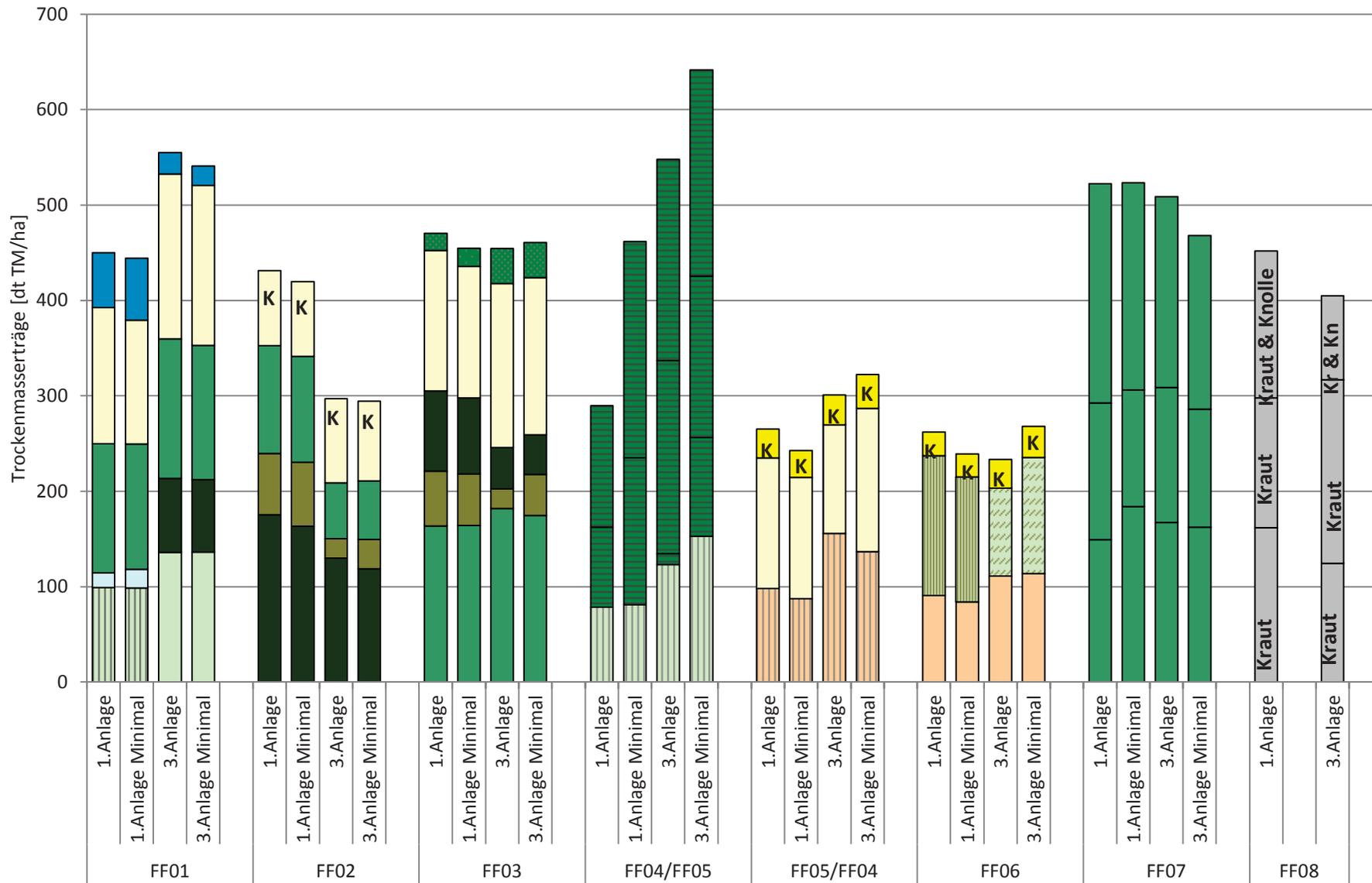
Anhang 1: Kumulierte Methanerträge und Mittel TM-Erträge der FF 01-08, 1.-4.Anlage



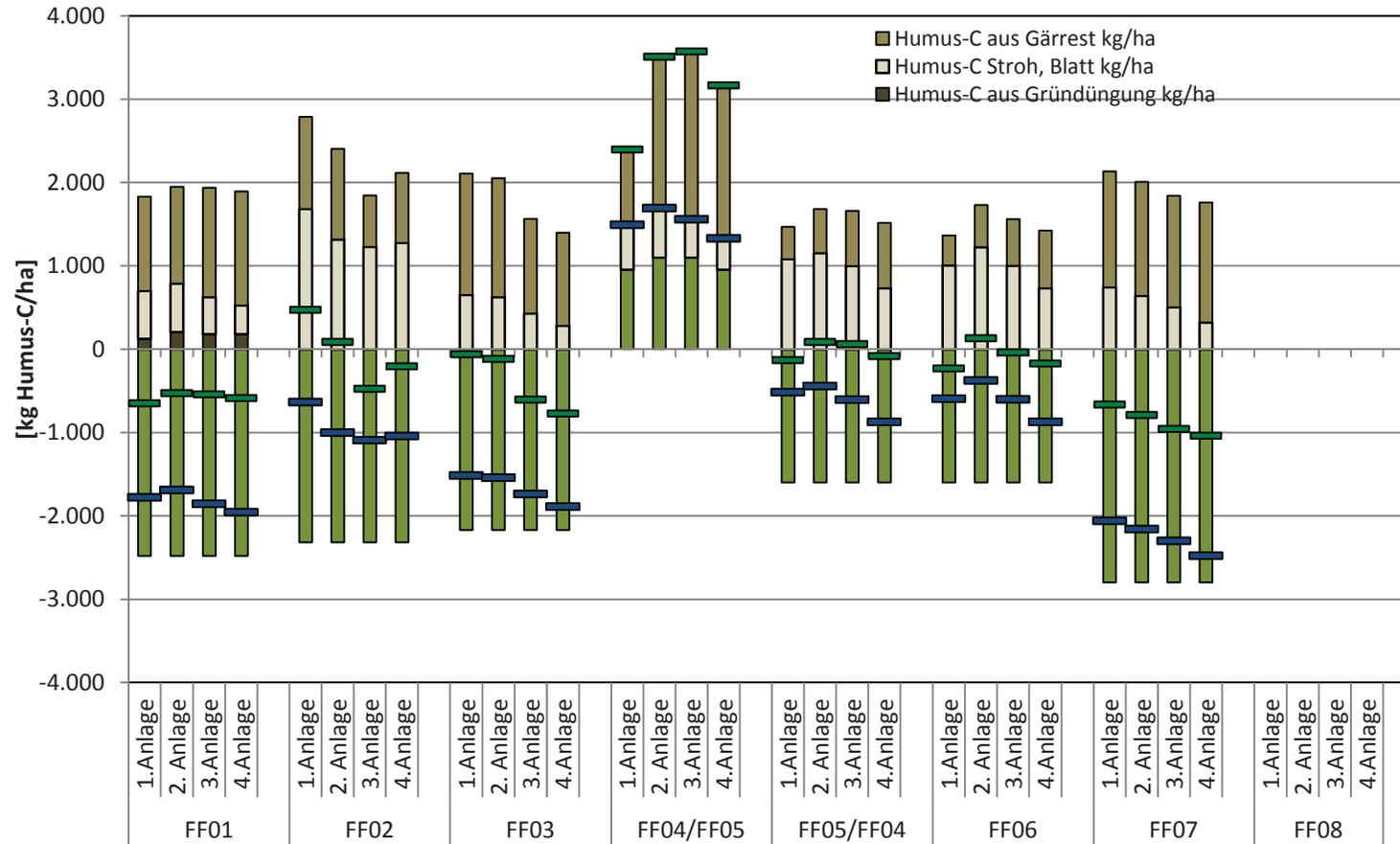
Anhang 2: Kumulierte EVA-Deckungsbeiträge FF01-08, 1.-4.Anlage

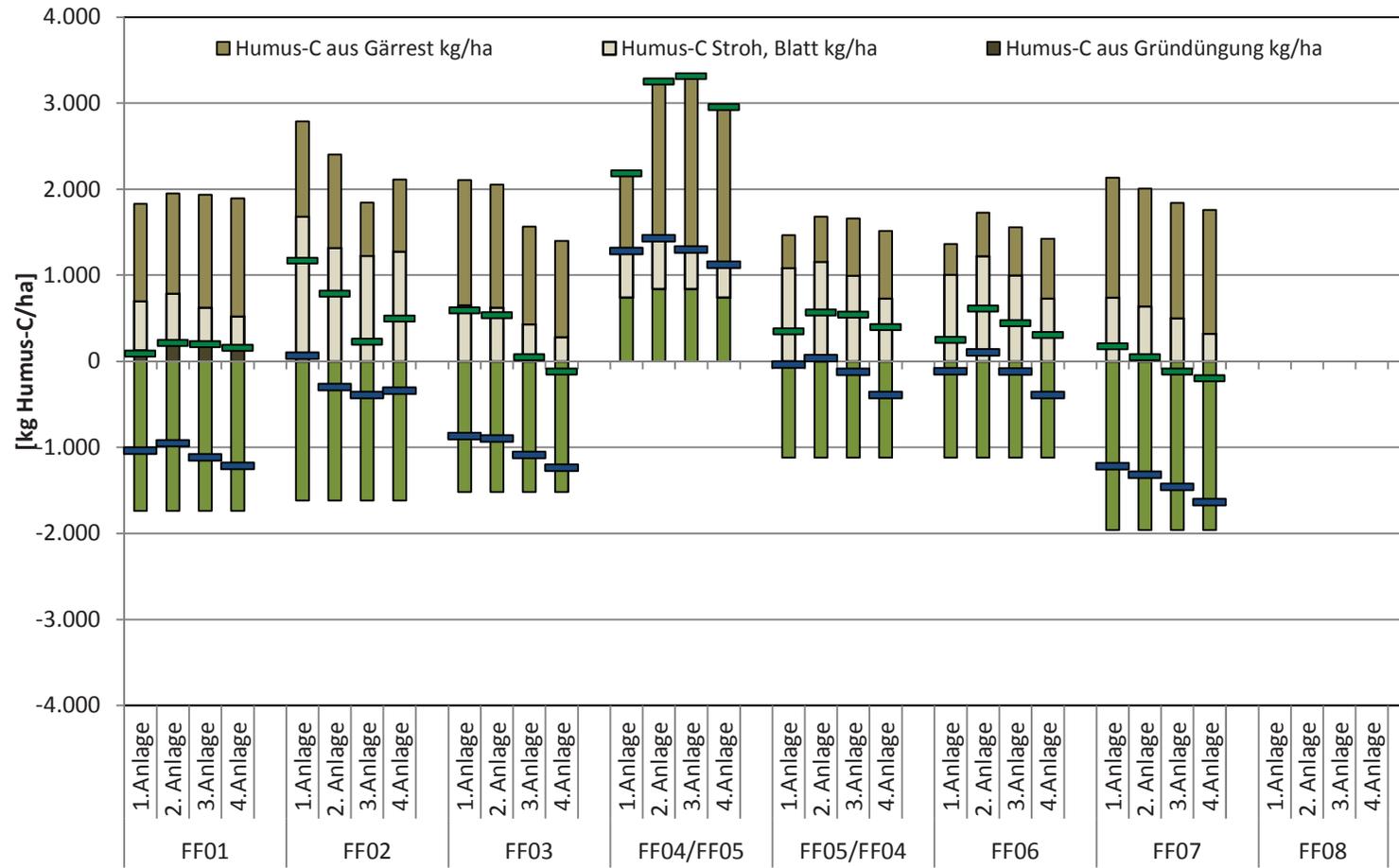


Anhang 3: TM-Erträge;FF01- 08, 1.Anlage + 3.Anlage, Bodenbearbeitung Konv./minimal



Anhang 4: Humusbilanzierung FF01-08, 1.-4.Anlage





Anhang 5: Kornertrag & Strohertrag Abschluss-FFG W.Weizen FF01-FF08, 1.-4.Anlage

Korn bei 86% TS							
	Vorfrucht	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	EVA II	MW
FF01	W.Triticale/ Phacelia	87,6 dt/ha	66,1 dt/ha	81,4 dt/ha	74,2 dt/ha	77,8 dt/ha	77,3 dt/ha
FF02	W.Triticale Korn	72,2 dt/ha	66,8 dt/ha	72,5 dt/ha	77,2 dt/ha	74,8 dt/ha	72,2 dt/ha
FF03	W.Triticale/einj. Weidelgras	93,5 dt/ha	66,2 dt/ha	79,0 dt/ha	65,1 dt/ha	72,1 dt/ha	76,0 dt/ha
FF04/FF05	Luzernegras	82,5 dt/ha	67,0 dt/ha	89,9 dt/ha	83,5 dt/ha	86,7 dt/ha	80,7 dt/ha
FF05/FF04	W.Raps	102,3 dt/ha	67,2 dt/ha	84,9 dt/ha	81,4 dt/ha	83,1 dt/ha	83,9 dt/ha
FF06	W.Raps	106,8 dt/ha	64,9 dt/ha	88,7 dt/ha	88,0 dt/ha	88,4 dt/ha	87,1 dt/ha
FF07	Mais	105,6 dt/ha	61,5 dt/ha	86,1 dt/ha	78,1 dt/ha	82,1 dt/ha	82,8 dt/ha
FF08	Topinambur	90,7 dt/ha		84,3 dt/ha		84,3 dt/ha	87,5 dt/ha
	Mittelwert	92,6 dt/ha	65,7 dt/ha	83,3 dt/ha	78,2 dt/ha	81,2 dt/ha	80,9 dt/ha
Nebenerntegut Stoh bei 86% TS							
FF01	W.Triticale/ Phacelia	56,4 dt/ha	68,1 dt/ha	58,8 dt/ha	41,8 dt/ha	50,3 dt/ha	56,3 dt/ha
FF02	W.Triticale Korn	56,3 dt/ha	73,9 dt/ha	49,3 dt/ha	43,6 dt/ha	46,5 dt/ha	55,8 dt/ha
FF03	W.Triticale/einj. Weidelgras	65,0 dt/ha	72,8 dt/ha	60,6 dt/ha	37,6 dt/ha	49,1 dt/ha	59,0 dt/ha
FF04/FF05	Luzernegras	53,2 dt/ha	69,1 dt/ha	94,1 dt/ha	48,5 dt/ha	71,3 dt/ha	66,2 dt/ha
FF05/FF04	W.Raps	71,6 dt/ha	82,3 dt/ha	153,0 dt/ha	47,5 dt/ha	100,2 dt/ha	88,6 dt/ha
FF06	W.Raps	70,5 dt/ha	83,7 dt/ha	154,5 dt/ha	46,4 dt/ha	100,4 dt/ha	88,8 dt/ha
FF07	Mais	72,7 dt/ha	74,4 dt/ha	75,1 dt/ha	38,6 dt/ha	56,8 dt/ha	65,2 dt/ha
FF08	Topinambur	76,8 dt/ha		97,3 dt/ha		97,3 dt/ha	87,1 dt/ha
	Mittelwert	65,3 dt/ha	74,9 dt/ha	92,8 dt/ha	43,4 dt/ha	71,5 dt/ha	70,9 dt/ha
Korn-Stroh-Verhältnis							
	Vorfrucht	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	MW	
FF01	W.Triticale/ Phacelia	1 : 0,644	1 : 1,029	1 : 0,723	1 : 0,564	1 : 0,740	
FF02	W.Triticale Korn	1 : 0,780	1 : 1,106	1 : 0,680	1 : 0,565	1 : 0,783	
FF03	W.Triticale/einj. Weidelgras	1 : 0,695	1 : 1,099	1 : 0,767	1 : 0,578	1 : 0,785	
FF04/FF05	Luzernegras	1 : 0,645	1 : 1,031	1 : 1,702	1 : 0,568	1 : 0,986	
FF05/FF04	W.Raps	1 : 0,700	1 : 1,225	1 : 1,108	1 : 0,596	1 : 0,907	
FF06	W.Raps	1 : 0,660	1 : 1,290	1 : 1,742	1 : 0,527	1 : 1,055	
FF07	Mais	1 : 0,689	1 : 1,211	1 : 0,872	1 : 0,494	1 : 0,816	
FF08	Topinambur	1 : 0,847		1 : 1,154		1 : 1,001	
	Mittelwert	1 : 0,708	1 : 1,142	1 : 1,094	1 : 0,556	1 : 0,884	

Anhang 6: Qualitätsparameter des AbschlußFFG W.Weizen FF01-08; 1.-4.Anlage

		Fallzahl s					Rohprotein % in der TM				
		1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	MW	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	MW
FF01	W.Triticale/ Phacelia	419	390	388		399	10,6	10,2	11,1		10,6
FF02	W.Triticale Korn	446	398	407		417	11,5	10,3	11,4		11,1
FF03	W.Triticale/einj. Weidelgras	410	381	400		397	10,7	9,5	11,5		10,6
FF04/FF05	Luzernegras	434	394	397		408	10,6	10,8	11,3		10,9
FF05/FF04	W.Raps	423	404	394		407	11,7	11,4	11,7		11,6
FF06	W.Raps	439				439	12,1				12,1
FF07	Mais	415				415	11,8				11,8
FF08	Topinambur	411				411	11,1				11,1
	Gesamtergebnis	424	392	394			11,0	10,4	11,3		
		Hektolitergewicht kg/hl					Tausendkornmasse g				
		1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	MW	1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	MW
FF01	W.Triticale/ Phacelia		76,9	80,6	78,9	78,8			41,4	43,0	42,2
FF02	W.Triticale Korn		77,6	80,1	79,3	79,0			40,3	43,0	41,6
FF03	W.Triticale/einj. Weidelgras		77,9	81,1	78,6	79,2			32,5	42,3	37,4
FF04/FF05	Luzernegras		78,0	81,4	78,6	79,3			42,8	44,9	43,8
FF05/FF04	W.Raps		78,1	81,8	79,3	79,7			42,2	43,2	42,7
FF06	W.Raps				79,3	79,3				43,1	43,1
FF07	Mais				79,0	79,0				42,2	42,2
FF08	Topinambur				78,2	78,2				42,6	42,6
	Gesamtergebnis		77,4	80,9	78,9				40,3	43,2	
		DON mg/kg FM					Mycotoxine ZEA µg/kg FM				
		1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage		1.Anlage	2.Anlage	3.Anlage	4.Anlage	
FF01	W.Triticale/ Phacelia	0,44	0,35	<0,11	<0,11				<25	<25	
FF02	W.Triticale Korn	<0,11	0,36	<0,11	<0,11				<25	<25	
FF03	W.Triticale/einj. Weidelgras	<0,11	0,30	<0,11	<0,11				<25	<25	
FF04/FF05	Luzernegras	<0,11	0,22	<0,11	<0,11				<25	<25	
FF05/FF04	W.Raps	<0,11	0,52	<0,11	<0,11				<25	<25	
FF06	W.Raps			<0,11	<0,11				<25	<25	
FF07	Mais			<0,11	<0,11				<25	<25	
FF08	Topinambur			<0,11	<0,11				<25	<25	
	Gesamtergebnis										

Anhang 7: Bewirtschaftungsdaten FF01-08, 1.-4.Anlage

Fruchtfolge		FF01											
Anlage		3.Anlage						4.Anlage					
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		W.Gerste	Sorghum b. x s.	Mais	W.Triticale	Phacelia	W.Weizen	W.Gerste	Sorghum b. x s.	Mais	W.Triticale	Phacelia	W.Weizen
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.
Aussaat	Sorte	Fridericus	Lussi	Atletico		Lisette	Chevalier	Fridericus	Latte	Atletico	Benetto	Lisette	Chevalier
	Datum	19.09.2008	04.06.2009	23.04.2010	11.10.2010	06.07.2011	05.10.2011	22.09.2009	16.06.2010	18.04.2011	05.10.2011	18.06.2012	08.10.2012
	Einheit	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
	Menge	147	25	2	155	5	167	135	155	7	2	130	21,40
Düngung	Dünger	KAS	KAS	KAS	KAS		KAS	KAS	KAS	KAS	KAS		KAS
			Branntkalk				60er Kali						Kieserit granuliert
							Kieserit granuliert						60er Kali
							Triple-Superphos.						
	N	132 kg/ha	79 kg/ha	159 kg/ha	114 kg/ha		155 kg/ha	120 kg/ha	122 kg/ha	135 kg/ha	130 kg/ha		130 kg/ha
	P	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		25 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha
	K	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		26 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		40 kg/ha
Pflanzenschutz	PSM	Bacara	Gardo Gold	Artett	Artus		Artus			Artett	Artus		Bacara Forte
	Datum	08.10.2008	03.07.2009	05.06.2010	11.04.2011		22.03.2012	08.04.2010		23.05.2011	22.03.2012		22.10.2012
	Menge	1,00	4,00	2,50	0,05		0,05	0,05		2,50	0,05		1,00
	Einheit	L/ha	L/ha	L/ha	kg/ha		kg/ha	kg/ha		L/ha	kg/ha		L/ha
	Wirkbereich	Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid		Herbizid
	PSM	Composan Extra		Motivell	CCC 720		CCC 720	Composan Extra		Effigo			CCC 720
	Datum	27.04.2009		05.06.2010	19.04.2011		15.03.2012	05.05.2010		30.05.2011			02.05.2013
	Menge	0,70		1,00	1,40		1,40	0,70		0,35			1,20
	Einheit	L/ha		L/ha	L/ha		L/ha	L/ha		L/ha			L/ha
	Wirkbereich	Wachstumsregler		Herbizid	Wachstumsregler		Wachstumsregler	Wachstumsregler		Herbizid			Wachstumsregler
	PSM	Input		STEWARD			Opus Top	Input		Motivell			Juwel Top
	Datum	27.04.2009		16.07.2010			11.05.2012	05.05.2010		23.05.2011			13.06.2013
	Menge	1,25		0,13			1,50	1,25		1,00			1,00
	Einheit	L/ha		kg/ha			L/ha	L/ha		L/ha			L/ha
	Wirkbereich	Fungizid		Insektizid			Fungizid	Fungizid		Herbizid			Fungizid
	PSM							Karate Zeon					Moddus
	Datum							07.10.2009					15.05.2013
	Menge							0,75					0,50
	Einheit							L/ha					L/ha
	Wirkbereich							Insektizid					Wachstumsregler
PSM												U 46 Combi	
Datum												06.06.2013	
Menge												1,50	
Einheit												L/ha	
Wirkbereich												Herbizid	
Ernte	Datum	03.06.2009	07.10.2009	16.09.2010	28.06.2011		02.08.2012	15.06.2010	13.10.2010	15.09.2011	13.06.2012		15.08.2013
	TM-Ertrag	135,99 t TM/ha	77,50 t TM/ha	146,57 t TM/ha	172,87 t TM/ha		62,01 t TM/ha	131,45 t TM/ha	40,69 t TM/ha	219,78 t TM/ha	142,23 t TM/ha		49,79 t TM/ha
	TS-Gehalt	0,33	0,25	0,24	0,42		0,87	0,35	0,18	0,32	0,33		0,86
	CH4-Ertrag	3709 Nm³ CH4/ha	1919 Nm³ CH4/ha	4069 Nm³ CH4/ha	4672 Nm³ CH4/ha			3585 Nm³ CH4/ha	1008 Nm³ CH4/ha	6102 Nm³ CH4/ha	3844 Nm³ CH4/ha		
Deckungsbeitrag		272,43 €	-368,72 €	166,00 €	512,33 €	-162,68 €	747,98 €	52,83 €	-215,27 €	669,94 €	284,20 €	-267,90 €	419,14 €
Dauer Aussaat - Ernte		257	125	146	260		302	266	119	150	252		311

Fruchtfolge		FF01											
Anlage		1.Anlage						2.Anlage					
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		S.Gerste	Ölrettich	Mais	W.Triticale	Sorghum b.	W.Weizen	S.Gerste	Ölrettich	Mais	W.Triticale	Sorghum b.	W.Weizen
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.
Aussaat	Sorte	Pasadena	Regresso	Maibi	Benetto	Super Sile 18	Türkis	Pasadena	Regresso	Maibi	Benetto	Super Sile 18	Türkis
	Datum	06.04.2005	25.07.2005	21.04.2006	25.09.2006	15.06.2007	01.11.2007	08.04.2006	17.08.2006	25.04.2007	12.10.2007	24.06.2008	15.10.2008
	Einheit	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
	Menge	147	20	2	187	8	197	147	20	2	187	8,00	244,00
Düngung	Dünger	40er Kali	Harnstoff	KAS	60er Kali	KAS	KAS	KAS		60er Kali	ASS	KAS	ASS
		KAS			KAS		Kieserit granuliert				KAS		KAS
		Triple-Superphos.			Triple-Superphos.								
	N	80 kg/ha	40 kg/ha	119 kg/ha	134 kg/ha	100 kg/ha	160 kg/ha	60 kg/ha		134 kg/ha	131 kg/ha	84 kg/ha	140 kg/ha
	P	40 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	35 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
	K	65 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	158 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	191 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
Pflanzenschutz	PSM	Basagran DP		Artett	Camposan Extra	Certrol B	Artus	Basagran DP		Clio Top Pack	Artus	Artett	Artus
	Datum	19.05.2005		22.05.2006	25.04.2007	13.07.2007	30.04.2008	23.05.2006		25.05.2007	17.04.2008	16.07.2008	14.04.2009
	Menge	2,50		2,50	0,75	1,25	0,05	3,00		2,70	0,05	3,00	0,05
	Einheit	L/ha		L/ha	L/ha	L/ha	kg/ha	L/ha		L/ha	kg/ha	L/ha	kg/ha
	Wirkbereich	Herbizid		Herbizid	Wachstumsregler	Herbizid	Herbizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid
	PSM			Motivell	Opus Top		CCC 720				Camposan Extra		CCC 720
	Datum			22.05.2006	25.04.2007		30.04.2008				08.05.2008		14.04.2009
	Menge			1,00	1,00		1,40				0,75		1,40
	Einheit			L/ha	L/ha		L/ha				L/ha		L/ha
	Wirkbereich			Herbizid	Fungizid		Wachstumsregler				Wachstumsregler		Wachstumsregler
	PSM						Juwel Top						Input
	Datum						06.06.2008						20.05.2009
	Menge						1,00						1,25
	Einheit						L/ha						L/ha
	Wirkbereich						Fungizid						Fungizid
	PSM												Pirimor Granulat
	Datum												02.07.2009
	Menge												0,20
	Einheit												kg/ha
	Wirkbereich												Insektizid
PSM													
Datum													
Menge													
Einheit													
Wirkbereich													
Ernte	Datum	12.07.2005	04.10.2005	07.09.2006	11.06.2007	15.10.2007	07.08.2008	10.07.2006	23.10.2006	13.09.2007	20.06.2008	08.10.2008	31.07.2009
	TM-Ertrag	99,05 t TM/ha	15,60 t TM/ha	135,10 t TM/ha	142,74 t TM/ha	57,40 t TM/ha	71,66 t TM/ha	93,31 t TM/ha	25,74 t TM/ha	226,99 t TM/ha	117,33 t TM/ha	17,63 t TM/ha	61,76 t TM/ha
	TS-Gehalt	0,37	0,12	0,31	0,33	0,24	0,88	0,39	0,11	0,30	0,30	0,19	0,90
	CH4-Ertrag	2659 Nm ³ CH4/ha	312 Nm ³ CH4/ha	3751 Nm ³ CH4/ha	3857 Nm ³ CH4/ha	1445 Nm ³ CH4/ha		2505 Nm ³ CH4/ha	515 Nm ³ CH4/ha	6302 Nm ³ CH4/ha	3171 Nm ³ CH4/ha	444 Nm ³ CH4/ha	
Deckungsbeitrag		21,95 €	-150,82 €	134,13 €	275,07 €	-234,17 €	675,50 €	54,97 €	-150,82 €	696,66 €	103,67 €	-410,76 €	399,07 €
Dauer Aussaat - Ernte		97	71	139	259	122	280	93	67	141	252	106	289

Fruchtfolge		FF02											
Anlage		1.Anlage					2.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		Sorghum b. x s.	W.Roggen	Mais	W.Triticale	W.Weizen		Sorghum b. x s.	W.Roggen	Mais	W.Triticale	W.Weizen	
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Susu	Protector	Constantino	Benetto	Türkis		Susu	Vitallo	Constantino	Benetto	Türkis	
	Datum	02.05.2005	06.10.2005	11.05.2006	25.09.2006	01.11.2007		02.05.2006	22.09.2006	18.05.2007	12.10.2007	15.10.2008	
	Einheit	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha		kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	
	Menge	25	160	2	187	197		25	160	2	187	244,00	
Düngung	Dünger	40er Kali	KAS	Kalkammonsalpeter	60er Kali	KAS		KAS	60er Kali	KAS	ASS	ASS	
		KAS			KAS	Kieserit granuliert		KAS		KAS	KAS	KAS	
		Triple-Superphos.			Triple-Superphos.								
	N	150 kg/ha	62 kg/ha	110 kg/ha	164 kg/ha	170 kg/ha		80 kg/ha	104 kg/ha	80 kg/ha	131 kg/ha	135 kg/ha	
	P	40 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	17 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha					
	K	65 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	158 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha	315 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	
Pflanzenschutz	PSM	Artett		Artett	Artus	Artus		Stomp SC			Artus	Artus	
	Datum	08.06.2005		12.06.2006	09.03.2007	30.04.2008		04.05.2006			17.04.2008	14.04.2009	
	Menge	3,00		2,50	0,05	0,05		3,00			0,05	0,05	
	Einheit	L/ha		L/ha	kg/ha	kg/ha		L/ha			kg/ha	kg/ha	
	Wirkbereich	Herbizid		Herbizid	Herbizid	Herbizid		Herbizid			Herbizid	Herbizid	
	PSM			Motivell	Camposan Extra	CCC 720					Camposan Extra	CCC 720	
	Datum			12.06.2006	25.04.2007	30.04.2008					08.05.2008	14.04.2009	
	Menge			1,00	0,75	1,40					0,75	1,40	
	Einheit			L/ha	L/ha	L/ha					L/ha	L/ha	
	Wirkbereich			Herbizid	Wachstumsregler	Wachstumsregler					Wachstumsregler	Wachstumsregler	
	PSM				Opus Top	Juwel Top					Pronto Plus	Input	
	Datum				25.04.2007	06.06.2008					06.06.2008	20.05.2009	
	Menge				1,50	1,00					1,50	1,25	
	Einheit				L/ha	L/ha					L/ha	L/ha	
	Wirkbereich				Fungizid	Fungizid					Fungizid	Fungizid	
	PSM												Pirimor Granulat
	Datum												02.07.2009
	Menge												0,20
	Einheit												kg/ha
	Wirkbereich												Insektizid
PSM													
Datum													
Menge													
Einheit													
Wirkbereich													
Ernte	Datum	13.09.2005	09.05.2006	07.09.2006	26.07.2007	07.08.2008		12.09.2006	26.04.2007	13.09.2007	05.08.2008	31.07.2009	
	TM-Ertrag	175,53 t TM/ha	64,15 t TM/ha	112,99 t TM/ha	85,62 t TM/ha	69,06 t TM/ha		115,80 t TM/ha	59,90 t TM/ha	180,77 t TM/ha	86,78 t TM/ha	65,02 t TM/ha	
	TS-Gehalt	0,26	0,22	0,29	0,94	0,91		0,28	0,18	0,27	0,88	0,91	
	CH4-Ertrag	4340 Nm³ CH4/ha	1752 Nm³ CH4/ha	3150 Nm³ CH4/ha				2863 Nm³ CH4/ha	1636 Nm³ CH4/ha	5039 Nm³ CH4/ha			
Deckungsbeitrag		109,10 €	-194,03 €	94,41 €	559,59 €	634,30 €		-54,57 €	-245,48 €	537,77 €	576,86 €	427,44 €	
Dauer Aussaat - Ernte		134	215	119	304	280		133	216	118	298		

Fruchtfolge		FF02										
Anlage		3.Anlage					4.Anlage					
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart	Sorghum b. x s.	W.Roggen	Mais	W.Triticale	W.Weizen		Sorghum b. x s.	W.Roggen	Mais	W.Triticale	W.Weizen	
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Csaba	Vitallo	NK Falkone			Bulldozer	Vitallo	NK Falkone	Chevalier		
	Datum	08.05.2009	29.10.2009	27.05.2010	11.10.2010	05.10.2011	27.05.2010	08.10.2010	11.05.2011	05.10.2011	08.10.2012	
	Einheit	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	
	Menge	12	165	2	155	167	5	122	2	130	344,00	
Düngung	Dünger	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	60er Kali	
			Branntkalk			Kieserit					Kieserit	
						Triple-Superphos.					KAS	
	N	149 kg/ha	60 kg/ha	80 kg/ha	100 kg/ha	130 kg/ha	80 kg/ha	110 kg/ha	110 kg/ha	130 kg/ha	130 kg/ha	
	P	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	24 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	
K	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	40 kg/ha		
Pflanzenschutz	PSM	Gardo Gold		Gardo Gold	Artus	Artus	Gardo Gold	Artus		Artus	Bacara Forte	
	Datum	02.06.2009		05.07.2010	11.04.2011	22.03.2012	30.06.2010	11.04.2011		22.03.2012	22.10.2012	
	Menge	4,00		4,00	0,05	0,05	4,00	0,05		0,05	1,00	
	Einheit	L/ha		L/ha	kg/ha	kg/ha	L/ha	kg/ha		kg/ha	L/ha	
	Wirkbereich	Herbizid		Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid	
	PSM				CCC 720	CCC 720				Moddus	CCC 720	
	Datum				19.04.2011	15.03.2012				25.04.2012	02.05.2013	
	Menge				1,40	1,40				0,30	1,20	
	Einheit				L/ha	L/ha				L/ha	L/ha	
	Wirkbereich				Wachstumsregler	Wachstumsregler				Wachstumsregler	Wachstumsregler	
	PSM					Opus Top				Opus Top	Juwel Top	
	Datum					11.05.2012				11.05.2012	13.06.2013	
	Menge					1,50				1,50	1,00	
	Einheit					L/ha				L/ha	L/ha	
	Wirkbereich					Fungizid				Fungizid	Fungizid	
	PSM										Moddus	
	Datum										15.05.2013	
	Menge										0,50	
	Einheit										L/ha	
	Wirkbereich										Wachstumsregler	
PSM										U 46 Combi		
Datum										06.06.2013		
Menge										1,50		
Einheit										L/ha		
Wirkbereich										Herbizid		
Ernte	Datum	07.10.2009	17.05.2010	16.09.2010	03.08.2011	02.08.2012	16.09.2010	10.05.2011	15.09.2011	02.08.2012	15.08.2013	
	TM-Ertrag	129,87 t TM/ha	20,42 t TM/ha	58,49 t TM/ha	87,31 t TM/ha	56,64 t TM/ha	97,12 t TM/ha	54,06 t TM/ha	101,23 t TM/ha	102,67 t TM/ha	52,50 t TM/ha	
	TS-Gehalt	0,29	0,21	0,21	0,80	0,89	0,15	0,22	0,24	0,88	0,87	
	CH4-Ertrag	3211 Nm³ CH4/ha	558 Nm³ CH4/ha	1631 Nm³ CH4/ha			2401 Nm³ CH4/ha	1476 Nm³ CH4/ha	2822 Nm³ CH4/ha			
Deckungsbeitrag	-84,73 €	-271,78 €	-266,16 €	635,63 €	606,73 €		-367,16 €	-315,69 €	37,29 €	805,22 €	468,13 €	
Dauer Aussaat - Ernte	152	200	112	296	302		112	214	127	302	311	

Fruchtfolge		FF03												
Anlage		1.Anlage						2.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	
Fruchtart		Mais	W.Roggen	Sorghum b. x s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen	Mais	W.Roggen	Sorghum b. x s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen	
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelansaat	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Maibi	Protector	Susu	Benetto	Liquattro	Türkis	Maibi	Vitallo	Susu	Benetto	Liquattro	Türkis	
	Datum	19.04.2005	06.10.2005	11.05.2006	25.09.2006	15.06.2007	01.11.2007	21.04.2006	22.09.2006	18.05.2007	12.10.2007	24.06.2008	15.10.2008	
	Einheit	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
	Menge	2	160	25	187	40	197	2	160	25	187	40,00	244,00	
Düngung	Dünger	40er Kali	KAS	KAS	60er Kali	KAS	KAS	KAS	60er Kali	KAS	ASS	KAS	ASS	
		KAS			KAS		Kieserit		KAS		KAS		KAS	
		Triple-Superphos.			Triple-Superphos.									
	N	160 kg/ha	74 kg/ha	125 kg/ha	134 kg/ha	110 kg/ha	155 kg/ha	120 kg/ha	94 kg/ha	80 kg/ha	116 kg/ha	44 kg/ha	135 kg/ha	
	P	40 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	17 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	
K	65 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	158 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	315 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		
Pflanzenschutz	PSM	Artett		Stomp SC	Camposan Extra	Roundup Ultra	Artus	Artett		Stomp SC	Artus		Artus	
	Datum	01.06.2005		12.05.2006	25.04.2007	21.09.2007	30.04.2008	22.05.2006		22.05.2007	17.04.2008		14.04.2009	
	Menge	2,50		3,00	0,75	4,00	0,05	2,50		3,00	0,05		0,05	
	Einheit	L/ha		L/ha	L/ha	L/ha	kg/ha	L/ha		L/ha	kg/ha		kg/ha	
	Wirkbereich	Herbizid		Herbizid	Wachstumsregler	Herbizid	Herbizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid		Herbizid	
	PSM	Motivell			Opus Top		CCC 720	Motivell				Camposan Extra		CCC 720
	Datum	01.06.2005			25.04.2007		30.04.2008	22.05.2006				08.05.2008		14.04.2009
	Menge	1,00			1,00		1,40	1,00				0,75		1,40
	Einheit	L/ha			L/ha		L/ha	L/ha				L/ha		L/ha
	Wirkbereich	Herbizid			Fungizid		Wachstumsregler	Herbizid				Wachstumsregler		Wachstumsregler
	PSM						Juwel Top							Input
	Datum						06.06.2008							20.05.2009
	Menge						1,00							1,25
	Einheit						L/ha							L/ha
	Wirkbereich						Fungizid							Fungizid
	PSM													Pirimor Granulat
	Datum													02.07.2009
	Menge													0,20
	Einheit													kg/ha
	Wirkbereich													Insektizid
	PSM													
	Datum													
	Menge													
	Einheit													
Wirkbereich														
Ernte	Datum	13.09.2005	09.05.2006	07.09.2006	11.06.2007	2.09.2007	07.08.2008	07.09.2006	26.04.2007	26.09.2007	20.06.2008	09.09.2008	31.07.2009	
	TM-Ertrag	163,49 t TM/ha	57,62 t TM/ha	83,92 t TM/ha	147,34 t TM/ha	32,84 t TM/ha	88,00 t TM/ha	119,17 t TM/ha	64,74 t TM/ha	165,60 t TM/ha	123,76 t TM/ha	9,37 t TM/ha	62,50 t TM/ha	
	TS-Gehalt	0,33	0,22	0,22	0,32	0,19	0,90	0,32	0,19	0,26	0,32	0,18	0,89	
	CH4-Ertrag	4539 Nm³ CH4/ha	1573 Nm³ CH4/ha	2078 Nm³ CH4/ha	3982 Nm³ CH4/ha	759 Nm³ CH4/ha			3309 Nm³ CH4/ha	1768 Nm³ CH4/ha	4100 Nm³ CH4/ha	3344 Nm³ CH4/ha	216 Nm³ CH4/ha	
Deckungsbeitrag		297,82 €	-214,77 €	-167,27 €	287,01 €	-403,95 €	943,18 €	85,03 €	-216,09 €	222,89 €	152,00 €	-306,53 €	371,94 €	
Dauer Aussaat - Ernte		147	215	119	259		280	139	216	131	252	77	289	

Fruchtfolge	FF03												
Anlage	3.Anlage						4.Anlage						
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	
Fruchtart	Mais	W.Roggen	Sorghum b. x s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen	Mais	W.Roggen	Sorghum b. x s.	W.Triticale	Einj. Weidelgras	W.Weizen	
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelsaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Wi.-Zw.Fr.	Zweit-Fr.	Haupt-Fr.	Stoppelsaat	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Atletico	Vitallo	GK Csaba			Atletico	Vitallo	Freya	Benetto	Liquattro	Chevalier	
	Datum	27.04.2009	29.10.2009	07.07.2010	11.10.2010	06.07.2011	05.10.2011	40291,00	08.10.2010	07.07.2011	05.10.2011	18.06.2012	08.10.2012
	Einheit	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	Einheiten/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
	Menge	2	165	21	155	40	167	2,00	122,00	26,50	130,00	65,00	344,00
Düngung			Umbruch 27.05.10						Umbruch 11.05.11				
	Dünger	KAS	KAS	KAS	KAS		KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	KAS	
				Brantkalk			60er Kali					60er Kali	
							Kieserit					Kieserit	
							Triple-Superphos.					Triple-Superphos.	
	N	165 kg/ha	60 kg/ha	80 kg/ha	100 kg/ha		160 kg/ha	137 kg/ha	110 kg/ha	110 kg/ha	130 kg/ha	44 kg/ha	130 kg/ha
P	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		24 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	12 kg/ha	
K	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		40 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	40 kg/ha	
Pflanzenschutz	PSM	Artett		Gardo Gold	Artus	Artus	Artett	Artus		Artus		Bacara Forte	
	Datum	25.05.2009		30.06.2010	11.04.2011	22.03.2012	05.06.2010	11.04.2011		22.03.2012		22.10.2012	
	Menge	2,50		4,00	0,05	0,05	2,50	0,05		0,05		1,00	
	Einheit	L/ha		L/ha	kg/ha	kg/ha	L/ha	kg/ha		kg/ha		L/ha	
	Wirkbereich	Herbizid		Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid	
	PSM	39966,00			CCC 720	CCC 720	Motivell			Moddus		CCC 720	
	Datum	39966,00			19.04.2011	15.03.2012	05.06.2010			25.04.2012		02.05.2013	
	Menge	02.01.1900			1,40	1,40	1,00			0,30		1,20	
	Einheit	L/ha			L/ha	L/ha	L/ha	L/ha	L/ha	L/ha	L/ha	L/ha	
	Wirkbereich	Herbizid			Wachstumsregler	Wachstumsregler	Herbizid			Wachstumsregler		Wachstumsregler	
	PSM	Motivell				Opus Top	STEWART			Opus Top		Juwel Top	
	Datum	25.05.2009				11.05.2012	16.06.2010			11.05.2012		13.06.2013	
	Menge	01.01.1900				1,50	0,13			1,50		01.01.1900	
	Einheit	L/ha				L/ha	kg/ha			L/ha		L/ha	
	Wirkbereich	Herbizid				Fungizid	Insektizid			Fungizid		Fungizid	
	PSM	Motivell										Moddus	
	Datum	02.06.2009										15.05.2013	
	Menge	1,00										0,40	
	Einheit	L/ha										L/ha	
	Wirkbereich	Herbizid										Wachstumsregler	
PSM											U 46 Combi		
Datum											06.06.2013		
Menge											1,50		
Einheit											L/ha		
Wirkbereich											Herbizid		
Ernte	Datum	19.09.2009	17.05.2010	16.09.2010	28.06.2011	14.09.2011	02.08.2012	16.09.2010	10.05.2011	16.09.2011	13.06.2012	2 Schnitte	15.08.2013
	TM-Ertrag	182,08 t TM/ha	20,46 t TM/ha	43,04 t TM/ha	171,84 t TM/ha	36,84 t TM/ha	59,63 t TM/ha	137,60 t TM/ha	48,95 t TM/ha	18,46 t TM/ha	159,09 t TM/ha	37,11 t TM/ha	85,32 t TM/ha
	TS-Gehalt	0,30	0,21	0,13	0,42	0,31	0,85	0,23	0,22	0,15	0,31	0,29	0,84
	CH4-Ertrag	5055 Nm³ CH4/ha	559 Nm³ CH4/ha	1066 Nm³ CH4/ha	4644 Nm³ CH4/ha	851 Nm³ CH4/ha		3820 Nm³ CH4/ha	1337 Nm³ CH4/ha	457 Nm³ CH4/ha	4299 Nm³ CH4/ha	857 Nm³ CH4/ha	
Deckungsbeitrag	249,19 €	-272,96 €	-496,28 €	502,72 €	-274,80 €	698,08 €	-26,37 €	-335,12 €	-552,58 €	360,20 €	-323,05 €	297,03 €	
Dauer Aussaat - Ernte	145	200	71	260	70	302	146	214	71	252		311	

Fruchtfolge		FF04/ FF05											
Anlage		1.Anlage					2.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		S.Gerste	Luזernegras	Luזernegras	Luזernegras	W.Weizen		S.Gerste	Luזernegras	Luזernegras	Luזernegras	W.Weizen	
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Untersaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Untersaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Pasadena	Planet/ Treposno	Planet/ Treposno		Türkis		Pasadena	Planet/Trepsosno			Türkis	
	Datum	19.04.2005	02.05.2005	12.08.2005		01.11.2007		08.04.2006	08.04.2006			15.10.2008	
	Einheit	kg/ha	kg/ha	kg/ha		kg/ha		kg/ha	kg/ha			kg/ha	
	Menge	90	18 + 2	18 + 2		197		90	18 + 2			244	
				Blanksaat									
Düngung	Dünger	40er Kali			KAS	KAS		KAS			KAS	KAS	
		KAS				Kieserit						KAS	
		Triple-Superphos.											
	N	40 kg/ha			120 kg/ha	105 kg/ha		60 kg/ha			40 kg/ha	110 kg/ha	
	P	40 kg/ha			0 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha			0 kg/ha	0 kg/ha	
K	65 kg/ha			0 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha			0 kg/ha	0 kg/ha		
Pflanzenschutz	PSM				CCC 720	Artus							Artus
	Datum				21.09.2007	30.04.2008							14.04.2009
	Menge				1,40	0,05							0,05
	Einheit				L/ha	kg/ha							kg/ha
	Wirkbereich				Wachstumsregler	Herbizid							Herbizid
	PSM				Roundup Ultra	Juwel Top							CCC 720
	Datum				21.09.2007	06.06.2008							14.04.2009
	Menge				4,00	1,00							1,40
	Einheit				L/ha	L/ha							L/ha
	Wirkbereich				Herbizid	Fungizid							Wachstumsregler
	PSM												Input
	Datum												20.05.2009
	Menge												1,25
	Einheit												L/ha
	Wirkbereich												Fungizid
	PSM												Pirimor Granulat
	Datum												02.07.2009
	Menge												0,20
Einheit												kg/ha	
Wirkbereich												Insektizid	
Ernte	Datum	18.07.2005		4 Schnitte	3 Schnitte	07.08.2008		10.07.2006	10.10.2006	4 Schnitte	4 Schnitte	31.07.2009	
	TM-Ertrag	78,45 t TM/ha		83,79 t TM/ha	127,32 t TM/ha	75,52 t TM/ha		89,51 t TM/ha	41,96 t TM/ha	191,82 t TM/ha	147,47 t TM/ha	62,60 t TM/ha	
	TS-Gehalt	0,40		0,33	0,22	0,89		0,36	0,24	0,19	0,21	0,90	
	CH4-Ertrag	2106 Nm³ CH4/ha		1830 Nm³ CH4/ha	2781 Nm³ CH4/ha			2403 Nm³ CH4/ha	917 Nm³ CH4/ha	4190 Nm³ CH4/ha	3221 Nm³ CH4/ha		
Deckungsbeitrag		-12,92 €		-68,50 €	75,08 €	745,97 €		88,32 €	-43,60 €	300,98 €	70,37 €	408,85 €	
Dauer Aussaat - Ernte		90				280		93				289	

Fruchtfolge		FF04 / FF05											
Anlage		3.Anlage					4.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6
Fruchtart		Haferartenmischung					Haferartenmischung						
FF-Stellung		Haupt-Fr.					Haupt-Fr.						
Aussaat	Sorte	Dominik/Freddy/Atego	Benetto	Elektra	Chevalier			Dominik/Freddy/Atego	Benetto	Elektra	Chevalier		
	Datum	07.04.2009	29.10.2009	25.08.2010	05.10.2011			26.03.2010	05.10.2010	22.08.2011	08.10.2012		
	Einheit	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha			kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha		
	Menge	158	235	5	167			136	155	5	344		
Düngung	Dünger	KAS	KAS	Branntkalk	KAS			KAS	KAS	ASS	60er Kali		
				KAS	Kieserit					KAS	KAS		
					60er Kali						Kieserit		
					Triple-Superphos.						Triple-Superphos.		
	N	75 kg/ha	60 kg/ha	215 kg/ha	130 kg/ha			80 kg/ha	140 kg/ha	195 kg/ha	120 kg/ha		
	P	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	28 kg/ha			0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	5 kg/ha		
K	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	40 kg/ha			0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	55 kg/ha			
Pflanzenschutz	PSM	Basagran		Caramba	Artus			Duanti	Artus	Cantus Gold	Bacara Forte		
	Datum	19.05.2009		06.04.2011	22.03.2012			26.05.2010	11.04.2011	02.05.2012	22.10.2012		
	Menge	2,00		1,50	0,05			3,00	0,05	0,50	1,00		
	Einheit	L/ha		L/ha	kg/ha			L/ha	kg/ha	L/ha	L/ha		
	Wirkbereich	Herbizid		Fungizid	Herbizid			Fungizid	Herbizid	Fungizid	Herbizid		
	PSM			Fastac SC	CCC 720				CCC 720	Caramba	CCC 720		
	Datum			22.03.2011	15.03.2012				19.04.2011	26.03.2012	02.05.2013		
	Menge			0,10	1,40				1,40	1,50	1,20		
	Einheit			L/ha	L/ha				L/ha	L/ha	L/ha		
	Wirkbereich			Insektizid	Wachstumsregler				Wachstumsregler	Fungizid	Wachstumsregler		
	PSM			Folicur	Opus Top					Fastac SC	Juwel Top		
	Datum			11.10.2010	11.05.2012					22.03.2012	13.06.2013		
	Menge			1,00	1,50					0,10	1,00		
	Einheit			L/ha	L/ha					L/ha	L/ha		
	Wirkbereich			Fungizid	Fungizid					Insektizid	Fungizid		
	PSM			Karate Zeon						Folicur	Moddus		
	Datum			21.09.2010						23.09.2011	15.05.2013		
	Menge			0,75						1,00	0,50		
	Einheit			L/ha						L/ha	L/ha		
	Wirkbereich			Insektizid						Fungizid	Wachstumsregler		
	PSM			Nimbus CS					Nimbus CS	Karate Zeon	U 46 Combi		
	Datum			27.08.2010					23.08.2011	25.04.2012	06.06.2013		
	Menge			3,00					3,00	0,08	1,50		
	Einheit			L/ha					L/ha	L/ha	L/ha		
	Wirkbereich			Herbizid					Herbizid	Insektizid	Herbizid		
	PSM								Mospilan SG	Mäuse-Giftweizen			
	Datum								04.04.2012	15.03.2012			
	Menge								0,20	1,00			
Einheit								L/ha	kg/ha				
Wirkbereich								Insektizid	Rodentizid				
Ernte	Datum	16.07.2009	28.06.2010	19.07.2011	02.08.2012			08.07.2010	28.06.2011	25.07.2012	15.08.2013		
	TM-Ertrag	155,69 t TM/ha	113,90 t TM/ha	34,81 t TM/ha	74,66 t TM/ha			137,01 t TM/ha	206,86 t TM/ha	20,75 t TM/ha	54,35 t TM/ha		
	TS-Gehalt	0,32	0,36	0,81	0,75			0,30	0,40	0,55	0,84		
	CH4-Ertrag	3954 Nm³ CH4/ha	3078 Nm³ CH4/ha					3479 Nm³ CH4/ha	5590 Nm³ CH4/ha				
Deckungsbeitrag		138,94 €	236,67 €	-25,16 €	867,63 €			150,65 €	704,32 €	-6,75 €	550,58 €		
Dauer Aussaat - Ernte		100	242	328	302			104	266	338	311		

Fruchtfolge		FF05/FF04											
Anlage		3.Anlage					4.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		S.Gerste	Luzernegras	Luzernegras	Luzernegras	W.Weizen		S.Gerste	Luzernegras	Luzernegras	Luzernegras	W.Weizen	
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Untersaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Untersaat	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	
Aussaart	Sorte	Pasadena	Planet / Treposno			Chevalier		Pasadena	Planet / Treposno	Planet / Treposno		Chevalier	
	Datum	07.04.2009	07.04.2009			05.10.2011		26.03.2010	26.03.2010	20.07.2010		08.10.2012	
	Einheit	kg/ha	kg/ha			kg/ha		kg/ha	kg/ha	kg/ha		kg/ha	
	Menge	100	18 + 2			167		110	18 + 2	9 +1,6		344,00	
Düngung	Dünger	KAS		KAS	KAS	KAS		KAS		KAS	KAS	KAS	
				Calciumcarbonat		Triple-Superphos.						60er Kali	
						60er Kali						Kieserit	
	N	75 kg/ha		65 kg/ha	65 kg/ha	130 kg/ha		65 kg/ha		65 kg/ha	60 kg/ha	110 kg/ha	
	P	0 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	28 kg/ha		0 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	5 kg/ha	
K	0 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	60 kg/ha		0 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	20 kg/ha		
Pflanzenschutz	PSM	Basagran		Mäuse-Giftweizen		Artus		Certrol B	Mäuse-Giftweizen		Mäuse-Giftweizen	Bacara Forte	
	Datum	19.05.2009		02.11.2010		22.03.2012		26.05.2010	02.11.2010		15.03.2012	22.10.2012	
	Menge	2,00		1,00		0,05		0,75	1,00		1,00	1,00	
	Einheit	L/ha		kg/ha		kg/ha		L/ha	kg/ha		kg/ha	L/ha	
	Wirkbereich	Herbizid		Rodentizid		Herbizid		Herbizid	Rodentizid		Rodentizid	Herbizid	
	PSM					CCC 720						CCC 720	
	Datum					15.03.2012						02.05.2013	
	Menge					1,40						1,20	
	Einheit					L/ha						L/ha	
	Wirkbereich					Wachstumsregler						Wachstumsregler	
	PSM					Opus Top						Juwel Top	
	Datum					11.05.2012						13.06.2013	
	Menge					1,50						1,00	
	Einheit					L/ha						L/ha	
	Wirkbereich					Fungizid						Fungizid	
	PSM											Moddus	
	Datum											15.05.2013	
	Menge											0,50	
	Einheit											L/ha	
	Wirkbereich											Wachstumsregler	
PSM											U 46 Combi		
Datum											06.06.2013		
Menge											1,50		
Einheit											L/ha		
Wirkbereich											Herbizid		
Ernte	Datum	16.07.2009	09.10.2009	5 Schnitte	4 Schnitte	02.08.2012		08.07.2010	21.10.2010	4 Schnitte	3 Schnitte	15.08.2013	
	TM-Ertrag	123,05 t TM/ha	14,29 t TM/ha	202,63 t TM/ha	201,43 t TM/ha	64,41 t TM/ha		116,99 t TM/ha	22,55 t TM/ha	209,72 t TM/ha	141,80 t TM/ha	54,88 t TM/ha	
	TS-Gehalt	0,36	0,23	0,22	0,22	0,78		0,38	0,27	0,22	0,20	0,85	
	CH4-Ertrag	3303 Nm³ CH4/ha	312 Nm³ CH4/ha	4426 Nm³ CH4/ha	4400 Nm³ CH4/ha			3141 Nm³ CH4/ha	493 Nm³ CH4/ha	4581 Nm³ CH4/ha	3098 Nm³ CH4/ha		
Deckungsbeitrag	133,04 €	-155,94 €	196,39 €	322,31 €	800,32 €		212,30 €	-196,11 €	331,70 €	90,82 €	520,66 €		
Dauer Aussaat - Ernte	100				302		104				311		

Fruchtfolge		FF05/FF04											
Anlage		1.Anlage						2.Anlage					
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG 5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG 5	FFG6
Fruchtart		Hafersortenmischung		W.Triticale		W.Raps		W.Weizen					
FF-Stellung		Haupt-Fr.		Haupt-Fr.		Haupt-Fr.		Haupt-Fr.		Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Atego/Dominik/Freddy		Benetto		Elektra		Türkis					
	Datum	06.04.2005		07.10.2005		21.08.2006		01.11.2007		08.04.2006		25.09.2006	
	Einheit	kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha	
	Menge	130		175		4		197		130		187	
Düngung	Dünger	40er Kali		KAS		40er Kali		KAS		KAS		60er Kali	
		KAS		ASS		ASS		ASS		KAS		KAS	
		Triple-Superphos.		KAS		KAS		KAS		KAS		KAS	
				Triple-Superphos.									
	N	70 kg/ha		72 kg/ha		211 kg/ha		155 kg/ha		40 kg/ha		94 kg/ha	
	P	40 kg/ha		0 kg/ha		19,47		0 kg/ha		0 kg/ha		0 kg/ha	
	K	65 kg/ha		0 kg/ha		103 kg/ha		0 kg/ha		0 kg/ha		125 kg/ha	
Pflanzenschutz	PSM	Basagran DP		Cantus		Artus		Basagran		Artus		Caramba	
	Datum	19.05.2005		27.04.2007		30.04.2008		23.05.2006		09.03.2007		25.09.2007	
	Menge	2,50		0,50		0,05		3,00		1,50		0,05	
	Einheit	L/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha		L/ha		kg/ha	
	Wirkbereich	Herbizid		Fungizid		Herbizid		Herbizid		Herbizid		Fungizid	
	PSM			Caramba		CCC 720						Fastac SC	
	Datum			20.09.2006		30.04.2008						31.03.2008	
	Menge			1,50		1,40						0,10	
	Einheit			L/ha		L/ha						L/ha	
	Wirkbereich			Fungizid		Wachstumsregler						Insektizid	
	PSM			Folicur		Juwel Top						Folicur	
	Datum			08.03.2007		06.06.2008						31.03.2008	
	Menge			1,50		1,00						1,00	
	Einheit			L/ha		L/ha						L/ha	
	Wirkbereich			Fungizid		Fungizid						Fungizid	
	PSM			Nimbus CS		Roundup Ultra						Nimbus CS	
	Datum			23.08.2006		21.09.2007						28.08.2007	
	Menge			3,00		4,00						3,00	
	Einheit			L/ha		L/ha						L/ha	
	Wirkbereich			Herbizid		Herbizid						Herbizid	
PSM											Insektizid		
Datum													
Menge													
Einheit													
Wirkbereich													
Ernte	Datum	25.07.2005		03.07.2006		16.07.2007		07.08.2008		10.07.2006		11.06.2007	
	TM-Ertrag	98,06 t TM/ha		136,88 t TM/ha		30,29 t TM/ha		98,52 t TM/ha		90,22 t TM/ha		134,03 t TM/ha	
	TS-Gehalt	0,48		0,43		0,92		0,91		0,35		0,35	
	CH4-Ertrag	2490 Nm³ CH4/ha		3699 Nm³ CH4/ha						2291 Nm³ CH4/ha		3622 Nm³ CH4/ha	
Deckungsbeitrag		23,10 €		333,54 €		41,64 €		1.055,82 €		-76,62 €		249,53 €	
Dauer Aussaat - Ernte		110		269		329		280		93		259	

Fruchtfolge		FF06										
Anlage		1.Anlage					2.Anlage					
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6
Fruchtart	Hafer	W.Gerste, W.Triticale, W.Weizen		W.Raps	W.Weizen		Hafer	W.Gerste, W.Triticale, W.Weizen		W.Raps	W.Weizen	
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	
Aussaat	Sorte	Dominik	Elvis/Naomi/Talentro	Elektra	Türkis		Nelson	Elvis/Naomi/Talentro		Elektra	Türkis	
	Datum	06.04.2005	07.10.2005	21.08.2006	01.11.2007		08.04.2006	25.09.2006		25.08.2007	15.10.2008	
	Einheit	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha		kg/ha	kg/ha		kg/ha	kg/ha	
	Menge	150	157	4	197		148	170		4	244	
Düngung	Dünger	40er Kali	KAS	40er Kali	KAS		KAS	60er Kali		ASS	ASS	
		KAS		ASS				KAS		KAS	KAS	
		Triple-Superphos.		KAS								
				Triple-Superphos.								
	N	70 kg/ha	68 kg/ha	228 kg/ha	120 kg/ha		40 kg/ha	94 kg/ha		235 kg/ha	135 kg/ha	
	P	40 kg/ha	0 kg/ha	19 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	
K	65 kg/ha	0 kg/ha	103 kg/ha	0 kg/ha		0 kg/ha	125 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha		
Pflanzenschutz	PSM	Basagran DP		Cantus	Artus		Basagran	Artus		Caramba	Artus	
	Datum	19.05.2005		27.04.2007	30.04.2008		23.05.2006	09.03.2007		25.09.2007	14.04.2009	
	Menge	2,50	0,50	0,50	0,05		3,00	0,05		1,50	0,05	
	Einheit	L/ha		kg/ha	kg/ha		L/ha	kg/ha		L/ha	kg/ha	
	Wirkbereich	Herbizid		Fungizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid		Fungizid	Herbizid	
	PSM			Caramba	CCC 720					Fastac SC	CCC 720	
	Datum		20.09.2006	30.04.2008						31.03.2008	14.04.2009	
	Menge		1,50	1,40						0,10	1,40	
	Einheit			L/ha	L/ha					L/ha	L/ha	
	Wirkbereich			Fungizid	Wachstumsregler					Insektizid	Wachstumsregler	
	PSM			Folicur	Juwel Top					Folicur	Input	
	Datum		08.03.2007	06.06.2008						31.03.2008	20.05.2009	
	Menge		1,50	1,00						1,00	1,25	
	Einheit		L/ha	L/ha						L/ha	L/ha	
	Wirkbereich			Fungizid	Fungizid					Fungizid	Fungizid	
	PSM			Nimbus CS	Roundup Ultra					Nimbus CS	Pirimor Granulat	
	Datum		23.08.2006	21.09.2007						28.08.2007	02.07.2009	
	Menge			3,00	4,00					3,00	0,20	
	Einheit			L/ha	L/ha					L/ha	kg/ha	
	Wirkbereich			Herbizid	Herbizid					Herbizid	Insektizid	
PSM												
Datum												
Menge												
Einheit												
Wirkbereich												
Ernte	Datum	25.07.2005	03.07.2006	16.07.2007	07.08.2008		10.07.2006	11.06.2007		24.07.2008	31.07.2009	
	TM-Ertrag	90,79 t TM/ha	146,49 t TM/ha	24,78 t TM/ha	101,11 t TM/ha		79,36 t TM/ha	130,39 t TM/ha		51,32 t TM/ha	66,31 t TM/ha	
	TS-Gehalt	0,47	0,47	0,91	0,90		0,27	0,39		0,87	0,90	
	CH4-Ertrag	2306 Nm³ CH4/ha	4058 Nm³ CH4/ha				2015 Nm³ CH4/ha	3612 Nm³ CH4/ha				
Deckungsbeitrag	-21,21 €	514,32 €	-84,11 €	1.097,67 €		-173,03 €	341,19 €		596,13 €	388,39 €		
Dauer Aussaat - Ernte	110	269	329	280		93	259		334	289		

Fruchtfolge		FF06										
Anlage		3.Anlage					4.Anlage					
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6
Fruchtart	Hafer	W.Triticale, W.Weizen	W.Raps	W.Weizen			Hafer	W.Gerste, W.Triticale, W.Weizen	W.Raps	W.Weizen		
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.			Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		
Aussaat	Sorte	Dominik	Elvis/Chevalier	Elektra	Chevalier		Dominik	Naomie, Talentro, Elvis	Elektra	Chevalier		
	Datum	07.04.2009	28.10.2009	25.08.2010	05.10.2011		26.03.2010	05.10.2010	22.08.2011	08.10.2012		
	Einheit	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha		
	Menge	147	210	5	167		145	216	5	344		
Düngung	Dünger	KAS	KAS	Brantkalk	60er Kali		KAS	KAS	ASS	60er Kali		
				KAS	KAS				KAS	KAS		
				Kieserit	Triple-Superphos.							Kieserit
	N	85 kg/ha	60 kg/ha	170 kg/ha	130 kg/ha		100 kg/ha	120 kg/ha	195 kg/ha	140 kg/ha		
	P	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	28 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		
	K	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	40 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	10 kg/ha		
Pflanzenschutz	PSM	Basagran		Caramba	Artus		Duanti	Artus	Cantus Gold	Bacara Forte		
	Datum	19.05.2009		06.04.2011	22.03.2012		26.05.2010	11.04.2011	02.05.2012	22.10.2012		
	Menge	2,00		1,50	0,05		3,00	0,05	0,50	1,00		
	Einheit	L/ha		L/ha	kg/ha		L/ha	kg/ha	L/ha	L/ha		
	Wirkbereich	Herbizid		Fungizid	Herbizid		Fungizid	Herbizid	Fungizid	Herbizid		
	PSM			Fastac SC	CCC 720				Caramba	CCC 720		
	Datum			22.03.2011	15.03.2012				26.03.2012	02.05.2013		
	Menge			0,10	1,40				1,50	1,20		
	Einheit			L/ha	L/ha				L/ha	L/ha		
	Wirkbereich			Insektizid	Wachstumsregler				Fungizid	Wachstumsregler		
	PSM			Folicur	Opus Top				Fastac SC	Juwel Top		
	Datum			11.10.2010	11.05.2012				22.03.2012	13.06.2013		
	Menge			1,00	1,50				0,10	1,00		
	Einheit			L/ha	L/ha				L/ha	L/ha		
	Wirkbereich			Fungizid	Fungizid				Insektizid	Fungizid		
	PSM			Karate Zeon					Folicur	Moddus		
	Datum			21.09.2010					40809,00	41409,00		
	Menge			0,75					1,00	0,50		
	Einheit			L/ha					L/ha	L/ha		
	Wirkbereich			Insektizid					Fungizid	Wachstumsregler		
	PSM			Nimbus CS				Mospilan SG	Karate Zeon	U 46 Combi		
	Datum			27.08.2010				04.04.2012	41024,00	41431,00		
	Menge			3,00				0,20	0,08	1,50		
Einheit			L/ha				L/ha	L/ha	L/ha			
Wirkbereich			Herbizid				Insektizid	Insektizid	Herbizid			
PSM							Nimbus CS	Mäuse-Giftweizen				
Datum							23.08.2011	15.03.2012				
Menge							3,00	1,00				
Einheit							L/ha	kg/ha				
Wirkbereich							Herbizid	Rodentizid				
Ernte	Datum	16.07.2009	28.06.2010	19.07.2011	02.08.2012		08.07.2010	28.06.2011	25.07.2012	15.08.2013		
	TM-Ertrag	138,91 t TM/ha	92,12 t TM/ha	34,81 t TM/ha	75,28 t TM/ha		132,77 t TM/ha	189,84 t TM/ha	19,12 t TM/ha	56,85 t TM/ha		
	TS-Gehalt	0,30	0,32	0,81	0,76		0,32	0,42	0,55	0,86		
	CH4-Ertrag	3528 Nm³ CH4/ha	2552 Nm³ CH4/ha				3372 Nm³ CH4/ha	5259 Nm³ CH4/ha				
Deckungsbeitrag	50,47 €	151,83 €	-21,49 €	852,11 €		152,45 €	842,97 €	-81,01 €	566,34 €			
Dauer Aussaat - Ernte	100	243	328	302		104	266	338	311			

Fruchtfolge		FF07											
Anlage		1.Anlage					2.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6
Fruchtart		Mais	Mais	Mais	W.Weizen			Mais	Mais	Mais	W.Weizen		
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.			Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		
Aussaat	Sorte	Maibi	Maibi	Maibi	Türkis			Maibi	Maibi	Maibi	Türkis		
	Datum	19.04.2005	21.04.2006	25.04.2007	01.11.2007			21.04.2006	25.04.2007	28.04.2008	15.10.2008		
	Einheit	Einheiten/ha	Einheiten/ha	Einheiten/ha	kg/ha			Einheiten/ha	Einheiten/ha	Einheiten/ha	kg/ha		
	Menge	2	2	2	197			2	2	2	244		
Düngung	Dünger	40er Kali	KAS	60er Kali	KAS			KAS	60er Kali	KAS	ASS		
		KAS		KAS	Kieserit			KAS		KAS			
		Triple-Superphos.		Triple-Superphos.									
	N	160 kg/ha	105 kg/ha	125 kg/ha	175 kg/ha			120 kg/ha	111 kg/ha	145 kg/ha	145 kg/ha		
	P	40 kg/ha	0 kg/ha	31 kg/ha	0 kg/ha			0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		
K	65 kg/ha	0 kg/ha	249 kg/ha	0 kg/ha			0 kg/ha	191 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha			
Pflanzenschutz	PSM	Artett	Artett	Clio Top Pack	Artus			Artett	Clio Top Pack	Artett	Artus		
	Datum	01.06.2005	22.05.2006	25.05.2007	30.04.2008			22.05.2006	25.05.2007	27.05.2008	14.04.2009		
	Menge	2,50	2,50	3,70	0,05			2,50	3,70	2,50	0,05		
	Einheit	L/ha	L/ha	L/ha	kg/ha			L/ha	L/ha	L/ha	kg/ha		
	Wirkbereich	Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid			Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid		
	PSM	Juwel	CCC 720		CCC 720			Motivell		Motivell	CCC 720		
	Datum	01.06.2005	22.05.2006		30.04.2008			22.05.2006		27.05.2008	14.04.2009		
	Menge	1,00	1,40		1,40			1,00		1,00	1,40		
	Einheit	L/ha	L/ha		L/ha			L/ha		L/ha	L/ha		
	Wirkbereich	Fungizid	Wachstumsregler		Wachstumsregler			Herbizid		Herbizid	Wachstumsregler		
	PSM	Motivell	Motivell		Juwel Top						Input		
	Datum	01.06.2005	22.05.2006		06.06.2008						20.05.2009		
	Menge	1,00	1,00		1,00						1,25		
	Einheit	L/ha	L/ha		L/ha						L/ha		
	Wirkbereich	Herbizid	Herbizid		Fungizid						Fungizid		
	PSM											Pirimor Granulat	
	Datum											02.07.2009	
	Menge											0,20	
	Einheit											kg/ha	
	Wirkbereich											Insektizid	
PSM													
Datum													
Menge													
Einheit													
Wirkbereich													
Ernte	Datum	13.09.2005	07.09.2006	13.09.2007	07.08.2008			07.09.2006	13.09.2007	19.08.2008	31.07.2009		
	TM-Ertrag	149,28 t TM/ha	143,26 t TM/ha	229,82 t TM/ha	95,43 t TM/ha			139,80 t TM/ha	263,47 t TM/ha	131,07 t TM/ha	60,85 t TM/ha		
	TS-Gehalt	0,30	0,31	0,30	0,88			0,33	0,32	0,28	0,90		
	CH4-Ertrag	4145 Nm³ CH4/ha	3977 Nm³ CH4/ha	6381 Nm³ CH4/ha				3881 Nm³ CH4/ha	7315 Nm³ CH4/ha	3639 Nm³ CH4/ha			
Deckungsbeitrag	126,83 €	179,17 €	663,12 €	1.063,42 €			211,83 €	906,03 €	136,81 €	336,14 €			
Dauer Aussaat - Ernte	147	139	141	280			139	141	113	289			

Fruchtfolge		FF07										
Anlage		3.Anlage					4.Anlage					
Fruchtfolgeglied	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FFG6
Fruchtart	Mais	Mais	Mais	W.Weizen			Mais	Mais	Mais	W.Weizen		
FF-Stellung	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.			Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.		
Aussaat	Sorte	Atletico	Atletico	Atletico	Chevalier		Atletico	Atletico	Atletico	Chevalier		
	Datum	27.04.2009	23.04.2010	18.04.2011	05.10.2011		23.04.2010	18.04.2011	19.04.2012	08.10.2012		
	Einheit	Einheiten/ha	Einheiten/ha	Einheiten/ha	kg/ha		Einheiten/ha	Einheiten/ha	Einheiten/ha	kg/ha		
	Menge	2	2	2	167		2	2	2	344		
Düngung	Dünger	KAS	Branntkalk	KAS	60er Kali		KAS	KAS	60er Kali	60er Kali		
			KAS		KAS				KAS	KAS		
					Triple-Superphos.				Patentkali	Kieserit		
	N	155 kg/ha	155 kg/ha	135 kg/ha	160 kg/ha		133 kg/ha	135 kg/ha	150 kg/ha	140 kg/ha		
	P	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	28 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha		
K	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	40 kg/ha		0 kg/ha	0 kg/ha	299 kg/ha	20 kg/ha			
Pflanzenschutz	PSM	Artett	Artett	Artett	Artus		Artett	Artett	Artett	Bacara Forte		
	Datum	25.05.2009	05.06.2010	23.05.2011	22.03.2012		05.06.2010	23.05.2011	21.05.2012	22.10.2012		
	Menge	2,50	2,50	2,50	0,05		2,50	2,50	2,50	1,00		
	Einheit	L/ha	L/ha	L/ha	kg/ha		L/ha	L/ha	L/ha	L/ha		
	Wirkbereich	Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid		Herbizid	Herbizid	Herbizid	Herbizid		
	PSM	Motivell	Motivell	Effigo	CCC 720		Motivell	Effigo	Effigo	CCC 720		
	Datum	25.05.2009	05.06.2010	30.05.2011	15.03.2012		05.06.2010	30.05.2011	11.06.2012	02.05.2013		
	Menge	1,00	1,00	0,35	1,40		1,00	0,35	0,35	1,20		
	Einheit	L/ha	L/ha	L/ha	L/ha		L/ha	L/ha	L/ha	L/ha		
	Wirkbereich	Herbizid	Herbizid	Herbizid	Wachstumsregler		Herbizid	Herbizid	Herbizid	Wachstumsregler		
	PSM		STEWARD	Motivell	Opus Top		STEWARD	Motivell	Motivell	Juwel Top		
	Datum		16.07.2010	23.05.2011	11.05.2012		16.07.2010	23.05.2011	21.05.2012	13.06.2013		
	Menge		0,13	1,00	1,50		0,13	1,00	1,00	1,00		
	Einheit		kg/ha	L/ha	L/ha		kg/ha	L/ha	L/ha	L/ha		
	Wirkbereich		Insektizid	Herbizid	Fungizid		Insektizid	Herbizid	Herbizid	Fungizid		
	PSM									Moddus		
	Datum									15.05.2013		
	Menge									0,50		
	Einheit									L/ha		
	Wirkbereich									Wachstumsregler		
PSM									U 46 Combi			
Datum									06.06.2013			
Menge									1,50			
Einheit									L/ha			
Wirkbereich									Herbizid			
Ernte	Datum	19.09.2009	16.09.2010	15.09.2011	02.08.2012		16.09.2010	15.09.2011	12.09.2012	15.08.2013		
	TM-Ertrag	167,32 t TM/ha	141,28 t TM/ha	200,31 t TM/ha	66,42 t TM/ha		141,18 t TM/ha	215,99 t TM/ha	199,94 t TM/ha	49,68 t TM/ha		
	TS-Gehalt	0,29	0,23	0,33	0,84		0,23	0,34	0,31	0,86		
	CH4-Ertrag	4646 Nm³ CH4/ha	3923 Nm³ CH4/ha	5562 Nm³ CH4/ha			3920 Nm³ CH4/ha	5997 Nm³ CH4/ha	5551 Nm³ CH4/ha			
Deckungsbeitrag	148,12 €	61,62 €	559,57 €	790,53 €		-93,23 €	610,17 €	472,38 €	455,49 €			
Dauer Aussaat - Ernte	145	146	150	302		146	150	146	311			

Fruchtfolge		FF08												
Anlage		1.Anlage					2.Anlage							
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	
Fruchtart		Topinambur	Topinambur	Topinambur	W.Weizen									
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.									
Aussaat	Sorte	Topianka			Türkis									
	Datum	21.04.2005			01.11.2007									
	Einheit	kg/ha			kg/ha									
	Menge	2666			197									
Düngung	Dünger	40er Kali	KAS	40er Kali	KAS									
		KAS		KAS	Kieserit									
		Triple-Superphos.												
	N	100 kg/ha	15 kg/ha	117 kg/ha	175 kg/ha									
	P	40 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha									
	K	65 kg/ha	0 kg/ha	303 kg/ha	0 kg/ha									
Pflanzenschutz	PSM				Artus									
	Datum				30.04.2005									
	Menge				1,40									
	Einheit				l/ha									
	Wirkbereich				Herbizid									
	PSM				Wachstumsregler									
	Datum				Juwel Top									
	Menge				06.06.2008									
	Einheit				1,00									
	Wirkbereich				L/ha									
	PSM				Fungizid									
	Datum													
	Menge													
	Einheit													
	Wirkbereich													
	Ernte	Datum	21.09.2005	15.09.2006	26.09.2007	07.08.2008								
		TM-Ertrag	161,54 t TM/ha	136,21 t TM/ha	307,57 t TM/ha	86,35 t TM/ha								
TS-Gehalt		0,26	0,25	0,24	0,90									
CH4-Ertrag		2993 Nm³ CH4/ha	2524 Nm³ CH4/ha	6816 Nm³ CH4/ha										
Deckungsbeitrag		-1.387,23 €	27,37 €	469,21 €	995,30 €									
Dauer Aussaat - Ernte														

Fruchtfolge		FF08											
Anlage		3.Anlage					4.Anlage						
Fruchtfolgeglied		FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6	FFG1	FFG2	FFG3	FFG4	FFG5	FF6
Fruchtart		Topinambur	Topinambur	Topinambur	W.Weizen								
FF-Stellung		Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.	Haupt-Fr.								
Aussaat	Sorte	Rote Zonenkugel			Chevalier								
	Datum	09.04.2009			05.10.2011								
	Einheit	kg/ha			kg/ha								
	Menge	1800			167								
Düngung	Dünger	KAS	Calciumcarbonat	KAS	60er Kali								
			KAS		KAS								
					Triple-Superphos.								
	N	149 kg/ha	125 kg/ha	165 kg/ha	160 kg/ha								
	P	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	24 kg/ha								
	K	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha	80 kg/ha								
Pflanzenschutz	PSM	Boxer			Artus								
	Datum	19.05.2009			22.03.2012								
	Menge	2,50			0,05								
	Einheit	L/ha			kg/ha								
	Wirkbereich	Herbizid			Herbizid								
	PSM	Stomp SC			CCC 720								
	Datum	19.05.2009			15.03.2012								
	Menge	2,50			1,40								
	Einheit	L/ha			L/ha								
	Wirkbereich	Herbizid			Wachstumsregler								
	PSM				Opus Top								
	Datum				11.05.2012								
	Menge				1,50								
	Einheit				L/ha								
	Wirkbereich				Fungizid								
Ernte	Datum	21.10.2009	06.10.2010	23.09.2011	02.08.2012								
	TM-Ertrag	124,31 t TM/ha	192,89 t TM/ha	175,94 t TM/ha	66,19 t TM/ha								
	TS-Gehalt	0,29	0,29	0,28	0,79								
	CH4-Ertrag	2304 Nm ³ CH4/ha	3574 Nm ³ CH4/ha	3397 Nm ³ CH4/ha									
Deckungsbeitrag		-1.120,41 €	216,29 €	-111,51 €	763,69 €								
Dauer Aussaat - Ernte					302								

