

Referat 11: Allgemeiner Pflanzenbau, Nachwachsende Rohstoffe, Tabak

Klaus Mastel

Kutschenweg 20

76287 Rheinstetten



Baden-Württemberg



Sachgebiet Nachwachsende Rohstoffe

Arno Zürcher

Projekt EVA II

Dr. E. Walter

Endbericht EVA II

2009 bis 2013

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime klimabegünstigter Lagen



Zuwendungsempfänger: LTZ Augustenberg, Außenstelle Rheinstetten-Forchheim
Förderkennzeichen: 22013008
Vorhabenbezeichnung: FNR Fruchtfolgeversuch (2. Projektphase (EVA II))
Laufzeit des Vorhabens: 01. 02. 2009 – 31. 01. 2013
Berichtszeitraum: 2009 - 2013
Berichterstattung: Dr. Ernst Walter, Arno Zürcher; Version Dez. 2014 verlinkt

INHALTSVERZEICHNIS

TABELLENVERZEICHNIS4

ABBILDUNGSVERZEICHNIS7

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS9

1 EINLEITUNG11

2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG AM STANDORT ETTLINGEN.....12

2.1 Standort-Charakterisierung 12

2.2 Versuchsbeschreibung, Methoden der Datenerhebung und Datenbewertung 12

2.2.1 Versuchsanlage und Fruchtfolgen des Grund- und Regionalversuchs 12

Versuchsanlage 12

Fruchtfolgen EVA II des Grundversuchs (Teilprojekt 1) 13

2.2.2 Ertragserhebung 15

2.2.3 Ermittlung von Biogas- und Methanausbeute..... 15

2.2.4 Ökonomische Bewertung 15

2.2.5 Makronährstoffe – Gehalte, Entzüge, Bilanzen 16

2.2.6 Humusbilanzierung 17

2.2.7 Methoden zum Wasser- und Stickstoffhaushalt 19

2.2.8 Berechnung der Energie- und Treibhausgasbilanz 20

2.2.9 Brutvogel- und Futterhabitatindex 21

2.3 Witterungsverläufe 22

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION25

3.1 TM-Erträge und TM-Gehalte der Biogaskulturen25

3.1.1 Die Biomasseerträge der Fruchtfolgen in EVA II..... 25

3.1.2 Vergleich der Fruchtfolgen EVA II mit EVA I 27

3.1.3 Die Trockenmassegehalte der Biogaskulturen..... 29

3.1.4 Mittlere TM-Jahreserträge von Biogaskulturen..... 30

3.1.5 Diskussion TM-Erträge und TM-Gehalte der Biogaskulturen 32

3.2 Methanerträge 33

3.2.1 Kumulierte Methanerträge und Jahreserträge der Biogasfruchtfolgen 33

3.2.2 Spezifische Methanerträge der Kulturen 38

3.2.3 Mittlere CH₄-Jahreserträge von Hauptfrüchten, Erstfrüchten und
Zweitfrüchten..... 40

3.2.4 Vergleich ATB-Messung, ATB- und Weender-Berechnung des
Methanertrags 42

3.2.5	Diskussion Methanerträge.....	43
3.3	Abschlussfruchtfolgeglied Winterweizen in EVA I und II	45
3.4	Erträge, Rohproteingehalte und N-Entzüge der Abschlussfrucht Winterweizen.....	45
3.4.1	Mykotoxinbelastung des Korns bei dem Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen.....	48
3.4.2	Diskussion Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen	49
3.5	Ökonomische Bewertung	51
3.5.1	Deckungsbeiträge von Fruchtfolgegliedern und Fruchtfolgen	51
3.5.2	Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse aus EVA I und EVA II	54
3.6	Weiterführende Nachhaltigkeitsbewertungen	60
3.6.1	Makronährstoffe – Gehalte, Entzüge, Bilanzen	60
3.6.2	Humusbilanzierung	66
3.6.3	Abiotische Indikatoren	75
3.6.4	Brutvogel- und Futterhabitatindex	82
3.6.5	Zusammenfassende Übersicht Nachhaltigkeitsbewertungen.....	84
4	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSS	85
5	LITERATUR	88
6	ANHANG I	91
6.1	Anhang Trockenmasse- und Methanerträge	92
6.2	Anhang W.Weizen.....	102
6.3	Anhang Ökonomie.....	104
6.4	Anhang Makronährstoffe	108
6.5	Anhang Humusbilanzierung	126
6.6	Anhang Anbaudaten.....	140
6.7	Anhang Wetterdaten	164
7	ANHANG II VERÖFFENTLICHUNGEN.....	166

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2-1:	Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 3. Anlage (ab 2009) und 4. Anlage (ab 2010) (EVA II).....	14
Tab. 2-2:	Humuswirkung (<i>VDLUFA-2004</i>) der Kulturarten in den FF 1 bis 9 [Humus-C kg/ha]..	18
Tab. 3-1:	Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	26
Tab. 3-2:	Erträge[dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	28
Tab. 3-3:	TM-Gehalte [%] der Fruchtfolgeglieder EVA I und II.....	29
Tab. 3-4:	Erträge [dt TM/ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II	31
Tab. 3-5:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9,	35
Tab. 3-6:	CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9,	37
Tab. 3-7:	Spezifische CH ₄ -Erträge von Kulturen aus EVA I und II [CH ₄ m ³ /t TM] mit Anzahl der zugrunde liegenden Ernten	38
Tab. 3-8:	CH ₄ -Erträge [CH ₄ m ³ /ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II.....	41
Tab. 3-9:	Erträge [dt TM/ha], RP-Gehalte [%] und N-Entzüge [N kg/ha] des Abschluss-Fruchtfolgeglieds W.Weizen EVA II und EVA I.....	48
Tab. 3-10:	Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen im Mittel der 3. und 4. Anlage (EVAII)	54
Tab. 3-11:	Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen 02, 03, 04, 05 und 08: Ø EVA I (1. und 2. Anlage), Ø EVA II (3. und 4. Anlage) sowie Gesamtmittel (1. bis 4. Anlage)	56
Tab. 3-12:	Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen 01, 06, 07 und 09: Ø EVA I (1. und 2. Anlage) und Ø EVA II (3. und 4. Anlage).....	57
Tab. 3-13:	Deckungsbeiträge für Kulturarten und Kulturartkombinationen Mittelwerte aus EVA I und EVA II	58
Tab. 3-14:	N-, P-, K-Gehalte [% in TM] von Ganzpflanzen zur Biogasnutzung*	60
Tab. 3-15:	Mg-, S-Gehalte [% in TM] und TM [%] von Ganzpflanzen zur Biogasnutzung	61
Tab. 3-16:	Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	68
Tab. 3-17:	Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	69
Tab. 3-18:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	70
Tab. 3-19:	Humusbilanz (3): Humus-C kg/ha mit 100 % Gärrest zurück für Kulturarten und Kulturartkombinationen	72
Tab. 3-20:	Zahlenwerte ackerbaulicher, abiotischer und biotischer Indikatoren;FF 1 bis 9;EVA I (1. u.2. Anl.) und EVA II (3. u.4. Anl.)	84
Tab. 6-1:	Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 1. Anlage (ab 2005) und 2. Anlage (ab 2006) (EVA I).....	91
Tab. 6-2:	Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 1. und 2. Anlage (EVA I)	92
Tab. 6-3:	Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II)	94

Tab. 6-4:	Methanerträge [CH ₄ m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9,.....	96
Tab. 6-5:	Methanerträge [CH ₄ m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II) getrennt	99
Tab. 6-6:	N-Bilanz des Abschluss-Fruchtfolgeglieds W.Weizen [N kg/ha]	102
Tab. 6-7:	Anzahl der Proben (Parzellen) je Wert in Tab. 3-9, S. 48.....	103
Tab. 6-8:	Weitere Qualitätsparameter Abschluss-Fruchtfolgeglieds W.Weizen [N kg/ha]	103
Tab. 6-9:	Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 1. Anlage (EVA I)	104
Tab. 6-10:	Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 2. Anlage (EVA I)	105
Tab. 6-11:	Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 3. Anlage (EVA II)	106
Tab. 6-12:	Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 4. Anlage (EVA II)	107
Tab. 6-13:	Grundnährstoffgehalte, pH-Werte und Humusgehalte EVA I und EVA II zu Vegetationsbeginn	108
Tab. 6-14:	Abweichungen EVA-Ganzpflanzengehalte in der Frischmasse minus Gehalte für Düngebedarfsberechnung (<i>Düngebedarf-2012</i>).....	109
Tab. 6-15:	N-Bilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II).....	111
Tab. 6-16:	P-Bilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)	114
Tab. 6-17:	K-Bilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)	117
Tab. 6-18:	Mg-Bilanz der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)	120
Tab. 6-19:	S-Bilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)	123
Tab. 6-20:	Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	126
Tab. 6-21:	Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	127
Tab. 6-22:	Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	128
Tab. 6-23:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	129
Tab. 6-24:	Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	130
Tab. 6-25:	Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	132
Tab. 6-26:	Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	134
Tab. 6-27:	Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	135
Tab. 6-28:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	137
Tab. 6-29:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	139
Tab. 6-30:	Anbaudaten 2009 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)	140
Tab. 6-31:	Anbaudaten 2010 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)	143
Tab. 6-32:	Anbaudaten 2010 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)	146
Tab. 6-33:	Anbaudaten 2011 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)	150
Tab. 6-34:	Anbaudaten 2011 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)	154
Tab. 6-35:	Anbaudaten 2012 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)	157
Tab. 6-36:	Anbaudaten 2012 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)	159

Tab. 6-37: Anbaudaten 2013 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)	162
Tab. 6-38: Übersicht der Monats- und Jahres-Niederschlagssummen (mm); Ettlingen; 2005 bis 2013 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990	164
Tab. 6-39: Übersicht der mittleren Monats- und Jahrestemperaturen (°C in 2 m Höhe); Ettlingen; 2005 bis 2013 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990.....	164
Tab. 6-40: Kurzcharakterisierung von Witterungsbesonderheiten Versuchsstandort Ettlingen ..	165

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2-1:	Erst- und Zweitanlage mit jeweils 9 Fruchtfolgen in vierfacher Wiederholung.	13
Abb. 2-2:	Monatsniederschläge [mm] und monatliche Temperaturmittel [°C], Standort Ettlingen im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-90 (Station Karlsruhe des DWD).	24
Abb. 3-1:	Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)	25
Abb. 3-2:	Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I)	28
Abb. 3-3:	TM-Gehalte [%] Fruchtfolgeglieder EVA I und II.....	29
Abb. 3-4:	Erträge [dt TM/ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II mit Standardab.	31
Abb. 3-5:	Gestapelte CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] der Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	34
Abb. 3-6:	CH ₄ -Erträge je Biogasjahr [m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	35
Abb. 3-7:	Gestapelte CH ₄ -Erträge [m ³ /ha] der Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	36
Abb. 3-8:	CH ₄ -Erträge je Biogasjahr [m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	37
Abb. 3-9:	Spezifische CH ₄ -Erträge von Kulturen aus EVA I und II [CH ₄ m ³ /t TM].....	39
Abb. 3-10:	CH ₄ -Erträge [CH ₄ m ³ /ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II mit Standardab.....	41
Abb. 3-11:	Regression CH ₄ m ³ /ha Berechnung mit Weenderanalyse und CH ₄ m ³ /ha ATB-Berechnung (EVA II); Siliiverluste nach ATB zugrunde liegend.	42
Abb. 3-12:	Erträge [dt TM/ha] des W.Weizens als Abschluss von 1., 2., 3. und 4. Anlage in EVA I und EVA II.*FF-Nrn. 4 und 5 in EVA II vertauscht.	46
Abb. 3-13:	Rohproteingehalte [RP % in TM] des W.Weizens als Abschluss von 1., 2., 3. und 4. Anlage in EVA I und II.*FF-Nrn. 4 und 5 in EVA II vertauscht.....	47
Abb. 3-14:	N-Entzüge [N kg/ha] des W.Weizens als Abschluss von 1., 2., 3. und 4. Anlage in EVA I und II.* FF-Nrn. 4 und 5 in EVA II vertauscht.	47
Abb. 3-15:	Mykotoxingehalte am Korn des W.Weizens als Abschluss von 3. und 4. Anlage in EVA II.	49
Abb. 3-16:	Deckungsbeiträge für Kulturarten und Kulturartkombinationen Mittelwerte aus EVA I und EVA II mit Standardab.....	58
Abb. 3-17:	Deckungsbeiträge von Sudangras und Zuckerhirse in EVA I und EVA II mit Standardabweichung.	59
Abb. 3-18:	N-Zufuhr, N-Abfuhr und N-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.	62
Abb. 3-19:	N-Zufuhr, N-Abfuhr und N-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.	62
Abb. 3-20:	K-Zufuhr, K-Abfuhr und K-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.....	63
Abb. 3-21:	Mg-Zufuhr, Mg-Abfuhr und Mg-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.	63
Abb. 3-22:	S-Zufuhr, S-Abfuhr und S-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.....	64
Abb. 3-23:	Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	69

Abb. 3-24:	Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	70
Abb. 3-25:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	71
Abb. 3-26:	Humusbilanz (3): Humus-C kg/ha*a mit 100 % Gärrest zurück für Kulturarten und Kulturartkombinationen	72
Abb. 3-27:	Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz (WNE); FF 1 bis 9 (ohne FF 7),	75
Abb. 3-28:	Wassernutzungseffizienz (WNE); FF 1 bis 9 (ohne FF 7), EVA I und EVA II; mit Berücksichtigung von Wurzel-TM bei Luzernegras.	76
Abb. 3-29:	Sickerwassermenge [mm] und NO ₃ -Konzentration im Sickerwasser (mg/l); FF 1 bis 9 ohne FF 7; EVA I und EVA II.	77
Abb. 3-30:	Kumulierter Energieaufwand (KEA) [GJ/ha*a] und „Energy Return on Investment“ (EROI-Wert); FF 1 bis 9; EVA I und EVA II.	78
Abb. 3-31:	Treibhausgas (THG-)Emissionen in kg CO ₂ -Äquivalent/GJ CH ₄ *Jahr und in t/ha*Jahr; FF 1 bis 9; EVA I und EVA II.....	79
Abb. 3-32:	Brutvogel- und Futterhabitatindizes der FF 1 bis 9; EVA I und EVA II.	83
Abb. 6-1:	Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 1. und 2. Anlage (EVA I).	93
Abb. 6-2:	Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II).	95
Abb. 6-3:	Gestapelte Methanerträge [CH ₄ m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, 1. und 2. Anlage (EVA I) getrennt.	97
Abb. 6-4:	CH ₄ -Erträge je Biogasjahr [m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, 1. und 2. Anlage (EVA I) getrennt.	98
Abb. 6-5:	Gestapelte Methanerträge [CH ₄ m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II) getrennt.	100
Abb. 6-6:	CH ₄ -Erträge je Biogasjahr [m ³ /ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, 3. und 4. Anlage (EVA II).	101
Abb. 6-7:	N-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.	109
Abb. 6-8:	P-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.	109
Abb. 6-9:	K-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.	110
Abb. 6-10:	Mg-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.	110
Abb. 6-11:	S-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.	110
Abb. 6-12:	Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	126
Abb. 6-13:	Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	127
Abb. 6-14:	Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	128
Abb. 6-15:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).....	129
Abb. 6-16:	Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	131
Abb. 6-17:	Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	133
Abb. 6-18:	Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	134
Abb. 6-19:	Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	136
Abb. 6-20:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).....	138
Abb. 6-21:	Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).....	139

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.
DB	Deckungsbeitrag
DON	Deoxynivalenol (Schimmelpilzgift)
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EROI	Energy Return On Investment
FA	Fruchtart
FM	Frischmasse
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Gülzow
GJ	Gigajoule
GP	Ganzpflanze
GPS	Ganzpflanzensilage
Haf Hptfr	Hafer Hauptfrucht
KAK	Kationenaustauschkapazität
KEA	Kumulierter Energieaufwand
kNm ³	Kilo-Normkubikmeter
Kö	Kornertrag
legN	Legume N-Bindung
LuzGr 1j.	Luzernegras 1. Hauptnutzungsjahr, steht auch für Luzerne-Klee-Gras
LuzGr 2j.	Luzernegras 2. Hauptnutzungsjahr, steht auch für Luzerne-Klee-Gras
LuzGr Ansaat	Luzernegras Ansaatjahr, steht auch für Luzerne-Klee-Gras
LuzGr Hptfr	Luzernegras Hauptfrucht, steht auch für Luzerne-Klee-Gras
Mais Folgefr	Mais Zweitfrucht
Mais Hptfr	Mais Hauptfrucht
Mais nach WRo	Mais nach Winterroggen
mD	Mineraldünger
MJ	Megajoule
NI	Normliter
oTM	Organische Trockenmasse
RP	Rohprotein
S.Gerste	Sommergerste
SBlum Hptfr	Sonnenblume Hauptfrucht
SGer Hptfr	Sommergerste Hauptfrucht
STABW	Standardabweichung
Str	Strohertrag
StSaat	Stoppelsaat
Sugr FolgeFr	Sudangras Zweitfrucht
Sugr Hptfr	Sudangras Hauptfrucht (<i>Sorghum b x s</i>)

Sugr nach WGer	Sudangras nach Wintergerste
Sugr nach WRo	Sudangras nach Winterroggen
THG	Treibhausgas
TLL	Thüringer Landesanstalt Landwirtschaft Jena
TM	Trockenmasse
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
W.Gerste	Wintergerste
W.Raps	Winterraps
W.Roggen	Winterroggen
W.Triticale	Wintertriticale
W.Weizen	Winterweizen
Wdlgr SoZwFr	Weidelgras Sommerzwischenfrucht
Wdlgr StSaat	Weidelgras StSaat
WGer vor Sugr	Wintergerste vor Sudangras
WGer WiZwFr	WGerste Winterzwischenfrucht
WGer+Sugr	Wintergerste + Sudangras
WNE	Wassernutzungseffizienz
WRa vor Haf	Winterraps vor Hafer
WRa WiZwFr	Winterraps Winterzwischenfrucht
WRo vor Mais	Winterroggen vor Mais
WRo vor Sugr	Winterroggen vor Sudangras
WRo vor Zuhi	Winterroggen vor Zuckerhirse
WRo WiZwFr	Winterroggen Winterzwischenfrucht
WRo+Mais	Winterroggen + Mais
WRo+Sugr	Winterroggen Sudangras
WRo+Zuhi	Winterroggen + Zuckerhirse
WTri Hptfr	Wintertriticale Hauptfrucht
WTri Hptfr + ZwiFr	Wintertriticale Hauptfrucht oder Zwischenfrucht
WTri WiZwFr	Wintertriticale Winterzwischenfrucht
WTri v.Wdlg&Phac	Wintertriticale vor Weidelgras oder Phacelia
WTri vor Zuhi	Wintertriticale vor Zuckerhirse
WTri+Zuhi	Wintertriticale + Zuckerhirse
WW	Winterweizen
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. Müncheberg
ZF	Zwischenfrucht
Zuhi FolgeFr	Zuckerhirse Zweitfrucht
Zuhi Hptfr	Zuckerhirse Hauptfrucht (<i>Sorghum b x b</i>)
Zuhi nach WRo	Zuckerhirse nach Winterroggen
Zuhi nach WTri	Zuckerhirse nach Wintertriticale

1 EINLEITUNG

Eine nachhaltige Fruchtbarkeit der Böden, die Artenvielfalt in Agrarlandschaften und der Schutz der Umwelt vor Schadstoffen hängen wesentlich von vielseitigen standortangepassten Fruchtfolgen ab. Die praktische Nutzenanwendung dieser grundsätzlichen Aussage erweist sich als sehr komplex. Wider besseres Wissen sind es zumeist ökonomische Zwänge oder Vorteile, die einseitige Fruchtfolgen begünstigen oder notwendig erscheinen lassen. Gerade weitsichtige Landwirte bringt dies in Zwiespalt: Wie stark sollen kurzfristige, wie stark langfristige Gesichtspunkte in ihre Fruchtfolgeplanungen eingehen? Langfristige Betrachtungen und Wertungen ackerbaulicher Maßnahmen fördern vielseitige Fruchtfolgen und sind entsprechend förderwürdig. Eine gute Ertragsleistung behält jedoch auch hier Priorität.

Das EVA-Projekt befasst sich seit 2005 intensiv mit einem produktiven *und* nachhaltigen Energiepflanzenanbau. Ziel ist es, standortangepasst Erträge und positive Effekte der Landbewirtschaftung zu optimieren und negative Auswirkungen so gering wie möglich zu halten. In die EVA-geprüften Fruchtfolgen sind auch Marktfrüchte mit oben genanntem Optimierungsziel eingebunden. Fundierte Kenntnisse und Erkenntnisse können Entscheidungshilfen und Bausteine für eine ertrags- und umwelloptimierte Landbewirtschaftung liefern – unter den jeweiligen standörtlichen Voraussetzungen, aber auch für wechselnde gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Anforderungen. Im Besonderen widmet sich das EVA-Projekt dem Anbau von Pflanzen, die als Substrat für die Biogas-Erzeugung dienen.

– Die Ölkrise Anfang der siebziger Jahre sowie die weitere Verbreitung der Güllewirtschaft brachten den allmählichen Durchbruch für die Biogasnutzung (*Bernhard_Jahr unbekannt*). – Zu Beginn der heutigen Entwicklung war Biogas ein Nebenprodukt viehhaltender Betriebe. Stromeinspeisungsgesetz (StrEG, 1990) und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, 2000) mit seinen Novellierungen bilden in Folge wichtige Meilensteine beim Ausbau der Biogaserzeugung. Biogas aus landwirtschaftlich erzeugten Substraten ist inzwischen für viele Betriebe der Hauptbetriebszweig. Gravierende Probleme bei anderen, bisher in großem Maßstab eingesetzten Verfahren der Strom- und Wärmeerzeugung mittels fossiler Energieträger oder sog. Atomenergie, lassen die Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen als förderwürdige Alternative erscheinen. Der pflanzliche Anbau zur Substratlieferung, der Prozess der Biogaserzeugung und die Verwertung von Biogas haben im zurückliegenden Jahrzehnt eine starke Optimierung durchlaufen. Bestrebungen, die Effizienz weiter zu steigern, sind in allen Teilbereichen der Energiegewinnung aus Biogas im Gange. Im Bereich der landwirtschaftlichen Urproduktion konzentrieren sich die Bemühungen u. a. darauf, die Menge an Biogassubstrat und dessen Methanausbeute zu erhöhen. Wie sich das Ertragspotenzial der hierfür angebauten Pflanzen entfaltet, hängt einerseits von Klima- und Bodenbedingungen ab. Andererseits bieten die Wahl passender Pflanzenarten und Sorten, der richtige Wechsel ihres Anbaus (Fruchtfolge), getätigte oder unterlassene Eingriffe in den Boden, die Wasser- und Nährstoffversorgung und der Schutz der Pflanzen optimierbare Einflussmöglichkeiten für die verschiedenen Zielstellungen.

An dieser Vielfalt der Möglichkeiten setzt das Projekt EVA bei seiner Erforschung von Fruchtfolge-systemen an. Forschungskern bildet als Teilprojekt 1 ein bundesweiter Fruchtfolgeversuch mit 8 bis 9 Fruchtfolgen. Die Fruchtfolgen 1 bis 5 dieses sog. Grundversuchs sind in allen beteiligten Bundesländern gleich. Dieselben Bundesländer haben zusätzlich weitere 6 bis 8 oder 9 Regionalfruchtfolgen auf ihre jeweiligen Standortverhältnisse abgestimmt. Entsprechend ihrer besonderen Kompetenzen befassen sich die am EVA-Projekt beteiligten Einrichtungen in sog. Satellitenprojekten vertieft mit Fragen zu Wasserversorgung, Ackerfutterbau, reduziertem Faktoreinsatz, Mischfruchtanbau und Erntezeitpunkten. Ein weiteres Teilprojekt bildet die Erforschung von Zweikultur-Nutzungssystemen (Teilprojekt 5). Der erwähnte Fruchtfolge-Grundversuch – das EVA-Kern- und Teilprojekt 1 – liefert die Datengrundlage für eine intensive Begleitforschung zu Ökologie, Ökonomie und Optimierung der Biogausausbeute in den Teilprojekten 2 bis 4. Ergebnisse dieser Begleitforschung sind ebenfalls Gegenstand dieses Abschlussberichts.

2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG AM STANDORT ETTLINGEN

2.1 Standort-Charakterisierung

– Der Versuchsstandort E t t l i n g e n liegt 150 m ü. NN. Laut Bodenkarte von Baden-Württemberg (LGRB-2009) handelt es sich um eine tiefe Pseudogley-Parabraunerde aus sandig-lehmigem Schluff bis lehmigem Schluff in den oberen 0 - 70 cm und schluffigem Lehm bis schluffig-tonigem Lehm im Unterboden. Die Feldkapazität beträgt 317 mm, die nutzbare Feldkapazität 195 mm (LGRB-2009). Im effektiven Wurzelraum wurden im Bereich der Versuchsanlage nutzbare Feldkapazitäten von 213-236 mm gemessen (Deumlich-2008). Der effektive Wurzelraum reicht an diesen Probenahmestellen in 110 cm Tiefe. Als Besonderheit des guten Lößstandorts werden die terrasierte Hanglage mit deutlichen Erosionsspuren und der nahegelegene nördliche Schwarzwald angegeben. (Kruse & Mastel-2010).–

2.2 Versuchsbeschreibung, Methoden der Datenerhebung und Datenbewertung

2.2.1 Versuchsanlage und Fruchtfolgen des Grund- und Regionalversuchs

Versuchsanlage

Wie in der 1. EVA-Projektphase (EVA I) sind auch in der 2. Projektphase (EVA II) 9 Fruchtfolgen (FF) Gegenstand der Forschungsarbeit. Die Anlage des Versuchs und seine Platzierung entsprechen der 1. EVA-Projektphase (Abb. 2-1, S. 13). Fünf der neun Fruchtfolgen stimmen mit den vorausgegangenen FF in EVA I überein. Die Fruchtfolgen 1,6,7,9 sind verändert, die Änderungen in Tab. 2-1, S. 14 unterstrichen.

Die erste Ziffer im Versuchsplan Abb. 2-1, S. 13 bezeichnet die FF, die zweite die Wiederholung. Bundesweit einheitlich sind die Fruchtfolgen 1 bis 5, angepasst an die regionalen Verhältnisse die Fruchtfolgen 6 bis 9 (Tab. 2-1, S. 14). – Es handelt sich um eine Blockanlage mit vier Wiederholungen je Prüfglied. Die 4. Anlage ist eine Kopie der 3. Anlage, wie in EVA I die 2. Anlage eine Kopie der 1. Anlage war. Der Anbau in der Wiederholungsanlage hat in EVA I und II ein Jahr später begonnen als die 1. Anlage bzw. 3. Anlage.

Ein Tausch der FF-Nummern vier und fünf beim Übergang von EVA I nach EVA II sollte verhindert, dass nach EVA I die Luz./Klee gras-Fruchtfolge in EVA II entgegen pflanzenbaulichen Grundsätzen mit einer kurzen Anbaupause von lediglich 2 Jahren wieder auf denselben Flächen zum Anbau kommt. Für die 3. Anlage erfolgte die Versuchsanlage entsprechend planmäßig. Im Versuchsplan für das erste Jahr der 4. Anlage wurden jedoch nicht nur die FF-nummern der Fruchtfolge 4 und 5 vertauscht, sondern auch die Parzellennummern 4 und 5. Dadurch kam die Luzern gras-FF wieder dort zu liegen, wo sie sich schon in EVA I (2. Anlage) befunden hatte.

Die Luzern gras-FF hat im Projekt EVA I die Nr. 4, im Projekt EVA II die Nr. 5.

Wiederholungsanlage EVA II (ab 2010)					Fruchtfolge-Anlage EVA II (ab 2009)											
großer Weg	54	kleiner Weg	43	großer Weg	92	kleiner Weg	71	großer Weg	44	kleiner Weg	33	großer Weg	62	kleiner Weg	91	großer Weg Eingang
	24		13		52		81		54		23		42		81	
	44		33		22		61		34		13		52		71	
	14		73		42		91		24		93		32		61	
	34		83		12		51		14		83		22		41	
	74		63		32		21		94		73		12		51	
	84		93		72		41		84		63		92		31	
	64		53		82		11		74		43		82		21	
	94		23		62		31		64		53		72		11	

Abb. 2-1: Erst- und Zweitanlage mit jeweils 9 Fruchtfolgen in vierfacher Wiederholung.

Fruchtfolgen EVA II des Grundversuchs (Teilprojekt 1)

Die Fruchtfolgen 1 bis 5 des Grundversuchs stehen an allen Standorten des EVA-Fruchtfolgeversuchs. Die Fruchtfolgen 6 bis 9 tragen als Regionalfruchtfolgen den klimatischen Besonderheiten jedes Standorts Rechnung und unterscheiden sich dementsprechend von Bundesland zu Bundesland. Zu gleichen Anteilen kombinieren die FF 1 bis 3 C3- und C4-Pflanzen als alleinige Hauptfrüchte oder Zweitfrüchte mit Hauptfruchtcharakter. Bei FF 2 beträgt der Marktfruchtanteil mit Triticale- und W.Weizen-Kornnutzung 50 %. FF 5 ist geprägt durch zweijährigen Luzernegras-Anbau in der vierjährigen Fruchtfolge. (Luzernegras steht im Folgenden auch für Luzerne-Klee-Gras.) Eine Getreide-Raps-Fruchtfolge mit einem Marktfruchtanteil von 50 % bilden die FF-Glieder von FF 4. In EVA I hatte die Luzernegras-FF die Nr. 4. Der Nummerntausch erfolgte, um Flächen der FF 4 und 5 zu tauschen, damit nicht – praxisunüblich – nach kurzer Anbaupause von zwei Jahren erneut auf derselben Fläche ein zweijähriger Luzernegrasanbau folgt.

– Die Körnermaisregion Südwestdeutschlands ist charakterisiert durch langjährige Jahresmittel-Temperaturen über 9° C, eine stark negative klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit und vergleichsweise häufig auftretende Hitzeperioden (*Mastel & Kruse-2009*). Höhe und Verlauf der Temperaturen verbunden mit begrenzter Wasserversorgung führten zur starken Anbauausdehnung der wassereffizienten C4-Pflanze Mais in dieser Region. Hier befindet sich der EVA-Fruchtfolgeversuch. Um bestmögliche TM- und Methanerträge zu erzielen und dennoch nicht einseitig auf Mais zu setzen, enthalten die Regionalfruchtfolgen 6 bis 9 außer Mais ertragsstarke Sorghumarten – ebenfalls C4-Pflanzen. Die ertragliche Überlegenheit der C4-Pflanzen begründet auch den Austausch von Hafer und W.Raps gegen Mais beim Übergang von EVA I nach EVA II in

Fruchtfolge 9. Der Suche nach Maisalternativen ist in FF 7 der Ersatz von Mais durch Zuckerrübe geschuldet, die ebenfalls ein hohes TM- und Methan-Ertragsniveau erwarten lässt.

Hauptfrucht bezeichnet in Tab. 2-1, S. 14 eine Kultur, auf die in derselben Vegetationsperiode keine weitere Kultur folgt. Unter Erstfrucht sind in dieser Tabelle Kulturen zu verstehen, denen nach der Ernte noch im selben Jahr eine weitere Kultur folgt. Dies kann eine zweite Fruchtart mit hoher Ertragsleistung sein, wenn die Erstfruchternte früh erfolgt. Die Zweitfrucht besitzt dann Hauptfruchtcharakter. Dies ist bei allen C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung der Fall. Zweitfrucht kann auch eine Sommerzwischenfrucht mit vergleichsweise kurzer Anbaudauer und geringer Ertragsleistung sein. Im Fruchtfolgeversuch sind dies Phacelia und Einjähriges Weidelgras.

Liegt der Ertragsschwerpunkt beim Zweikulturanbau von Grünroggen und W.Triticale auf der Folgekultur (C4-Pflanze), so erfolgte die Ernte bei beiden Pflanzenarten vor Maissaat ca. Anfang Mai. Beim Nachbau von Sorghumarten liegt der Erntezeitpunkt ca. ein bis zwei Wochen später (auch bei W.Gerste als Erstfrucht). Liegt der Ertragsschwerpunkt auf der Erstfrucht W.Triticale, erfolgte die Ernte 2011 und 2012 in der ersten Junihälfte.

Die Anbaudaten hinsichtlich Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflege und Ernte der Bestände in der 3. und 4. Anlage enthält Tab, S. 140 im Anhang.

Tab. 2-1: Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 3. Anlage (ab 2009) und 4. Anlage (ab 2010) (EVA II)

Ernte		3. Anlage 2009		2010		2011		2012
		4. Anlage 2010		2011		2012		2013
FF		Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- frucht
bundesweit	1*	<u>W.Gerste</u>	<u>Sudangras</u>	Mais		W.Triticale	<u>Phacelia</u>	WW
	2	Sudangras		Grünrog.	Mais	W.Triticale		WW
	3	Mais		Grünrog.	Sudangras	W.Triticale	Einj.Weidelg.	WW
	5	S-Gerste	Luz./Kleegr.	Luz./Kleegr.		Luz./Kleegr.		WW
	4	Hafer-SoMi		W-Triticale		W.Raps		WW
regional	6*	Zuckerhirse		W-Gerste	Sudangras	W.Raps	<u>Mais</u>	WW
	7*	Sonnenblume		W-Triticale	Zuckerhirse	Zuckerrüben		WW
	8	Mais		Grünrog.	Mais	Mais		WW
	9*	<u>Mais</u>	<u>keine</u>	Grünrog.	Zuckerhirse	Mais		WW

Unterstrichen: Andere Kultur in EVA I. *Kursiv:* Kornnutzung.
Nummern der FF 4 u. 5 im EVA-II-Zeitraum getauscht.

SoZF = Sommer-
zwischenfrucht

2.2.2 Ertragserhebung

Die Beerntung für FF-Glieder mit Biogasnutzung erfolgte mittels Grüngutvollernter Hege 212 oder Häcksler Baural SF 2000, bei Zuckerrüben von Hand. Für den Drusch bei Kornnutzung kam in den zurückliegenden Jahren ein Hege-Mährescher 140 zum Einsatz, 2012 der Mähreschertyp Haldrup C 85. Die Bruttogröße der Parzellen beträgt 8 m x 6 m; die Beerntung für die Ertragsermittlungen umfasst je nach Erntetechnik eine Fläche von 1,35 m oder 1,5 m x 6 m.

2.2.3 Ermittlung von Biogas- und Methanausbeute

Grundlage für die Berechnung von Biogaserträgen und deren Methangehalte sind die Arbeiten des ATB Potsdam und die daraus entwickelte sog. Biogasmatrix (*Hermann et al.-2013*). Diese Berechnung berücksichtigt beispielsweise Kulturart, TM-Gehalt und Nutzungsform (wie GPS). Zusammen mit BBCH-Angaben zum Erntezeitpunkt erfolgt eine Gruppierung der Substrate. Für die zahlreichen Kombinationen aus Kulturarten, Nutzungsmerkmalen, TM-Gehalten und BBCH-Stadien liegen Biogausausbeuten relativ zu Mais und Methananteile in % am Biogasertrag vor.

– Außerdem wurde das Probematerial der Endernten der Weender-Analyse zugeführt. Die dabei analysierten Gehalte an Rohasche, Rohfett, Rohfaser, Rohprotein und stickstofffreie Extraktstoffe dienten als Berechnungsgrundlage für die theoretischen Biogas- bzw. Methanausbeuten. Die theoretischen Ausbeuten werden in Anlehnung an *Schattauer & Weiland-2006* berechnet. Für die verdauliche Fraktion von Eiweiß, Fett und Kohlenhydraten wurden Biogaserträge von 650, 1125 bzw. 750 NI/kg organischer Trockenmasse (oTM) und für den Methangehalt 72,5, 70,5 bzw. 52,5 Vol. % zugrunde gelegt. Die Verdaulichkeitskoeffizienten der Rohnährstoffe des entsprechenden Materials wurden unter Beachtung des Reifegrads der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (*DLG-1997*) entnommen. (*Kruse & Mastel-2010*). – Die Werte je kg oTM zur Berechnung des Biogasertrags von Zuckerrübe stammen aus den „Faustzahlen Biogas“ (*KTBL-2009*); ebenso der zugrunde gelegte Methangehalt von 52 %. Der oTM-Gehalt je ha basiert auf der Frischmassebestimmung der Parzellenernten, dem ermittelten TM-Gehalt und der Analyse des Rohaschegehalts.

In die Biogasertrags-Berechnung gingen für alle Substrate sowohl bei der ATB- als auch bei der Weenderberechnung Silierverluste von 10 bis 21 % ein. Dabei bestimmen die Kulturart und deren TM-Gehalt zur Ernte die Höhe des Silierverlustes nach einer Aufstellung des ATB Potsdam. Die Überführung sämtlicher Tabellen zur Biogasmatrix, zu Gruppenbildungen, zur Biogasmatrix und zu DLG-Futterwerttabellen in Excel-Tabellen erfolgte durch das ZALF Müncheberg (Willms, M.). Diese Excel-Tabellen bilden die Berechnungsgrundlage der vorgestellten Methanerträge.

Für einen Teil der Ernteproben des Ettlinger Fruchtfolgeversuchs führte das ATB Biogastests an Silagematerial durch. Der Wert für eine Probe errechnet sich aus drei Einzelmessungen.

2.2.4 Ökonomische Bewertung

Die Ergebnisse des Teilprojektes Ökonomie zum Standort „Ettlingen“ wurden vom Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft an der Universität Gießen (EVA Teilprojekt 3) auf Grundlage der standörtlichen Bewirtschaftungsdaten ermittelt.

Grundsätzlich wurde die zur Auswertung entwickelte Methodik aus der ersten Förderperiode (EVA I) beibehalten. Der „EVA-Deckungsbeitrag“ kommt der „Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung“ (DAKfL) nach DLG-Betriebszweigabrechnung gleich und bleibt als etablierter Bewertungsmaßstab unverändert bestehen. Für die genaue Erläuterung der Methodik sei auf den

Endbericht des Teilprojekts 3, Projektphase „EVA I“ (Toews & Kuhlmann-2009) und den aktuellen Endbericht des Teilprojekts 3 zur Projektphase „EVA II“ verwiesen (Aurbacher et al.-2013). Änderungen in EVA II ergaben sich in Bezug zur neu angelegten Codierung, die jedoch den bisherigen Richtlinien und den offiziellen Versuchsplänen von EVA II folgt. Weiterführende Änderungen ergaben sich vor allem bei den Preisen für Roh- und Betriebsstoffe sowie den erzielten landwirtschaftlichen Erzeugerpreisen.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann nach wie vor davon ausgegangen werden, dass der Landwirt seine Entscheidung für den Einstieg in den Betriebszweig Biogas aufgrund der gesicherten Einspeisevergütung des EEG und langfristiger mittlerer Preiserwartung für landwirtschaftliche Erzeugnisse sowie Roh- und Betriebsstoffe treffen wird. Dem folgend wurde für die Projektphase EVA II das dreijährige Mittel der Jahre 2010 bis 2012 für landwirtschaftliche Erzeugnisse (Erzeugerpreise) festgesetzt. Äquivalent zur Ermittlung der landwirtschaftlichen Erzeugerpreise wurden die für die Kostenrechnung relevanten Faktorpreise bestimmt. Um 1. bis 4. Anlage des gesamten EVA-Projektzeitraums (2005 – 2013) vergleichen zu können, wurden alle Fruchtfolgen mit den neuen Preisannahmen der Projektphase EVA II kalkuliert.

Aufgrund zunehmend volatiler Märkte kann es zwischen einzelnen Jahren zu starken Preisschwankungen bei Erzeuger- und Betriebsmittelpreisen kommen, was sich auch in der absoluten Höhe der Deckungsbeiträge widerspiegelt. Durch die Verwendung von Durchschnittspreisen über einen längeren Zeitraum (2010 – 2012) lassen sich diese Schwankungen glätten. Da für einen Verfahrensvergleich die Deckungsbeitragsrelationen zwischen einzelnen Verfahren bedeutender sind als die absoluten Deckungsbeiträge, sind die jahreszeitlichen Preisschwankungen von nachrangiger Bedeutung. Für die Leistungen des Anbaus von Biogassubstraten wird ein einheitlicher Preis von 0,33 € pro m³ Methan angesetzt. Hergeleitet wird der Methanpreis über den Indifferenzpreis zur Referenzkultur W.Weizen (minimaler Angebotspreis).

Seit Januar 2012 liegt das EEG in novellierter Form vor. Für den unterstellten Methanpreis ergeben sich dahin gehend Änderungen, dass die Vergütung unter anderem vom eingesetzten Substrat abhängig ist. Die Substrate müssen nach dem EEG 2012 folglich differenziert betrachtet werden. Für die derzeit bestehenden Biogasanlagen hat jedoch das EEG 2009 weiterhin Bestand und ist somit für die Marktpreisgestaltung weiterhin relevant. In Abhängigkeit vom Zubau an Neuanlagen nach EEG 2012 wird in Zukunft diese Differenzierung berücksichtigt werden müssen.

Für die Berechnungen der Methanerträge wurden die Gasbildungskoeffizienten des ATB Potsdam-Bornim Teilprojekt 4 angewandt (Hermann et al.-2013).

Weitere Details zur Methodik und zu verwendeten Preisen sind dem Abschlussbericht des Teilprojekts 3 „Ökonomie“ des Instituts für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft (TP 3) zu entnehmen (Aurbacher et al.-2013).

2.2.5 Makronährstoffe – Gehalte, Entzüge, Bilanzen

Die Frischmassebestimmung je Ernteparzellen, die Ermittlung des Trockenmassegehaltes in % (TM %) und die Laboranalyse der einzelnen Nährstoffmengen in der TM erlauben die Berechnung der Nährstoffentzüge. Jeder Analyse pro Ernte liegt in der Regel eine Mischprobe aus vier Wiederholungen zugrunde.

Die so ermittelten Nährstoffentzüge erlauben zusammen mit der Dokumentation der Nährstoffdüngung eine Bilanzierung der Nährstoffmengen. Die Düngung der Makronährstoffe P, K und Mg in

den Fruchtfolgeversuchen richtet sich nach den Entzügen und den Bodengehalten an diesen Nährstoffen und gegebenenfalls nach der Nachlieferung von Vorfrüchten. Die Berechnung der N-Düngermenge erfolgte nach Ertragserwartung, ab 2012 mit Berücksichtigung von N_{\min} -Gehalten im Frühjahr und zu erwartender N-Nachlieferung von Boden, Ernteresten und Zwischenfrüchten. (*Düngebedarf-2012*).

2.2.6 Humusbilanzierung

Ein gängiger Ansatz für Humusbilanzen ist die VDLUFA-Methode (*VDLUFA-2004*). Als Grundlage für Humusbilanzen dienen Veränderungen der Humus-C-Mengen [Humus-C kg/ha] im Boden beim Anbau einzelner Kulturarten. Die Angaben gelten ohne C-Rücklieferung durch Gründüngung, Stroh oder Rübenblatt. Sie basieren auf langjährigen Versuchen unter bestimmten Bewirtschaftungsbedingungen. Für jede bei der VDLUFA-Methode vorkommende Kulturart liegen ein Maximal- und ein Minimalwert vor. Keine Werte sind vorhanden für Sorghumarten und Getreide-GPS bei unterschiedlichen Schnittzeitpunkten. Die Angaben hierfür stammen vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. Müncheberg (ZALF) und sind aus den VDLUFA-Werten abgeleitet: – So erhält Sorghum als unteren Wert das Mittel zwischen Getreide ((-)280) und Mais ((-)560) (= (-)420). Der Wert für Grünroggen ((-)80) und früh geschnittene W.Triticale errechnet sich als Mittelwert aus Winterzwischenfrucht ((+)120) und Getreidewert ((-)280). Triticale-GPS zur Teigreife geerntet erhält den Getreidewert (-)280 (*Willms et al.-2013*). Weist eine Spalte in Tab. 2-2, S. 18 für Triticale-Erstfrucht zwei Werte auf, hängt die Anwendung des einen oder anderen Wertes von der Aufwuchsdauer (Schnittzeitpunkt) ab.

Ziel der Humusbilanzierung ist es, die bewirtschaftungsbedingt zu erwartenden Veränderungen der Humusvorräte abzuschätzen. Dies kann als Grundlage dienen, den landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturpflanzenbau auf einen optimalen Humusgehalt auszurichten. Zusammen mit Stickstoffsalden für Betriebe oder Schläge ergeben sich Anhaltspunkte für die Gefahr von N-Verlusten. (*VDLUFA-2004*).

Dem theoretischen TM-Gehalt eines Gärrestes einer bestimmten Kulturart liegen TM-Gehalt des Ernteguts sowie dessen Rohaschegehalt und die Biogasausbeute zugrunde. Der TM-Gehalt entscheidet darüber, welche Humus-Reproduktionsleistung einem Gärrest zukommt. Die so ermittelte Humus-Reproduktionsleistung des Gärrestes einer bestimmten Kulturart wird für die Humusbilanzierung rechnerisch dem Humusbedarf dieser Fruchtart gegenübergestellt. (Siehe dazu ausführlicher *Willms et al.-2013*.) Die Berechnungen berücksichtigen einen Verlust von 15 % des TM-Feldertrags. Zusammen mit den sonstigen N-Verlusten von der Ernte bis zur Ausbringung beträgt die N-Rücklieferung bei vollständiger Gärrestrückführung ca. 70 %. (*Willms et al.-2009*).

Die Bewertung der Humusbilanzen oder Humussalden erfolgt gemäß *VDLUFA-2004* in fünf Stufen (A – E). Dabei beträgt die tolerierbare Untergrenze(-)200 Humus-C kg/ha*a, die tolerierbare Obergrenze (+)300 Humus-C kg/ha*a. Dieser Bereich umfasst die Bewertungsstufen B niedrig, C optimal und D hoch. Die optimale Stufe C erstreckt sich von (-)75 bis (+)100 Humus-C kg/ha*a. Stufe D hoch ist tolerierbar auf humusverarmten Böden, Stufe B niedrig auf humusangereicherten Böden.

Tab. 2-2: Humuswirkung (VDLUFA-2004) der Kulturarten in den FF 1 bis 9 [Humus-C kg/ha]

Kultur	Hauptfrucht		Erstfr./Zweitfr./SoZF	
	Unterer Wert	Oberer Wert	Unterer Wert	Oberer Wert
Luz./Klee gras	600	800		
Gerste	-280	-400	-280	-400
Hafer	-280	-400	-280	-400
Roggen	-280	-400	-80	-120
Sonnenblume	-280	-400		
Triticale	-280	-400	-80/-280	-120/-400
Weizen	-280	-400		
W.Raps	-280	-400		
Sudangras	-420	-600	-420	-600
Zuckerhirse	-420	-600	-420	-600
Mais	-560	-800	-560	-800
Zuckerrübe	-760	-1300		
Erbse SoZF			80	120
Ölrettich SoZF			80	120
Phacelia SoZF			80	120
Weidelgras SoZF			100	150

SoZF = Sommerzwischenfrucht

Für eine FF-spezifische Humusbilanzierung stellte das ZALF Müncheberg vier Arten von Bilanzen über alle FF-Glieder für jede der neun Fruchtfolgen und jede der vier Anlagen (EVA I: 1. u. 2. Anlage; EVA II 3. u. 4. Anlage) bereit.

Mögliche Arten von Humusbilanzen für den Fruchtfolge-Grund- und Regionalversuch aufgrund der Datenlieferung ZALF Müncheberg:

1. Humus-C-Kultur (unterer Wert) + C aus Gründüngung, Stroh, Rübenblatt
2. Humus-C-Kultur (oberer Wert) + C aus Gründüngung, Stroh, Rübenblatt
3. Humus-C-Kultur (unterer Wert) + C aus Gründgg., Stroh, Rübenblatt + volle Gärrestrückführung
4. Humus-C-Kultur (oberer Wert) + C aus Gründgg., Stroh, Rübenblatt + volle Gärrestrückführung

Die Ertrags- und Analysedaten für die C-Mengen aus Gründüngung, Stroh und Rübenblatt stammen aus dem EVA-Fruchtfolgeversuch am Standort Ettlingen.

2.2.7 Methoden zum Wasser- und Stickstoffhaushalt

Dieses Kapitel basiert auf dem „Vorläufigen Endbericht zu Teilprojekt II“ der EVA-II-Projektphase (Willms et al.-2013).

Das verwendete Modell MONICA erlaubt die Betrachtung von Einflüssen der Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Ernte und des mehrschnittigen Ackerfutters auf Wasser- und N-Haushalt. Die Modellierung der biochemischen Umsetzung von Kohlenstoff, Stickstoff und Wasser erfolgt in Tagesschritten.

Der berechneten Assimilatbildung, die in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanzen erfolgt, liegt die Globalstrahlung zugrunde. Pflanzenphysiologische Parameter stammen teilweise aus den EVA-Versuchsdaten. Nur wenn für eine Fruchtart (z. B. Sonnenblume) wenige Versuchsglieder vorlagen, erfolgte für diese keine Kalibrierung und Ableitung fruchtartenspezifischer Parameter. Deshalb weist Tab. 3-20, S. 84 für FF 7 an entsprechender Stelle keine Werte auf. Aus der Berechnung der Wurzelverteilung leitet sich die Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzen ab. Die Modellierung des Bodenwasserhaushalts erfolgt schichtweise. Eine untere Bodenschicht erhält Wasser, wenn die Wasserzufuhr zur darüber liegenden Schicht deren Feldkapazität übersteigt.

Verläufe der Bodentemperaturen fließen in Abhängigkeit von Witterungs- und anorganischen Bodenparameter sowie verschiedener Kohlenstoff-Pools in die Modellierung der Stoffumsätze ein. Mineralisation und Immobilisation lassen sich auf diese Weise abbilden. Weitere Umsetzungen von Stickstoff wie Nitrifikation und Denitrifikation werden ebenfalls modelliert. Wasser-, Stickstoff- und Sauerstoffmangel sowie Wärmestress finden bei der Modellierung des Pflanzenwachstums Berücksichtigung. Für zahlreiche Fruchtarten des EVA-Fruchtfolgeversuchs war es erforderlich, Werte zur Pflanzenphysiologie neu für die Modellierung zu erstellen und ins Modell einzubinden.

Außerdem galt es, für eine effiziente Modellierung die EVA-Datenbank direkt an das Modell anzubinden, um Aktualisierungen dort ohne Umwege für die Simulationsläufe des Modells zur Verfügung zu haben.

Auch war es zunächst nicht möglich, die Wirkung pflanzlicher Gärreste in der Modellierung abzubilden, bis ein neuer Parametersatz entwickelt war.

Die Berechnung des zugrunde gelegten Wasserverbrauchs beruht auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten nach dem Penman-Monteith-Ansatz. Dabei ermittelt der erste Rechengang die Verdunstung (Evapotranspiration ET_0) eines fiktiven standardisierten Grasbewuchses (Grasreferenz-Verdunstung). Darauf folgt die Korrektur dieser Verdunstung für einzelne Fruchtarten und deren Entwicklungsstadien mit Korrekturfaktoren (K_c -Werte), um letztlich in Abhängigkeit von der Wasserversorgung der Pflanzenbestände zur aktuellen Verdunstung ET_a zu kommen. (Ausführlich siehe <http://monica.agrosystem-models.com/de/bodenprozesse/16-evaporation> und <http://monica.agrosystem-models.com/de/pflanzenprozesse/27-transpiration> [17.02.2014].)

Die Wassernutzungseffizienz (WNE) gibt an, wie viel Biomasse eine Pflanze mit einer bestimmten Menge Wasser erzeugt. Als Einheit ist die Trockenmasse (TM) in Kilogramm je Hektar und Millimeter Wasser gewählt ($TM \text{ kg/ha}^*mm$). Dem Wasserverbrauch liegt die aktuelle Evapotranspiration zwischen Saat und Ernte zugrunde. Die Versuchsernten ermitteln die frische Biomasse je Ernteparzelle, um nach Bestimmung des Trockenmassegehaltes (TM-Gehalt) die Trockenmasse errechnen zu können. Tab. 3-20, S. 84 enthält die WNE für die abgefahrene TM/ha^*a .

Niederschlagsmenge minus Wasserverdunstung ergibt die Sickerwassermenge. Die Sickerwassermenge unterhalb einer Tiefe von 1,2 m entspricht im Projekt vereinfachend der

Grundwasserneubildung. Zugrunde liegt für jede Kulturart oder Kulturartkombination der Zeitraum von 1. November bis 30. Juni.

Modellierte Sickerwasser- und ausgetragene N-Menge bestimmen die Höhe der Nitratkonzentration im Sickerwasser. Auch für den N-Austrag liegt wie bei der Bestimmung der Sickerwassermenge der Zeitraum vom 1. November bis 30. Juni zugrunde.

Als Maß für die Auswaschungsgefährdung dient die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers durch infiltriertes Niederschlagswasser errechnet mit der Formel:

$$A_H = SW/nFK_{We}$$

A_H : Austauschhäufigkeit

SW: Sickerwassermenge [mm]

nFK_{We} : Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum [mm]

2.2.8 Berechnung der Energie- und Treibhausgasbilanz

Dieses Kapitel basiert auf dem „Vorläufigen Endbericht zu Teilprojekt II“ der EVA-II-Projektphase (Willms et al.-2013).

Im Projekt EVA erfolgt eine Bewertung von Fruchtfolgen nach ISO 14040 (2009), der gegenwärtig anerkanntesten Methode zur Ökobilanzierung. Ökonomische und soziale Aspekte finden dabei keine Berücksichtigung.

Feststellung von Ziel und Untersuchungsrahmen, eine Sachbilanz, die Wirkungsabschätzung und Auswertung führen zur Ökobilanz.

Im vorliegenden Fall **zielt die Ökobilanzierung** auf die Quantifizierung der Treibhausgas(THG)-Emissionen und des kumulierten Energieaufwands (KEA). Der **Untersuchungsrahmen** umfasst alle direkten und indirekten Energieaufwendungen und Emissionen des Ernteprodukts von der Saat bis zur Ernte. Damit sind auch Aufwendungen berücksichtigt, die für die Herstellung der eingesetzten Betriebsmittel (z. B. Düngemittel) erforderlich waren. Berechnungen und Bewertungen erfolgen mithilfe eines eigens entwickelten Modells (MiLA, Model for integrated Life Cycle Assessment in Agriculture).

Die Quantifizierung der Umweltwirkungen erfolgt flächenbezogen (je ha) und produktbezogen (je GJ CH₄).

Die **Sachbilanz** listet alle Inputs und Outputs des Produktionssystems in Form von Stoffen und Energie auf. Stoffe sind beispielsweise Ausgangsmaterialien, Zwischenprodukte, Emissionen und Abfälle. Der Sachbilanz voraus geht für manche Bilanzglieder eine Klassifizierung von Standortfaktoren wie Klima und Boden. So ist z. B. die Bearbeitbarkeit des Bodens ein bedeutender Standortfaktor. Diese hängt wesentlich von der Bodenart ab und nimmt starken Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch. Eine Klassifizierung der Bearbeitbarkeit in leicht – mittel – schwer erfolgt nach dem Anteil an Sand, Schluff und Ton im Boden.

Direkte Aufwendungen entstehen bei den Arbeitsverfahren des Anbaus. Sie haben direkte Emissionen zur Folge, die bei der Kraftstoffverbrennung und den Düngergaben entstehen. Die Feldemissionen nach Düngieranwendung hängen vor allem an der Höhe der Düngergabe. Darüber hinaus modifizieren C-Gehalt, pH-Wert, KAK sowie Trockendichte die Feldemissionen.

Zur Berechnung der direkten Energieaufwendungen diente der Energiegehalt des verbrauchten Dieselkraftstoffs für alle vorgekommenen Arbeitsschritte. Der Strombedarf für die landwirtschaftliche Biomasseproduktion ist mit 10 kWh/ha*a angesetzt. Dieser Betrag wird den Kulturen anteilig je nach Anbaudauer zugeschlagen.

Gleiche Betriebsmittel und gleiche Feld-Hof-Entfernungen für die Berechnungen an allen Standorten sichern die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Die Berechnungen der THG-Emissionen beinhalten N_2O , NO , NH_3 und CO_2 .

Organische Düngung geht je nach Ausbringungs- oder Einarbeitungstechniken mit hohen oder geringen NH_3 -Ausgasungen einher. NH_3 kann bei oberflächiger Harnstoffdüngung entweichen, ebenso CO_2 . Letzteres durch Kohlensäureverwitterung auch nach Düngung von gebrochenem Kalkstein.

Die Berechnungen der kumulierten Energie für indirekte Aufwendungen, die vorlaufend außerhalb des eigentlichen Produktionsprozesses anfallen, stützen sich auf entsprechende Datensammlungen.

Den Outputberechnungen liegen überwiegend die spezifischen Methanausbeuten der Fruchtarten zugrunde, die das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) ermittelte. Diese Berechnungsgrundlage ist ausführlich erläutert bei *Hermann et al.-2013*.

Wirkungsabschätzung: Ein nächster Schritt hin zur ökologischen Bewertung des Anbausystems ordnet die Ergebnisse der Bilanzaufnahme (Sachbilanz) verschiedenen Wirkungskategorien zu. Diese können sein: Energieaufwand, Treibhausgaspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Humantoxizität u.a.m.. Die einzelnen Bilanzbeiträge werden für die Kategorisierung in eine Größe, den Charakterisierungsfaktor einer Wirkungskategorie, überführt. Für die Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ ist dieser Charakterisierungsfaktor beispielsweise das CO_2 -Äquivalent. So ergibt die Multiplikation einer CH_4 -Menge mit 24 und einer N_2O -Menge mit 298 den äquivalenten CO_2 -Wert.

Für die Wirkungskategorie „Energieaufwand“ ist der Charakterisierungsfaktor die Energiemenge ausgedrückt in MJ oder GJ. Mit Hilfe des kumulierten Energieaufwands lässt sich die Frage beantworten, ob zur Produktion und Aufbereitung der nachwachsenden Rohstoffe mehr oder weniger Energie erforderlich ist, als der Rohstoff selbst liefert. Wenn $Outputenergie/Inputenergie > 1$, dann liefert der nachwachsende Rohstoff mehr Energie, als seine Produktion benötigt. Dieser Faktor $Output/Input$ hinsichtlich Energie trägt auch die Bezeichnung EROI (Energy Return On Investment).

Die abschließende **Auswertung** betrachtet alle Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung zusammen. Davon leiten sich Umweltwirkungen und Empfehlungen ab.

2.2.9 Brutvogel- und Futterhabitatindex

Dieses Kapitel basiert auf dem „Vorläufigen Endbericht zu Teilprojekt II“ der EVA-II-Projektphase (*Glemnitz & Platen-2013*).

Das ZALF-Habitatmodell berechnet einen Biodiversitätswert von Fruchtfolgegliedern und Fruchtfolgen für Agrarvögel. Dabei liegt die Annahme zugrunde, dass den Wert des Ackerlebensraums für diese Vögel maßgeblich die Fruchtart, ihre Vegetationsstruktur und die dort durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen bestimmen. Das Lebensraummodell setzt sich aus drei Modulen zusammen. Das 1. Modul beschreibt detailliert die Lebensraumsprüche der zu betrachtenden Organismen (hier: Agrarvögel). Das 2. Modul (Fruchtartenmodul) bildet Phänologie und Vegetationsstruktur der Fruchtarten ab. Dazu dienen die Messungen zur Bestandesstruktur im EVA-Projekt. Mit diesen Messungen ist es möglich, parzellenscharf und in Dekadenauflösung die Bestandesstruktur der Fruchtarten zur Einspeisung in die Modellrechnungen zu erfassen. Das 3. Modul beschreibt die zeitliche Abfolge von Bewirtschaftungsmaßnahmen wie

Düngung oder Pflanzenschutzmitteleinsatz, welche die Nutzung des Ackers als Lebensraum stören.

Das ZALF-Habitatmodell gleicht Ansprüche der zu betrachtenden Organismen (hier: Agrarvögel) mit dem Angebot ab, das die Fruchtarten abhängig von ihrer Bewirtschaftung liefern. Auf dieser Grundlage berechnet das Programm, ob und in welchem Umfang die einzelnen Fruchtarten eine erfolgreiche Brut ermöglichen. Als Ergebnis liegen ein Brutvogel- und ein Futterhabitatindex vor, je nachdem wie die Agrarvögel den Acker nutzen.

Der Brutvogelindex für eine Fruchtfolge errechnet sich aus der Lebensraumbewertung einzelner Fruchtfolgeglieder für vier ausgewählte typische Brutvögel des Ackerlandes. Es sind dies Feldlerche, Grauammer, Kiebitz und Braunkehlchen. Die Lebensraumbewertung bezieht sich explizit auf die Brutzeiträume der einzelnen Arten. Auch die Nahrungsverfügbarkeit samt evtl. auftretenden Störungen während der Vegetation der Fruchtfolgeglieder fließt in die Bewertung ein. In einzelnen Jahren können mehrere Arten günstige Lebensbedingungen finden. Sind die Bedingungen nicht optimal, dann nimmt das Modell Abschlüsse vor, die von der relativen Störungstoleranz der Arten abhängen. Störungen können beispielsweise organische Düngung, Herbizid- und Insektizideinsatz sein. Der Brutvogelindex ist ein dimensionsloser Relativwert. Dieser ergibt sich aus der Summe der Lebensraumeignung für jede einzelne Art dividiert durch die Anzahl der betrachteten Vogelarten. Ein Brutvogelindex beispielsweise von 1,5 für eine Fruchtfolge bedeutet, dass der Mittelwert für die genannten vier Ackerbrutvögel hier 1,5 Bruten beträgt. Insgesamt wären daher rechnerisch 6 Bruten möglich. Für welche Vogelarten die Brutbedingungen geeignet sind, ist damit nicht gesagt.

Der Futterhabitatindex gibt Aufschluss, inwieweit eine Fruchtfolge zur Brutzeit drei Vogelarten Nahrung liefern kann, die in der Regel außerhalb von Ackerflächen brüten. Ausgewählt sind im vorliegenden Fall Neuntöter, Goldammer und Heidelerche, die zur Brutzeit ihre Nahrung auf Ackerflächen suchen. Auch der Futterhabitatindex stellt ein Mittelwert dar; diesmal für die drei zuletzt genannten Vogelarten. Beim Futterhabitatindex bedeutet ein Wert von 1,5 für eine Fruchtfolge, dass dort jede der drei Vogelarten im Mittel für 1,5 Brutperioden ihre Nahrung findet. Diese Fruchtfolge bietet somit eine Nahrungsquelle rechnerisch für insgesamt 4,5 Bruten der drei Vogelarten.

Die Zahlenangaben sind bei beiden Indizes nicht flächenbezogen, sondern in der Zeitspanne begründet, die Fruchtfolgen für Brut und Nahrungssuche bieten.

Für das EVA-Projekt deckt die Berechnung der Indizes je Fruchtfolge einen Zeitraum von vier Jahren ab (alle Fruchtfolgen vierjährig). Die biotischen Indizes in Tab. 3-20, S. 84 erlauben einen Vergleich der EVA-I- und EVA-II-Fruchtfolgen hinsichtlich ihrer ökologischen Vorzüglichkeit für o. g. Ackerbrutvögel.

2.3 Witterungsverläufe

Die Teilabbildungen in Abb. 2-2, S. 24 zeigen die monatlichen Temperaturmittel und die monatlichen Niederschlagssummen für die einzelnen EVA-II-Versuchsjahre 2009 bis 2013 und die 30jährigen Mittelwerte (1961 bis 1990) der nahegelegenen Wetterstation Karlsruhe des Deutschen Wetterdienstes (DWD) (Abb. 2-2, S. 24). Die Ordinaten sind derart skaliert, dass die Niederschlags- und Temperaturverläufe einen Anhaltspunkt für die Feuchteverhältnisse in den einzelnen Monaten liefern:

Aus Naturbeobachtungen abgeleitet sind Monate, deren Niederschlag den doppelten Zahlenwert des Temperaturmittels in diesem Monat überschreiten, als humid einzustufen. Liegt der Niederschlag unter dem doppelten Zahlenwert der Temperatur, gilt dieser Monat als arid. Somit ist die Ariditätsgrenze eines Monats $AG \text{ [in mm]} = 2 * T \text{ (Temperatur [in } ^\circ\text{C])}$. (Walter & Lieth-1960).

Besitzen die Ordinaten für Temperatur und Niederschlag das Verhältnis 1:2, so geben die Abbildungen einen Hinweis auf die Feuchteverhältnisse der Monate. Übersteigt die Niederschlagskurve die Temperaturkurve, so gelten die Verhältnisse als humid. Unterschreitet die Niederschlagskurve die Temperaturkurve, so kennzeichnet dies aride Verhältnisse.

Das Jahr 2009 ist demnach fast ausnahmslos durch eine gute Wasserversorgung gekennzeichnet. Lediglich der September ist trocken – nach mittleren Niederschlägen im August und hohen Niederschlägen im Juli. Der Monat April war bei etwas unterdurchschnittlichen Niederschlägen 2,4 °C wärmer als im langjährigen Mittel.

Im Jahr 2010 sind in der kleinen Vegetationsperiode Mai bis Juli (Getreide) die überdurchschnittlichen Niederschläge im Mai bedeutsam. Es folgt ein vergleichsweise trockener Juni und ein normal feuchter Juli. Der sehr niederschlagsreiche August mit knapp 200 mm Regen (langjährig ca. 60 mm) prägt die restliche Vegetationsperiode. Die Monate August bis Oktober sind mit durchschnittlich ca. 13,2 °C deutlich kühler als im 30jährigen Mittel.

Das Jahr 2011 kennzeichnet ein ungewöhnlich trockenes Frühjahr mit geringen Niederschlägen von März bis Mai bei überdurchschnittlichen Temperaturen. Ab Juni bis Oktober war die Wasserversorgung der Pflanzen wieder gesichert. Der Dezember war mit 5,3 °C vergleichsweise mild (+ 3,1 °C wärmer als im langjährigen Mittel).

Im Jahr 2012 fällt der trockenkalte Februar auf mit einer Monatstemperatur von 4,9 °C unter dem langjährigen Mittel und Niederschlägen, die nur 22 % des langjährigen Mittels erreichen. Ähnlich verhält es sich mit den Niederschlägen im März, dessen Mitteltemperatur jedoch mit 8,1 °C überdurchschnittlich ausfällt (langjähriges Mittel 6,0 °C. Der Kälteeinbruch im Februar folgte auf zwei milde Monate (Dezember 2012 und Januar 2013).

Im Anhang Tab. 6-38, S. 164 und Tab. 6-39, S. 164 befinden sich die Zahlenwerte zu Abb. 2-2, S. 24. Tab. 6-40, S. 165 enthält eine Kurzcharakterisierung von Witterungsbesonderheiten der Jahre 2005 bis 2013.

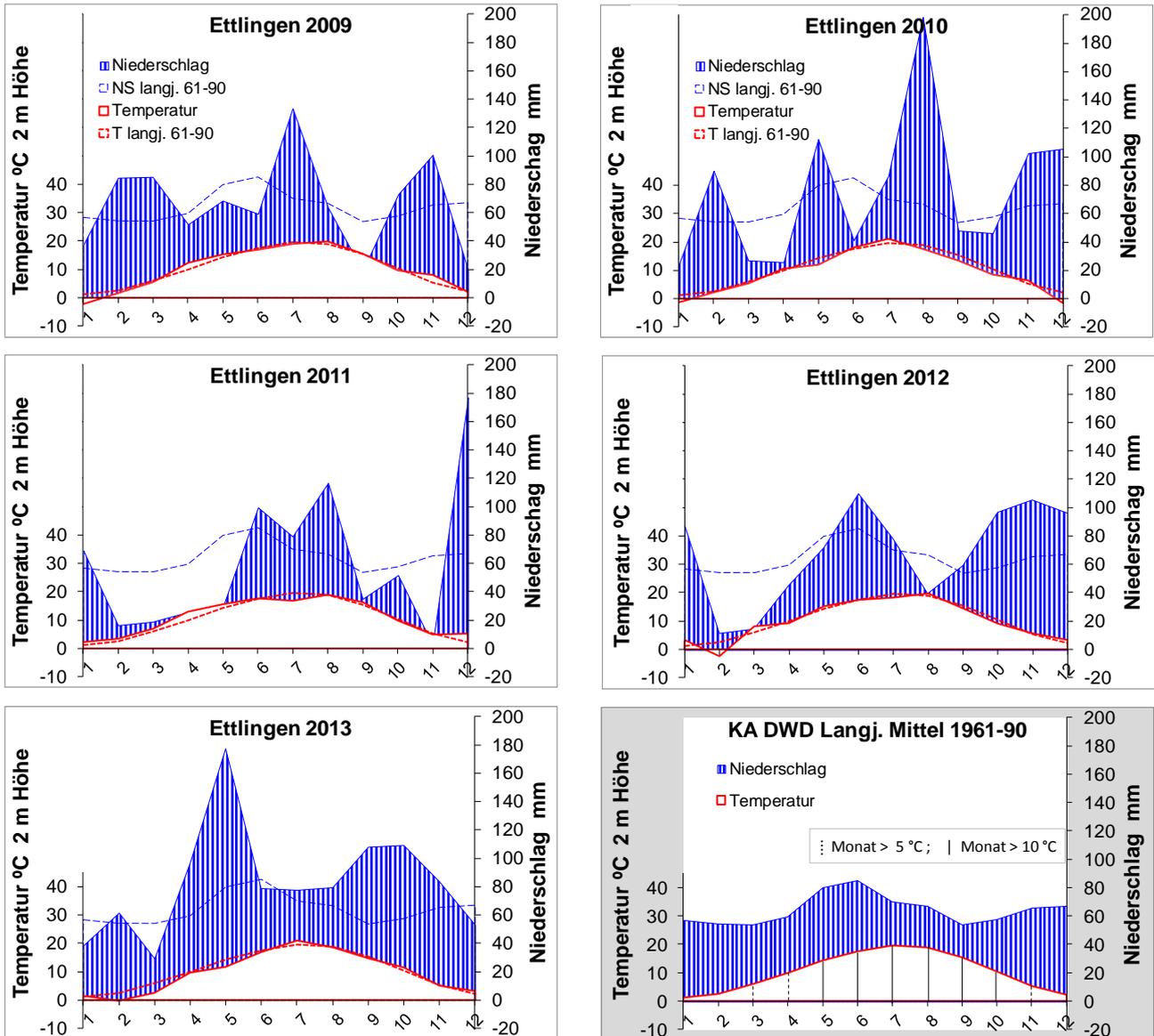


Abb. 2-2: Monatsniederschläge [mm] und monatliche Temperaturmittel [°C], Standort Ettligen im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-90 (Station Karlsruhe des DWD).

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Kapitel 3 behandelt schwerpunktmäßig die Trockenmasse- und Methanerträge der zweiten EVA-Projektphase; außerdem das Abschlussfruchtfolgeglied Winterweizen für EVA I und II und ökonomische Aspekte der EVA-Fruchtfolgen. Vergleiche mit EVA I werden gezogen und für Kulturart-spezifische Mittelwerte die Ergebnisse aus beiden Projektphasen verwendet.

Das letzte Unterkapitel dieses Kapitels widmet sich ökologischen Gesichtspunkten wie Nährstoff- und Humusbilanzen und der Darstellung von Wassernutzungseffizienz, Treibhaus- und Energiebilanzen. Zu diesen sog. Nachhaltigkeitsfaktoren gehört auch eine Bewertung der EVA-Fruchtfolgen hinsichtlich ihrer Eignung als Lebensraum für Agrarvögel.

3.1 TM-Erträge und TM-Gehalte der Biogaskulturen

3.1.1 Die Biomasseerträge der Fruchtfolgen in EVA II

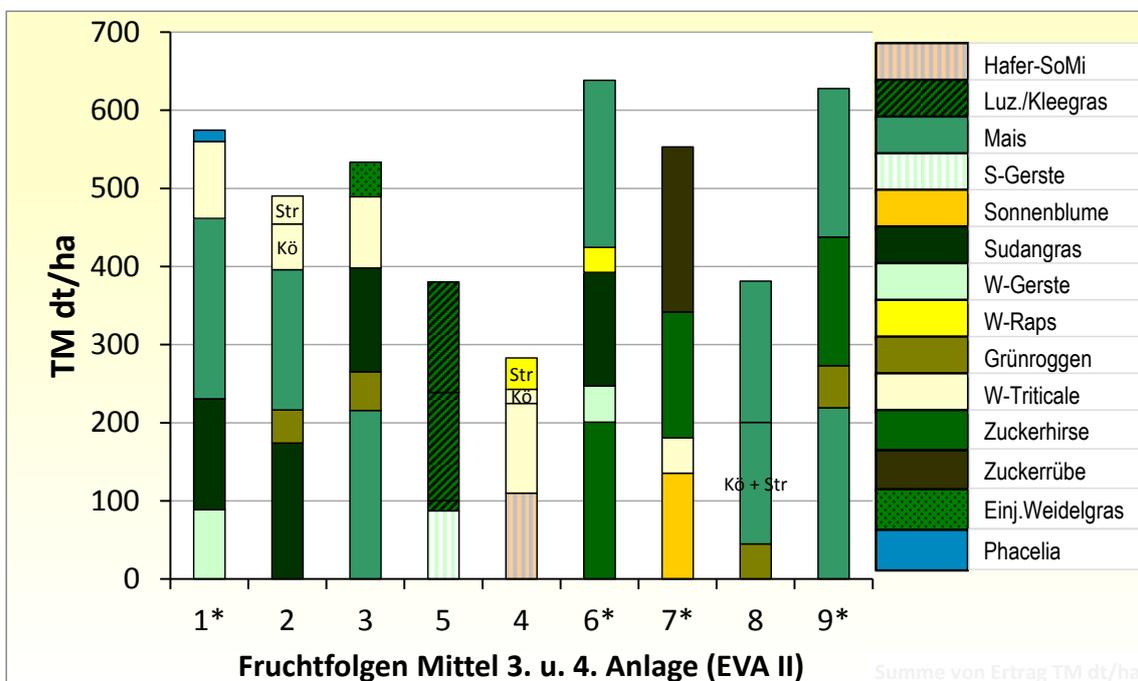


Abb. 3-1: Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

*: Einzelne Fruchtfolgeglieder gegenüber EVA I geändert.

FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden; FF-Glied 3 Ertragsmittel 2010 von 2 statt wie üblich von 4 Parzellen, siehe auch Anbaudaten.

Abb. 3-1 (oben) zeigt die Gesamterträge der neun EVA-Fruchtfolgen und der Fruchtfolgeglieder jeweils für drei Jahre der insgesamt vierjährigen Fruchtfolgen. Das vierte Fruchtfolgeglied, die Marktfrucht W.Weizen (WW) ist nicht dargestellt. Diesem WW-Fruchtfolgeglied, das alle neun Fruchtfolgen abschließt, ist ein eigenes Kapitel gewidmet (Kap. 3.3, S. 45). In Abb. 3-1, S. 25 und Tab. 3-1, S. 26 handelt es sich um Werte des Projektzeitraums EVA II, d. h. um die Mittelwerte der 3. und 4. Anlage. Die 3. Anlage beginnt 2009 und endet 2012; die 4. Anlage beginnt 2010 und endet 2013 (siehe auch Tab. 2-1, S. 14). Die Fruchtfolgen 1 bis 5 stehen an allen Standorten der EVA-Fruchtfolgeversuche. Die Fruchtfolgen 6 bis 9 tragen als Regionalfruchtfolgen den klimatischen Besonderheiten jedes Standorts Rechnung; sie unterscheiden sich dementsprechend von

Bundesland zu Bundesland. Unter den Fruchtfolgen 1 bis 5 des Grundversuchs schneiden die Fruchtfolgen 1 und 3 bezüglich TM-Ertrag am besten ab (560 bzw. 534dt TM/ha). Der größte Ertragsanteil entfällt dabei in beiden Fruchtfolgen auf Mais als Hauptkultur, gefolgt von Sudangras und Triticale.

In FF 2 bringen Sudangras als Hauptfrucht und Mais als Zweitfrucht ca. gleichhohe TM-Erträge wie Mais als Hauptfrucht und Sudangras als Zweitfrucht in FF 3. Nach Triticale-Kornnutzung in FF 2 ist kein Weidelgras vorgesehen. Dieses wäre wegen der späteren Ernte gegenüber der Ganzpflanzennutzung der Triticale in FF 3 weniger ertragreich. Damit bleibt die Gesamtleistung der Fruchtfolge 2 etwas hinter der Ertragsleistung der Fruchtfolge 3 zurück. Den mit Abstand geringsten Fruchtfolgeertrag brachte Fruchtfolge 4 (283 dt TM/ha) mit Hafer, Triticale und W.Raps (Kornnutzung) als Hauptfrüchten.

Tab. 3-1: Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		TM dt/ha*a
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	W-Gerste 89	Sudangras 142	Mais 231		W-Triticale 98	Phacelia 15	192
2	Sudangras 174		Grünrog. 42	Mais 179	W-Triticale 59	Stroh 36	163
3	Mais 216		Grünrog. 49	Sudangras 133	W-Triticale 91	Einj.Weidelg. 44	178
5	S-Gerste 87	Luz./Kleegr. 13	Luz./Kleegr. 138		Luz./Kleegr. 142		127
4	Hafer-SoMi 110		W-Triticale 115		W-Raps 18	Stroh 40	94
6*	Zuckerhirse 201		W-Gerste 46	Sudangras 145	W-Raps 32	Mais 214	213
7*	Sonnenblume 135		W-Triticale 45	Zuckerhirse 161	Zuckerrüben 212		184
8	Mais (x) (x)		Grünrog. 45	Mais (89 Korn) 156	Mais 181		(x)
9*	Mais 219		Grünrog. 54	Zuckerhirse 165	Mais 190		209

* Mit FF-Änderungen gegenüber EVA I

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung; SoMi = Sortenmischung

(x) FF 8 FF-Glied 1 2010 Wildschaden->Kein Mittelwert; FF-Glied 3 Ertrag 2010 unsicher, teils Wildschaden.

Knapp 45 % der TM der ertragsstärksten Fruchtfolge 9 (628 dt TM/ha) bildet die Luzerne-/Kleegras-FF (FF 5, 283 TM/ha). Bei einer Betrachtung der Jahreserträge Tab. 6-2, S. 92 und Tab. 6-3, S. 94 fällt die vergleichsweise gering schwankende Leistung des zweijährigen Luzerne-/Kleegras-Fruchtfolgeglieds auf. Die höchsten Erträge erzielen in EVA II die Regionalfruchtfolgen 6, 7 und 9. In den FF 6 und 9 kommen die C4-Pflanzen Mais und Sorghum in jedem „Biogasjahr“ als Haupt- oder Zweitfrucht vor. Beim Vergleich der 3. mit der 4. Anlage (Tab. 6-3, S.94) fallen die geringen Erträge im letzten Fruchtfolgeglied (Mais Hauptfrucht) der FF 8 und 9 in der 4. Anlage auf. Aufgrund der hohen TM-Bildung der Zuckerrübe im Versuch erbringt auch FF 7, die keine C4-

Pflanzen enthält, einen hohen Gesamtertrag von 553 dt TM/ha. Die Erträge im ersten und zweiten Jahr des Zuckerrübenanbaus differieren stark. FF 8 erzielt ebenfalls einen hohen TM-Ertrag in der 3. Anlage (Abb. 6-2, S. 95) Für einen Vergleich mit den anderen FF lässt sich FF 8 nicht heranziehen, weil die Mais-Hauptfrucht der 4. Anlage im Jahr 2010 wegen Wildschaden ausfiel.

3.1.2 Vergleich der Fruchtfolgen EVA II mit EVA I

Die FF 1 bis 5 produzieren in EVA II (Abb. 3-1, S. 25 und Tab. 3-1, S. 26) und EVA I (Abb. 3-2, S. 28 und Tab. 3-2, S. 28) ähnlich hohe Erträge. Für die FF 2 bis 5 ist auch der Beitrag der einzelnen Fruchtfolgeglieder in EVA II und EVA I ähnlich. Die etwas geringere Ertragsleistung der FF 3 in EVA I verglichen mit EVA II geht hauptsächlich auf das Konto des 3. FF-Jahres mit geringerem Triticale- und Weidelgrasertrag. Ein Blick in den Anhang zeigt, dass hierfür der sehr geringe Triticaleertrag 2007 mit 21 dt TM/ha in der 1. Anlage 2007 verantwortlich ist (Tab. 6-2, S. 92). Laut Unterlagen fand dort eine zu frühe Ernte statt.

Der Ersatz von Hafer durch Mais in FF 6 führt zu einer erheblichen Ertragssteigerung dieser FF.

In FF 1 dagegen ist der Beitrag einzelner Fruchtarten zum insgesamt gleichen Gesamtertrag in EVA II und EVA I verschieden. FF 1 hat beim Übergang von EVA I zu EVA II eine Veränderung erfahren: W.Gerste/Sudangras steht statt S-Gerste/Ölrettich im 1. Jahr der FF; Triticale/Phacelia steht statt W.Triticale/Zuckerhirse im 3. Jahr. Gleich geblieben ist lediglich Mais als Hauptfrucht im 2. Jahr. Die ertraglichen Vor- und Nachteile dieses Fruchtartenwechsels von EVA I zu EVA II heben sich weitgehend auf.

Auffällig sind auch die beträchtlichen Ertragsunterschiede der FF 6 und 9 von EVA II zu EVA I (Abb. 3-1, S. 25 bzw. Abb. 3-2, S. 28). Diese Fruchtfolgen sind in EVA II und EVA I nur teilweise identisch. Bei FF 6 ist die Hafer-Zweitfrucht in EVA I ausgetauscht gegen Mais (EVA II). In FF 9 ersetzt Mais Hauptfrucht in EVA II die W.Gerste Erstfrucht und Erbse Zweitfrucht der EVA I Fruchtfolge. In der 1. Anlage ist der Haferbeitrag mit 50 dt TM/ha im Vergleich zu den späteren Maiserträgen in EVA II an gleicher Fruchtfolgestelle (3. u. 4. Anlage) sehr gering; in der 2. Anlage fehlt der Haferbeitrag, weil der Haferertrag in der 2. Anlage wegen Wildschaden ausfiel (vergleiche Abb. 6-1, S. 93 mit Abb. 6-2, S. 95).

Der Ersatz der C4-Pflanze Mais in FF 7 durch die C3-Pflanze Zuckerrüben führt wegen des hohen Zuckerrüben-Durchschnittsertrags nicht zu einem Einbruch der Ertragsleistung dieser Fruchtfolge.

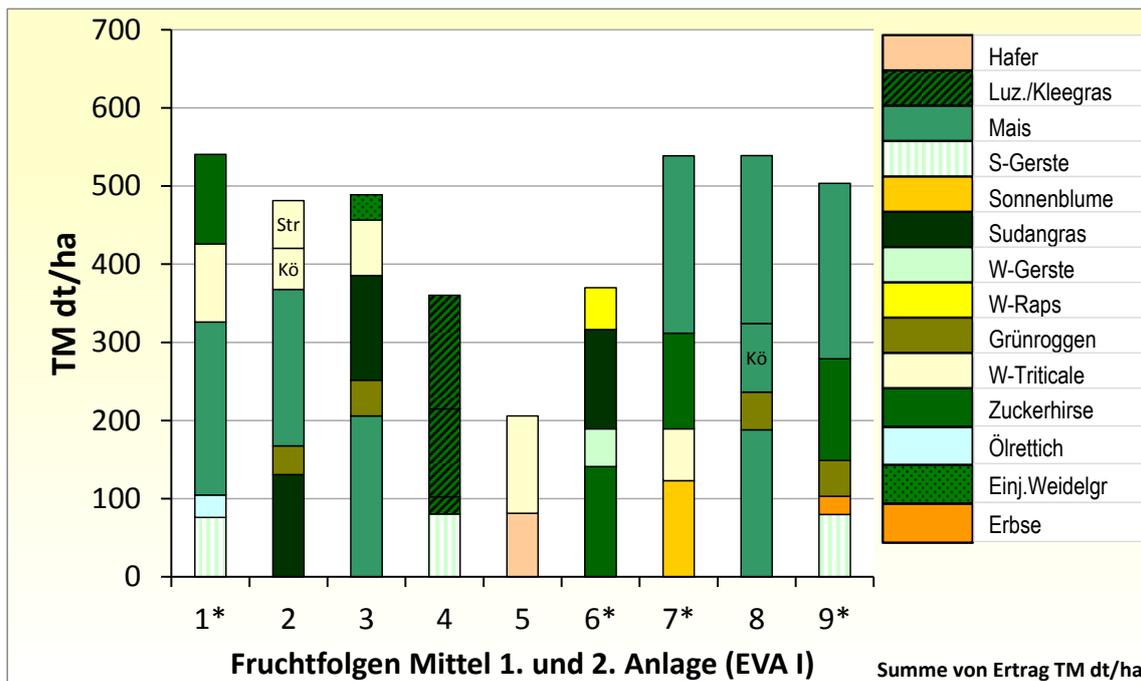


Abb. 3-2: Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).

*: Fruchtfolge in EVA II z. T. geändert.

Tab. 3-2: Erträge[dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I)

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		TM dt/ha*a
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	S-Gerste 76	Ölrettich 29	Mais 222		W-Triticale 100	Zuckerhirse 115	180
2	Sudangras 131		Grünrog. 37	Mais 200	W-Triticale 53	Stroh 61	160
3	Mais 206		Grünrog. 46	Sudangras 134	W-Triticale 71	Einj.Weidelg. 32	163
4	S-Gerste 80	Luz./Kleegr. 22	Luz./Kleegr. 112		Luz./Kleegr. 145		120
5	Hafer 81		W-Triticale 125		W-Raps (x)	Kornntzg. (x)	(x)
6*	Zuckerhirse 141		W-Gerste 48	Sudangras 127	W-Raps 54	Hafer (x)	(x)
7*	Sonnenblume 123		W-Triticale 66	Zuckerhirse 122	Mais 227		180
8	Mais 188		Grünrog. 48	Mais (Korn) 88	Mais 215		180
9*	S-Gerste 80	Erbse 23	Grünrog. 46	Zuckerhirse 130	Mais 225		168

* FF-Änderungen in EVA II

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 6 2008 kein Haferertrag Wildschaden, FF 5 2007 Raps Vogelfraß, deshalb keine Mittelwerte.

3.1.3 Die Trockenmassegehalte der Biogaskulturen

Tab. 3-3: **TM-Gehalte [%] der Fruchtfolgeglieder EVA I und II**

	WRa WiZwFr	SBlum Hptfr	LuzGr Hptfr	Wdlgr StSaar	WRo WiZwFr	WTri WiZwFr	Zuhi Hptfr	WGer WiZwFr	Zuhi FolgeFr	Sugr FolgeFr	Mais Hptfr	Haf Hptfr	Mais FolgeFr	SGer Hptfr	WTri Hptfr	Ø
TM %	16	18	20	21	21	21	23	23	26	27	32	32	34	35	37	
STABW %	21	9	13	23	17	17	11	24	9	21	12	19	14	12	5	15
Anzahl Ernten	4	4	31	8	16	6	4	5	9	10	23	4	6	8	10	

grau hinterlegt = Hauptfrüchte

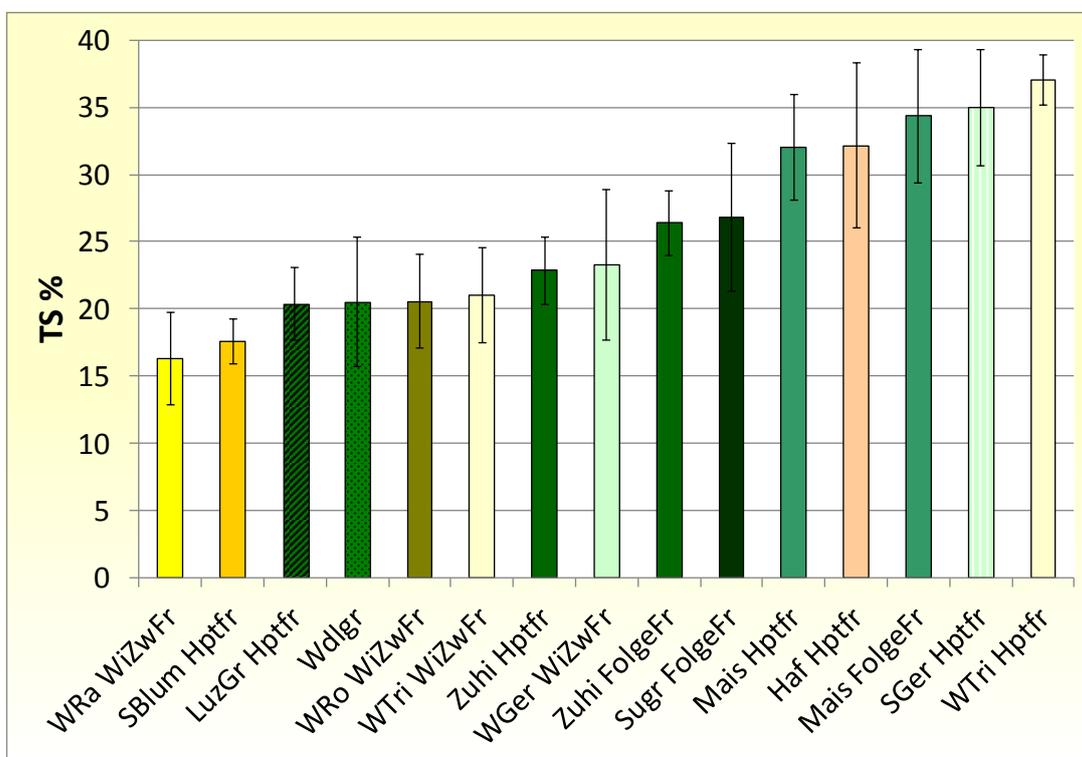


Abb. 3-3: **TM-Gehalte [%] Fruchtfolgeglieder EVA I und II.**

Die TM-Gehalte im Mittel von EVA I und II zeigt Abb. 3-3 (oben) als Säulengrafik mit den Standardabweichungen der zugrunde liegenden Jahreserträge. Tab. 3-3, S. 29 enthält die Ertragszahlen dazu und die Anzahl der Jahreserträge, aus denen sich der Gesamt-Mittelwert errechnet. Der Ertrag einer Jahresernte ist in aller Regel ein Mittelwert aus 4 Wiederholungen.

Hermann et al.-2013 geben als optimale TM-Gehalte für Getreide und Getreide-GPS 30 bis 40 % an, für alle übrigen Kulturen 28 bis 35 %. Über die 30 % TM erreicht die Biomasse von Hauptfrucht W.Triticale, Mais als alleinige Hauptfrucht, Haferhauptfrucht, Mais als Zweitfrucht mit Hauptfruchtcharakter und Sommergerstenhauptfrucht. Es folgen Zuckerhirse und Sudangras als Zweitfrucht mit Hauptfruchtcharakter mit 26 % bzw. 27 %. Knapp über 20 % TM erreichen W.Triticale und W.Roggen in Zwischenfruchtstellung sowie Weidelgras und die Aufwüchse des zweijährigen Luzerneanbaus. Sonnenblume als Hauptfrucht und W.Raps als Winterzwischenfrucht liegen mit 18 % TM und 16 % TM unter 20 % TM.

3.1.4 Mittlere TM-Jahreserträge von Biogaskulturen

Abb. 3-4, S. 31 und Tab. 3-4, S. 31 enthalten die jährlichen Erträge von Fruchtfolgegliedern und von Erst-/Zweitfruchtkombinationen seit Beginn des EVA-Projekts im Jahr 2005. Früchte mit Kornnutzung sind in dieser Darstellung nicht aufgeführt. Außerdem sind nur diejenigen Durchschnittserträge aufgenommen, denen vier oder mehr Jahreserträge zugrunde liegen. Die Hauptfrüchte sind in Tab. 3-4, S. 31 grau hinterlegt.

Zwischen der ertragsschwächsten Hauptfrucht Sommergerste und der ertragsstärksten Hauptfrucht Mais besteht eine Differenz von 131 dt TM/ha. Mais, Zuckerhirse und Sudangras erzeugen von allen Hauptfrüchten den höchsten TM-Ertrag mit einem Vorsprung von 40 dt TM/ha für Mais (211 dt TM/ha). Zuckerhirse erzielt einen knapp 20 dt TM/ha höheren Ertrag als Sudangras. Ihre hohe Ertragsleistung behalten die drei genannten C4-Pflanzen auch in Zweitfruchtstellung. In ihrer Zweitfruchtstellung haben sie am Ettlinger Standort Hauptfruchtcharakter, d. h. die vorausgehende Erstfrucht ist als Winterzwischenfrucht angebaut. Von den 27 Fruchtarten oder Fruchtartkombinationen in Tab. 3-4, S. 31 und Abb. 3-4, S. 31 nehmen C4-Pflanzen oder Fruchtartkombinationen mit C4-Pflanzen die ersten 12 Plätze ein. Auch in Zweitfruchtstellung behält Mais seine Überlegenheit mit + 43 dt TM/ha im Vergleich mit Zuckerhirse. Zwischen 120 und 135 dt TM/ha erzielen in der Reihenfolge abnehmender Erträge Luzerngras, Sonnenblume und W.Triticale im Hauptfruchtanbau. Im Bereich von 80 bis 100 dt TM/ha liegen Sommergerste Hauptfrucht (80 dt TM/ha), Hafer Hauptfrucht (96 dt TM/ha) und W.Triticale angebaut vor Weidelgras oder Phacelia (97 dt TM/ha). Aus Abb. 3-1, S. 25 und Abb. 3-2, S. 28 geht hervor, dass die Triticaleerträge bei Erstfruchtstellung in Abhängigkeit von der Zweitfrucht sehr unterschiedlich ausfallen. Folgt Phacelia oder Weidelgras, dann sind die Erträge am höchsten; folgt Zuckerhirse liegen die Erträge über 40 % niedriger (56 zu 97 dt TM/ha). Weidelgras in Zweitfruchtstellung nach W.Triticale-GPS bringt Erträge um 40 dt TM/ha.

Die höchsten TM-Erträge weisen die Kombinationen von Wintergetreide mit C4-Pflanzen und der alleinige Maisanbau auf. Tendenziell sind die Zuckerhirseerträge im Kombinationsanbau höher als die Sudangraserträge und die Erträge von W.Gerste>W.Triticale>W.Roggen. Allerdings ist die Streuung der W.Gerste-TM-Erträge vergleichsweise hoch (Tab. 3-4, S. 31) aufgrund eines sehr hohen Ertrags der W.Gerste Erstfrucht im Jahr 2009 (ca. 120 dt TM/ha). Ein fast gleich hoher Ertrag der W.Gerste-Erstfrucht trat auch 2013 im Projekt EVA III auf.

Die Triticale-Ertragsleistung vor Weidelgras und Phacelia ist meist deutlich höher als vor Zuckerhirse, der Jahresertrag der Kombination W.Triticale/Zuckerhirse übertrifft W.Triticale mit Weidelgras oder Phacelia als Sommerzwischenfrucht erheblich.

Unter den C4-Hauptfrüchten fallen die starke Ertragsstreuung bei Zuckerhirse auf (4 Ernten) und auch die relativ große Streuung bei Mais trotz hoher Anzahl an Ernten (21 Ernten). Die Sudangraserträge streuen bei 4 Ernten vergleichsweise gering. Im Zweifruchtanbau haben die C4-Pflanzen Mais, Zuckerhirse und Sudangras Hauptfruchtcharakter, die W.Getreide-Erstfrüchte Zwischenfruchtcharakter. Die Streuung der Jahreserträge im Zweifruchtanbau fällt bei W.Roggen + Sudangras, W.Roggen + Zuckerhirse und W.Triticale + Zuckerhirse geringer aus als beim alleinigen Anbau der zweiten Frucht. Höher fällt die Streuung aus im Zweifruchtanbau W.Gerste + Sudangras und W.Roggen + Mais. Im Falle von W.Gerste + Sudangras verursacht diese größere Streuung im Zweifruchtanbau die große Streuung der W.Gerstererträge vor Sudangras, im Falle von W.Roggen + Mais die große Streuung der Maiserträge nach W.Roggen.

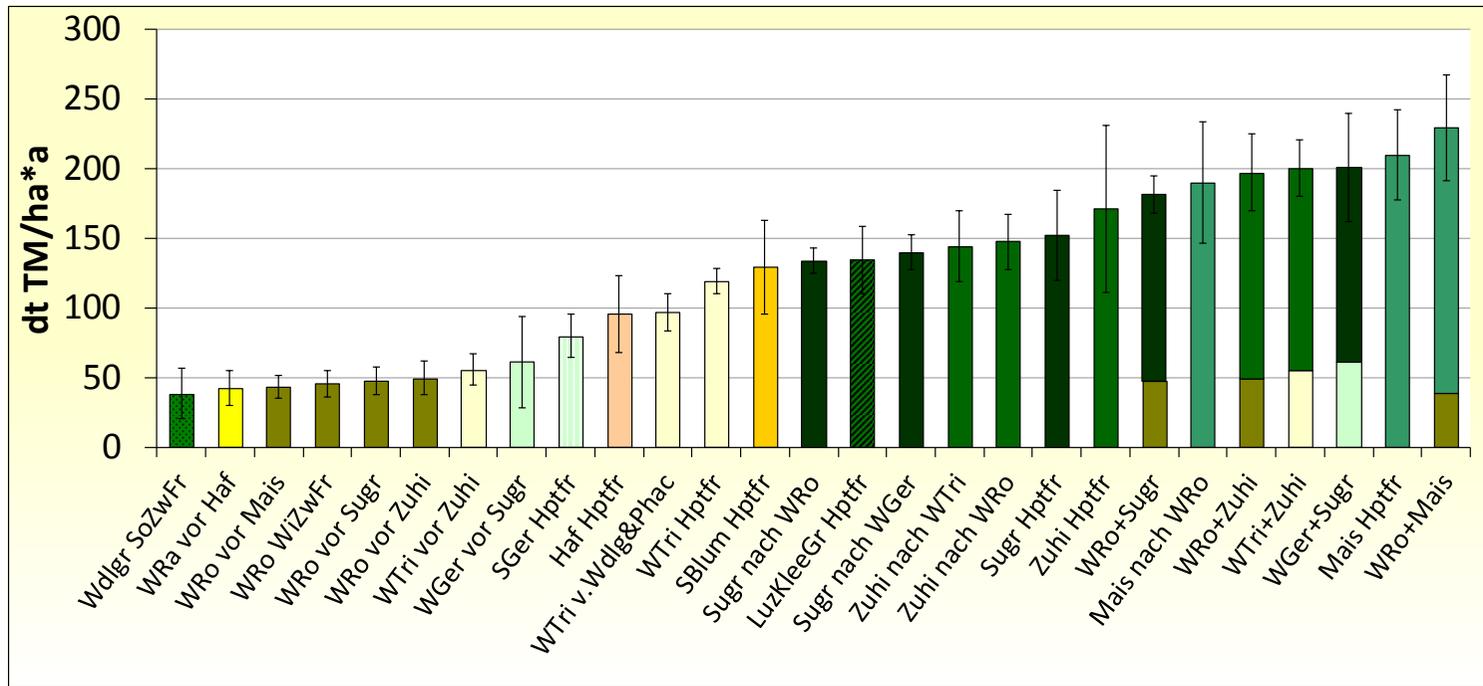


Abb. 3-4: Erträge [dt TM/ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II mit Standardab.

Tab. 3-4: Erträge [dt TM/ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II

	Wdlgr SoZwFr	WRa vor Haf/Mais	WRo vor Mais	WRo WiZwFr	WRo vor Sugr	WRo vor Zuhi	WTri vor Zuhi	WGer vor Sugr	SGer Hptfr	Haf Hptfr	WTri v. Wdlg&Ph	WTri Hptfr	SBlum Hptfr	Sugr nach WRO	LuzGr Hptfr	Sugr nach WGe	Zuhi nach WTri	Zuhi nach WRO	Sugr Hptfr	Zuhi Hptfr	WRo+Sugr	Mais nach WRO	WRo+Zuhi	WTri+Zuhi	WGer+Sugr	Mais Hptfr	WRo+Mais	Ø
dt TM/ha	38	43	43	46	48	50	56	61	80	96	97	120	129	134	135	140	144	147	153	171	181	190	197	200	201	210	229	Ø
STABW in %	47	29	19	21	21	25	20	53	20	29	14	8	26	7	18	9	18	14	21	35	8	23	14	10	19	15	16	21
Jahresernten	4	4	8	16	4	4	5	6	8	4	5	4	4	4	8	6	5	4	4	4	4	4	4	5	6	23	4	

grau hinterlegt = Hauptfrüchte Eingerahmt: C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung mit Hauptfruchtcharakter

3.1.5 Diskussion TM-Erträge und TM-Gehalte der Biogaskulturen

FF 1: Beim Übergang von EVA I zu EVA II fand eine Verlegung des Zweifruchtanbaus Getreide-/C4-Pflanze vom dritten Jahr der FF (EVA I) auf das erste Jahr dieser FF in EVA II statt. Der Getreide-/Zwischenfruchtanbau des ersten Jahres EVA I findet sich in EVA II im dritten Jahr. Getreide- oder Sorghumarten wurden bis auf Triticale ebenfalls verändert. (Tab. 3-1, S. 26 und Tab. 3-2, S. 28). Es resultierten daraus keine Veränderungen der Ertragsniveaus dieser FF 1 (Abb. 3-1, S. 25 und Abb. 3-2, S. 28). Aus den Ertragsleistungen der einzelnen FF-Glieder ist jedoch zu schließen, dass ein Austausch des Getreide-/Zwischenfrucht-FF-Gliedes durch ein Getreide-/C4-Pflanzen-FF-Glied zu einer deutlichen Ertragssteigerung beitragen wird und zu den höchsten Erträgen aller Fruchtfolgen führen könnte. In diesem Falle wäre die Zweikulturnutzung in zwei Jahren der vierjährigen Fruchtfolge vertreten. Bisher kommt dies in den FF 1 bis 9 nicht vor.

Die vergleichsweise sehr geringe Ertragsleistung der FF 4 ist zu einem beträchtlichen Teil den geringen W.Rapsenerträgen am Standort geschuldet. Die geringen W.Rapsenerträge sind nicht so gesichert wie beispielsweise die hohen Erträge des Mais (Tab. 3-4, S. 14, Mittel aus 4 bzw. 23 Jahreserträgen). Ein zeitiges Frühjahr mit rasch voranschreitender Erwärmung wird jedoch für die Rapsverzweigung als wichtige Ertragskomponente in der Mehrzahl der Jahre ungünstig sein. Die Fruchtfolge 4 enthält keine der am Standort so ertragsstarken C4-Pflanzen. Zwischen Hafer-GPS-Ernte und Triticalesaat, zwischen Triticale-GPS-Ernte und W.Rapssaat sowie zwischen W.Rapsenernte und W.Weizensaat liegen verhältnismäßig große Anbaupausen in besonders produktiven Phasen der Vegetationsperiode. Die geringe Ertragsleistung ist somit wesentlich eine Folge der schlechten Ausnutzung der Vegetationszeit durch die angebauten C3-Pflanzenarten.

Die relativ lange Wuchsdauer der Pflanzen ohne Unterbrechung im Luzernegras-FF-Glied der FF 5 sowie die Mischung aus verschiedenen Leguminosen und Gräsern führen zu einer gleichmäßigen Jahresertragsleistung dieses Fruchtfolgeglieds. Eine gute Bodendurchwurzelung bei hoher nutzbarer Feldkapazität am Standort überbrückt trockene Perioden. Günstige Wachstumsbedingungen können solche Bestände sofort in hohe Biomasseproduktion umsetzen. Die jährliche Ertragsleistung liegt etwas über W.Triticale im Hauptfruchtanbau (Abb. 3-4, S. 31). Berücksichtigt man nicht nur die oberirdische Ertragsleistung, sondern auch die Wurzelbiomasse, dann wird sich der Abstand zu W.Triticale-Hauptfrucht deutlich erhöhen bzw. der Abstand zu den ertragsstarken C4-Pflanzen verringern. In den Werten für die Humusbilanz kommt die starke Leistung dieses FF-Glieds bez. Wurzelmassebildung indirekt zum Ausdruck (Kapitel 2.2.6 Humusbilanzierung, Tab. 2-2, S. 18). Die Einzel-Ertragsergebnisse zu den Kulturen in Tab. 3-1, S. 26 und Tab. 3-2, S. 28 weisen darauf hin, dass der Austausch der S-Gerste in dieser FF 5 durch W.Triticale die Gesamtleistung der Luzernegras-FF etwas verbessern würde. Noch deutlicher wird der Ertrag beim Austausch durch eine C4-Pflanze steigen. In EVA III ist dieser Austausch vorgenommen (und zusätzlich die Stellung der Sommerung in der Fruchtfolge variiert. Allerdings eignet sich S.Gerste besonders gut, die Luz./Klee grasjahre über Untersaat einzuleiten und damit frühzeitig einen guten Luzernegras-Bestand zu etablieren.

Sind beim Anbau außer Methanertrag die Aspekte Humusversorgung, Wasserschutz oder Biodiversität von Bedeutung, dann gewinnt FF 5 erheblich an Wert. Die Gefahr von Bodenabtrag und Nitrat auswaschung beispielsweise ist in dieser FF 5 durch die Luzernegras-Jahre vergleichsweise gering und durch Einleitung der Luzernegras-Jahre mittels Untersaat weiter optimierbar. N-Versorgung des Bodens und die Bodenstruktur versprechen für die nachfolgende Kultur und darüber hinaus günstig zu sein (siehe auch Kap. 3.3, S. 45.) Es ist in der Regel nicht notwendig nach zwei Luzernegras-Jahren, den Boden tief zu bearbeiten. Dies mindert die Gefahr eines hohen Nitrat auswaschungspotenzials im folgenden Winterhalbjahr. Die Stickstoffdüngung zur Folgefrucht

muss die N-Bindung bzw. N-Freisetzung der vorausgegangenen Luzernegrasjahre berücksichtigen.

Gärrestausbringung ist während der Luzernegrasjahre mehrmals und damit flexibler möglich, führt dann in dieser Zeit zu einer verstärkten Humus-Überbilanz (siehe Abb. 3-24, S. 70) und wird den Luzerneanteil im Bestand reduzieren.

FF 7: Für eine Bewertung der Zuckerrübenenerträge im Vergleich mit den Erträgen bei Mais Hauptfruchtanbau ist es noch zu früh. Die Zuckerrübenenerträge liegen lediglich für 2011 und 2012 mit erheblichem Unterschied zwischen diesen beiden Jahren vor (Tab. 6-3, S. 94, 246 zu 177 dt TM/ha). Allerdings unterscheiden sich die Maiserträge in den FF 8 und 9 zwischen diesen beiden Jahren ähnlich stark. Für die niedrigen Maiserträge der FF 8 und 9 im Jahr 2012 gibt es z. Z. keine Erklärung. Der gegenüber dem Vorjahr deutlich niedrigere Ertrag der Zuckerrübe kann mit einem erheblichen spät behandelten Cercosporabefall Ende August 2012 zusammenhängen.

Die Ertragsleistungen der C4-Pflanzen im Zweitfruchtanbau nehmen gegenüber ihren Erträgen in Hauptfruchtstellung ab (Tab. 3-4, S. 31). Die stärkste Abnahme verzeichnet Mais nach W.Roggen (minus 17 %). Der geringste Ertragsrückgang errechnet sich für Sudangras nach W.Gerste. Das Sudangras in dieser Zweitfruchtstellung liefert 8 % weniger Ertrag als in Hauptfruchtstellung. Nach W.Roggen beträgt die Abnahme minus 12 %. Zuckerhirse in Zweitfruchtstellung liegt in ihrer Ertragsabnahme zwischen Mais-Zweitfrucht und Sudangras-Zweitfrucht. Die Zweitfruchterträge der Zuckerhirse im Vergleich zu ihrem Hauptfruchtanbau sind nach W.Roggen 14 % und nach W.Triticale 16 % geringer. Weitere Kombinationen von Wintergetreide Erstfrucht mit C4-Pflanzen-Hauptfrucht kommen nicht vor. Aus den Ergebnissen ist beispielsweise auf einen höheren Mais-Zweitfrucht-Ertrag nach W.Gerste zu schließen im Vergleich mit dem bisherigen Zweitfruchtanbau nach W.Roggen. W.Gerste räumt das Feld früher als die anderen Wintergetreidearten. Damit hat die unmittelbar folgende Zweitfrucht zu ihrer Biomassebildung einen längeren Zeitraum zur Verfügung. Außerdem ist die Vorwinterentwicklung der W.Gerste ausgeprägter und ihre Entwicklung im Frühjahr zeitiger. Deshalb ist bei gleich frühem Schnitzeitpunkt von einem etwas höheren Ertrag der W.Gerste im Vergleich zu W.Roggen und W.Triticale auszugehen. Dies deuten auch die TM-Erträge an (Abb. 3-4, S. 31) an. Allerdings ist die Streuung der W.Gerste-TM-Erträge im Vergleich zur Streuung anderer Wintergetreide-Zwischenfrüchte vergleichsweise hoch.

Die Unterschiede in der W.Triticale-Ertragsleistung bei Stellung vor Weidelgras und Phacelia oder vor Zuckerhirse stehen mit dem späteren oder früheren Erntezeitpunkt in Zusammenhang. Die Kombination W.Triticale/Zuckerhirse weist einen höheren Gesamtertrag auf als W.Triticale/Weidelgras oder Phacelia, weil Zuckerhirse den geringeren W.Triticaleertrag in dieser Fruchtartkombination überkompensiert.

Eine geringere Streuung der Erträge der Hirsearten im Zweitfruchtanbau verglichen mit deren Hauptfruchtanbau kann mit der Kälteempfindlichkeit und Trockenheitsresistenz dieser C4-Pflanzen zusammenhängen. Bei diesen Eigenschaften schaden Kälteeinwirkungen bei früher Saat (Hauptfruchtanbau) stärker als Trockenstress in den Sommermonaten. Diesem Trockenstress sind Zweit- und Hauptfrüchte gleichermaßen ausgesetzt. Mit der späteren Saat entgehen die Zweitfrüchte jedoch eher schädigenden Kälteperioden im Frühjahr.

3.2 Methanerträge

3.2.1 Kumulierte Methanerträge und Jahreserträge der Biogasfruchtfolgen

Abb. 3-5, S. 34 zeigt die Methan(CH₄)-Erträge der Fruchtfolgen FF 1 bis 9 als Mittelwerte der 3. und 4. Anlage; die Zahlenwerte dazu enthält Tab. 3-5, S. 35. Je Fruchtfolge sind die CH₄-Erträge

der einzelnen FF-Glieder gestapelt. Die CH₄-Ertragsverhältnisse in der 3. Anlage und in der 4. Anlage ähneln sich stark. Die Werte getrennt nach 3. und 4. Anlage enthält Tab. 6-5, S. 99 und die dazu gehörige Abb. 6-5, S. 100.

Als besonders ertragsstark ragen die FF 6 und 9 hervor. Beide enthalten in allen drei Biogasjahren C4-Pflanzen; FF 6 zweimal in Zweitfruchtstellung und einmal in Hauptfruchtstellung, FF 9 zweimal in Hauptfruchtstellung und einmal in Zweitfruchtstellung. Diese Fruchtfolgen 6 und 9 sind zusammen mit den Fruchtfolgen 7 und 8 auf die örtlichen Standortbedingungen abgestimmt (Regionalfruchtfolgen). FF 8 ist für einen Mittelwertvergleich nicht verwertbar, weil für Mais 2010 in der 4. Anlage wegen Wildschaden kein CH₄-Ertrag vorliegt. (Erträge nach 3. und 4. Anlage getrennt in Abb. 6-5, S. 100 sowie Tab. 6-5, S. 99). Als 3. Fruchtfolgeglied dieser Fruchtfolge 8 kam planmäßig die Marktf Frucht Körnermais zum Anbau. Beim Vergleich der CH₄-Fruchtfolge-Erträge ist zu berücksichtigen, dass auch die FF 2 und 4 außer dem Abschlussfruchtfolgeglied W. Weizen eine Marktf Frucht enthalten (Triticale bzw. W.Raps zur Kornnutzung). Für eine vergleichende Übersicht bez. CH₄-Erträge enthält deshalb Abb. 3-6, S. 35 den CH₄-Ertrag je Jahr mit Biogasnutzung (meist 3 Jahre; bei 2. und 4. FF 2 Jahre; bei 8. FF 2,5 Jahre). Die an allen EVA-Standorten angebauten FF 1, 2 und 3 erzielen hohe jährliche CH₄-Erträge. Fruchtfolge 2 mit lediglich zwei Biogasjahren in der vierjährigen Fruchtfolge erreicht einen etwas höheren jährlichen CH₄-Hektarertrag als die FF 1 und 3. Nur die Regionalfruchtfolgen 6 und 9 übertreffen diese Erträge. Den höchsten CH₄-Ertrag liefert FF 9, die zweimal Mais in Hauptfruchtstellung enthält. FF 6 liegt nur geringfügig darunter, obwohl sie das am Standort sehr ertragschwache Fruchtfolgeglied W.Raps beinhaltet.

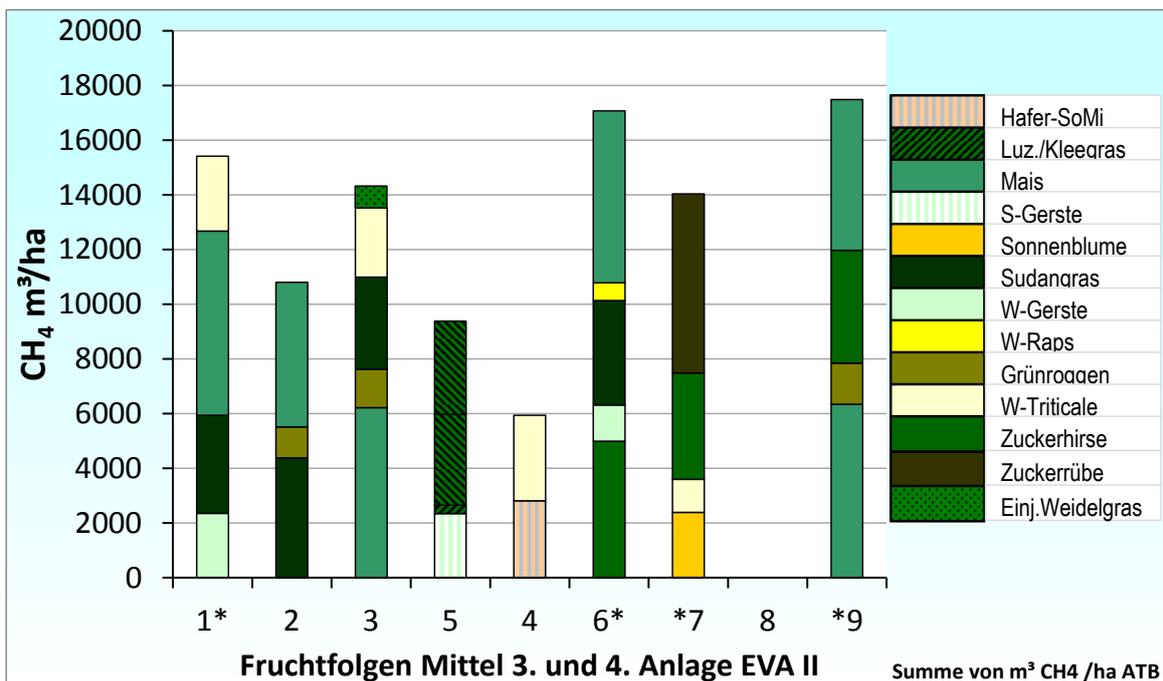


Abb. 3-5: Gestapelte CH₄-Erträge [m³/ha] der Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).

(*) FF z. T. anders als in EVA I.

4. Anlage FF 8 1. FF-Glied kein Ertrag, da 2010 Wildschaden, deshalb kein Mittelwert.

Tab. 3-5: CH₄-Erträge [m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		Sum	m ³ CH ₄ /Biogasjahr
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste 2356	Sudangras 3585	Mais 6733		W-Triticale 2740	Phacelia	15414	5100
2	Sudangras 4377		Grünrog. 1135	Mais 5292	W-Triticale	Kornntzg. 0	10804	5400
3	Mais 6216		Grünrog. 1409	Sudangras 3368	W-Triticale 2530	Einj. Weidelg. 802	14326	4800
5	S-Gerste 2343	Luz./Kleegr. 310	Luz./Kleegr. 3324		Luz./Kleegr. 3401		9378	3100
4	Hafer-SoMi 2812		W-Triticale 3123		W-Raps	Kornntzg.	5935	3000
6*	Zuckerhirse 4994		W-Gerste 1319	Sudangras 3820	W-Raps 650	Mais 6291	17074	5700
7*	Sonnenblume 2389		W-Triticale 1208	Zuckerhirse 3895	Zuckerrüben 6549		14040	4700
8	Mais (x)		Grünrog. 1192	Mais (Korn)	Mais 5233		(x)	(x)
9*	Mais 6346		Grünrog. 1507	Zuckerhirse 4126	Mais 5506		17485	5800

* Mit Änderungen gegenüber 1. Rotation 2005/06 - 2008/09;

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

Summe von m³ CH₄ /ha ATB

(x) FF 8 1. FF-Glied Mais 2010 Wildschaden, deshalb kein Mittelwert.

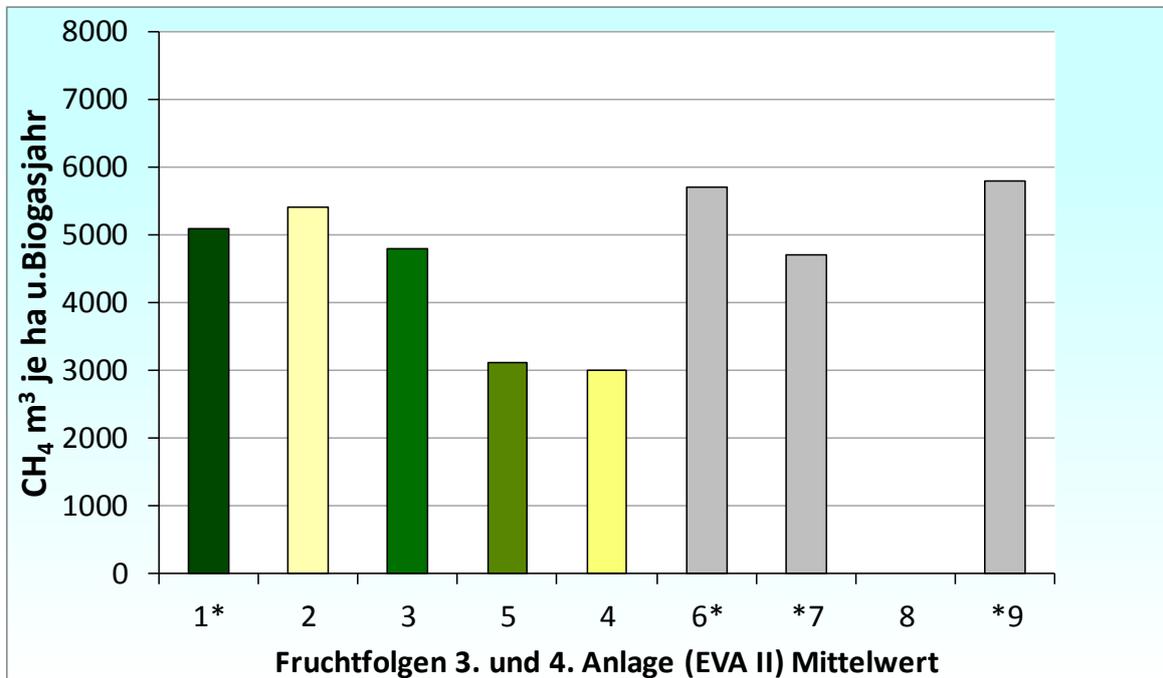


Abb. 3-6: CH₄-Erträge je Biogasjahr [m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).

(*) FF z. T. anders als in EVA I.

4. Anlage FF 8 1. FF-Glied kein Ertrag, da 2010 Wildschaden, deshalb kein Mittelwert.

Ein beträchtlicher Unterschied im Methanertrag zwischen EVA I und EVA II zeichnet sich bei FF 6 ab (Vergleich Abb. 3-5, S. 34 mit Abb. 3-7, S. 36). Dieser Unterschied ist auf den Austausch von Hafer mit Mais im dritten Jahr der Fruchtfolge zurückzuführen. Es liegt allerdings nur *ein* CH₄-Haferertrag dieser FF 6 in EVA I vor (siehe Tab. 6-4, S. 96 und Abb. 6-3, S. 97).

Wegen des CH₄-Ertrags der Zuckerrübe auf Maisniveau ändert der Austausch von Mais mit Zuckerrübe im 3. Jahr der FF 7 den CH₄-Ertrag dieser Fruchtfolge von EVA I nach EVA II nicht.

FF 8 erlaubt keinen Mittelwertvergleich zwischen EVA II und EVA I wegen eines Wildschadens in der 4. Anlage. Den CH₄-Ertrag für die 3. Anlage dieser FF enthalten Tab. 6-5, S. 99, Abb. 6-5, S. 100 und Abb. 6-6, S. 101.

In FF 9 führt der Ersatz der Fruchtfolgeglieder Sommergerste/Erbse durch Mais wie in FF 6 beim Ersatz von Hafer durch Mais zu einer deutlichen Steigerung des CH₄-Ertrags dieser FF. (Vergleich Abb. 3-6, S. 35 mit Abb. 3-8, S. 37).

In FF1 ersetzen W.Gerste-Sudangras (EVA II) die Fruchtfolgeglieder Sommergerste-Ölrettich (EVA I) und W.Triticale-Phacelia (EVA II) die Fruchtfolgeglieder W.Triticale-Zuckerhirse (EVA I). Dies hat lediglich eine Verschiebung der CH₄-Ertragsleistungen zwischen den Jahren zur Folge; der mittlere Ertrag je Biogasjahr bleibt nahezu gleich.

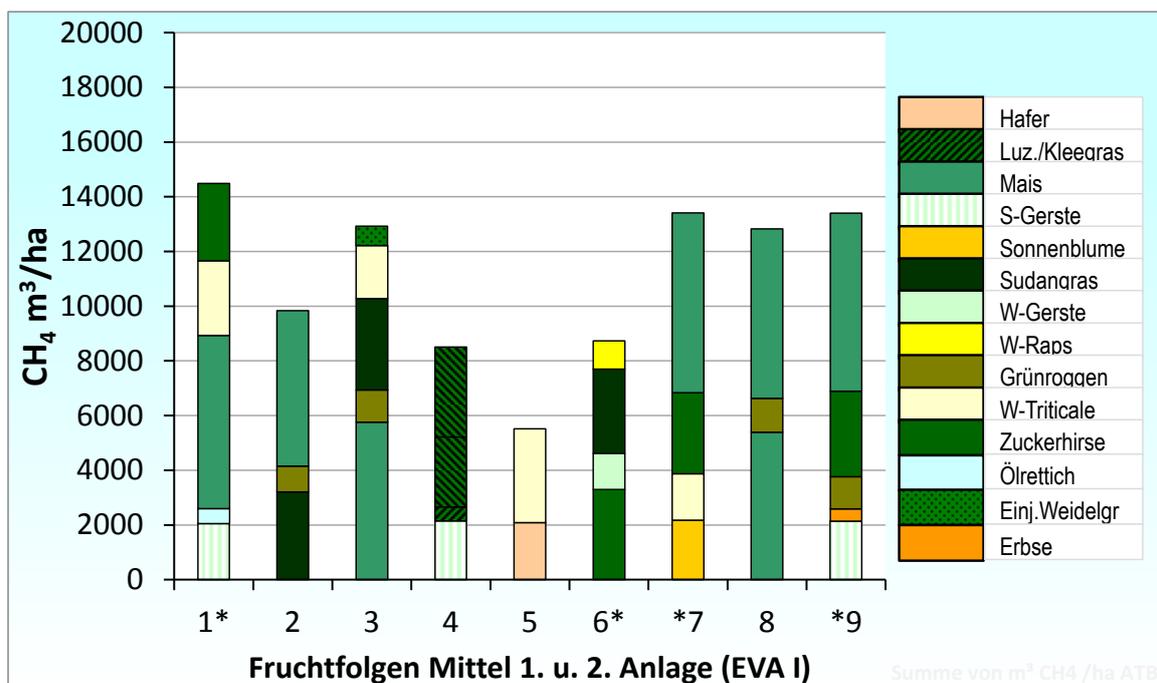


Abb. 3-7: Gestapelte CH₄-Erträge [m³/ha] der Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).

(*) FF z. T. anders als in EVA II.

FF6 ohne Haferertrag, da 2. Anlage 2008 kein Haferertrag (Wildschaden).

Tab. 3-6: CH₄-Erträge [m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I)

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		Sum	m ³ CH ₄ /Biogasjahr
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF		
1*	S-Gerste 2047	Ölrettich 549	Mais 6335		W-Triticale 2726	Zuckerhirse 2836	14492	4800
2	Sudangras 3208		Grünrog. 945	Mais 5686	W-Triticale 2726	Kornntzg. 2836	9839	4900
3	Mais 5759		Grünrog. 1181	Sudangras 3333	W-Triticale 1939	Einj. Weidelg. 712	12925	4300
4	S-Gerste 2147	Luz./Kleegr. 514	Luz./Kleegr. 2555		Luz./Kleegr. 3290		8506	2800
5	Hafer 2083		W-Triticale 3431		W-Raps 1032	Kornntzg. 2836	5514	2800
6*	Zuckerhirse 3301		W-Gerste 1314	Sudangras 3087	W-Raps 1032	Hafer (x)	(x)	(x)
7*	Sonnenblume 2172		W-Triticale 1697	Zuckerhirse 2967	Mais 6573		13409	4500
8	Mais 5389		Grünrog. 1241	Mais (Korn) 3131	Mais 6199		13209	5300
9*	S-Gerste 2137	Erbse 451	Grünrog. 1174	Zuckerhirse 3131	Mais 6513		13405	4500

* Mit Änderungen gegenüber 1. Rotation 2005/06 - 2008/09; SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 6 2008 kein Haferertrag Wildschaden.

FF 8: 2,5 Methanjahre

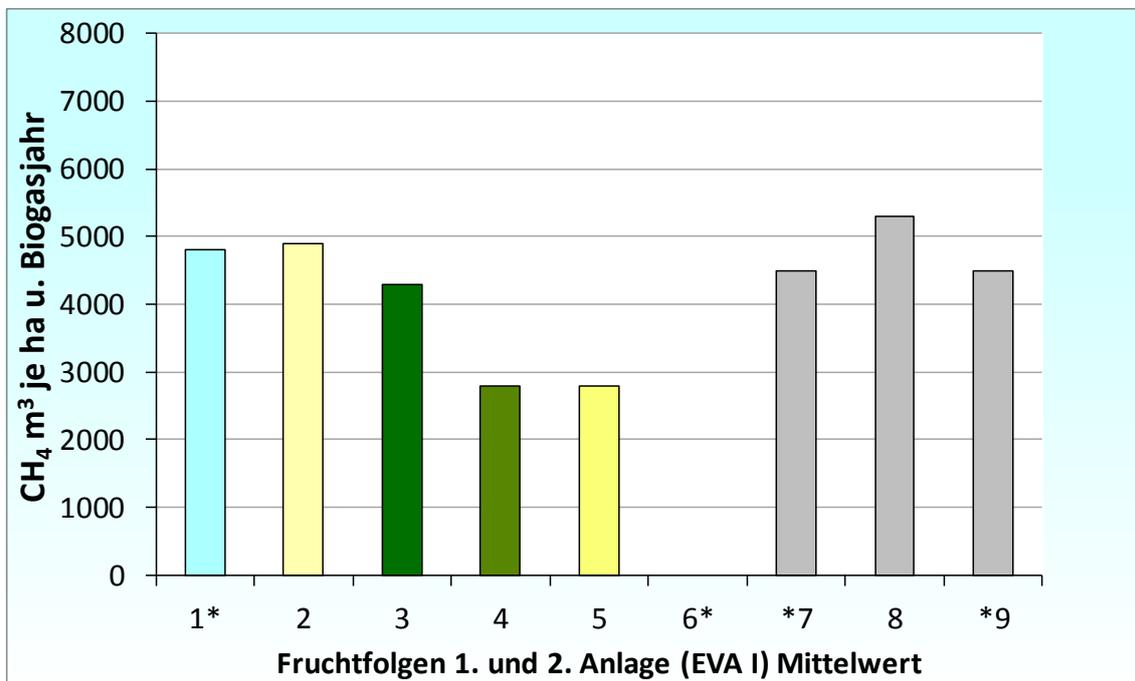


Abb. 3-8: CH₄-Erträge je Biogasjahr [m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).

FF6 kein Mittelwert, da 2. Anlage 2008 kein Haferertrag (Wildschaden).

3.2.2 Spezifische Methanerträge der Kulturen

Abb. 3-9, S. 39 und Tab. 3-7, S. 38 enthalten die CH₄-Erträge je 1 t TM. Basis für diese Abbildung und Tabelle sind die CH₄-Ausbeuten je kg organischer Trockenmasse (oTM) ohne Silierverluste, angenommene Silierverluste und die analysierten Rohaschegehalte der Ernteproben aus EVA I und II. Die Datengrundlage zu den CH₄-Ausbeuten und die angenommenen Silierverluste stammen aus Arbeiten des ATB. Näheres zur Berechnungsweise des ATB und eine weiterführende Literaturstelle enthält Kap. 2.2.3, S. 15.

Die Abweichungsindikatoren in Abb. 3-9, S. 39 am Ende der Säulen zeigen die Standardabweichung um den betreffenden Mittelwert an. Tab. 3-7, S. 38 enthält außer dem spezifischen Methanertrag auch die Anzahl der Einzelwerte, die dem jeweiligen Mittelwert zugrunde liegen. Abgesehen von Sonnenblume (keine Streuung) fällt die Streuung um den Mittelwert am geringsten aus bei Sommergerste und Mais im Hauptfruchtanbau (Standardabweichung in % = 1 % bzw. 2 %); am stärksten bei Weidelgras Stoppelsaat (8 %), bei W.Gerste als Winterzwischenfrucht (7 %) und bei Sudangras (7 %) als Zweitfrucht mit Hauptfruchtcharakter. Die Zahl der Einzelwerte, die den Mittelwerten zugrunde liegen, beträgt maximal 31 und mindestens vier. Mittelwerte aus Erntezahlen <4 sind nicht aufgenommen.

Außer Sonnenblume Hauptfrucht und W.Raps Winterzwischenfrucht liegen alle Kulturarten und Fruchtfolgestellungen zwischen 220 und 290 m³/t TM. Mais als Hauptfrucht und Mais als Folgekultur (mit Hauptfruchtcharakter) führen die Zahlenreihe mit jeweils 290 CH₄ m³/10 dt TM an. Es folgen die Getreideganzpflanzen mit Werten zwischen 250 und 280 CH₄ m³/10 dt TM. W.Gerste als Winterzwischenfrucht steht beim Getreide mit 280 CH₄ m³/10 dt TM an erster Stelle, gefolgt von W.Triticale im Haupt- und Zweitfruchtanbau und W.Roggen als Winterzwischenfrucht mit jeweils 270 CH₄ m³/10 dt TM. Für Hafer im Hauptfruchtanbau errechnen sich 250 CH₄ m³/10 dt TM. Ohne großen Abstand folgen die Sorghumarten mit 240 bis 250 CH₄ m³/10 dt TM. (Sudangras-Hauptfrucht (248 CH₄ m³/10 dt) kommt in Abb. 3-9, S. 39 nicht vor, da nur 3 dazu verwertbare Ernten vorliegen. Das Ackerfutter Luzernegras und Weidelgras Stoppelsaat erreichen 230 bzw. 220 CH₄ m³/10 dt TM. W.Raps als Winterzwischenfrucht und Sonnenblume als Hauptfrucht schließen die Säulen- bzw. Zahlenreihe mit 200 bzw. 180 CH₄ m³/10 dt TM ab.

Tab. 3-7: Spezifische CH₄-Erträge von Kulturen aus EVA I und II [CH₄ m³/t TM] mit Anzahl der zugrunde liegenden Ernten

	<i>SBlum Hptfr</i>	<i>WRa WIZwFr</i>	<i>Wdlgr StSaat</i>	<i>LuzGr Hptfr</i>	<i>Zuhi Hptfr</i>	<i>Zuhi FolgeFr</i>	<i>Sugr FolgeFr</i>	<i>Haf Hptfr</i>	<i>WRo WIZwFr</i>	<i>SGer Hptfr</i>	<i>Wtri Hptfr + Zwifr</i>	<i>WGer WIZwFr</i>	<i>Mais Hptfr</i>	<i>Mais FolgeFr</i>	
CH₄ m³/t TM	180	200	220	230	240	240	250	250	270	270	270	280	290	290	Ø
STABW %	0	5	8	4	5	4	7	4	4	1	3	7	2	3	4
Anz. Ernten	4	4	8	31	4	9	10	4	16	8	16	5	23	6	
Silierverl. %	21	20	15	15	15	13	14	12	19	12	14	16	11	12	
grau hinterlegt = Hauptfrüchte Werte gerundet															

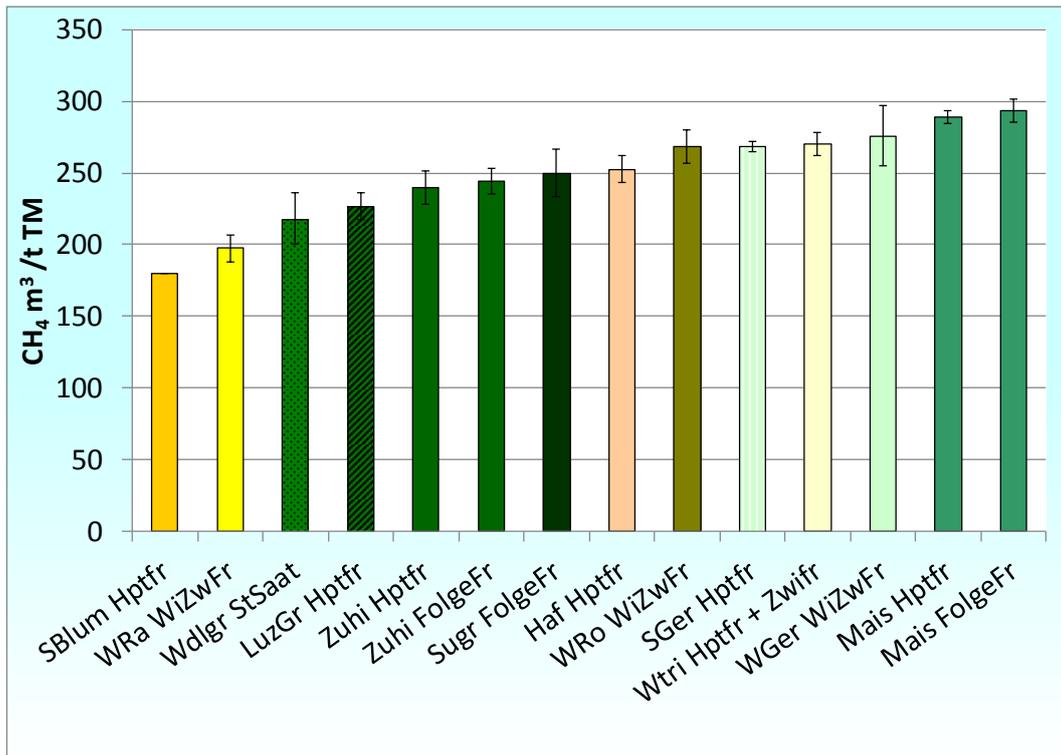


Abb. 3-9: Spezifische CH₄-Erträge von Kulturen aus EVA I und II [CH₄ m³/t TM].
Fehlerindikator = Standardabweichung der Mittelwerte.

Mithilfe der spezifischen Methanerträge lassen sich in guter Näherung die CH₄-Hektarerträge berechnen (CH₄-Ha-Ertrag₁ in Gl. 3-1). Dazu ist für eine Kultur der TM-Ertrag in t/ha (nicht oTM) mit dem spezifischen CH₄-Ertrag in Tab. 3-7, S. 38 zu multiplizieren. Zugrunde liegt dann ein Silierverlust wie in Tab. 3-7, S. 38 (SilV₁) angegeben.

$$\text{CH}_4\text{-ha-Ertrag}_1 \text{ [m}^3\text{/ha]} = \text{Spez. CH}_4\text{-Ertrag [m}^3\text{/t]} * \text{TM [t/ha]} \quad \text{Gl. 3-1}$$

Das Bestimmtheitsmaß R^2 zwischen den solchermaßen berechneten CH₄-Hektarerträgen und den mittel ATB-Matrix berechneten Erträgen beträgt für 153 Wertepaare aus EVA I und EVA II 0,998.

Soll ein anderer Silierverlust als in Tab. 3-7, S. 38 in die Berechnung einfließen, ist eine einfache Korrektur mittels der Verlustangabe in Tab. 3-7, S. 38 und dem neuen Silierverlust möglich.

3.2.3 Mittlere CH₄-Jahreserträge von Hauptfrüchten, Erstfrüchten und Zweitfrüchten

Analog zu Abb. 3-4, S. 31 für TM-Erträge zeigt Abb. 3-10, S. 41 für die CH₄-Erträge [CH₄ m³/ha] die Rangfolge von Kulturarten und Kulturartkombinationen. Verschiebungen in der Rangfolge der TM-Erträge zu den CH₄-Erträgen ergeben sich mit einer Ausnahme nur im ertraglichen Mittelfeld (ca. 90 – 130 dt TM/ha bzw. 2300 bis 3400 CH₄ m³/ha): Hafer mit erheblich geringerer TM-Ertragsleistung als Sonnenblume (96 dt TM/ha zu 129 dt TM/ha) übertrifft diese im CH₄-Ertrag (Sonnenblume 2280 CH₄ m³/ha, Hafer 2400 CH₄ m³/ha).

Luzernegras-Hauptfrucht – im TM-Ertrag dem Sudangras nach W.Roggen und der Triticale Hauptfrucht überlegen – rangiert beim CH₄-Ertrag nach diesen Kulturen (Luzernegras 3100, Triticale Hauptfrucht 3300, Sudangras nach W.Roggen 3400 CH₄ m³/ha).

Im Bereich der Spitzenplätze rückt „Mais nach W.Roggen“ von Platz 6 beim TM-Ertrag (190 dt TM/ha) auf Platz 3 beim CH₄-Ertrag vor (5300 CH₄ m³/ha).

Entsprechend den verhältnismäßig gering streuenden spezifischen CH₄-Ausbeuten je Einheit Trockenmasse folgt die Streuung der CH₄-Hektarerträge in Abb. 3-10, S. 41 und Tab. 3-8, S. 41 der Streuung der TM-Erträge in Abb. 3-4, S. 31 und Tab. 3-4, S. 31.

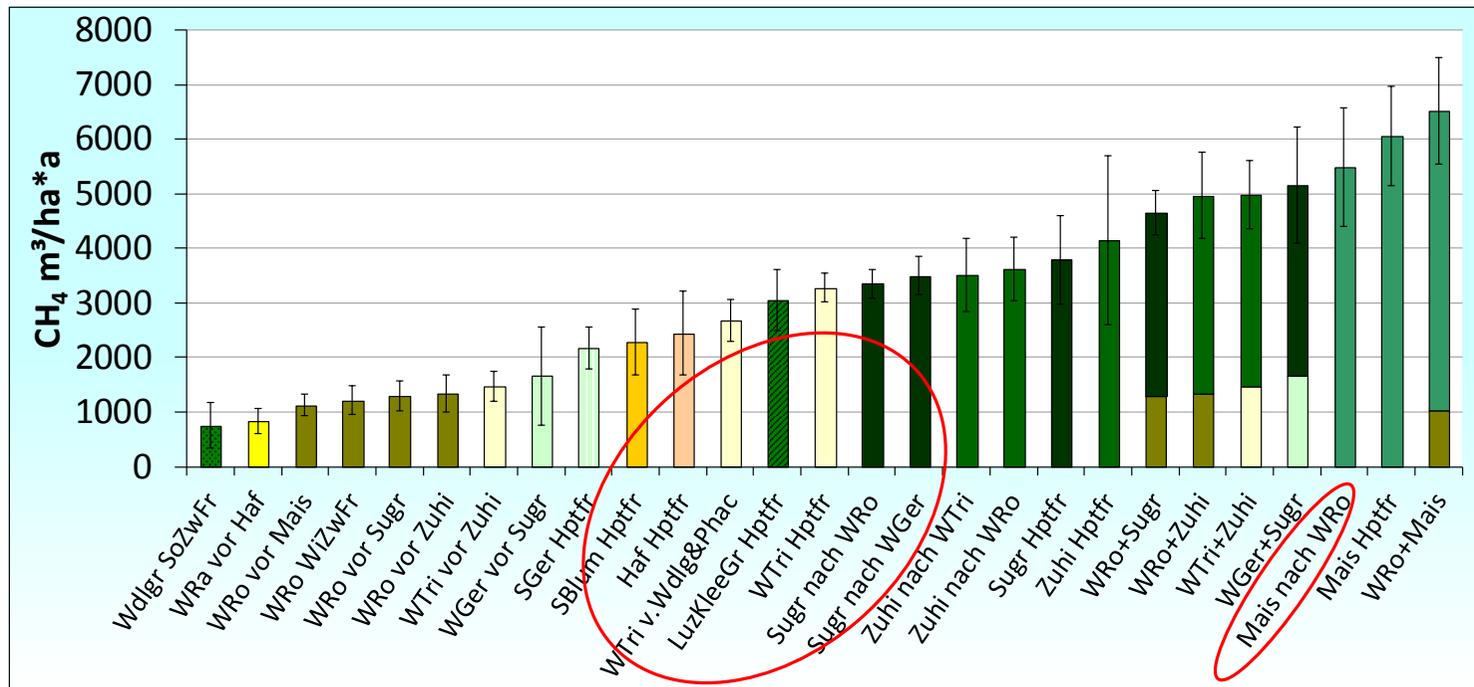


Abb. 3-10: CH₄-Erträge [CH₄m³/ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II mit Standardab.

Tab. 3-8: CH₄-Erträge [CH₄m³/ha] von FF-Gliedern und Erst-/Zweitfruchtkombinationen aus EVA I und II

	Wdgr SoZwFr	WRa vor Haf	WRO vor Mais	WRO WiZwFr	WRO vor Sugr	WRO vor Zuhi	WTri vor Zuhi	WGer vor Sugr	SGer Hptfr	SBlum Hptfr	Haf Hptfr	WTri v. Wdlg&Pha	LuzKleeGr Hptfr	WTri Hptfr	Sugr nach WRO	Sugr nach WGer	Zuhi nach WTri	Zuhi nach WRO	Sugr Hptfr	Zuhi Hptfr	WRO+Sugr	WRO+Zuhi	WTri+Zuhi	WGer+Sugr	Mais nach WRO	Mais Hptfr	WRO+Mais	Ø
CH ₄ m ³ /ha	760	840	1130	1220	1300	1340	1470	1660	2200	2280	2400	2700	3100	3300	3400	3500	3500	3600	3800	4100	4600	3600	5000	5160	5500	6100	6500	22
STABW in %	54	28	18	21	22	25	18	54	17	27	32	14	18	8	8	10	19	16	21	38	9	22	13	21	20	15	15	22
Jahresernten	4	4	8	16	4	4	5	6	8	4	4	5	8	4	4	6	5	4	4	4	4	4	5	6	4	23	4	22
grau hinterlegt = Hauptfrüchte									Eingerahmt: C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung mit Hauptfruchtcharakter																			

3.2.4 Vergleich ATB-Messung, ATB- und Weender-Berechnung des Methanertrags

Abb. 3-11, S. 42 zeigt die Regression zwischen den CH₄-Ertragsberechnungen auf Grundlage der Weenderanalyse und den CH₄-Ertragsberechnungen gemäß ATB-Berechnung. Silierverluste nach den ATB-Vorgaben sind bei beiden Berechnungen gleichermaßen berücksichtigt. Es liegen die Ertrags- und Analysenwerte aus EVA II von 78 Beerntungen zugrunde (n = 78 Wertepaare).

Demnach unterschätzt eine Berechnung auf Basis der Weenderanalyse im Vergleich mit der ATB-Berechnung den CH₄-Ertrag deutlich um 13 % bzw. der CH₄-Ertrag nach ATB liegt um 15 % über der Weenderberechnung. Die Weender-Unterschätzung wiederholt sich in EVA II mit großer Konstanz, sodass sich ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,992$ zwischen beiden Berechnungsverfahren ergibt. Umgekehrt führt ein Zuschlag von 15 % zur Weender-CH₄-Berechnung zu einem Ergebnis, das sehr gut mit der CH₄-Berechnung mittels ATB-Matrix übereinstimmt.

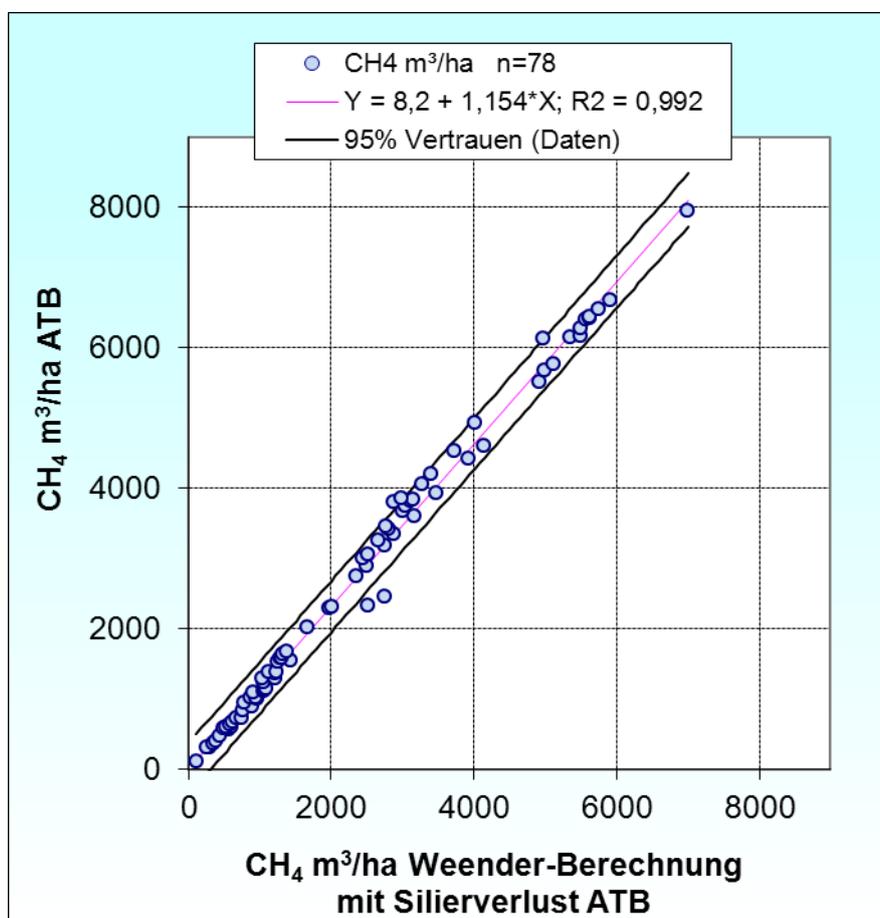


Abb. 3-11: Regression CH₄ m³/ha Berechnung mit Weenderanalyse und CH₄ m³/ha ATB-Berechnung (EVA II); Silierverluste nach ATB zugrunde liegend.

Das Bestimmtheitsmaß R^2 zwischen ATB-Berechnungen mittels Biogasmatrix und den ATB-Biogastests beträgt für 44 Wertepaare aus EVA I und EVA II 0,46 (ohne Abb.). Die zur Korrelationsberechnung verwendeten 44 Biogastestwerte sind Mittel aus drei Einzelmessungen.

3.2.5 Diskussion Methanerträge

Eine Erhöhung der Methanerträge von Fruchtfolgen wird angestrebt und ist möglich durch neue Kombinationen der ertragsstärksten Fruchtfolgeglieder. Haben andere Ziele Vorrang – beispielsweise Biodiversität, Klima- oder Gewässerschutz – so erlauben die EVA-Ergebnisse eine Quantifizierung der geringeren Methanertragsleistungen von Fruchtartkombinationen, die für diese anderen Ziele wertvoll sind. Dies ermöglicht eine ausgewogene Entscheidung für oder gegen den Anbau von Fruchtfolgegliedern. Die Quantifizierung unterschiedlicher Ertragsleistungen bildet auch die Basis für solide berechnete, allseits akzeptierbare Fördermaßnahmen, wenn alternative Ziele eine hohe Bedeutung besitzen und entsprechende Fruchtfolgemaßnahmen nicht ohne Anreize im gewünschten Umfang umsetzbar sind.

Zwar fallen die Abbildungen zu den TM- und Methanerträgen in EVA II sehr ähnlich aus (Abb. 3-1, S. 25 bzw. Abb. 3-5, S. 34), jedoch verschieben sich die Relationen von den TM-Erträgen zu den Methanerträgen etwas. Statt wie bei den TM-Erträgen die FF 6, zeigt bei den Methanerträgen die FF 9 die höchste Leistung. Die Leistungen der Luzernegras-Fruchtfolge ist bez. Methanertrag noch etwas ungünstiger als bez. TM-Ertrag. Auch FF 7 bleibt beim Methanertrag noch stärker hinter den anderen Regional-FF zurück als beim TM-Ertrag. Die Verschiebungen hängen mit den unterschiedlichen spezifischen Methanausbeuten der Kulturen zusammen (Abb. 3-9, S. 39). So bewirkt in FF 9 der hohe Maisanteil mit hoher spezifischer Methanausbeute die Überlegenheit dieser FF bei Vergleich mit FF 6. Unterdurchschnittliche spezifische Methanausbeuten bei Luzernegras und Sonnenblumen reduzieren die CH₄-Ertragsleistungen in diesen FF stärker als die TM-Erträge dies vermuten lassen. Diesen Zusammenhang verdeutlicht auch ein Vergleich der Kulturen-Rangfolge in Abb. 3-4, S. 31 (TM-Erträge) mit Abb. 3-10, S. 41 (Methanerträge). Dort fallen Luzernegras und Sonnenblume bei den Methan-Hektarerträgen gegenüber der Rangfolge bei den TM-Hektarerträgen auf weiter hinten liegende Plätze zurück. Der hohe spezifische Methanertrag beispielsweise des Hafers überkompensiert dessen gegenüber Sonnenblume deutlich geringe Ertragsleistung.

Der im Ergebnisteil erwähnte gravierende Unterschied in den Methanertragsleistungen zwischen EVA I und EVA II bei den FF 6 und 9 ist auf den Austausch des Hafer-Fruchtfolgeglieds (Zweitfrucht) durch Mais zurückzuführen (Abb. 3-7, S. 36 und Abb. 3-5, S. 34). In Abb. 3-7, S. 36 fehlt bei FF 6 der Haferbeitrag zum Methanertrag, weil dieser in einem Jahr ausfiel und deshalb eine Mittelwertbildung unterblieb. Der Beitrag ist jedoch gering und für die 1. Anlage EVA I aus Abb. 6-3, S. 97 ersichtlich.

In FF1 ersetzen W.Gerste-Sudangras (EVA II) die Fruchtfolgeglieder Sommergerste-Ölrettich (EVA I) und W.Triticale-Phacelia (EVA II) die Fruchtfolgeglieder W.Triticale-Zuckerhirse (EVA I). Dadurch verschieben sich die CH₄-Ertragsleistungen der Fruchtfolgeglieder 1 bis 5. Der Gesamt-Biogasertrag dieser FF und damit der CH₄-Ertrag je Biogasjahr bleibt trotz der FF-Änderung nahezu gleich. Aus den Ertragsleistungen von FF 1 in EVA I und FF 1 in EVA II ist zu schließen, dass die Kombination der ertragsstärksten Fruchtfolgeglieder dieser Fruchtfolgen den höchsten CH₄-Ertrag aller FF liefern könnte. Diese neue FF enthielte zweimal Zweikulturnutzung. Im 1. Jahr der Fruchtfolge stünden beispielsweise W.Gerste/Sudangras gefolgt von Mais im 2. Jahr. Im 3. Jahr, d. h. vor dem Abschluss-Fruchtfolgeglied W.Weizen, kämen W.Triticale/Zuckerhirse zur Ernte.

Würde Sonnenblume in FF 7 durch Mais ersetzt, dann erzielte diese FF einen ca. gleichhohen CH₄-Hektarertrag wie die FF 6 und 9, wenn ein durchschnittlicher CH₄-Ertrag des Mais zugrunde gelegt wird. Diese FF enthielte dann nur einmal Mais und einmal eine Sorghumart in Zweitfruchtstellung.

Aus Abb. 3-5, S. 34 ist abzuleiten, dass der Methanertrag von FF 6 mit der besten FF 9 mindestens gleichziehen kann, wenn in FF 6 statt der ertragsschwachen Erstfrucht W.Raps die Wintergetreideformen von Gerste, Triticale oder Roggen zum Anbau kommen. Dies setzt einen gleich ho-

hen Ertrag des nachfolgenden Maises nach diesen Getreide-Erstfrüchten voraus wie nach W.Raps. Möglicherweise wiegt aber eine gute Vorfurchtwirkung des W.Rapses für den folgenden Mais den geringen Rapsertag teilweise oder ganz auf. Dort, wo W.Raps geeignete klimatische Bedingungen antrifft und ein Maisanbau klimatisch noch gut möglich ist, verspricht eine Erst-/Zweitfrucht-Kombination W.Raps/Mais einen hohen Methanertrag. Gegenüber einer Wintergetreide/Mais-Kombination hat dieser W.Raps/Maisanbau Vorzüge hinsichtlich Grundwasserschutzes wegen der vergleichsweise hohen N-Aufnahme des W.Rapses vor Winter. Die Zweikulturnutzung W.Raps/Mais lässt bei angepasster N-Düngung keine so hohen Herbst-Nitratwerte erwarten wie ein W.Raps in Hauptfruchtstellung. Der stark N-zehrende Mais mit langer Vegetationsperiode vermag N-Freisetzen der W.Raps-Erstfrucht gut zu verwerten. Eine Erst-/Zweitfrucht-Kombination W.Raps/Mais verspricht auch Vorzüge bei der Bekämpfung von winterharten Ungräsern aufgrund des schnellen Bestandesschlusses im Frühjahr, der frühzeitigen Ernte und anderen Möglichkeiten bei der Herbizidwahl.

Allenfalls W.Gerste vermag vor Winter noch nennenswerte N-Mengen aufzunehmen. Aus diesem Grunde, wegen der etwas höheren Ertragsleistungen als von W.Roggen und W.Triticale und wegen der etwas höheren spezifischen CH_4 -Ausbeute verdient W.Gerste und deren Anbauoptimierung Beachtung. W.Gerste erlaubt zudem eine frühe Ernte, sodass für die Zweitfrucht eine vergleichsweise lange Vegetationsperiode übrig bleibt. Damit bietet sich W.Gerste als Erstfrucht besonders für Mais an, der dann als Folgekultur noch einen hohen Ertrag erwarten lässt. Ist am Standort mit Wasserknappheit zu rechnen, gewinnt Sudangras an Vorzüglichkeit, weil dies den Wasserverbrauch der Erstfrucht besser verkraftet. Diese Kombination – W.Gerste/Mais als Zweikulturnutzung – kommt bisher im Fruchtfolge-Grundversuch nicht vor. Erstfrüchte mit guter Vorwinterentwicklung wie W.Raps und W.Gerste bieten während des Winters und bis ins Frühjahr hinein einen guten Erosionsschutz. Die CH_4 -Erträge von W.Roggen und W.Triticale als Winterzwischenfrüchte unterscheiden sich am Standort nur geringfügig, sodass die Standortgüte wesentlich die Wahl bestimmen wird.

Für den Anbau der attraktiven Sonnenblume auf größerer Fläche wären erhebliche Leistungssteigerungen beim Methanertrag erforderlich. Andere Vorzüge wie geringerer N-Dünger- und Pflanzenschutzmittelaufwand mit positiven Folgen für die Umwelt sind ebenfalls in die Waagschale zu legen. Allerdings ergaben Bodenuntersuchungen zur Ernte bei geringem N-Düngungsniveau relativ hohe Nitratwerte im Herbst. Bodenruhe und Untersaaten werden als Lösungsansätze vorgeschlagen. (Buttlar & Krähling-2013). Sonnenblume eignet sich für Direktsaat einer nachfolgenden Winterung. Dadurch ließen sich sowohl Herbst-Nitratwerte geringer halten als auch Kosten für die Bestellung des W.Weizens sparen.

Ein wesentliches Entscheidungskriterium für oder gegen Kulturartkombinationen zu Fruchtfolgen liefern die ökonomischen Berechnungen. Wegen höherer Anbaukosten verbunden mit geringerem Gewinn führen diese Berechnungen oft zum Ausschluss der Zweikulturnutzung. Spielen aber andere Gesichtspunkte wie Biodiversität oder Umweltschutz eine bevorzugte Rolle, erhält die Zweikulturnutzung von daher mehr Gewicht und Bedeutung. Die beispielhaft genannten zusätzlichen Wirkungen und Werte von Fruchtartkombinationen können in erweiterte ökonomische Berechnungen einfließen. Dann sind wirtschaftliche und zielentsprechende Anbauentscheidungen möglich; eventuell nötige oder unnötige Ausgleichsleistungen treten zutage.

Die spezifische Methanausbeute je Einheit Trockenmasse ist eine vergleichsweise stabile Größe: Die Standardabweichung in Prozent (Variationskoeffizient) beträgt im Mittel der angebauten Kulturen nur 4 % (Tab. 3-7, S. 38). Der Variationskoeffizient des TM-Gehalts in % liegt dagegen im Mittel bei 15 % (Tab. 3-3, S. 29). Ein gewisser Zusammenhang zwischen der Variation beim TM-Gehalt und der Variation der spezifischen Methanerträge besteht. Das Bestimmtheitsmaß R^2 zwischen den beiden Variationskoeffizienten beträgt 0,53.

Das Bestimmtheitsmaß R^2 zwischen ATB-Berechnungen mittels Biogasmatrix und den ATB-Biogastests an Proben des Ettliger Fruchtfolgeversuchs aus EVA I und EVA II beträgt 0,46. Besteht im Einzelfall die Forderung nach möglichst exakten Methanausbeuten, spricht dies für Biogastests.

Die Korrelation der Methanberechnungen auf Basis Weenderanalyse und der DLG-Futterwerttabelle mit der Berechnung der Methanerträge nach ATB-Biogasmatrix ist in EVA II äußerst eng. Das Bestimmtheitsmaß R^2 beträgt 0,993 bei 78 Wertepaaren und einer Spanne der Methan-Hektarerträge der Fruchtfolgeglieder von ca. 800 bis 6500 CH₄ m³/ha und Jahr. Daraus ergeben sich zwei positive Schlussfolgerungen:

1. Liegt ein Weenderergebnis vor, dann ergibt sich durch einen Zuschlag von 15 % zuverlässig ein sehr ähnliches Ergebnis wie bei der genaueren und fundiert erarbeiteten Biogasmatrix der ATB.
2. Mit viel geringerem Aufwand als für die Weender-Berechnung liefert die Biogasmatrix der ATB genauere Methan-Hektarerträge. Es genügen dazu das BBCH-Stadium, der TM-Gehalt und der Rohaschegehalt.

Weiterhin ermöglicht es die ATB-Biogasmatrix, für die einzelnen Kulturarten und Nutzungsformen o. g. spezifische Methanerträge je t TM zu berechnen. Ist von einer Kultur nur der Trockenmasseertrag je Hektar bekannt, so lässt sich mit dem spezifischen Methanertrag je t TM in Tab. 3-7, S. 38 in guter Näherung der Methan-Hektarertrag berechnen. Das Bestimmtheitsmaß R^2 zwischen den solchermaßen einfach berechneten Methan-Hektarerträgen und den mittels ATB-Biogasmatrix berechneten Methan-Hektarerträgen beträgt 0,998.

3.3 Abschlussfruchtfolgeglied Winterweizen in EVA I und II

3.4 Erträge, Rohproteingehalte und N-Entzüge der Abschlussfrucht Winterweizen

Ein wesentliches Ziel des EVA-Fruchtfolgenversuchs war und ist es, die Wirkung der verschiedenen Biogasfruchtfolgen auf die wichtige Marktfrucht W.Weizen zu prüfen. Diese Prüfung umfasst den Ertrag und den Rohproteingehalt sowie in EVA II zusätzlich die Prüfung der Mykotoxinbelastung des Korns.

Tab. 3-9, S. 48 enthält die TM-Erträge [dt/ha] von W.Weizen, der am Ende aller 9 Fruchtfolgen steht. Die 4. Anlage (EVA II) endet im Jahr 2013, die 3. Anlage (ebenfalls EVA II) im Jahr 2012. In EVA I endet die 2. Anlage im Jahr 2009, die 1. Anlage 2008.

Im Jahr 2013 liegen die Korn-TM-Erträge des W.Weizens zwischen 74 und 86 dt/ha (entsprechend ca. 87 bis 101 dt/ha incl. 14,5 % Kornfeuchte). Die geringsten Erträge sind mit 74 und 75 dt TM/ha nach den Vorfrüchten Triticale nach Zuckerrüben zu verzeichnen. Bei allen anderen Vorfrüchten bewegt sich der Ertrag zwischen 82 bis 86 dt TM/ha. Für einige Parzellen war es im Jahr 2013 nicht möglich, die TM-Gehalte [%] der Ernteproben zu bestimmen (Beschädigung an Probenütten). Da die Ernte unter sommerlichen trockenen Bedingungen erfolgte, wurden die Ernteergebnisse nicht verworfen. Als TM [%] dienten je FF die Mittelwerte der bestimmmbaren Proben, die bei ca. 86 % lagen.

Im Jahr 2012 erzielte W.Weizen 61 bis 72 dt Korn-TM/ha. Dies entspricht Kornerträgen von ca. 71 bis 84 dt/ha bei 14,5 % Wassergehalt. Das Ertragspotenzial des Standorts ist damit nicht ausgeschöpft. Die höchsten Erträge erzielten die Fruchtfolgen 5, 6 und 7 mit den WW-Vorfrüchten W.Raps, der Zweikulturnutzung W.Raps/Mais und Zuckerrüben mit 70 bis 72 dt/ha Korn-TM. Der Abstand zu den WW-Erträgen der anderen Fruchtfolgen ist jedoch mit Ausnahme zu Fruchtfolge 1 (61 dt TM/ha) gering.

Im Jahr 2009 sind die höchsten Erträge mit 73 bis 79 dt TM/ha (entsprechend ca. 85 bis 92 dt/ha Kornerntrag bei 14,5 % Kornfeuchte) nach den Vorfrüchten W.Raps, Zweikulturnutzung W.Raps/Hafer und Luz./Klee gras zu finden. Das Jahr 2009 erzielt das zweithöchste Ertragsniveau der 4 WW-Jahre in EVA I und II. Die Ertragsspanne reicht von 66 bis 79 dt Korn-TM/ha entsprechend 77 bis 92 dt/ha bei 14,5 % Feuchte des Kornes.

Die Erträge des W.Weizens fallen im Jahr 2008 gemessen an Standortgüte und den anderen W.Weizenjahren sehr gering aus. Der maximale TM-Ertrag beträgt 52 dt Korn-TM/ha. Die Ertragsspanne reicht von 37 bis 52 dt Korn-TM/ha entsprechend 43 bis 61 dt/ha bei 14,5 % Kornfeuchte.

Abb. 3-12 (unten) stellt die W.Weizen-Erträge der Jahre 2008, 2009, 2012 und 2013 dar. Abb. 3-13, S. 47 zeigt die Rohproteingehalte und Abb. 3-14, S. 47 die mittlere N-Entzüge berechnet aus mittlerem Rohproteingehalt und mittlerem Ertrag von Stroh und Korn je Fruchtfolge.

Im Jahr 2013 (Ø 80 dt TM/ha) mit den höchsten W.Weizenerträgen der 4 Weizenjahre (2008, 2009, 2012, 2013) liegen die RP-Gehalte auf dem niedrigsten Niveau (Ø 9,7 %). Zudem fällt auf, dass der vergleichsweise geringe W.Weizenertrag nach Zuckerrüben (FF 7) mit einem niedrigen Rohproteingehalt von 9,0 % einhergeht. In den anderen FF zeichnet sich eher eine gegenläufige Tendenz bei Ertrag und RP-Gehalt ab. Das Jahr 2012 nimmt bez. Ertrag und RP-Gehalt eine Mittelstellung ein (Ø 68 dt TM/ha, RP Ø 11 %). Die zweithöchsten W.Weizenerträge im Jahr 2009 gehen mit den höchsten RP-Gehalten einher (Ø 71 dt TM/ha, RP Ø 13,1 %). Das Jahr 2008 bringt sehr geringe W.Weizenerträge (Ø 47 dt TM/ha) und einen mittleren RP-Gehalt von 12,3 %.

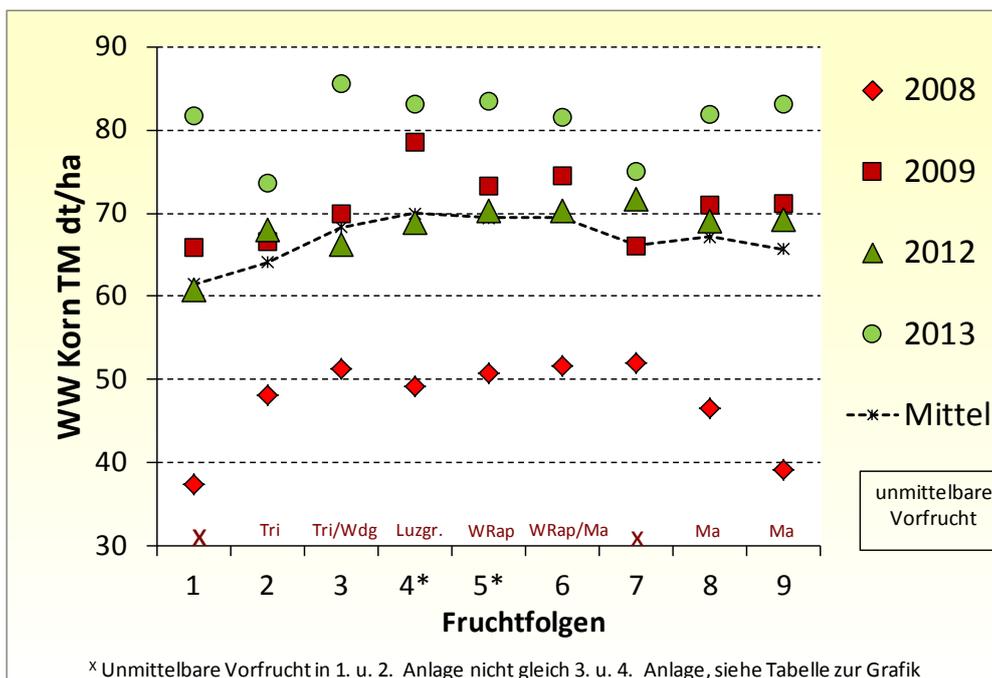


Abb. 3-12: Erträge [dt TM/ha] des W.Weizens als Abschluss von 1., 2., 3. und 4. Anlage in EVA I und EVA II.*FF-Nrn. 4 und 5 in EVA II vertauscht.

Für die einzelnen Jahre lässt sich beim Ertrag kaum ein Trend zugunsten der einen oder anderen FF ablesen. Im Mittel der vier Jahre sind die Erträge nach Luzernegras und W.Raps am höchsten, teils mit sehr geringem Abstand zu anderen Vorfrüchten. Ein ähnliches Bild ergibt sich beim Rohproteingehalt, etwas deutlicher zugunsten eines höheren Rohproteinwertes nach Luzernegras. Noch etwas deutlicher kommt eine bessere N-Versorgung und N-Aufnahme nach Luzernegras und

W.Raps im N-Entzug der oberirdischen Pflanzenmasse zum Ausdruck (Abb. 3-14, S. 47). Im N-Entzug finden sowohl der etwas höhere Ertrag als auch der etwas höhere N-Gehalt (Rohprotein-gehalt/5,7) nach Luzerngras und W.Raps ihren Niederschlag.

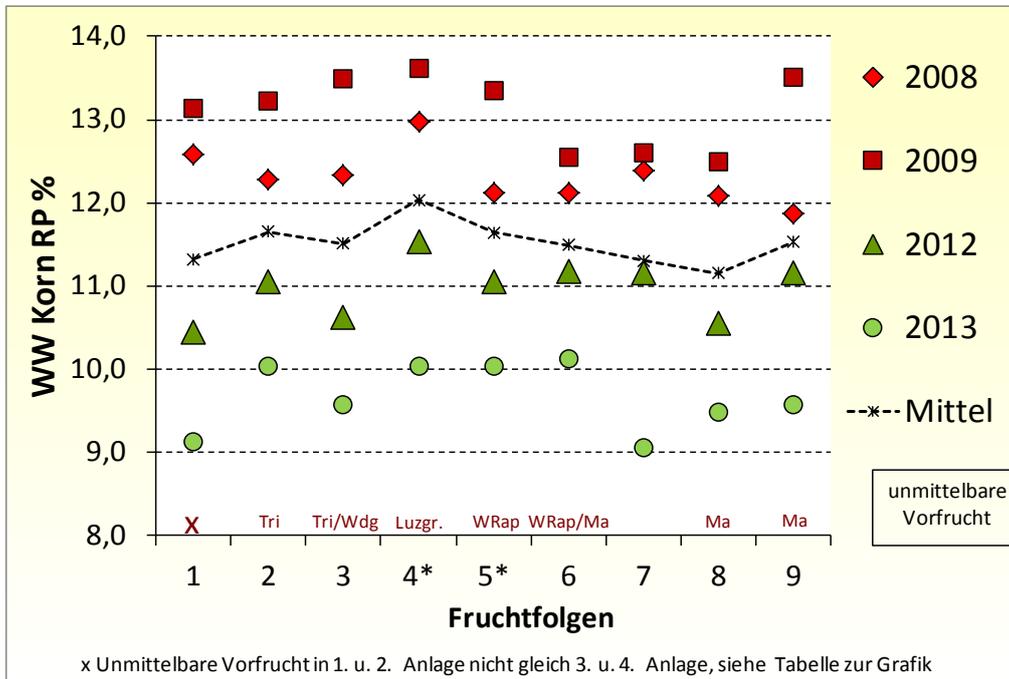


Abb. 3-13: Rohproteingehalte [RP % in TM] des W.Weizens als Abschluss von 1., 2., 3. und 4. Anlage in EVA I und II.*FF-Nrn. 4 und 5 in EVA II vertauscht.

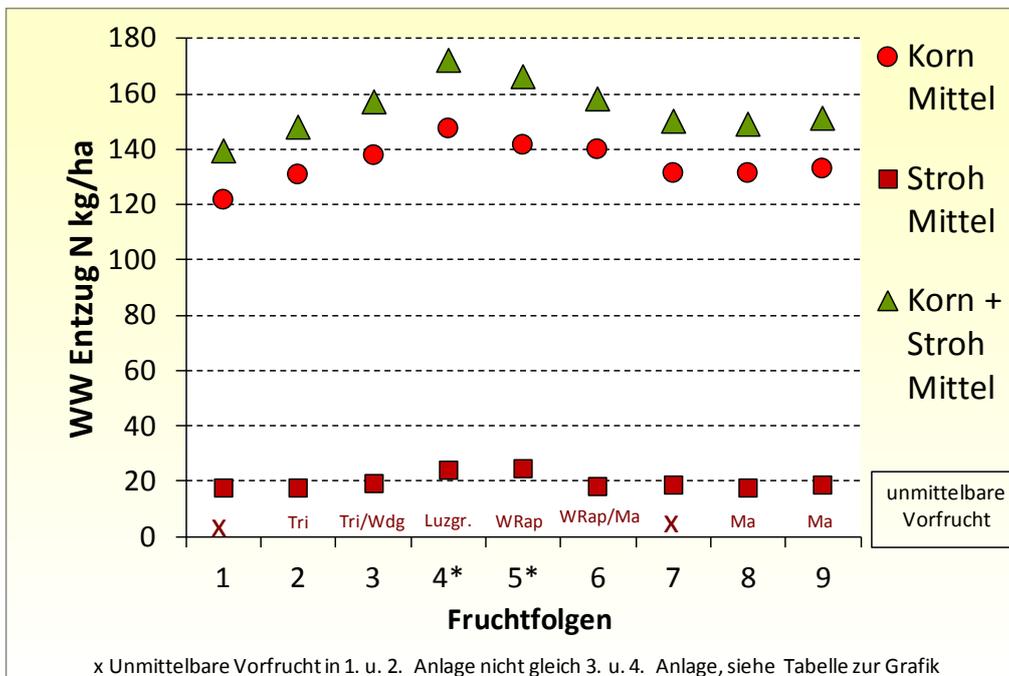


Abb. 3-14: N-Entzüge [N kg/ha] des W.Weizens als Abschluss von 1., 2., 3. und 4. Anlage in EVA I und II.* FF-Nrn. 4 und 5 in EVA II vertauscht.

Tab. 3-9: Erträge [dt TM/ha], RP-Gehalte [%] und N-Entzüge [N kg/ha] des Abschlussfruchtfolgeglieds W.Weizen EVA II und EVA I

WW Korn TM dt/ha										
Vorfrüchte	Tri/Pha*	Tri	Tri/Wdg*	Luzgr.	WRap	WRap/Ma**	ZR***	Ma	Ma	
Fruchtfolge	1	2	3	4 ^x	5 ^x	6	7	8	9	Ø
2013	82	74	86	83	83	82	75	82	83	81
2012	61	68	66	69	70	70	72	69	69	68
2009	66	66	70	79	73	75	66	71	71	71
2008	37	48	51	49	51	52	52	47	39	47
Mittel	61	64	68	70	69	70	66	67	66	67

WW Korn RP %										
Fruchtfolge	1	2	3	4*	5*	6	7	8	9	Ø
2013	9,1	10,0	9,6	10,0	10,0	10,1	9,0	9,5	9,6	9,7
2012	10,4	11,1	10,6	11,5	11,0	11,2	11,2	10,5	11,1	11,0
2009	13,1	13,2	13,5	13,6	13,4	12,5	12,6	12,5	13,5	13,1
2008	12,6	12,3	12,3	13,0	12,1	12,1	12,4	12,1	11,9	12,3
Mittel	11,3	11,6	11,5	12,0	11,6	11,5	11,3	11,2	11,5	11,5

WW Entzug N kg/ha										
Fruchtfolge	1	2	3	4*	5*	6	7	8	9	Ø
Korn Mittel	123	131	138	148	142	138	131	131	132	135
Stroh Mittel	17	17	19	24	25	18	19	18	18	20
Korn + Stroh Mittel	140	148	157	172	166	156	149	149	151	154

Anzahl der Proben (Parzellen) je Wert im Anhang

^x 2012 u. 2013 FF 5 (Luzgr.FF EVA II) steht in Spalte FF 4 (Luzgr.FF EVA I)

* 2008 u. 2009 Vorfrucht Tri/Zuhi

** 2008 u. 2009 WRa/Hafer

*** 2008 u. 2009 Vorfrucht Mais

3.4.1 Mykotoxinbelastung des Korns bei dem Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen

Den Werten in Abb. 3-15 (unten) liegen für die FF 1 bis 5 vier Einzelmessungen je FF zugrunde, für die FF 6 bis 9 jeweils eine Messung an einer Mischprobe aus vier Einzelproben.

Im Jahr 2013 erreichen die DON-Werte vielfach die Nachweisgrenze von 0,11 mg/kg Frischmasse (FM) nicht. Proben mit Werten unter dieser 0,11-mg-Nachweisgrenze gingen mit 0,11 mg/kg in die Mittelwertbildung für die Darstellung in Abb. 3-15 (unten) ein. Der Mittelwert über alle FF beträgt

dann 0,12 mg/kg FM. Die Zearalenonwerte in diesem Jahr bleiben alle unter der Nachweisgrenze von 25 µg/kg Frischmasse.

Für das 2012 ergibt sich ein differenziertes Bild bei DON- und Zearalenonwerten. Die DON-Werte liegen mit Ausnahme einer Einzelprobe bei FF 1 sämtlich über der Nachweisgrenze. Für FF 9 ergeben die Messungen einen Wert über 1,25 mg/kg FM (1,4 mg/kg FM $\hat{=}$ 1,4 ppm) nach Vorfrucht Mais. Hoch sind die Werte auch in FF 6 und 8 mit 1 bzw. 0,9 mg/kg FM ebenfalls nach Vorfrucht Mais. Auch nach Luzernegras und W.Raps-Vorfrucht sind hohe Werte mit 0,76 bzw. 0,71 mg/kg FM zu verzeichnen. Die geringsten DON-Werte treten nach Triticale/Phacelia (FF 1), Triticale (Kornnutzung FF 2) und Triticale/Weidelgras (FF 3) mit 0,3, 0,4 bzw. 0,6 mg/kg FM auf. Der Mittelwert über alle FF beträgt 0,73 mg/kg FM.

W.Weizen in der FF 1 nach Triticale/Phacelia – in der Rangfolge bei DON ganz unten – weist 2012 den zweithöchsten Zearalenon-Wert aller FF mit 38 µg/kg FM auf. Den höchsten Wert ergaben die Messungen nach W.Raps mit 40 µg/kg FM; an dritter Stelle liegt FF 9 nach Mais mit 36 µg/kg FM. Bei den anderen FF liegen die Werte der W.Weizenproben unterhalb der Nachweisgrenze oder nur knapp darüber. Der Mittelwert über alle FF beträgt 2012 30 µg Zearalenon/kg FM.

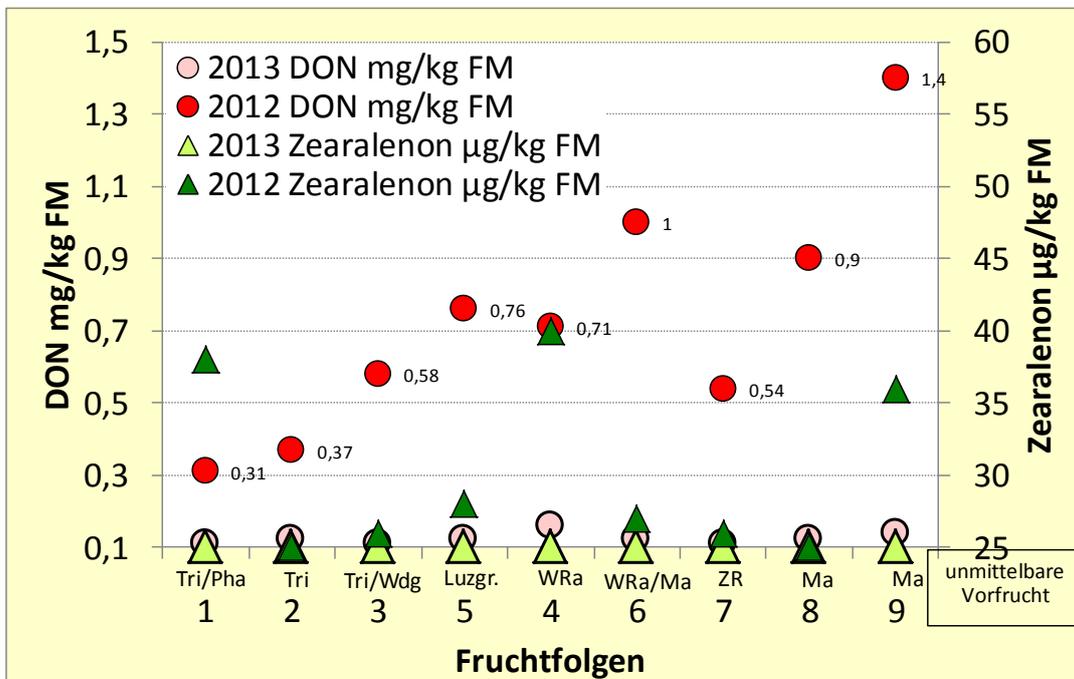


Abb. 3-15: Mykotoxingehalte am Korn des W.Weizens als Abschluss von 3. und 4. Anlage in EVA II.

3.4.2 Diskussion Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen

Für die Ertragsbildung des Wintergetreides der Ernte 2013 herrschte ein günstiger Witterungsverlauf: Im letzten Quartal 2012 zeigt Abb. 2-2, S. 24 eine sehr gute Wasserversorgung. Die Niederschläge erreichen im Mittel der Monate Oktober, November und Dezember mehr als 150 % des langjährigen Durchschnitts. Das Temperaturmittel in diesem Zeitraum entspricht in etwa dem langjährigen Mittel (6,1 °C bzw. 6,0 °C langjährig). Februar und März 2013 fallen die vergleichsweise niederen Temperaturen mit einer Differenz von minus 2,7 bzw. minus 3,4 zum langjährigen Mittel auf. Im März 2013 geht die unterdurchschnittliche

Monatstemperatur mit fast 50 % geringeren Niederschlägen einher. Jedoch treten Dezember 2012 bis März 2013 keine starken Fröste auf. Die Temperaturen sinken in diesem Zeitraum nicht unter (-)6 °C. Besonders augenfällig sind die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse im Mai 2013: Die Monatstemperatur erreicht nur 11,8 °C und liegt damit 2,5 °C unter dem langjährigen Durchschnitt. Der Niederschlag übertrifft das langjährige Mittel um mehr als das Doppelte. Entsprechend der günstigen Witterung und dem Ausbleiben von besonderen Schäden durch Krankheiten oder Wild liegt beim Vergleich aller vier W.Weizenjahre das Ertragsniveau 2013 am höchsten. In der 4. Anlage (EVA II) erfolgte anders als vorgesehen und anders als in Anlage 3 kein Wechsel der Luzernegras-FF auf die Parzellen der FF 5. Eine besondere Wirkung auf Ertrag und RP-Gehalt des Winterweizenkorns ist nicht erkennbar.

Vogelfraß im Herbst 2011 reduzierte die Bestandesdichte des W.Weizens. Von 01. bis 13. Februar 2012 lagen die täglichen Tiefsttemperaturen ununterbrochen bei (-)10 °C bis (-)19 °C (Ø der Tiefsttemperaturen (-)15 °C). Diese Kahlfröste führten zu Auswinterungsschäden. Von Anfang April bis Ende Juli 2012 herrschte bei gleichmäßiger Verteilung der Niederschläge eine gute Wasserversorgung der Bestände. Etwa vom Beginn der Blüte Anfang Juni fielen bis ca. Mitte Juni gut verteilt 80 mm Regen.

2009: Im Januar erreicht die Temperaturkurve ihren Jahrestiefpunkt kurzzeitig mit (-)10 °C. Nach dem 20. Februar treten keine Temperaturen unter 0 °C mehr auf. Die Wasserversorgung war während der gesamten Vegetationsperiode des Getreides gesichert, die Niederschlagsverteilung von Mitte April bis Mitte Juni gleichmäßig und der Monat Juli bei annähernd durchschnittlichen Julitemperaturen sehr gut wasserversorgt (Tab. 6-38, S. 164 und Tab. 6-39, S. 164). Die Tageswerte von Temperatur und Niederschlag zeigen im Juli einen ausgeprägten Wechsel von warmen und kühleren sowie trockenen und feuchten Phasen (keine Tab. und Abb.).

Im Jahr 2008 schädigten Wildschweine viele Parzellen des FF-Versuchs. Die angegebenen Erträge basieren daher bei den FF 1 – 5 sowie 7 und 8 auf weniger als 4 Einzelwerten (siehe Tab. 6-7, S. 103). – Der Endbericht zu EVA I führt aus, dass die geringen Erträge teils auf erheblichen Krankheitsdruck nach der Blüte zurückzuführen sind. Nasse und windige Witterung verhinderte eine Fungizidbehandlung bis zur Blüte. Mit krankheitsbedingtem frühzeitigem Absterben von Fahnenblatt und gesamter Weizenpflanze und entsprechenden Folgen für die Kornfüllung ist deshalb zu rechnen. Nur geringt durch Wildschaden in Mitleidenschaft gezogene Parzellen wurden beerntet. Deren Erträge unterscheiden sich nicht von den augenscheinlich intakten Versuchspartellen, sodass diese in die Ertragserfassung aufgenommen wurden. (Kruse & Mastel-2010) –

Die hohen Erträge im Jahr 2013 führen zu einer vergleichsweise geringen Überbilanz an N von 15 kg/ha im Mittel aller Fruchtfolgen (Tab. 6-6, S. 102). Dies erklärt z. T. auch die niedrigen RP-Gehalte. Die letzte N-Gabe mit 60 N kg/ha erfolgte schon am 08.Mai. Bei hohen Niederschlägen im Mai war diese Gabe zwar stark ertragswirksam. Die günstigen Wachstumsbedingungen führten zu den höchsten Tausendkornmassen (Ø 58g) aller vier W.Weizenjahre (Tab. 6-8, S. 103). Für hohe RP-Gehalte reichte bei dieser Kornausbildung die pflanzenverfügbare N-Menge nicht. Eine 12-tägige Trockenperiode im Juni verminderte zudem die Freisetzung von N aus dem Vorrat des Oberbodens. Im Jahr 2009 mit dem höchsten RP-Gehalt beim zweithöchsten Ertrag der vier W.Weizenjahre herrschten bez. N-Freisetzung aus dem Bodenvorrat ganz andere Verhältnisse. Der bereits bei der Betrachtung der Jahreswitterungen weiter oben beschriebene Wechsel von trockenen und feuchten Phasen im Juli kann in diesem Jahr die hohen RP-Gehalte erklären. Es ist damit zu rechnen, dass diese Bedingungen Stickstoff aus dem Bodenvorrat freisetzen. Für 2008 liegen Tausendkornmasse, Hektolitergewicht und Fallzahl nicht vor. Die vergleichsweise hohen

RP-Gehalte sind als Folge der hohen N-Versorgung bei geringem Ertrag anzunehmen. Die hohe N-Versorgung bzw. die Erträge weit unter den Erwartungen kommen in der hohen Überbilanz von 79 N kg/ha zum Ausdruck.

Alle Fruchtfolgen weisen eine höhere N-Bilanz auf als die Luzernegras-FF 5 (4 in EVA II); oftmals sogar eine positive N-Bilanz (siehe Abb. 6-7, S. 109). Trotz der hohen N-Unterbilanz in der Luzernegras-FF 5 (4 in EVA I) durch Abfuhr hoher N-Mengen (Abb. 3-18, S. 62 und Tab. 6-15, S. 111) und geringer N-Düngung scheint die N-Versorgung am Ende dieser FF eher besser zu sein als bei den anderen FF. Dies deuten die höheren N-Entzüge des Abschlussfruchtfolgeglieds W.Weizen in Abb. 3-14, S. 47 und Tab. 3-9, S. 48 am Ende der FF 5 (4 in EVA I) an. Eine deutlich höhere N-Bindung durch die Futterleguminosen als in der N-Bilanz-Tab. 6-15, S. 111 veranschlagt, ist nahe liegend. Zumal auch in der Luzernegras-Wurzelmasse noch Stickstoff gebunden sein muss, der nicht aus einer N-Mineraldüngung zum Ackerfutter stammt.

Auch in FF 4 (5 in EVA II), in der W.Weizen nach W.Raps folgt, entzieht Winterweizen mehr N als in den anderen FF (mit Ausnahme der Luzernegras-FF 5). Gute Bodenstruktur und zusätzliche N-Nachlieferung aus den Wurzel- und Ernterückständen des Winterrapses können dazu beigetragen haben.

Der hohe Durchschnitt der DON-Gehalte des Korns im Jahr 2012 (0,73 mg/kg FM) und teils höhere Zearalenon-Werte sind mit der weiter oben beschriebenen wechselfeuchten Witterung ab Blüte bis Mitte Juli erklärbar. Der Erfassungshandel erlaubt bei Winterweizen zur Verarbeitung als Lebensmittel maximal 1,25 mg/kg FM, für den unmittelbaren menschlichen Verzehr maximal 0,75 mg/kg FM. Für Zearalenon liegen die Werte bei 100 bzw. 75 µg/kg FM. (Mastel & Töpfer-2008). Die drei höchsten DON-Werte des Jahres 2012 sind im Zusammenhang mit der Vorfrucht Mais zu sehen. Grenzwertüberschreitungen kommen dort bei den FF 6, 8 und 9 vor (DON 1,0, 0,9 bzw. 1,4). Allerdings liegen auch die DON-Werte nach Luzernegras und W.Raps mit 0,76 und 0,71 ppm ungewöhnlich hoch, ohne dass es hierfür eine schlüssige Erklärung gibt. Grenzwertüberschreitungen bei Zearalenon kommen nicht vor.

Die trockene Witterung ab Anfang Juni bis Ende Juli erklärt die geringen Mykotoxingehalte im Jahr 2013 nahe oder unterhalb der Nachweisgrenze.

3.5 Ökonomische Bewertung

3.5.1 Deckungsbeiträge von Fruchtfolgegliedern und Fruchtfolgen

Die Deckungsbeiträge der einzelnen Fruchtfolgeglieder für den Standort Ettlingen sind in Tab. 3-10, S. 54 als Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II) dargestellt. Im Anhang befinden sich die Werte nach Anlagen getrennt (Tab. 6-9, S. 104 bis Tab. 6-12, S. 107). Die Werte je Fruchtfolgeglied stellen Mittelwerte der vier Wiederholungs-Parzellen dar. Für jede Fruchtfolge sind die jeweils besten Fruchtfolgeglieder in Bezug auf den Deckungsbeitrag grün und die schlechtesten Fruchtarten rot mit fließenden Übergängen farblich hinterlegt. Aufgrund von Wild- und Vogelfraßschäden konnten einzelne Fruchtfolgeglieder nicht ausgewertet werden, sodass bei der Mittelwertbildung diese Varianten unberücksichtigt blieben (siehe Fußnoten unter den Tabellen).

Kommt Mais in einer Fruchtfolge vor, dann ist dieser in EVA II in den meisten Fällen die deckungsbeitragsstärkste Kultur. Bei GPS-Nutzung als Biogassubstrat (Hauptfruchtanbau und in Zweitfruchtstellung) liegt Mais im Mittel über alle Fruchtfolgen etwa gleichauf mit W.Weizen zur Kornnutzung (ca. 600 €/ha*a). Beim Anbau von Mais als Zweitfrucht wird der geringere Erlös aufgrund des

geringeren Ertrages durch geringere Arbeiterledigungskosten ausgeglichen (geringere Bodenbearbeitungskosten aufgrund intensiver Bodenbearbeitung schon zur Erstfrucht). Der höchste Deckungsbeitrag lässt sich am Standort Ettlingen mit Körnermais erzielen (ca. 800 €/ha*a). Sind Sorghum-Hirsen in der Fruchtfolge enthalten, erweisen sich die Zuckerhirse-Sorten (*Sorghum b x b*) am wärmebegünstigten Standort Ettlingen bez. Deckungsbeitrag als zweitstärkste Biogaskultur, sowohl in Hauptfrucht- als auch in Zweitfruchtstellung (ca. 250 €/ha*a). Die mittleren Deckungsbeiträge von Sudangras (*Sorghum b x s*) liegen etwa 100 € niedriger (ca. 150 €/ha*a). Die geringeren Deckungsbeiträge von Sorghum-Hirsen gegenüber Mais sind auf die geringeren Biomasseerträge zurückzuführen, insbesondere bei Zweitfruchtstellung dieser Kulturen (Tab. 3-4, S. 31 und Abb. 3-4, S. 31); zusätzlich fällt bei Sorghumhirsen der spezifische Methanertrag, bezogen auf den Gesamttrockenmasseertrag, 10 - 15 % niedriger aus (Tab. 3-7, S. 38). Als drittstärkste Biogaskultur folgt in EVA II im Mittel aller Fruchtfolgen mit ca. 100 €/ha*a W.Triticale zur GPS-Nutzung in Hauptfruchtstellung. Der mittlere Deckungsbeitrag des mehrjährig angebauten Luzerne-/Klee-gras-Gemenges (zwei Hauptnutzungsjahre) liegt in EVA II bei +/- 0 €/ha*a. Ebenso im gesamten Projektzeitraum EVA I und EVA II (siehe Tab. 3-13, S. 58 u. Abb. 3-16, S. 58). Darin monetär nicht berücksichtigt sind die positiven Wirkungen auf die Humusbilanz und eine N-Bindungsleistung, die den bisher angesetzten Betrag vermutlich deutlich übersteigt (siehe FF 4 Tab. 6-15, S. 111). Unter Berücksichtigung der positiven Humuswirkung könnte sich das mehrjährig angebaute Luzerne-/Klee-gras-Gemenge als interessantes Fruchtfolgeglied am Standort Ettlingen, in Ergänzung zu Mais und Sorghum-Hirsen, erweisen. Sollte die N-Bindungsleistung höher sein als bisher veranschlagt (Kap. 3.6.1.3, S. 64), wäre dies ebenfalls beim Deckungsbeitrag zu berücksichtigen. Bedingt durch die Höhe der Anlagekosten verbessert sich die Wirtschaftlichkeit des Luzerne-/Klee-gras-Gemenges mit der Dauer der Nutzung (Anzahl Hauptnutzungsjahre) (siehe Tab. 3-13, S. 58 u. Abb. 3-16, S. 58).

Eine Besonderheit am Standort Ettlingen ist die Regionalfruchtfolge 7. Diese beinhaltet die Frucht Zuckerrübe. Generell ist bei Zuckerrüben mit sehr hohen Methanhektarerträgen zu rechnen (Abb. 3-5, S. 34, FF 7). Trotz dieses Umstandes schneidet die Zuckerrübe in Hinsicht auf das absolute Deckungsbeitragsniveau mehr als unbefriedigend ab (- 200 €/ha*a). Der Grund hierfür liegt in der nötigen Aufarbeitung. Es ist notwendig, die Zuckerrüben zu waschen und zu konservieren. Für diese Arbeiten fallen nach DLG-Merkblatt 363 „Biomasse-Rüben“ 10 €/t FM an. Bezogen auf die Erntemenge pro Hektar wird so der erzielte Erlös von den Aufwendungen für die Aufarbeitung aufgezehrt. Die Wirtschaftlichkeit des Zuckerrübeneinsatzes in Biogasanlagen wird von der weiteren Entwicklung von alternativen Lagerungs- und Aufbereitungsverfahren abhängen. Mehr als unbefriedigend schneiden am Standort Ettlingen die aktuell geprüften Sonnenblumensorten ab ((-)560 €/ha*a).

Außer W.Triticale schneiden bei einer Gesamtbetrachtung von EVA I und EVA II alle anderen in Hauptfruchtstellung geprüften Getreidearten (Sommergerste, Hafer) bei GPS-Nutzung im Mittel mit leicht negativem Deckungsbeitrag ab (siehe Tab. 3-13, S. 58 u. Abb. 3-16, S. 58). Wintergetreidearten und Wintererbsen als Winterzwischenfrüchte zur Nutzung als Biogassubstrat schließen mit weit höheren negativen Deckungsbeiträgen am wärmebegünstigten Standort Ettlingen ab (ca. (-)250 €/ha*a). Ein Anbau wird nur unter agrarökologischen Gesichtspunkten (Grundwasser- und Erosionsschutz) oder bei flächenknappen Betrieben (Gärrestaubsbringung/Gesamt-Biomasseerzeugung) zu rechtfertigen sein; dies ist jedoch nur gegeben, wenn Substratproduktion und Biogaserzeugung in einer Hand liegen. Bei einem mittleren Trockenmasseertrag der Wintergetreidearten in Winterzwischenfruchtstellung in Höhe von 4,7 t/ha*a werden die Mehrkosten für Ernte, Transport, Gärrestaubsbringung und Nährstoffverluste bei Nutzung als Biogassubstrat gegenüber einer Einarbei-

tung der Winterzwischenfrucht durch die zusätzlichen Erlöse gedeckt. Liegen die Erträge höher als 4,7 t/ha*a schneidet die Nutzung als Biogassubstrat ökonomisch vorzüglicher ab, als der Anbau als Winterzwischenfrucht mit Einarbeitung.

Die Ergebnisse der einzelnen Fruchtarten spiegeln sich in Summe im Abschneiden der einzelnen Fruchtfolgen wider (Tab. 3-10, S. 54). Die besten Ergebnisse lassen sich mit den Regionalfruchtfolgen 8 und 9 erzielen, bedingt durch die hohen Mais- und Zuckerhirseanteile in diesen Fruchtfolgen (500 – 600 €/ha*a). Es folgen die Fruchtfolgen 2, 6 und 1, die neben Sorghumhirsen auch Wintergetreidearten in Hauptfruchtstellung zur GPS-Nutzung als Ergänzung zu Mais enthalten (ca. 300 €/ha*a). Mit den Fruchtfolgen 3, 4 und 5, die durch einen Maisanteil bis maximal 25 % und einen hohen Anteil an Zwischenfrüchten gekennzeichnet sind, lassen sich mittlere jährliche Deckungsbeiträge in Höhe von 150 – 200 €/ha erzielen. Die Fruchtfolge 7 schneidet durch die Fruchtfolgeglieder Sonnenblumen und Zuckerrüben insgesamt negativ ab.

Tab. 3-10: Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen im Mittel der 3. und 4. Anlage (EVAII)

Mittel 3. Anlage/4. Anlage (EVA II)									
Fruchtfolgen	FF-Glieder	1	2	3	4	5	6	Deckungsbeitrag in €	
								Summe	Mittelwert über vier Jahre
01	FA	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei	1132	283
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Stoppelansaat (Gd)	Haupt-Fr. (Korn)		
	€/ha	-181	50	771	126	-257	622		
02	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei		1458	364
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)			
	€/ha	178	-310	651	321	618			
03	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei	816	204
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)		
	€/ha	648	-250	132	37	-452	701		
05	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei		594	149
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
	€/ha	-148	-188	101	128	701			
04	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei			742	186
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)				
	€/ha	-72	151	-50	714				
06	FA	ZHirse	WGer	SuGr	WRap	Mais	WWei	1147	287
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)		
	€/ha	274	-251	183	-517	838	621		
07	FA	SB	WTrit	ZHirse	ZR	WWei		-247	-62
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
	€/ha	-557	-292	201	-219	621			
08	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei		2194	549
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)***	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
	€/ha	505	-308	810	495	692			
09	FA	Mais	WRog	ZHirse	Mais	WWei		1920	480
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
	€/ha	612	-229	286	546	705			

*** Einzelwert aus einer Anlage

3.5.2 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse aus EVA I und EVA II

In Tab. 3-11, S. 56 sind die Deckungsbeiträge der einzelnen Fruchtfolgeglieder und Fruchtfolgen der Fruchtfolgen dargestellt, die über EVA I und EVA II unverändert angebaut wurden (über EVA I und EVA II konsistente Fruchtfolgen). Es sind dies die FF 2, 3, 4, 5 und 8. Über alle fünf konsistenten Fruchtfolgen ist die Reihenfolge der einzelnen Fruchtfolgeglieder bez. Höhe des DB in EVA I und EVA II sowie über EVA I + II konstant geblieben. Das bessere Ergebnis des Abschlussfruchtfolgeglieds W.Weizen zur Kornnutzung (+ 300 €/ha*a) und des Sudangrases (+ 200 €/ha*a) in

EVA II brachte höhere Gesamtdeckungsbeiträge in EVA II über alle Fruchtfolgen. Das bessere Abschneiden des Fruchtfolgeglieds W.Weizen ist überwiegend auf günstigere Witterungseinflüsse und geringere Schadwirkungen zurückzuführen (siehe Kap. 3.4, S. 45). Beim Fruchtfolgeglied Sudangras spiegelt sich der züchterische Fortschritt im Ergebnis wider (siehe auch Abb. 3-17, S. 59).

Tab. 3-12, S. 57 enthält die Deckungsbeiträge der Fruchtfolgen, die in EVA II modifiziert wurden (Fruchtfolgen mit Fruchtwechsel zwischen EVA I und II). Es sind dies die Fruchtfolgen 1, 6, 7 und 9. Außer bei FF 7 konnte bei allen Fruchtfolgen das Ergebnis in EVA II gegenüber EVA I durch die Modifikation der Fruchtfolge verbessert werden (auch ohne den höheren Deckungsbeitrag des FF-Glieds W.Weizen in EVA II in Höhe von (+)300 €/ha*a über alle FF-Glieder). Die größten Zuwächse wurden durch Austausch von C3-Pflanzenarten (Hafer, Sommergerste/Erbse) durch C4-Gräser (Mais und Sorghumhirsen) erzielt; am wärmeliebenden Standort Ettlingen zeigt sich auch unter ökonomischer Betrachtung die Überlegenheit der C4-Gräser gegenüber den C3-Sommerungen. Zuckerrüben stellen aus monetärer Sicht aufgrund hoher Aufbereitungskosten aktuell keine Alternative zu Mais dar (siehe FF 7).

Unter Betrachtung der Einzelwerte aller Kulturen, die im Laufe von EVA I und EVA II zur Nutzung als Biogassubstrat angebaut wurden (Tab. 6-9 bis Tab. 6-12 ab S. 104), lassen sich zusammengefasst die in Abb. 3-16, S. 58 dargestellten mittleren Deckungsbeiträge erzielen; hierbei wurden nur Kulturen berücksichtigt, für die mindestens vier Jahresernten vorliegen.

Die höchsten Deckungsbeiträge bei den geprüften Biogassubstraten lassen sich mit Mais in Erst- und Zweitfruchtstellung mit ca. 600 €/ha*a erzielen; durch das schlechte Ergebnis der Winterzwischenfrucht reduziert sich das Ergebnis der Zweikulturnutzung W.Roggen/Mais auf ca. 300 €/ha*a. Zuckerhirsen und W.Triticale zur GPS-Nutzung folgen an zweiter Stelle mit ca. 200 €/ha*a. Sudangras folgt im Mittel der Jahre mit ca. 50 €/ha*a. Auch bei den Sorghumhirsen wird das Gesamtergebnis bei der Zweikulturnutzung durch das schlechte Abschneiden der Winterzwischenfrüchte ins Negative verkehrt. Sommergetreidearten als Hauptfrucht und zweijähriges Luzerne-Gras schneiden mit mehr oder weniger ausgeglichenem Deckungsbeitrag ab (0 €/ha*a). Alle geprüften Wintergetreidearten mit Nutzung als Winterzwischenfrucht schneiden mit negativem Deckungsbeitrag ab (- 250 €/ha*a). Winterraps als Winterzwischenfrucht und Sonnenblumen als Hauptfrucht schließen mit -500 €/ha*a; der Anbau von Sonnenblumen in Hauptfruchtstellung wird zukünftig vom züchterischen Fortschritt und positiven ökologischen Effekten und deren finanziellem Ausgleich, z. B. als Bestandteil von mehrjährigen Blümmischungen zur Biogasnutzung, bedingt sein.

Tab. 3-11: Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen 02, 03, 04, 05 und 08: Ø EVA I (1. und 2. Anlage), Ø EVA II (3. und 4. Anlage) sowie Gesamtmittel (1. bis 4. Anlage)

Über EVA I und II konsistente Fruchtfolgen											
Fruchtfolge		FF-Glieder	1	2	3	4	5	6	Deckungsbeitrag in €		
									Summe	Mittel je FF-Jahr	
02	EVA I	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei			684	171
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	-97	-295	553	213	310				
	EVA II	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei			1.458	364
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	178	-310	651	321	618				
	EVA I + II	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei			1.071	268
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	41	-303	602	267	464				
03	EVA I	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei		51	13
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
		€/ha	707	-286	-113	-143	-430	315			
	EVA II	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei		816	204
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
		€/ha	648	-250	132	37	-452	701			
	EVA I + II	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei		434	108
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
		€/ha	677	-268	9	-53	-441	508			
04	EVA I	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei			226	56
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	-13	-290	5	114	409				
	EVA II*	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei			594	149
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	-148	-188	101	128	701				
	EVA I + II*	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei			410	102
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	-80	-239	53	121	555				
05	EVA I	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei			446	111	
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)***	Haupt-Fr. (Korn)					
		€/ha	-42	248	-147	387					
	EVA II*	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei			742	186	
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)					
		€/ha	-72	151	-50	714					
	EVA I + II*	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei			610	153	
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)****	Haupt-Fr. (Korn)					
		€/ha	-57	199	-82	550					
08	EVA I	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei			1.881	470
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	598	-285	667	550	351				
	EVA II	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei			2.194	549
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)***	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	505	-308	810	495	692				
	EVA I + II	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei			2.053	513
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)****	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)				
		€/ha	567	-296	739	523	521				

*** Einzelwert aus einer Anlage

**** Einzelwerte aus drei Anlagen

* Nummern der FF4/FF5 in EVA II vertauscht (FF5: Luzerngras-FF in EVA II)

Tab. 3-12: Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen 01, 06, 07 und 09: Ø EVA I (1. und 2. Anlage) und Ø EVA II (3. und 4. Anlage)

Fruchtfolgen mit Fruchtwechsel zwischen EVA I und II: 01, 06, 07 und 09										
Fruchtfolge		FF-Glieder	1	2	3	4	5	6	Deckungsbeitrag in €	
									Summe	Mittel je FF-Jahr
01	EVA I	FA	SGer	Ölr	Mais	WTrit	ZHirse	WWei	610	153
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (Gd)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)		
		€/ha	-93	-188	719	5	-61	228		
	EVA II	FA	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei	1.132	283
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Stoppelsaat (Gd)	Haupt-Fr. (Korn)		
		€/ha	-181	50	771	126	-257	622		
06	EVA I	FA	ZHirse	WGer	SuGr	WRap	Ha	WWei	-620	-155
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)***	Haupt-Fr. (Korn)		
		€/ha	-42	-249	-47	-462	-226	405		
	EVA II	FA	ZHirse	WGer	SuGr	WRap	Mais	WWei	1.147	287
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)		
		€/ha	274	-251	183	-517	838	621		
07	EVA I	FA	SB	WTrit	ZHirse	Mais	WWei		277	69
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
		€/ha	-464	-235	22	600	354			
	EVA II	FA	SB	WTrit	ZHirse	ZR	WWei		-247	-62
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
		€/ha	-557	-292	201	-219	621			
09	EVA I	FA	SGer	Erb	WRog	ZHirse	Mais	WWei	364	91
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)		
		€/ha	1	-361	-248	55	691	225		
	EVA II	FA	Mais	WRog	ZHirse	Mais	WWei		1.920	480
		Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)			
		€/ha	612	-229	286	546	705			

*** Einzelwert aus einer Anlage

Beim Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Kulturarten aus EVA II mit den Mittelwerten über EVA I + II (Abb. 3-16, S. 58) fällt vor allem bei den Sorghumhirsen eine stärkere Varianz der Einzelergebnisse ins Auge. Vergleicht man die Ergebnisse der Sorghumhirsen aus EVA I mit EVA II (Abb. 3-17, S. 59) ist eine Verbesserung der Deckungsbeiträge sowohl bei Sudangras als auch bei Zuckerhirsen um absolut ca. 200 €/ha*a festzustellen, was sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den züchterischen Fortschritt der letzten Jahre zurückführen lässt (Sortenwechsel zwischen EVA I und EVA II). Ein zunehmender Anbauumfang an Sorghumhirsen in der Praxis wird sich somit auch in Zukunft positiv auf das Interesse der Züchter an einer weiteren Bearbeitung der Sorghumhirsenarten auswirken. Die Streuung der Deckungsbeiträge der „klassischen Kulturarten“ ist stärker durch die jahreszeitlichen Einflüsse bedingt.

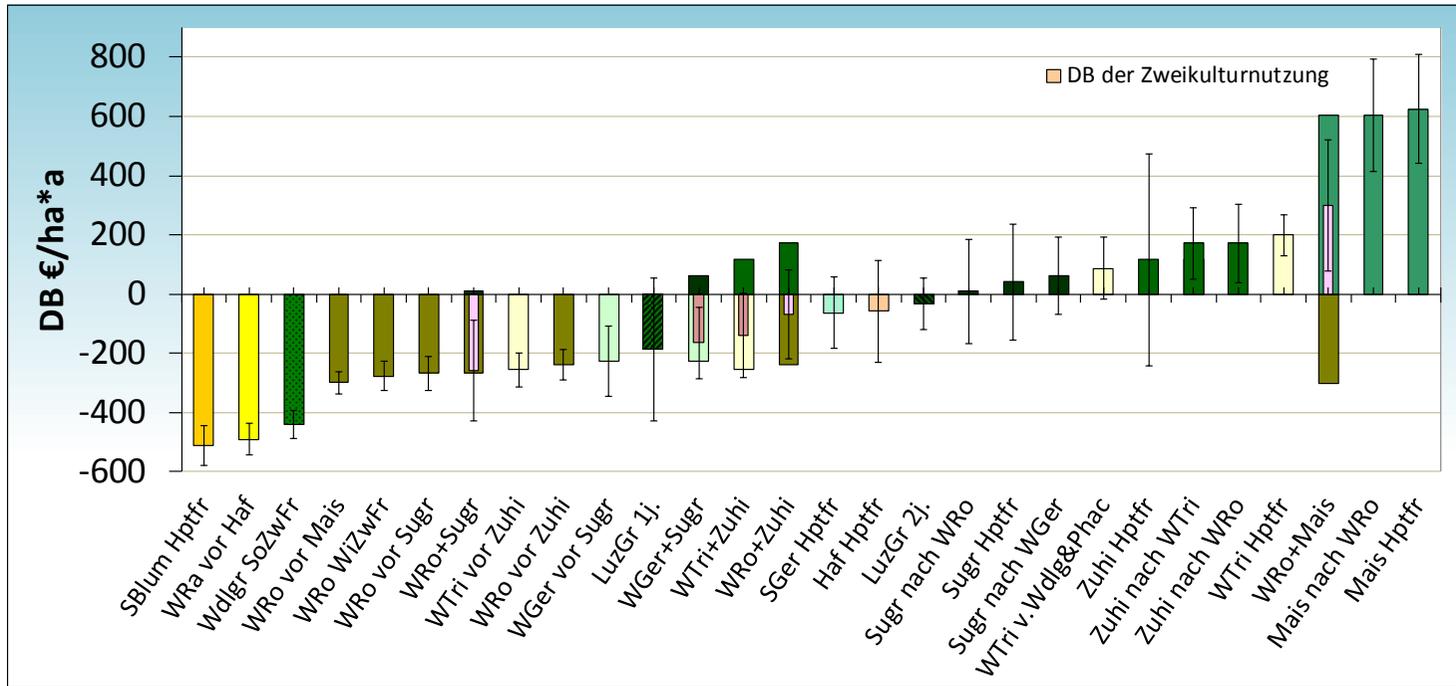


Abb. 3-16: Deckungsbeiträge für Kulturarten und Kulturartkombinationen Mittelwerte aus EVA I und EVA II mit Standardab.

Tab. 3-13: Deckungsbeiträge für Kulturarten und Kulturartkombinationen Mittelwerte aus EVA I und EVA II

	SBlum Hptfr	WRa vor Haf	Wdlgr SoZwFr	WRo vor Mais	WRo WZwFr	WRo vor Sugr	WRo+Sugr	WTri vor Zuhi	WRo vor Zuhi	WGer vor Sugr	LuzGr 1j.	WGer+Sugr	WTri+Zuhi	WRo+Zuhi	SGer Hptfr	Haf Hptfr	LuzGr 2j.	Sugr nach WRo	Sugr Hptfr	Sugr nach WGer	WTri v. Wdlg&Ph	Zuhi Hptfr	Zuhi nach WTri	Zuhi nach WRo	WTri Hptfr	WRo+Mais	Mais nach WRo	Mais Hptfr
DB €/ha*Jahr	-510	-490	-441	-300	-276	-268	-259	-256	-239	-227	-186	-165	-139	-68	-63	-57	-32	9	41	62	87	116	117	171	199	299	602	625
STABW	68	52	47	38	51	58	170	58	52	118	241	122	142	151	120	172	86	177	194	129	105	358	119	134	69	220	190	185
Jahresernten	4	4	4	8	16	4	4	5	4	6	4	6	5	4	8	4	4	4	6	5	5	4	5	4	4	4	4	23

grau hinterlegt = Hauptfrüchte
 Eingehragt: C4-Pflanzen in Zweifruktstellung mit Hauptfruchtcharakter

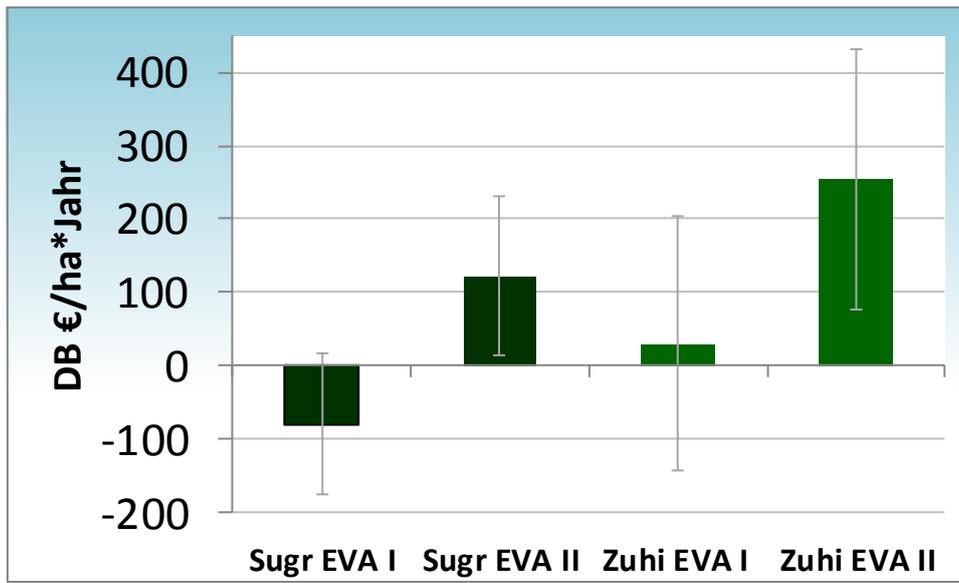


Abb. 3-17: Deckungsbeiträge von Sudangras und Zuckerhirse in EVA I und EVA II mit Standardabweichung.

3.6 Weiterführende Nachhaltigkeitsbewertungen

3.6.1 Makronährstoffe – Gehalte, Entzüge, Bilanzen

3.6.1.1 Gehalte an Makronährstoffen

N-, P-, K-Gehalte: In Tab. 3-14 (unten) rangieren Futterhirse, Mais, W.Triticale und Sudangras hinsichtlich eines geringen N- und K-Gehaltes auf den vordersten Plätzen; Futterhirse, Mais und W.Triticale auch bez. eines geringen P-Gehaltes. Der P-Gehalt von Sudangras liegt im mittleren Bereich. Hohe N-, P- und K-Gehalte kennzeichnen Einjähriges Weidelgras und W.Raps. Luzernegras weist den höchsten N-Gehalt auf und auch hohe P- und K-Gehalte, Sonnenblume den höchsten Kaliumgehalt. Sonnenblume hat einen vergleichsweise geringen P-Gehalt und einen mittleren N-Gehalt. Gerste und Hafer liegen bei allen drei Nährstoffen im Mittelfeld, Roggen ebenfalls im Mittelfeld mit den Nährstoffen N und K; der P-Gehalt von W.Roggen liegt im oberen Bereich.

Tab. 3-14: N-, P-, K-Gehalte [% in TM] von Ganzpflanzen zur Biogasnutzung*

Ganzpflanze	N % in TM	Ganzpflanze	P% in TM	Ganzpflanze	K% in TM
Futterhirse	1,0	Mais	0,20	Mais	1,2
Mais	1,0	W.Triticale	0,24	Sudangras	1,5
W.Triticale	1,2	Futterhirse	0,25	W.Triticale	1,7
Sudangras	1,2	Sonnenblumen	0,27	Futterhirse	1,8
W.Gerste	1,4	S.Gerste	0,27	S.Gerste	2,0
Hafer	1,4	Hafer	0,28	W.Gerste	2,4
Sonnenblumen	1,4	Sudangras	0,29	W.Roggen	2,6
W.Roggen	1,5	W.Gerste	0,29	Hafer	2,6
S.Gerste	1,6	Luzernegras	0,32	Luzernegras	3,2
Einj. Weidelgras	2,0	W.Roggen	0,33	W.Raps	3,2
W.Raps	2,0	W.Raps	0,35	Einj. Weidelgras	3,4
Luzernegras	2,8	Einj. Weidelgras	0,44	Sonnenblumen	3,8

*Anzahl der zugrunde liegenden Jahresernten in Tab. 3-15, S. 61.

Bez. Mg-Gehalten (Tab. 3-15, S. 61) decken die Getreidearten einschließlich Mais den unteren bis mittleren Bereich ab. Die Wintergetreidearten enthalten noch etwas weniger Mg als die Sommerungen. Sonnenblume und Einjähriges Weidelgras weisen die höchsten Werte auf. Sudangras, Futterhirse und Luzernegras liegen im oberen Mittelfeld. W.Raps enthält mit Abstand den meisten Schwefel. Einjähriges Weidelgras und Luzernegras schließen sich an. Die Analysen der drei C4-Pflanzen Futterhirse, Mais und Sudangras ergaben dort den geringsten Schwefelgehalt; gefolgt von den Wintergetreidearten. Im Mittelfeld liegen Sonnenblume, Hafer und S.Gerste.

Die Trockenmassegehalte des Ernteguts – auch als Hinweis auf das Entwicklungsstadium zur Zeit der Ernte – stehen ebenfalls in Tab. 3-15, S. 61.

Tab. 3-15: Mg-, S-Gehalte [% in TM] und TM [%] von Ganzpflanzen zur Biogasnutzung

Ganzpflanze	Mg% in TM	Ganzpflanze	S% in TM	Ganzpflanze	TM%	Jahres- ernten
W.Triticale	0,09	Futterhirse	0,08	Einj. Weidelgras	19	4
W.Roggen	0,09	Mais	0,08	Futterhirse	25	15
W.Gerste	0,10	Sudangras	0,09	Hafer	33	5
Mais	0,10	W.Triticale	0,10	Luzernegras	20	11
Hafer	0,12	W.Gerste	0,12	Mais	32	31
S.Gerste	0,12	W.Roggen	0,14	S.Gerste	37	11
W.Raps	0,17	Sonnenblumen	0,15	Sonnenblumen	18	5
Sudangras	0,18	Hafer	0,16	Sudangras	27	15
Futterhirse	0,20	S.Gerste	0,18	W.Gerste	24	6
Luzernegras	0,20	Luzernegras	0,25	W.Raps	16	4
Sonnenblumen	0,26	Einj. Weidelgras	0,26	W.Roggen	21	16
Einj. Weidelgras	0,26	W.Raps	0,48	W.Triticale	31	16

Die Angaben sind Elementgehalte. Um daraus mittels Multiplikation dieser Gehalte mit den TM-Erträgen in dt/ha (\triangleq Entzug in kg/ha) einen Düngbedarf abzuleiten, sind die Ergebnisse bei P, K und Mg mit den Faktoren 2,29, 1,19 bzw. 1,67 zu multiplizieren. Dies ergibt die entzogene Nährstoffmenge in Oxidform, in der die Nährstoffmengen auf Düngenseite allermeist angegeben sind (P_2O_5 , K_2O , MgO). Im Falle der Ganzpflanzenernte entspricht der so berechnete Entzug der Abfuhr.

3.6.1.2 Entzüge und Bilanzen von Makronährstoffen

Abb. 3-18, S. 62 bis Abb. 3-22, S. 64 zeigen die mittleren jährlichen N-, P-, K-, Mg-, S-Bilanzen (rote Rauten) für die 9 Fruchtfolgen in EVA II (ohne W.Weizen). Bilanzierung und Darstellungsform stammen vom ZALF Müncheberg (*Willms-2014*). Dargestellt sind außer den Nährstoffbilanzen die Mineralstoffzufuhr mittels Mineraldünger (mD) und bei N auch die Zufuhr über Leguminosen (LegN); außerdem die Abfuhr des jeweiligen Nährstoffes über das Erntegut. Im Anhang ab S. 111 befinden sich die Zahlenangaben zu den einzelnen Fruchtfolgegliedern jeder Fruchtfolge in Tabellenform.

Abb. 3-18, S. 62 zeigt für die Fruchtfolgen 1 bis 4 des Grundversuchs eine einigermaßen ausgewogene **N-Bilanz mit** (-)12 bis (+)25 N kg/ha*a. (FF 4 steht an 5. Stelle wegen eines Nummerntausches beim Übergang von EVA I nach EVA II, siehe auch Kap. 2.2.1, S. 12.) Ausgewogen ist die N-Bilanz lediglich auch bei den Regionalfruchtfolgen 6 und 7 ((+)35 bzw. (+)26 N kg/ha*a). FF 9 weist eine Überbilanz von (+)43 N kg/ha*a auf. Die Körnermais-FF 8 verzeichnet eine hohe Überbilanz von (+)79 N kg/ha*a, die Luzernegras-FF 5 dagegen eine Unterbilanz von (-)108 N kg/ha*a. Letzteres kommt zustande durch eine hohe N-Abfuhr, eine geringe Menge mineralischen N-Düngers und den veranschlagten Betrag für die legume N-Bindung. Dieser Betrag stützt sich auf Literaturangaben (*Zorn et al.-2007*) und beläuft sich in den beiden Luzernegras-Hauptnutzungsjahren im Mittel der 3. und 4. Anlage auf 220 N kg/ha*a (gerundet) (siehe Tab. 6-15, S. 111). Die abgefahrene N-Menge ist berechnet aus dem festgestellten Frischmasseertrag, der bestimmten Trockenmasse in % und der N-Gehaltsanalyse in der Trockenmasse des Ernteguts.

Abb. 3-18, S. 62 ist zu entnehmen, dass der Überbilanz in FF 8 nicht ein besonders hohes N-Düngungsniveau zugrunde liegt, sondern eine vergleichsweise geringe N-Abfuhr. FF 1 erzielt eine geringfügig negative N-Bilanz trotz hohen N-Düngungsniveaus durch eine relativ hohe N-Abfuhr. Auffallend sind in FF 4, einer Getreide-Raps-FF mit Raps-Kornnutzung, das geringe N-Düngungsniveau und die geringe N-Abfuhr.

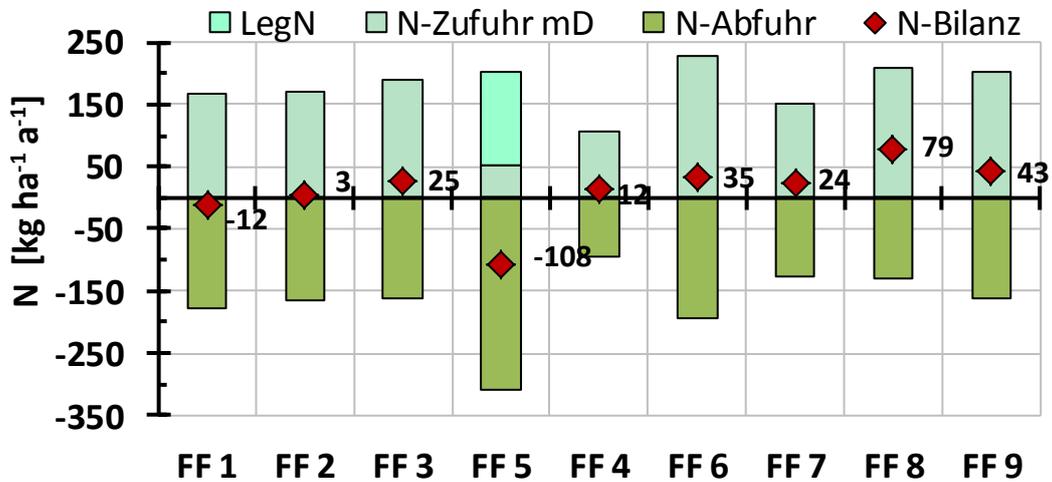


Abb. 3-18: N-Zufuhr, N-Abfuhr und N-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.

Verbindet man gedanklich die N-Bilanz-Rauten in Abb. 3-18, (oben), dann ergibt sich ein ähnlicher Verlauf wie bei den **P-Bilanz**-Rauten in Abb. 3-19 (unten). Jedoch sind die P-Bilanzen durchwegs positiv. Den geringsten P-Bilanz-Überschuss verzeichnet FF 1 mit (+)10 P kg/ha*a, den höchsten P-Bilanz-Überschuss die FF 3 mit (+)29 P kg/ha*a. Die P-Bilanz-Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen sind mehr eine Folge unterschiedlicher P-Zufuhr als eine Folge unterschiedlicher P-Abfuhr. Die höchsten P-Abfuhr sind bei den FF 6 und 9 mit ertragreichen C4-Pflanzen in jedem Jahr der Biogasfruchtfolge anzutreffen (Ø(-)41 P kg/ha*a bei beiden FF) (entsprechend 94 P₂O₅ kg/ha*a) (siehe Tab. 6-16, S. 114). Deutlich geringere P-Abfuhr kommen nur bei der Körnermais-FF 8 und der Getreide-Körnerraps-FF 4 mit (-)24 und (-)32 P kg/ha*a vor (entsprechend (-)55 bzw. (-)73 P₂O₅ kg/ha*a).

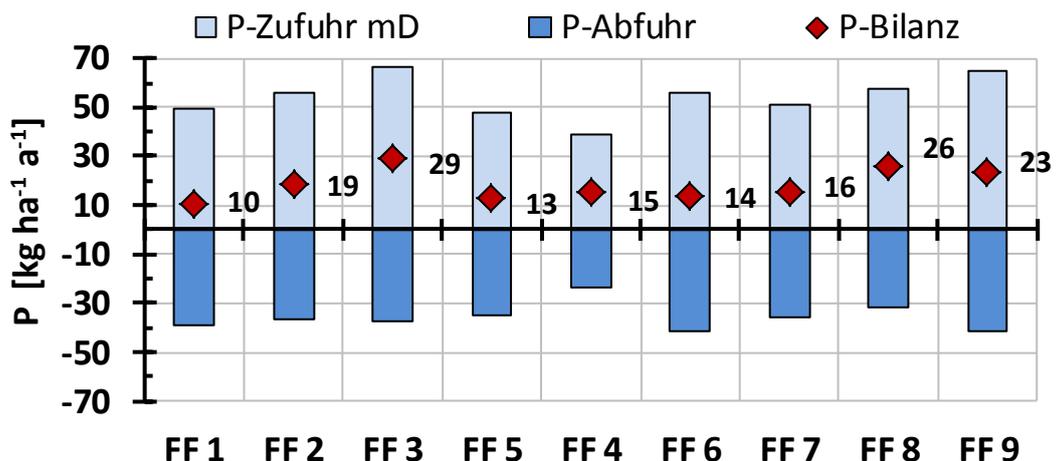


Abb. 3-19: N-Zufuhr, N-Abfuhr und N-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.

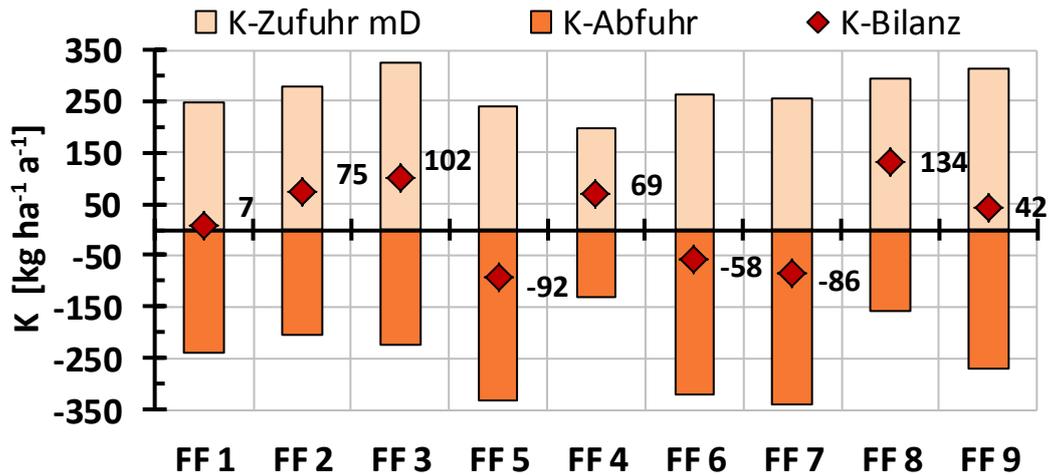


Abb. 3-20: K-Zufuhr, K-Abfuhr und K-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.

Den ähnlichen Verlauf der P- und **K-Bilanzen** in Abb. 3-19, S. 62 und 3-20 (oben) unterbrechen lediglich FF 6 (3 x C4-Pflanzen in 3 Jahren) und FF 7 mit Sonnenblumen und Zuckerrüben. Zusammen mit der Luzernegras-FF 5 weisen diese FF 6 und 7 negative K-Bilanzen auf ((-)92, (-)58 bzw. (-)86 K kg/ha*a. Dies entspricht (-)109, (-)69 bzw. (-)102 K₂O kg/ha*a. Diese negativen K-Bilanzen rühren von hohen K-Abfuhr bei durchschnittlichen K-Zufuhren her. FF 7 war in der 3. Anlage schon zu Beginn von EVA II mit Versorgungsstufe B unterversorgt (14 mg K₂O/100 g Boden) und noch mehr am Ende von EVA II (9 mg K₂O/100 g Boden). Die Kaliumversorgung der FF 7 in der 4. Anlage sank im Verlauf von EVA II auf Stufe B. (Tab. 6-13, S. 108). Maximale K-Überbilanzen von (+)102 und (+)134 K kg/ha*a zeigen in Abb. 3-20 oben die FF 3 (2 x C4-Pflanze in 3 Jahren) bzw. die Körnermais-FF 8. Diese K-Überbilanzen entsprechen (+)121 K₂O bzw. (+)159 K₂O kg/ha*a. FF 8 kennzeichnet eine vergleichsweise geringe K-Abfuhr bei hoher K-Zufuhr. FF 3 erhielt die höchste K-Düngermenge bei mittlerer K-Abfuhr. Die Getreide-Körnerraps-FF 4 erhielt am wenigsten K-Dünger. Wegen der sehr geringen K-Abfuhr weist diese FF dennoch eine deutliche K-Überbilanz von 69 K kg/ha*a auf (\approx 83 K₂O kg/ha*a).

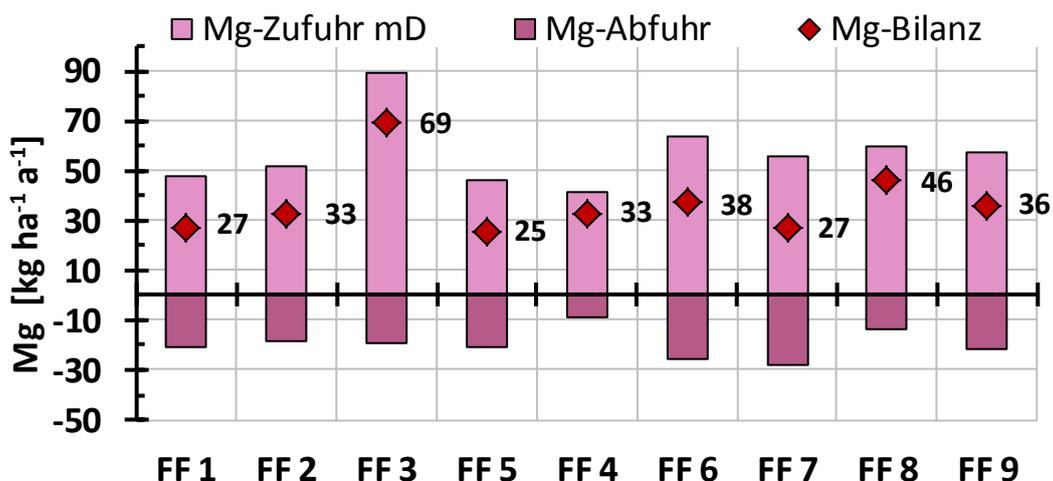


Abb. 3-21: Mg-Zufuhr, Mg-Abfuhr und Mg-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.

Beim Nährstoff Mg verläuft die **Mg-Bilanz** mit einer Ausnahme ganz entsprechend der Mg-Zufuhr. Nur bei der Getreide-Körnerraps-FF 4 geht die geringste Mg-Zufuhr mit einer Mg-Bilanz

einher, die teils über den Fruchtfolgen mit höherer Mg-Düngung liegt. Grund ist die sehr geringe Mg-Abfuhr in dieser Fruchtfolge. Auch die Körnermais FF 8 weist eine vergleichsweise geringe Mg-Abfuhr auf.

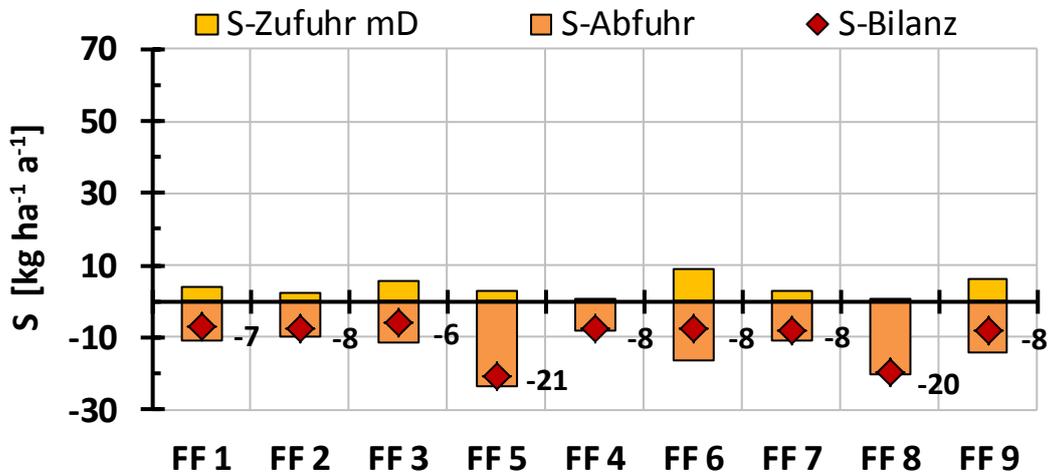


Abb. 3-22: S-Zufuhr, S-Abfuhr und S-Bilanz der EVA-II-Fruchtfolgen ohne W.Weizen.

Abb. 3-22 (oben) zeigt für alle FF geringe S-Zufuhren. Die S-Abfuhren überschreiten diese Zufuhren deutlich, besonders deutlich bei der Luzernegras-FF 5 und der Körnermais-FF 8 ((-)21 bzw. (-)20 S kg/ha), gefolgt von FF 6, die ein Körnerraps-FF-Glied beinhaltet. Entsprechend fallen alle **S-Bilanzen** leicht negativ aus.

3.6.1.3 Diskussion Makronährstoffe

Ursache der etwas höheren Überbilanz von (+)43 N kg/ha in FF 9 sind im Wesentlichen eine unerwartet geringe N-Abfuhr bei Zuckerhirse trotz guter Erträge in der 3. und 4. Anlage; außerdem der geringe Maisertrag in der 4. Anlage im Jahr 2012. Dieser blieb deutlich unter dem Durchschnittsertrag, ohne dass Bewirtschaftungsaufzeichnungen oder Witterung dafür Gründe liefern. Zuckerhirse weist bei Ganzpflanzennutzung oftmals eine vergleichsweise hohe N-Überbilanz auf. Evtl. ein Hinweis auf einen geringeren N-Bedarf als bisher veranschlagt und auf eine gute N-Nutzungseffizienz.

Der mittlere Ansatz für die N-Bindung der Luzernegras-Jahre in FF 5 beträgt in EVA II ca. 220 N kg/ha*a; die N-Abfuhr auf Basis der Ertragsermittlung und der N-Analyse liegt bei ca. 400 N kg/ha*a (Tab. 6-15, S. 111). Eine vergleichsweise geringe positive N-Bilanz im Fruchtfolgeglied S.Gerste verhindert nicht, dass die Bilanz im Mittel der drei Biogasjahre stark negativ ausfällt. Jedoch ist eine N-Zehrung am Humusvorrat durch Humusabbau oder ein Humusumbau in Richtung eines höheren C/N-Verhältnisses während des Luzernegrasanbaus nicht anzunehmen. Im Gegenteil sprechen die durchschnittlich etwas höheren Erträge, RP-Gehalte und N-Entzüge, d. h. die tendenziell bessere N-Versorgung des nachfolgenden W.Weizens (siehe Abb. 3-14, S 47) für eine bessere N-Versorgung. Wenn die Ertragsermittlungen und N-Analysen 400 N kg/ha*a an abgefahrenem N ergeben, ist mit mindestens weiteren 100 N kg/ha*a in der Wurzelmasse zu rechnen. Daraus ergäbe sich eine N-Menge in der Biomasse von mindestens 500 N kg/ha*a ohne Zufuhr von N-Mineraldünger. Eine höhere N-Bindungsleistung müsste entsprechend in die ökonomische Bewertung des Luzernegrasanbaus einfließen. Die bisherigen ökonomischen Berechnungen gehen von einer Stickstofffixierungsleistung 55 % der abgefahrenen N-Menge bei Luzernegras aus. (Toews & Kuhlmann-2009 in Aurbacher et al.-2013). Nur die N-Überbilanz (+)79 N kg/ha*a von FF 8 übersteigt in EVA II den laut Düngeverordnung maximal zulässigen betrieblichen N-Überschuss

von 60 N kg/ha*a (*DüV-2007*). Die hohe Überbilanz in der Körnermais-FF 8 ist zum einen in der N-Überbilanz des Fruchtfolgeglieds Körnermais in der 3. und 4. Anlage begründet, zum anderen führte in der 4. Anlage Wildschaden im ersten Fruchtfolgeglied Mais zum totalen Ernteaussfall. Einer Düngung von 200 N kg/ha steht bei der Bilanzierung null Abfuhr gegenüber. Mit einer durchschnittlichen N-Abfuhr im Jahr des Ernteaussfalls von 200 N kg/ha sinkt die Überbilanz von (+)79 (siehe Tab. 6-15, S. 111) auf (+)46 N kg/ha.

Die N-Abfuhr je FF ist in EVA I oftmals höher als in EVA II. Dies führt häufig zu geringeren N-Bilanzen in den EVA-I-Fruchtfolgen. Die Ganzpflanzen-N-Gehalte sind in EVA I sämtlich etwas höher als in EVA II, dies trifft auch für die anderen Hauptnährstoffe P, K, Mg und S zu.

Alle Fruchtfolgen sind reichlich mit phosphorversorgt. Die geringere P-Abfuhr der FF 4 ist Folge des geringen Ertragsniveaus dieser FF. Ein höheres P-Düngungsniveau in der 4. Anlage im Vergleich mit der 3. Anlage (Tab. 6-16, S. 114) ist als Reaktion auf die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen zu sehen (Tab. 6-13, S. 108): Die Parzellen der 3. Anlage liegen sämtlich in der P-Versorgungsstufe D, diejenigen der 4. Anlage mit Ausnahme von FF 1 in P-Versorgungsstufe C. (Diese Angaben betreffen die 1. und 2. Anlage am Versuchsende; 3. bzw. 4. Anlage folgen 1. und 2. Anlage an gleicher Stelle nach.)

Bei der P-Abfuhr in FF 8, die geringer als bei den meisten anderen FF ausfällt, wirkt sich wieder der Ernteaussfall des Maises im Jahr 2010 in der 4. Anlage aus; außerdem der geringe Maisertrag im Jahr 2012 in dieser Anlage. Außerdem beinhaltet diese FF 8 das Fruchtfolgeglied Körnermais mit relativ geringer P-Abfuhr. Bei einer durchschnittlichen P-Abfuhr von 40 P kg/ha im Jahr des Ernteaussfalls sinkt die P-Bilanz von 26 auf 19 P kg/ha.

Die bez. Phosphor genannten Gründe für eine geringe P-Abfuhr in FF 8 gelten auch für Kalium (Ernteaussfall Mais 2010, Fruchtfolgeglied Körnermais 2011, geringer Maisertrag 2012 in der 4. Anlage). Dies erklärt die höchste K-Überbilanz aller FF in dieser FF 8 ((+)134 K kg/ha*a \pm (+)161 K₂O kg/ha*a). Mit einer durchschnittlichen K-Abfuhr im Jahr des Ernteaussfalls gerechnet sinkt die K-Bilanz von (+)134 K kg/ha auf (+)94 K kg/ha.

Trotz negativer Kaliumbilanz in der Luzernegras-FF ist dort von einer ausreichenden Kaliumversorgung auszugehen. Gräser zeigen oftmals eine Kaliumaufnahme, die über den Bedarf für einen maximalen Ertrag hinausgeht. Das Kaliumaneignungsvermögen von Luzerne ist ebenfalls stark ausgeprägt. Die K-Unterbilanzen in FF 6 und FF 7 sind Folge einer starken Unterbilanz dieser FF in der 3. Anlage durch geringe K-Düngung bei einer annähernd ausgeglichenen Bilanz in der 4. Anlage. (Tab. 6-17, S. 117).

Wegen Kalkung mit einem Mg-haltigen Düngemittel (Optiflor) in der 4. Anlage im Jahr 2011 errechnet sich für EVA II im Mittel der 3. und 4. Anlage eine deutliche Mg-Überbilanz. In der 3. Anlage ist die Mg-Bilanz ausgeglichen (Tab. 6-18, S. 120). Die Kalkung erfolgte als Reaktion auf eine Bodenuntersuchung im Jahre 2009 in der 2. Anlage, die dort für alle FF die pH-Wert-Stufe B ausweist (Tab. 6-13, S. 108). Die 4. Anlage befindet sich auf den Flächen der vorausgegangenen 2. Anlage.

Die S-Zufuhr in Abb. 3-22, S. 64 rührt von Düngungen mit S-haltigen PK-Düngern im Jahr 2012 in der 4. Anlage her. S-Düngungen und S-Bilanzen im Einzelnen enthält Tab. 6-19, S. 123. Für FF 8 weist Tab. 6-19, S. 123 in der 3. Anlage eine hohe S-Abfuhr über Mais-Ganzpflanze aus (1. FF-Glied 2009). Dem liegen hohe S-Gehalte von ca. 0,5 % in der TM in drei von vier Ernteproben zugrunde, die sich nicht mehr überprüfen lassen. Ein vergleichsweise hoher S-Gehalt im Luzernegrasaufwuchs erklärt die relativ hohe S-Abfuhr in der Luzernegras FF 5. In der FF 6 ist es die Abfuhr über das FF-Glied Winterraps (Ganzpflanze) (siehe auch Tab. 3-15, S. 61), die eine höhere mittlere S-Abfuhr verursacht.

3.6.2 Humusbilanzierung

3.6.2.1 Humusbilanzen Einleitung

Etwa 80 t Humus je Hektar errechnen sich für eine 30 cm dicke Bodenschicht, wenn der Humusgehalt 2 % beträgt. Der Anteil des Kohlenstoffs (C) liegt bei knapp 60 %. Gut gerundet ergeben sich im gewählten Beispiel 50 t/ha an Humus-C. Weist die Bodenuntersuchung ein Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C/N) von 10/1 auf, dann ergibt dies einen N-Vorrat von 5000 N kg/ha. Je nach Witterung, Boden- und Geländeverhältnissen, je nach Bodenbearbeitung und Kulturpflanze können Mikroorganismen aus dieser N-Reserve 1 % bis über 3 % Stickstoff freisetzen.

Die schwärzlichen kohlenstoffreichen Humusverbindungen färben den Boden dunkler. Dies verstärkt die Lichtaufnahme und in Folge die Bodenerwärmung. Die komplexen Humusmoleküle verbunden mit belebtem und mineralischem Bodenmaterial eignen sich als Wasserspeicher. Dabei bindet der Humus das Wasser nicht zu fest, sodass Pflanzenwurzeln dieses Wasser gut aufnehmen können. Die Zusammensetzung, Struktur und elektrische Ladung der Humusmoleküle machen Humus zur Nährstoffquelle nicht nur hinsichtlich Stickstoffs. Darüber hinaus fördert Humus auch als Energiequelle das Wachstum von Mikroorganismen des Bodens. Die Ausscheidungsprodukte dieser Organismen wiederum zeigen vielfältigste positive Boden- und Pflanzenwirkungen. So trägt Pflanzenmaterial auf seinen vielfältigen Abbauwegen bis zum Dauerhumus zur geschätzten Krümelstruktur von Böden bei, die man im Begriff „Lebendverbauung“ zu charakterisieren sucht. Eine herausragende Bedeutung haben dabei auch die Boden-Makroorganismen, denen Pflanzenmaterial auf den verschiedenen Zersetzungsstufen als Nahrungsquelle dient und die dabei selbst den Humifizierungsprozess fördern. Wasser dringt bei entsprechend geschaffener Struktur rasch und tief in den Boden ein, anstatt oberflächlich verloren zu gehen und schädlich Boden samt Nährstoffen abzutragen. Der gute Austausch von Boden- und Umgebungsluft als weitere indirekte Humuswirkung fördert die Lebendigkeit des Bodens und seine Eignung als Wurzelraum. Die Humusbilanzierung soll Hinweise auf Humuswirkungen von Fruchtfolgen liefern, um im Zuge der Landbewirtschaftung positive Humuswirkungen erhalten und fördern zu können.

3.6.2.2 Humusbilanzen Ergebnisse

Humusbilanz (1) (siehe auch Kap. 2.2.6 Humusbilanzierung, S. 17)

Die Humusbilanz (1) errechnet sich aus:

Humus-C Kultur (unterer Wert) + C aus Gründüngung, Stroh, Rübenblatt.

Eine etwaige Gärrestdüngung bleibt unberücksichtigt.

Für diese Berechnungsweise gibt Tab. 3-16, S. 68 Auskunft über die Humusbilanzen einzelner Fruchtfolgeglieder und die Gesamtbilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9.

Abb. 3-23, S. 69 zeigt die Humusbilanzen der Fruchtfolgeglieder in EVA II als Mittel der 3. und 4. Anlage grafisch. Die jährliche Humusbilanz jeder Fruchtfolge, die sich daraus ergibt, ist dort mit einem weißen Dreieck markiert. Deutlich heben sich die FF 4 und 5 durch gering negative oder positive Humusbilanz von den übrigen sieben FF ab. Nur die FF 4 (-64 kg Humus C/ha*a) weist eine Humusbilanz innerhalb des tolerierbaren Bereichs von (-)200 bis (+)300 kg Humus C/ha*a auf (VDLUF A-2004). In FF 4 leisten W.Raps- und W.Weizenanbau durch Strohrückstände einen positiven Beitrag zur Humusbilanz. Die Bilanz der anderen beiden FF-Glieder Hafer und Triticale ist nicht stark negativ. Damit fällt die Gesamtbilanz von FF 4 nur schwach negativ aus ((-)64 kg Humus-C/ha*a). FF 5 erzielt eine hohe jährliche Humusbilanz von 315 kg Humus-C/ha hauptsächlich durch zweijährigen Luzernegrasanbau in der vierjährigen Fruchtfolge. Für FF 8 ist keine Humusbilanz in der 4. Anlage möglich, weil das erste Fruchtfolgeglied durch Wild Schaden nahm. Somit fehlt für FF 8 das Humusbilanzmittel über die beiden Anlagen. In der 3. Anlage Abb. 6-16, S. 131 (Teilabb. oben) erreicht FF 8 mit (-)198 gerade den o. g. Toleranzbereich. Außer W.Weizenstroh

liefert in dieser Fruchtfolge auch Maisstroh einen positiven Beitrag zur Humusbilanz. Dieses Körnermaisstroh in FF 8 mindert deutlich die stark negative Humusbilanz durch dreimaligen Maisanbau. Die anderen Regionalfruchtfolgen 6, 7 und 9 liefern die negativsten jährlichen Humusbilanzen aller FF mit (-)369, (-)342 und (-)380 kg Humus-C/ha*a. In Fruchtfolge 9 schlagen zweimal Mais und einmal Zuckerhirse stark negativ zu Buche, in FF 6 sind es Zuckerrübe und Sudangras. Der positive Strohbeitrag zur Humusbilanz fällt – wie bei allen Fruchtfolgen – vergleichsweise gering aus. In den Fruchtfolgen 1 bis 3 liefern außer W.Weizenstroh die Phacelia-Gründüngung (FF 1), das Triticalestroh (FF 2) und die Weidelgras-Gründüngung (FF 3) 198, 59 bzw. 100 kg Humus-C/ha*a für die jeweilige Fruchtfolge.

Humusbilanz (2)

Die Bilanz in Humus-C kg/ha nach der 2. Berechnungsweise errechnet sich aus:

Humus-C-Kultur (oberer Wert) + C aus Gründüngung, Stroh, Rübenblatt.

Kommen für die Humusbilanzierung die „oberen Werte“ zum Ansatz, dann ergibt sich für die humuszehrenden Früchte eine größere Humuszehrung, für die humusmehrenden Früchte dagegen eine größere Humusmehrung. In Fruchtfolgen, in denen stark humuszehrende Früchte überwiegen, führt der Bilanzansatz mit den „oberen Werten“ deshalb zu einer erheblich negativeren Humusbilanz als der Ansatz mit den „unteren Werten“ (Humusbilanz (1)). Die jährliche Humusbilanz nimmt für die Fruchtfolgen 1 bis 3 und 6, 7, 9 um 155 bis 200 kg Humus-C/ha*a ab, wenn die „oberen Werte“ zugrunde liegen. Bei der Getreide-Raps-FF4 sind es lediglich 120 kg Humus-C/ha*a weniger. Luzernegras-FF 5 verzeichnet ein Plus von 65 kg Humus-C/ha*a. Der positive Beitrag der Strohdüngung beim Fruchtfolgeglied W.Weizen überwiegt die Humuszehrung des Weizens, wenn der Bilanzierung die „unteren Werte“ zugrunde liegen (siehe Humusbilanz (1) oben). Liegen die „oberen Werte“ zugrunde, zehrt dies den positiven Strohbeitrag auf. Zahlenwerte und Abbildung zur Humusbilanz (2) befinden sich im Anhang (Tab. 6-26, S. 134 und Abb. 6-18, S. 134; Mittel aus 3. und 4. Anlage).

Eine weitere Humusbilanzierung entspricht der Humusbilanz (1) nach *VDLUFA-2004* mit den „unteren Werten“ je Kulturart, berücksichtigt aber zusätzlich die volle Gärrestrückführung:

Humusbilanz (3) (Tab. 3-17, S. 69 und Abb. 3-24, S. 70)

Die Bilanz in Humus-C kg/ha nach der 3. Berechnungsweise errechnet sich aus:

3. Humus-C-Kultur (unterer Wert) + C aus Gründgg., Stroh, Rübenbl. + voller Gärrestrückführung.

Auf Basis der „unteren Werte“ bilanziert, erhöht die theoretische volle Gärrestrückführung die Humusbilanz (1) je nach Fruchtfolge um 140 bis 460 kg Humus-C/ha*a; über 400 kg Humus-C/ha*a bei den ertragsstärksten Fruchtfolgen 6, 7 und 9 (460, 440 bzw. 430 kg Humus-C/ha*a), zwischen 280 und 370 kg Humus-C/ha*a bei den FF 1, 2, 3 und 5 (370, 280, 330 bzw. 370 kg Humus-C/ha*a). In FF 4 erhöht die volle Gärrestrückführung die Humusbilanz (1) lediglich um 140 kg Humus-C/ha*a. Damit verliert die FF 4 ihre Sonderstellung bei Humusbilanz (1), wo sie als einzige FF im Toleranzbereich (-200 bis 300) nach *VDLUFA-2004* zu liegen kam. Mit voller Gärrestrückführung erzielen alle Fruchtfolgen positive Humusbilanzen zwischen 50 und 100 kg Humus-C/ha. Einzige Ausnahme bildet die Luzernegras-FF 5 mit einem starken Humusplus von knapp 700 kg Humus-C/ha*a.

Humusbilanz (4) (Tab. 3-18, S. 70 und Abb. 3-25, S. 71)

Die Bilanz in Humus-C kg/ha nach der 4. Berechnungsweise errechnet sich aus:

Humus-C-Kultur (oberer Wert) + C aus Gründgg., Stroh, Rübenblatt + volle Gärrestrückführung.

Kommen bei voller Gärrestrückführung die „oberen Werte“ nach *VDLUFA-2004* zum Ansatz (Humusbilanz (4)), macht dies die Bilanzen aller Fruchtfolgen (Ausnahme FF 5) wieder negativ. Die

Werte zwischen (-)120 und (-)80 liegen jedoch noch gut im o. g. Toleranzbereich von (-)200 bis 300 Humus-C kg/ha*a. FF 5 erzielt bei Humusbilanz (4) (+)750 kg Humus-C/ha*a.

Die Humusgehalte des Bodens liegen in den Parzellen der Fruchtfolgen 1 bis 9 in der 1. bis 4. Anlage zwischen 1,4 und 1,9 % (Tab. 6-4, S.96).

(Werte im Text oben immer gerundet.)

Tab. 3-16: Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2013	
1*	W-Gerste -180	Sudangras -420	Mais -560		W-Triticale -280	Phacelia 198	WW 140	-276
2	Sudangras -420		Grünrog. -80	Mais -560	W-Triticale 59	Kornntzg.	WW 118	-221
3	Mais -560		Grünrog. -80	Sudangras -420	W-Triticale -280	Einj.Weidelg. 100	WW 119	-280
5	S-Gerste -280	Luz./Kleegr. 200	Luz./Kleegr. 600		Luz./Kleegr. 600		WW 142	315
4	Hafer-SoMi -280		W-Triticale -280		W-Raps 91	Kornntzg.	WW 214	-64
6*	Zuckerhirse -420		W-Gerste -80	Sudangras -420	W-Raps -80	Mais -560	WW 83	-369
7*	Sonnenblume -280		W-Triticale -80	Zuckerhirse -420	Zuckerrüben -666		WW 79	-342
8	Mais (x)		Grünrog. -80	Mais (x) 374	Mais -560		WW 148	(x)
9*	Mais -560		Grünrog. -80	Zuckerhirse -420	Mais -560		WW 100	-380

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden, siehe Werte je Anlage im Anhang

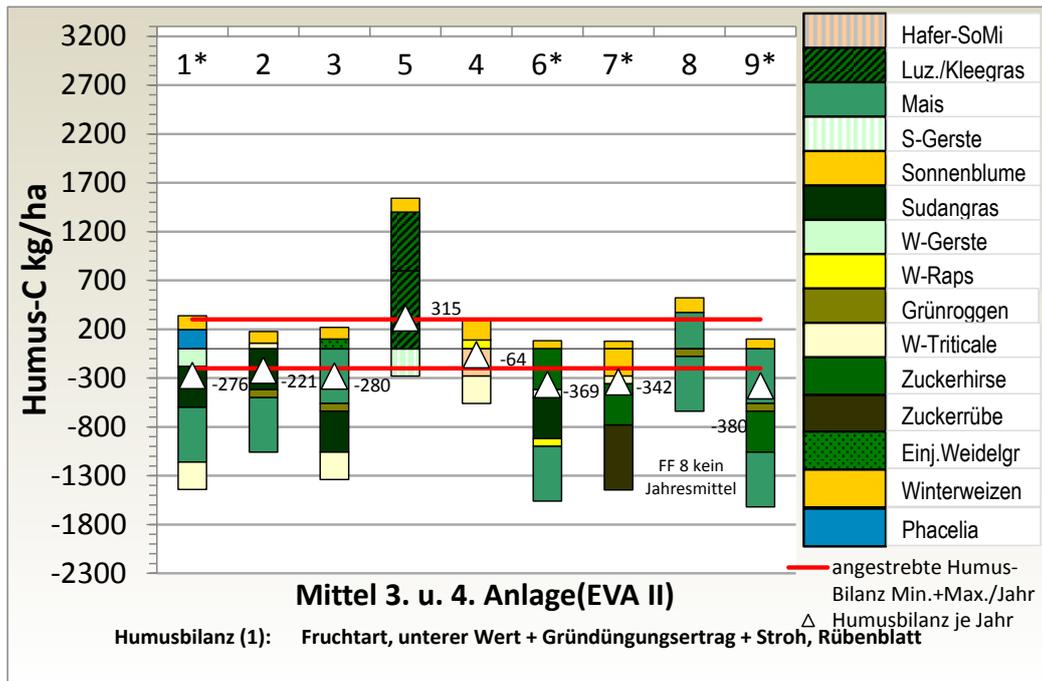


Abb. 3-23: Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)
 Ursprung siehe Anmerkung S. Fehler! Textmarke nicht definiert.

Tab. 3-17: Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)
 Ursprung siehe Anmerkung S. Fehler! Textmarke nicht definiert.

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2013	
1*	W-Gerste 96	Sudangras 16	Mais 1		W-Triticale -69	Phacelia 198	WW 140	95
2	Sudangras 124		Grünrog. 51	Mais -124	W-Triticale 59	<i>Kornntzg.</i>	WW 118	57
3	Mais -97		Grünrog. 71	Sudangras -60	W-Triticale -87	Einj.Weidelg. 257	WW 119	51
5	S-Gerste -42	Luz./Kleegr. 255	Luz./Kleegr. 1199		Luz./Kleegr. 1200		WW 142	688
4	Hafer-SoMi 35		W-Triticale -32		W-Raps 91	<i>Kornntzg.</i>	WW 214	77
6*	Zuckerhirse 265		W-Gerste 55	Sudangras -4	W-Raps 71	Mais -120	WW 83	88
7*	Sonnenblume 358		W-Triticale 47	Zuckerhirse 155	Zuckerrüben -247		WW 79	98
8	Mais (x)		Grünrog. 62	Mais (x) 374	Mais -101		WW 148	(x)
9*	Mais 22		Grünrog. 90	Zuckerhirse 70	Mais -64		WW 100	54

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden, siehe Werte je Anlage im Anhang

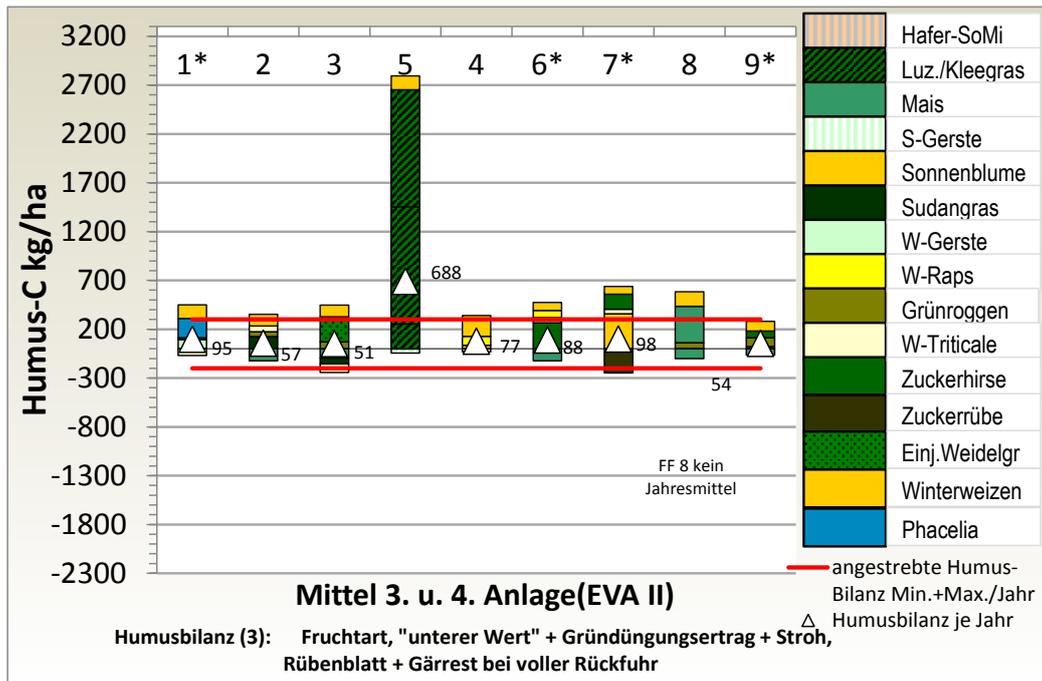


Abb. 3-24: Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)
 Ursprung siehe Anmerkung S. Fehler! Textmarke nicht definiert.

Tab. 3-18: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)
 Ursprung siehe Anmerkung S. Fehler! Textmarke nicht definiert.

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2013	
1*	W-Gerste 16	Sudangras -164	Mais -239		W-Triticale -189	Phacelia 238	WW 20	-80
2	Sudangras -56		Grünrog. 11	Mais -364	W-Triticale -61	Kornntzg.	WW -2	-118
3	Mais -337		Grünrog. 31	Sudangras -240	W-Triticale -207	Einj.Weidelg. 307	WW -1	-112
5	S-Gerste -162	Luz./Klee gr. 355	Luz./Klee gr. 1399		Luz./Klee gr. 1400		WW 22	753
4	Hafer-SoMi -85		W-Triticale -152		W-Raps -29	Kornntzg.	WW 94	-43
6*	Zuckerhirse 85		W-Gerste 15	Sudangras -184	W-Raps 31	Mais -360	WW -37	-112
7*	Sonnenblume 238		W-Triticale 7	Zuckerhirse 175	Zuckerrüben -787		WW -41	-102
8	Mais (x)		Grünrog. 22	Mais (x) 134	Mais -341		WW 28	(x)
9*	Mais -218		Grünrog. 50	Zuckerhirse 90	Mais -304		WW -20	-101

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden, siehe Werte je Anlage im Anhang

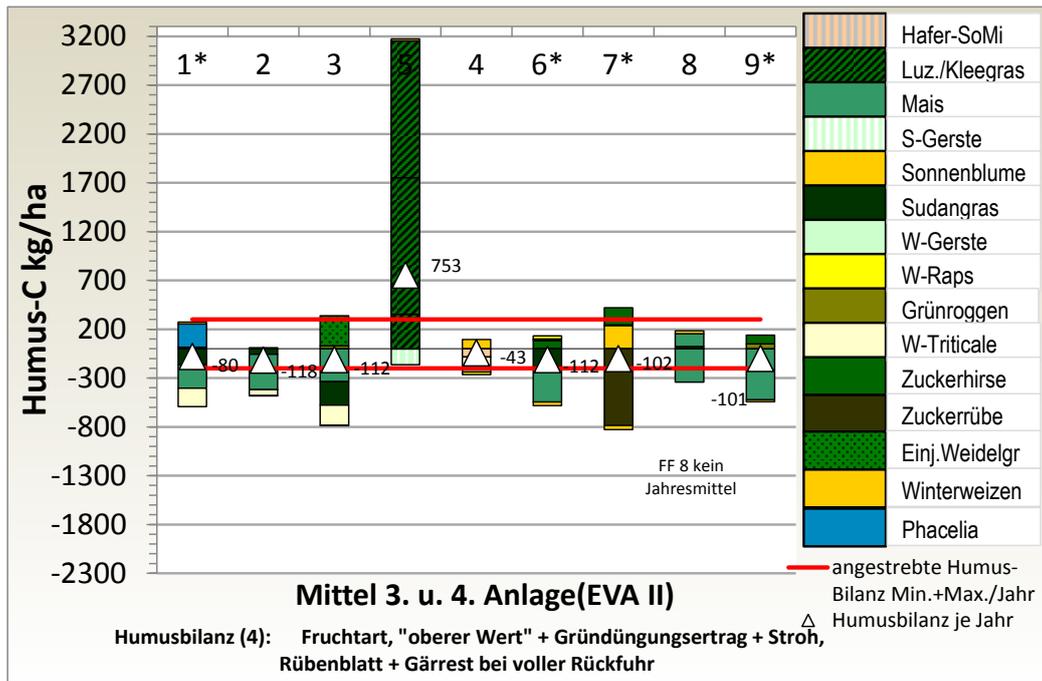


Abb. 3-25: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)
 Ursprung siehe Anmerkung S. Fehler! Textmarke nicht definiert.

3.6.2.3 Mittlere Humusbilanzen von Biogaskulturen bei Gärrestrückführung

Abb. 3-26, S. 72 und Tab. 3-19, S. 72 zeigen die mittleren Humusbilanzen für die Kulturarten in EVA I und II. Zugrunde liegen die „unteren Werte“ nach VDLUFA-2004 und eine 100-%-Rückführung der Gärreste der jeweiligen Kultur. Zwar wird eine 100-%-Rückführung wie im Kap. 3.6.2.2, S. 72 erwähnt meist nicht praktikabel sein, dennoch ergeben sich Anhaltspunkte, wie die einzelnen Kulturen und Zweifruchtnutzungen hinsichtlich ihrer Humuswirkung bei Gärrestrückführung einzuschätzen sind. Zwischen (-)75 und 0 Humus-C kg/ha*a ordnen sich die Hauptfrüchte Mais, Hafer und Wintertriticale sowie die Zweifruchtnutzung Winterroggen plus Mais und Sudangras nach Winterroggen ein. Im Bereich von 0 bis (+)80 Humus-C kg/ha*a befinden sich sämtliche Wintergetreidearten angebaut vor den C4-Pflanzen bei Zweikulturnutzung, und die Sorghumhirsen angebaut nach diesen Winterungen. Die Zweifruchtnutzungen aus den erwähnten Wintergetreidearten und Sorghumhirsen erreichen (+)80 bis (+)150 Humus-C kg/ha*a mit Ausnahme von Winterroggen plus Sudangras ((+)67 Humus-C kg/ha*a). Innerhalb dieser Bandbreite von (+)80 bis (+)150 liegen auch Sudangras Hauptfrucht und Winterraps angebaut vor Hafer. Knapp (+)200 bis über 300 Humus-C kg/ha*a ergeben die Berechnungen für Zuckerhirse Hauptfrucht ((+)191 Humus-C kg/ha*a), Luzerne im Ansaatjahr ((+)200 Humus-C kg/ha*a) und Weidelgras Sommerzwischenfrucht ((+)249 Humus-C kg/ha*a). Sonnenblume im Hauptfruchtanbau erzielt (+)334 Humus-C kg/ha*a. Etwa die dreifache Humus-C-Menge ergibt sich für die Luzernegrasjahre ((+)1093 bis (+)1261 Humus-C kg/ha*a).

Die Humusbilanz bei Gärrest-Rückführung ist das Ergebnis einerseits der kulturartspezifischen Humusbilanz (Tab. 2-2, S. 18) und andererseits der Ertragsleistung einer Kultur. Diese Ertragsleistung bestimmt zusammen mit der kultureigenen Biogasausbeute die Gärrest-C-Mengen. So liefert Biogasmals trotz hoher Erträge vergleichsweise geringe Gärrest-C-Mengen wegen hoher Gasausbeuten. Diese gehen mit hohen Abbauraten einher. Bei Sonnenblume fallen trotz vergleichsweise geringen Ertrags wegen geringer Biogasausbeute hohe Gärrest-C-Mengen an.

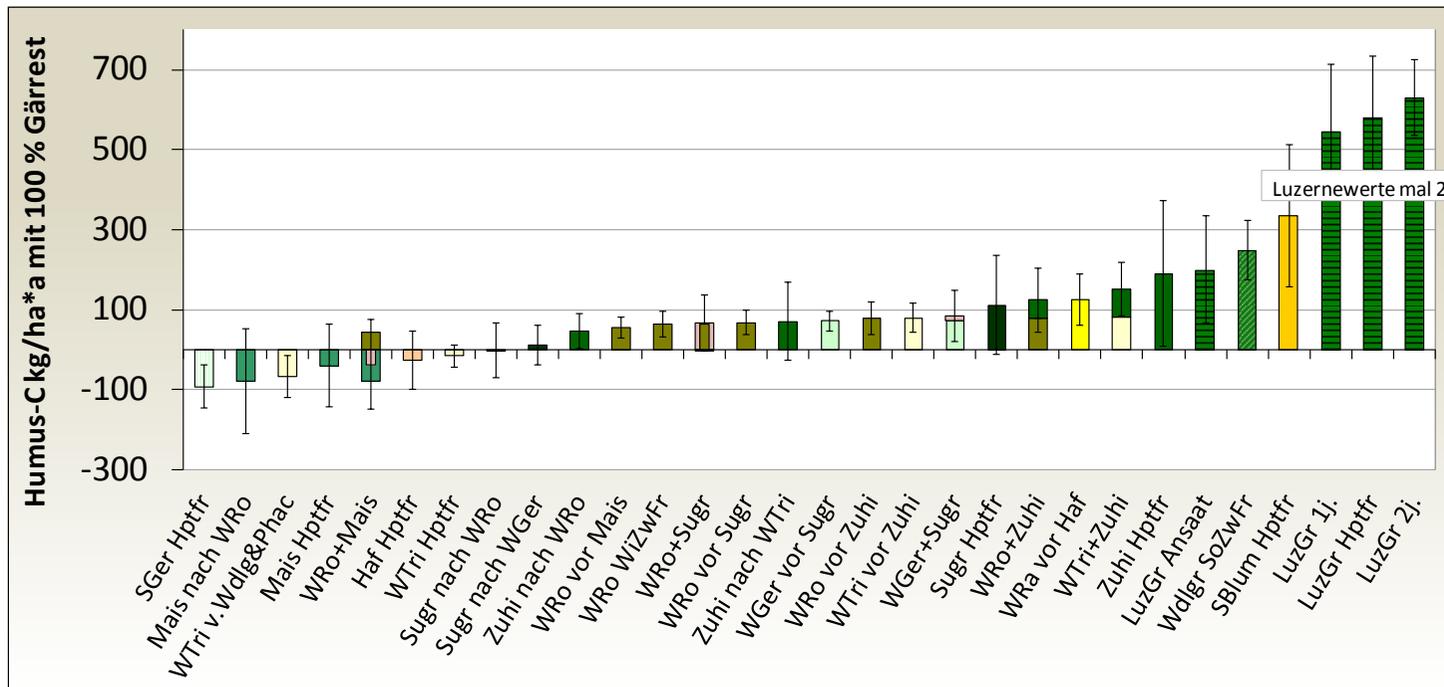


Abb. 3-26: Humusbilanz (3): Humus-C kg/ha*a mit 100 % Gärrest zurück für Kulturarten und Kulturartkombinationen Mittelwerte aus EVA I und EVA II mit Standardab.

Tab. 3-19: Humusbilanz (3): Humus-C kg/ha mit 100 % Gärrest zurück für Kulturarten und Kulturartkombinationen Mittelwerte aus EVA I und EVA II mit Standardab.

	SGer Hptfr	Mais nach WRo	WTri v. Wdlg&Phac	Mais Hptfr	WRo+Mais	Haf Hptfr	WTri Hptfr	Sugr nach WRo	Sugr nach WGer	Zuhi nach WRo	WRo vor Mais	WRo WZwFr	WRo+Sugr	WRo vor Sugr	Zuhi nach WTri	WGer vor Sugr	WRo vor Zuhi	WTri vor Zuhi	WGer+Sugr	Sugr Hptfr	WRo+Zuhi	WRa vor Haf	WTri+Zuhi	Zuhi Hptfr	LuzGr Ansaat	Wdlgr SoZwFr	SBlum Hptfr	LuzGr 1j.	LuzGr Hptfr	LuzGr 2j.
Humus-C kg/ha	-92	-80	-67	-40	-37	-27	-16	-2	12	46	55	64	66	67	72	72	78	80	84	111	125	126	152	191	200	249	334	1093	1161	1261
STABW	53	131	52	103	113	72	27	68	50	45	27	31	69	30	97	25	41	36	64	123	80	65	67	182	134	73	178	166	155	94
Jahresernten	8	4	5	23	4	4	4	4	6	4	8	16	4	4	5	6	4	5	6	4	4	4	5	4	4	4	4	4	8	4

hell = Hauptfrüchte

Eingerahmt: C4-Pflanzen in Zweitfruchtstellung mit Hauptfruchtcharakter

3.6.2.4 Diskussion Humusbilanzierung

Die landwirtschaftliche Forschung liefert und liefert eine Fülle von Erkenntnissen über die bedeutende Rolle der Humusversorgung für Boden- und Pflanzengesundheit. Die Landwirtschaft kennt, entwickelt und praktiziert von jeher Maßnahmen, um den Humus von Böden zu nutzen und teils auch zu mehren. Die Humusversorgung als Element nachhaltiger Bodenfruchtbarkeit ist inzwischen auch dem Gesetzgeber wichtig. Von dorther kommen entsprechende Vorgaben für die Landbewirtschaftung, die einseitigem Anbau humuszehrender Pflanzen entgegensteuern sollen. Denn viele Pflanzenarten, deren Bedarf für Betrieb und Absatzmarkt wie selbstverständlich die frühere Ackernutzung bereicherte, sind heute weniger, nicht mehr oder nur noch regional gefragt. Dazu zählen zu einem beträchtlichen Teil die humusmehrenden Ackerfutterpflanzen. Die gesetzlichen Vorgaben, mindestens die Aufrechterhaltung der Humusversorgung landwirtschaftlich genutzter Böden zu erzielen, benötigen Kriterien einer Humuswirtschaft. Als eine Methode zur Beurteilung der langfristigen Humusversorgung der Böden dient die Humusbilanzierung nach *VDLUFA-2004*. Dort sind Forschungsergebnisse aus zurückliegenden Jahrzehnten in Zahlen gefasst. Manche später entwickelten Produktionsweisen bildet diese Humusbilanzierung nicht hinreichend ab. So waren beispielsweise für die Humusbilanzierung von Biogasfruchtfolgen auf Basis des *VDLUFA*-Standpunkts neue Annahmen und Berechnungen erforderlich (*Willms et al.-2013*). Schon die *VDLUFA*-Autoren gaben zu bedenken, dass diese Bilanzierungsmethode der weiteren Absicherung für unterschiedliche Standortbedingungen, Klimaräume, Böden und Bewirtschaftungsweisen bedarf (*VDLUFA-2004*).

Dort, wo der Gesetzgeber die *VDLUFA*-Methode als Maßstab für die Humuswirkung der Landbewirtschaftung heranzieht, kommen die dort genannten „unteren Werte“ zum Ansatz. Bei humuszehrenden Pflanzenarten geben diese Werte eine geringere Humuszehrung an als die sogenannten „oberen Werte“. Welche der beiden Wertekategorien eher zutrifft, hängt von vielen Faktoren des Standorts und der Bewirtschaftung ab. Kap. 3.6.2.2, S. 66 stellt die Humusbilanz-Ergebnisse für EVA II mit den „unteren Werten“ als Humusbilanz (1) vor. Der Humuszehrung entgegen wirken bei dieser Bilanzierung nur die Erntereste wie Stroh und Rübenblatt oder Gründüngung. Wenn eine Fruchtfolge im Fruchtfolgeversuch aus hohen Anteilen sehr ertragsstarker Fruchtfolgeglieder besteht, sinkt die Humusbilanz dieser Fruchtfolge unter die Toleranzgrenze von (-)200 kg Humus-C/ha*a. Der Humusvorrat der Böden nähme demnach langfristig ab. Mit der sehr hohen Ertragsleistung von Kulturen oder Zweifruchtkombinationen geht deren lang währende Vegetationsdauer einher. Zeitspannen für den Anbau humusmehrender Pflanzen noch im Erntejahr sind somit kaum vorhanden. Anders gestalten sich die Bilanzverhältnisse, wenn die Gärreste dieser Pflanzen auf die Flächen zurückkommen. Wie die Humusbilanz (3) mit voller Gärrestrückführung zeigt, können die ertragsstarken Pflanzenarten entsprechend ihrer hohen Biomasseproduktion erhebliche Humusmengen zurückliefern. Dasselbe gilt für ertragsschwächere Pflanzenarten mit geringerer Biogasausbeute (z. B. Sonnenblume).

Oft ist eine 100%-Rückführung von Gärresten nicht möglich. Ein hoher Versorgungsgrad der Böden mit Phosphor und Kalium schließt dies beispielsweise aus. Die Gärrestgaben dürfen nicht zu einer Überversorgung mit diesen Nährstoffen führen und sind entsprechend zu reduzieren. Mais, als stark humuszehrend eingestuft, erhält vielfach eine P-Unterfußdüngung. Dies schränkt oftmals gerade dort, wo ein hoher Gärrestbedarf unter dem Aspekt Humusbilanz besteht, die Gärrestdüngung ein. Auch hat eine bedarfsgerechte Gärrestdüngung den N-Bedarf der Pflanzen und N-Nachlieferungspotenziale des Bodens vorrangig zu berücksichtigen. Sie kann erst in zweiter Linie einer ausgeglichenen Humusbilanz dienen.

Außer Gärrestdüngung beeinflusst eine weite Biogasfruchtfolge mit höheren Anteilen an Druschfrüchten die Humusbilanz positiv, sofern die Erntereste auf dem Feld verbleiben.

Eine überaus positive Humusbilanz weisen die Jahre mit Luzernegras auf. In den EVA I und II Fruchtfolgen dauert der Luzernegrasanbau je Fruchtfolgezyklus zwei Jahre. Denkbar ist auch ein einjähriger Anbau in jedem 7. Jahr, eingeleitet mit Untersaat und beendet mit Frühjahrsumbruch im übernächsten Jahr. Dadurch lässt sich eine annähernd 2-jährige Bodenruhe erreichen, die sich über zwei Winterhalbjahre erstreckt. Liefert dieser Luzernegrasanbau 1400 kg Humus-C/ha*a inklusiv Humus-C im Gärrest des Aufwuchses, dann stehen rechnerisch für jedes der 6 Jahre ohne Luzernegrasanbau ca. 230 kg Humus-C/ha zur Aufbesserung der Humusbilanz zur Verfügung. Ein entsprechender einjähriger Luzernegras- oder Grasanbau ließe sich mit der Bodenbedeckung über zwei Winterhalbjahre hinweg auch für den Grundwasser- und Erosionsschutz vorteilhaft gestalten. Handelte es sich um eine 7-jährige Fruchtfolge, entsprächen die beiden Winterhalbjahre vor und nach dem Luzerne-Hauptnutzungsjahr knapp 30 % der Winterhalbjahre dieser Fruchtfolge.

Für eine einzelbetriebliche oder schlagbezogene Humusbilanz darf eine Bilanzierung in der Regel nicht entweder mit den oberen oder unteren Werten nach *VDLUFA-2004* erfolgen. So können beispielsweise kulturartspezifische Bewirtschaftungsweisen oder wechselnde Bodenverhältnisse Anlass geben, je nach Kulturart oder Schlag untere und obere Werte innerhalb einer Fruchtfolgebilanzierung anzusetzen. Auch mittlere Werte sind denkbar. Umstellungen bei der Bodenbearbeitung können Anpassungen der Bewertungen erfordern. Bei extremen Verfahren wie beispielsweise Direktsaat sind die *VDLUFA*-Werte evtl. nicht anwendbar.

In vielen Fruchtfolgen kommen sowohl Kulturarten mit positiver als auch mit negativer Humusbilanz vor. Bei einer Humusbilanzierung mit den unteren Werten gehen humuszehrende Kulturen mit ihrer geringsten Humuszehrung in die Bilanz ein (= maximal positiv), humusmehrende Pflanzen mit ihrer geringsten Humusbildung (= maximal negativ). Wenn eine Fruchtfolge sowohl humuszehrende als auch humusmehrende Fruchtfolgeglieder enthält, lassen sich positivste und negativste Verhältnisse nicht darstellen, wenn eine Rechnung entweder nur mit den unteren oder nur mit den oberen Werten nach *VDLUFA-2004* erfolgt: Sind Klima, Boden und Bewirtschaftung für eine maximale Humusbilanz geeignet, dann müssten für humuszehrende Kulturen bei einer Humusbilanzierung nach *VDLUFA-2004* die unteren Werte einfließen, für humusmehrende Pflanzen jedoch die oberen Werte. Ist die Situation für die Humusbildung durchaus negativ, sind für eine Bilanzierung bei den humuszehrenden Kulturen in der Fruchtfolge die oberen Werte anzusetzen, bei den humusmehrenden Pflanzenarten jedoch die unteren Werte.

Biomasse, die auf dem Feld verbleibt, bietet während des Abbaus bis zum Stadium des Dauerhumus Makro- und Mikroorganismen Nahrung. Die Nahrungsmenge beträgt ein Vielfaches des schließlich übrig bleibenden Dauerhumus. Dauerhumus, ebenfalls noch im Um- und Abbau begriffen, hat *diese* Nahrungsbedeutung nicht mehr. Die sog. Lebendverbauung von Bodensubstanz mit Bildung stabiler Krümelgefüge sowie die Makro- und Mikrodurchporung des Bodens hängen entscheidend von Menge, Qualität und Verteilung pflanzlicher Biomasse als Nahrungsquelle für Bodenorganismen ab – mit allen Folgen für Infiltration, Durchlüftung, Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit usw.. Diese Vorgeschichte der bilanzierten Humusmengen kann eine reine Humusbilanzierung nicht berücksichtigen, begründet aber einen wesentlichen Wertunterschied zwischen der Pflanzenmasse, die im Boden verrottet und einer Pflanzenmasse, die ihren Zersetzungsprozess andernorts durchläuft und erst danach wieder auf die Fläche zurückkommt.

3.6.3 Abiotische Indikatoren

Die Werte der abiotischen Indikatoren lieferte das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Müncheberg (siehe auch Kap. 2.2.7, S. 19 und Kap. 2.2.8, S. 20). Eine tabellarische Zusammenfassung ist auf Seite 84 zu finden.

3.6.3.1 Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz

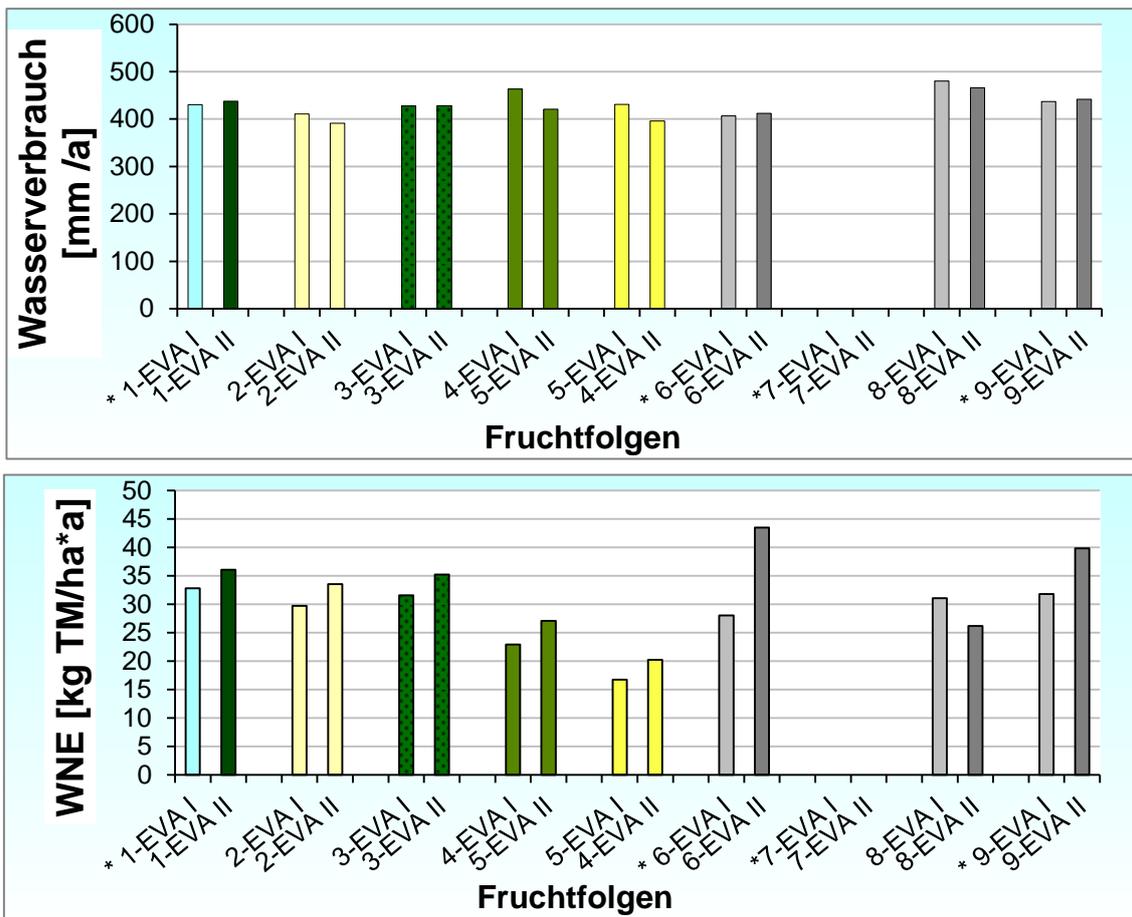


Abb. 3-27: Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz (WNE); FF 1 bis 9 (ohne FF 7), EVA I und EVA II.

* FF in EVA I und II z.T. verschieden.

Der Wasserverbrauch während der Vegetationszeit der Fruchtfolgeglieder beträgt für die berechneten acht FF im Mittel von EVA I und EVA II 430 mm/a. Die FF 8/EVA I mit dem höchsten Wasserverbrauch liegt 50 mm darüber, FF 2/EVA II mit dem geringsten Wasserverbrauch 40 mm darunter. Damit beläuft sich der mittlere modellierte Wasserverbrauch grob auf $430 \text{ mm/a} \pm 10\%$ für die berechneten acht FF in EVA I und II. Für Modellierungen der FF 7 mit Sonnenblume waren die Programmparameter nicht verfügbar. Der Unterschied im Wasserverbrauch während der Vegetationszeit zwischen EVA I und EVA II ist gering (436 bzw. 424 mm/a).

Deutlich stärker als der Wasserverbrauch schwankt die Wassernutzungseffizienz (WNE) in $\text{kg TM/ha} \cdot \text{mm}$; sowohl zwischen EVA I und EVA II, als auch insbesondere zwischen den FF. Der gesamte Mittelwert beträgt $30 \text{ kg TM/ha} \cdot \text{mm}$, der Mittelwert für EVA I $28 \text{ kg TM/ha} \cdot \text{mm}$ und für

EVA II 32 kg TM/ha*a. Die WNE liegt mit Ausnahme der FF 8 bei allen berechneten FF in EVA II höher, bei FF 9 deutlicher als bei den FF 1 bis 5 und besonders deutlich bei FF 6. Die WNE dieser FF 6 erreicht in EVA II das höchste Niveau aller FF mit 43 kg TM/ha*a. Eine deutlich geringere WNE als bei den übrigen FF liegt bei der Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) und bei der Getreide-Rapskorn-FF 5 (4 in EVA II) vor. Am Ende bez. WNE steht FF 5/EVA I mit 17 kg TM/ha*a. Damit beträgt die FF-Schwankungsbreite der WNE bei einem Mittelwert von ca. 30 kg TM/ha*a \pm 40 %.

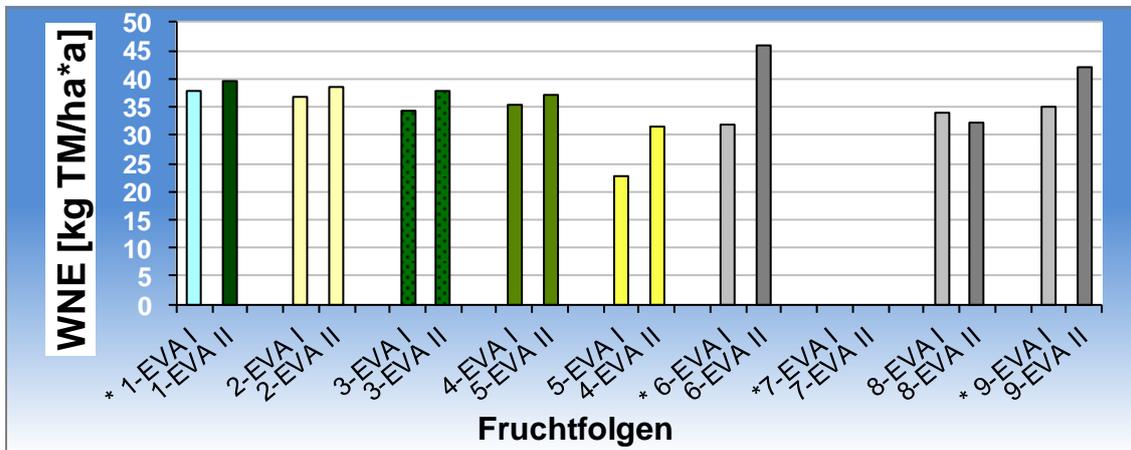


Abb. 3-28: Wassernutzungseffizienz (WNE); FF 1 bis 9 (ohne FF 7), EVA I und EVA II; mit Berücksichtigung von Wurzel-TM bei Luzernegras.

* FF in EVA I und II z.T. verschieden.

Abb. 3-28 (oben) enthält eine alternative Wassernutzungseffizienz, welche auch die Wurzeltrockenmasse zu berücksichtigen versucht. Im vorliegenden Fruchtfolgeversuch gibt es nur bei Luzernegras einen beträchtlichen „Überschuss“ an Wurzel-TM, aus dem sich eine positive Humusbilanz ableitet. Die Berücksichtigung der Gesamt-TM-Leistung von Kulturen kann die Werte von abiotischen Indikatoren und damit die Bewertung der Kulturen verändern und verbessern. Um anstatt zu einer alternativen Bewertung zu kommen, ist für die Wurzel-TM des Luzernegrasanbaus, aus der die Humusbilanz (1) von (+) 600 kg Humus-C/ha*a entsteht, die 10-fache Menge an Wurzel-TM angesetzt. Damit stammten diese 600 kg Humus-C von 60 dt Wurzel-TM/ha*a. Der C-Gehalt des Luzernegras-Aufwuchses beträgt im Mittel von EVA II 45 %. Einen gleichen C-Gehalt in der Wurzelmasse vorausgesetzt, beinhalten die 60 dt Wurzel-TM knapp 30 dt C. Aus 3000 kg Wurzel-C/ha*a entstünden demnach 1/5 (=600 kg/ha*a) Humus-C gebunden im Dauerhumus. (Nach VDLUFA-2004 liefert 1 t Stroh 100 kg Humus-C. Bei 14 % Feuchtigkeit errechnen sich 860 kg Trockenmasse. Dies entspricht bei 45 % C einer C-Menge von knapp 400 kg. Damit steht ca. ¼ der Ausgangs-C-Menge des Strohs für die Humusbilanz zur Verfügung.)

Bei o. g. Berechnung für die Luzernegrasjahre der FF 4 (5 in EVA II) erhöht sich die jährliche TM-Leistung der FF in EVA I um 2,9 t/ha*a, in EVA II um 3,5 t/ha*a. Mit dieser höheren TM-Leistung ist die Wassernutzungseffizienz in Abb. 3-28 (oben) gerechnet.

Weil bei den hier behandelten FF-Versuchen von geringer Bedeutung, bleibt die Wurzelleistung der Zwischenfrüchte unberücksichtigt. Ergäbe sich bei einer Humusbilanzierung trotz Zufuhr von Ernterückständen und Gärresten eine negative Bilanz, dann muss dieser Humus-C auf die Syntheseleistung anderer Pflanzen zurückgehen. Diese TM wäre von der TM-Leistung der betrachteten Kultur oder FF abzuziehen, um dann auf Basis einer Netto-TM-Leistung THG-Emissionen, Energieaufwand oder Wassernutzungseffizienz zu beurteilen. Im vorliegenden Fall ergibt die Humusbilanzierung (3) (mit 100 % Gärrestrückführung) nur in einem Falle einen gering negativen Betrag. Ein Abzug von der oberirdischen TM-Leistung einzelner FF für die alternative Effizienzbeurteilung war daher nicht erforderlich.

3.6.3.2 Sickerwassermenge und Nitratkonzentration

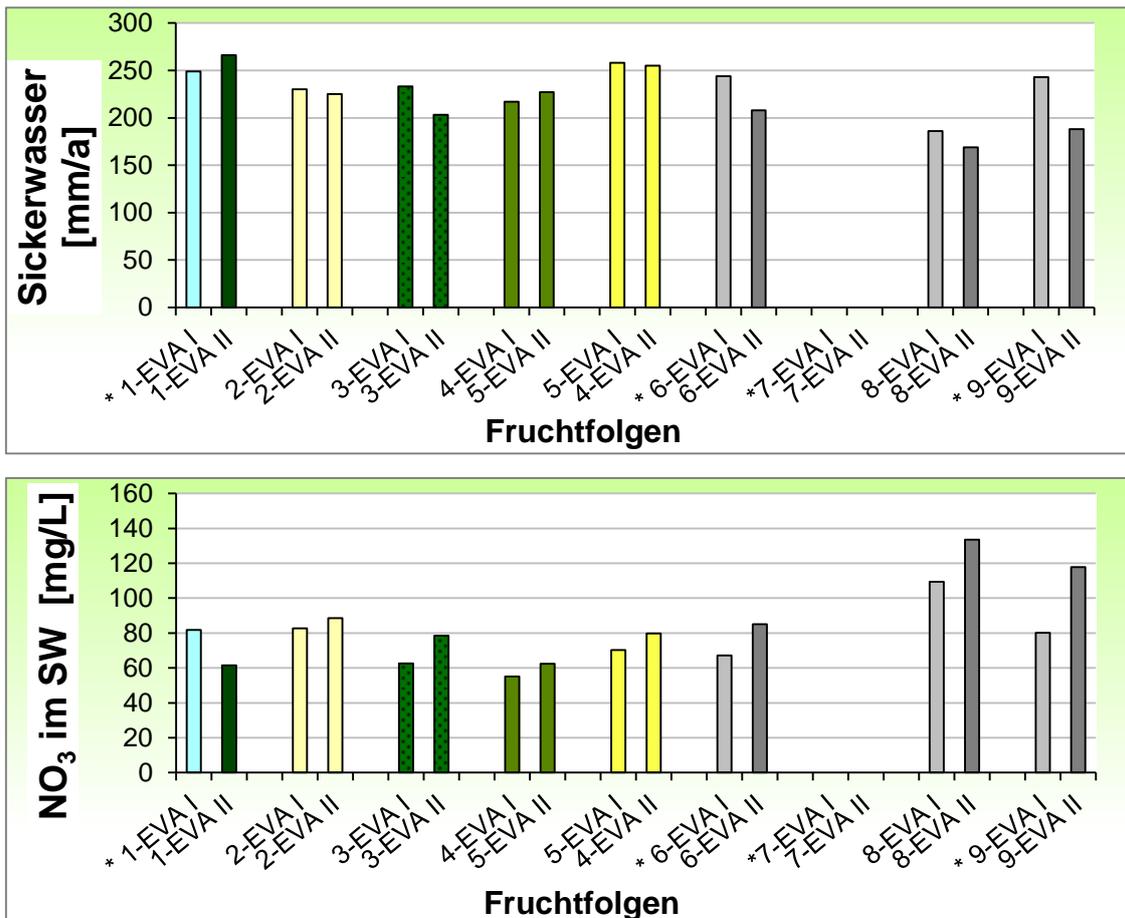


Abb. 3-29: Sickerwassermenge [mm] und NO₃-Konzentration im Sickerwasser (mg/l); FF 1 bis 9 ohne FF 7; EVA I und EVA II.

* FF in EVA I und II z.T. verschieden.

Im Mittel der acht berechneten FF in EVA I und II fallen 225 mm Sickerwasser an. Maximal sind es 266 mm in FF 1/EVA II; die geringste Sickerwassermenge ergeben die Berechnungen bei FF 8/EVA II mit 169 mm. Grob gerundet schwanken die Sickerwassermengen somit $\pm 20\%$ um den Mittelwert. Vergleichsweise hohe Sickerwassermengen verzeichnet auch die Getreide-Raps-FF 5/EVA I, die in EVA II die FF 4 heißt (258 bzw. 255 mm), und die FF 1. Geringe Sickerwassermengen liefern außer der bereits erwähnten FF 8/EVA II auch die FF 8/EVA I und FF 9/EVA II (186 bzw. 188 mm). Für Modellierungen der FF 7 mit Sonnenblume waren die Programmparameter nicht verfügbar. Der Unterschied bez. Sickerwassermenge zwischen EVA I und II ist besonders groß bei den FF 6 und 9, deren FF wegen teils anderer FF-Glieder nicht mehr identisch sind.

Die Einzelwerte der modellierten N-Auswaschungsverluste (Tab. 3-20, S. 84) ergeben im Mittel von EVA I und II 41 N kg/ha. In EVA II liegt der mittlere N-Austrag 2 N kg/ha über dem Austrag in EVA I. Höhere oder geringere Sickerwassermengen mildern oder verschärfen das N-Auswaschungsproblem. Die Nitratkonzentration im Sickerwasser erreicht in EVA I im Mittel 76 NO₃ mg/l und in EVA II wegen des etwas höheren N-Austrags und einer geringeren Sickerwassermenge 88 NO₃ mg/l. Die geringste modellierte Nitratkonzentration im Sickerwasser weist die Luzernegras-FF in EVA I auf (55 NO₃ mg/l). In EVA II liegen Luzernegras-FF 5 und FF 1 mit 62 NO₃ mg/l gleichauf, obwohl der N-Austrag von FF 1 den Austrag der FF 5 um 5 N kg/ha übersteigt

(37 bzw. 32 N kg/ha). In FF 5 bewirkt eine 17 % höhere Sickerwassermenge eine stärkere Verdünnung. Vergleichsweise geringe Nitratkonzentrationen ergeben sich auch im Sickerwasser der FF 3 und 6 in der Projektphase EVA I (63 NO₃ mg/l bzw. 67 NO₃ mg/l). Mit dem höchsten N-Austrag geht in FF 8 die geringste Sickerwassermenge einher (169 mm). Dies führt zu einer Nitratkonzentration im Sickerwasser von 134 NO₃ mg/l. Auch die modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der FF 8 und 9 übersteigen 100 NO₃ mg/l (109 bzw. 118).

3.6.3.3 Energiebilanz

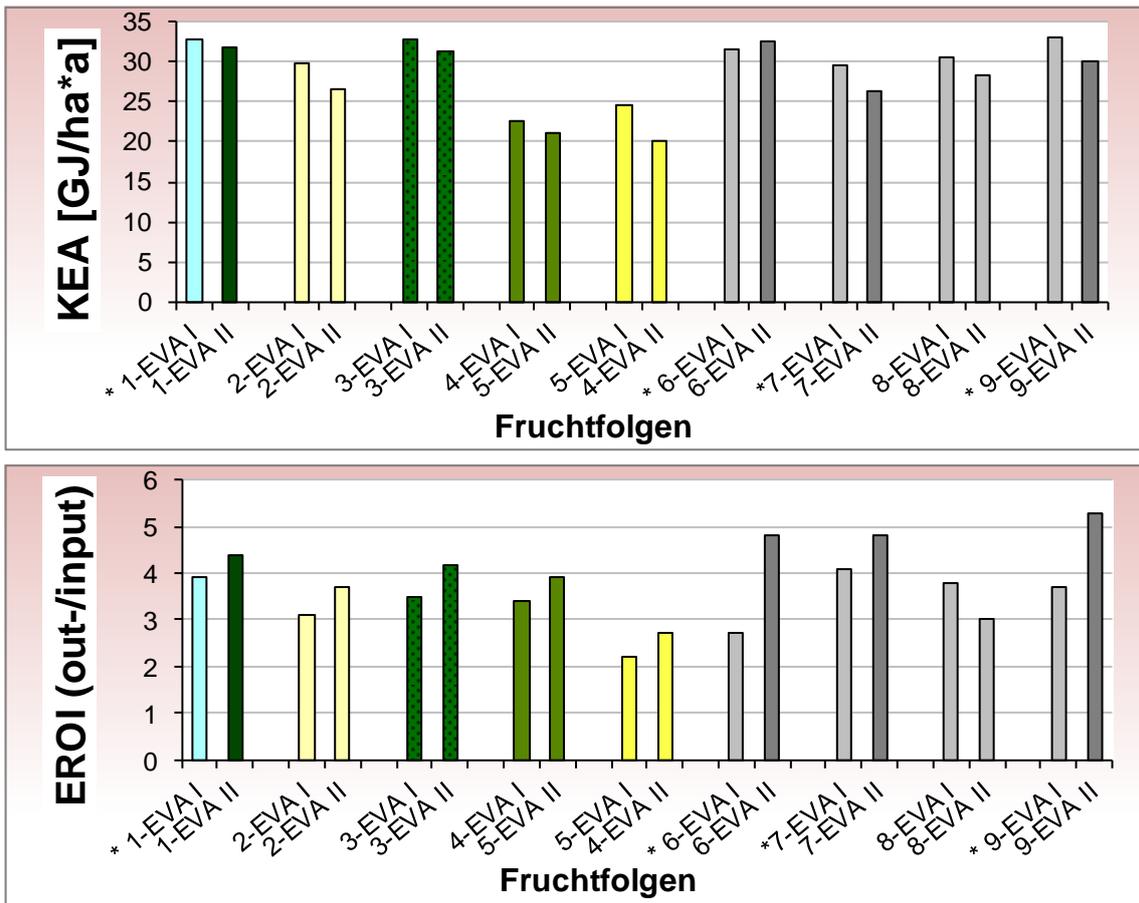


Abb. 3-30: Kumulierter Energieaufwand (KEA) [GJ/ha*a] und „Energy Return on Investment“ (EROI-Wert); FF 1 bis 9; EVA I und EVA II.

* FF in EVA I und II z.T. verschieden.

Im Mittel aller Fruchtfolgen der Projektzeiträume EVA I und II beträgt der kumulierte Energieaufwand KEA 29 GJ/ha*a. Der Maximalwert von 33 kommt in den FF 1, 3, 6 und 9 entweder in EVA I oder in EVA II vor. Über den gesamten Projektzeitraum gemittelt weisen diese vier FF den höchsten kumulierten Energieaufwand auf. Die FF 2, eine FF mit zwei Biogas- und zwei Kornnutzungs Jahren, sowie die FF 7 mit Sonnenblume und Zuckerrübe in EVA II statt Mais in EVA I liegen nur wenig darunter (29 bzw. 28 GJ/ha*a im Mittel von EVA I + II). Einen Energieaufwand deutlich unter dem Mittelwert von 29 GJ/ha*a ergeben die Berechnungen nur bei der Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) und der Getreide-Raps-FF 5 (4 in EVA II) (Mittelwert 22 bzw. 23 GJ/ha*a).

Während Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) und Getreide-Raps-FF 5 (4 in EVA II) beim kumulierten Energieaufwand KEA nahe beieinanderliegen, unterscheiden sie sich bez. ihres Nettoenergieer-

trags erheblich. Über EVA I und EVA II gemittelt ergibt sich für die Luzernegras-FF (heller grüne Säulen) ein EROI von 3,7 für die Getreide-Raps-FF (gelbe Säulen) 2,5. Den maximalen EROI-Wert erzielt FF 9 in EVA II mit 5,3 gefolgt von den FF 6 und FF 7 mit jeweils 4,8. Die EROI-Werte von FF 6 und FF 8 unterscheiden sich zwischen EVA I und EVA II sehr stark. In diesen beiden Fruchtfolgen fand ein Austausch des wenig ertragreichen FF-Glieds Hafer bzw. S.Gerste durch Mais statt. Die EROI-Werte der anderen FF 1 bis 3 und der FF 8 bewegen sich auf ungefähr gleichem Niveau; mit leichtem Vorsprung der FF 1 sowohl in EVA I (3,9) als auch in EVA II (4,4). Anders als bei allen anderen Fruchtfolgen fällt der EROI-Wert bei FF 8 in EVA II geringer aus als in EVA I.

Um den EROI-Wert zu ermitteln, wird die im Biogasenergieertrag enthaltene Energiemenge der Fruchtfolge durch den Energieaufwand aller vier FF-Jahre dividiert.

3.6.3.4 Treibhausgasbilanz

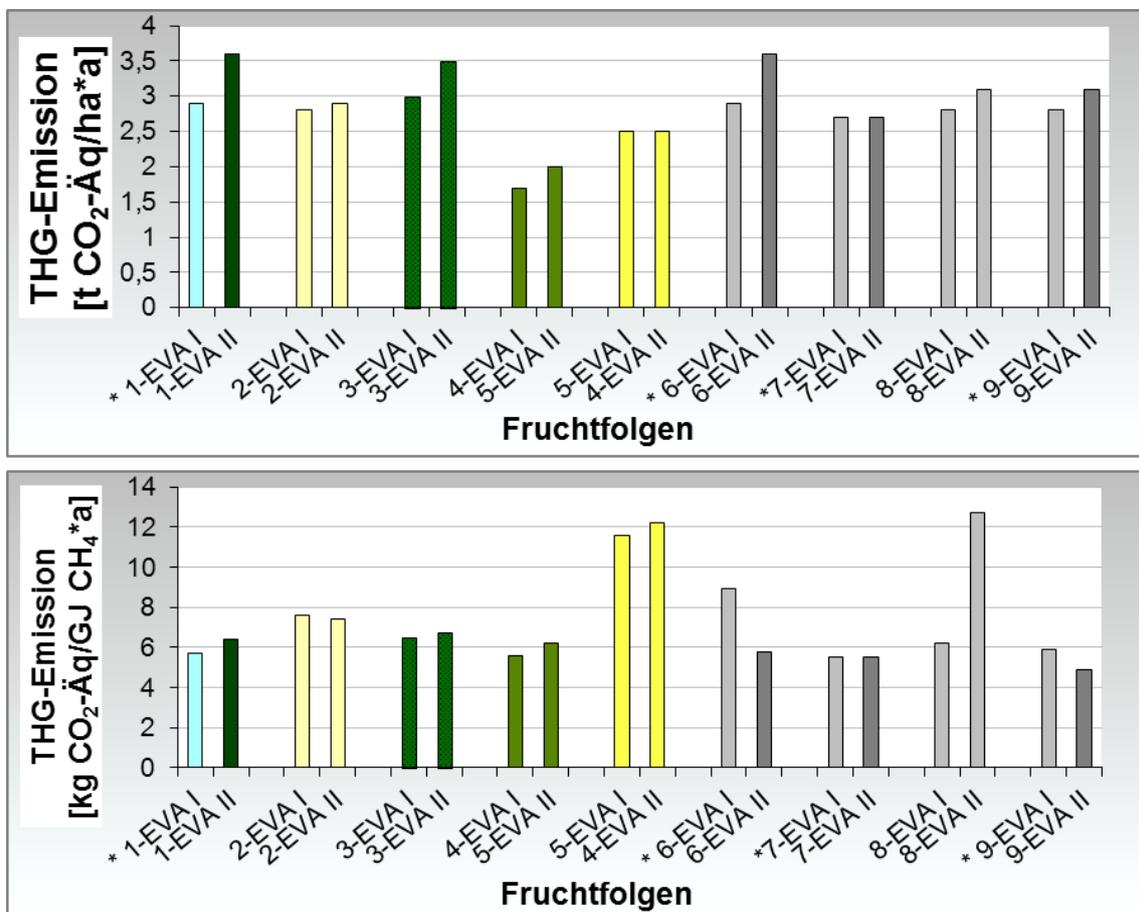


Abb. 3-31: Treibhausgas (THG)-Emissionen in kg CO₂-Äquivalent/GJ CH₄*Jahr und in t/ha*Jahr; FF 1 bis 9; EVA I und EVA II.

* FF in EVA I und II z.T. verschieden.

Hinsichtlich der THG-Emissionen – gemessen am CH₄-Ertrag – ragt die Getreide-Rapskorn-FF 5 (4 in EVA II) in beiden Projektzeiträumen stark hervor. Für FF 8 ebenfalls die Säule für EVA II. (Abb. 3-31 (oben); untere Teilabb.). Diese besonders hohen Werte liegen ca. 70 % über dem Mittelwert (Ø 7,3 kg CO₂-Äq/GJ*a). Einen deutlichen Unterschied zwischen EVA I (8,9) und EVA II (5,8) zeigen auch die Säulen für FF 6. Dort ersetzte in EVA II der Mais die S.Gerste in EVA I. Die jährliche CO₂-Emission von FF 2 je GJ erzeugter Biogasenergie übersteigt 7 kg

CO₂-Äq. Diese FF 2 enthält zweimal Kornnutzung in der vierjährigen Fruchtfolge und hat dadurch eine geringere mittlere Methanleistung. Die FF 1, 3, 4, 7, 9 erreichen Werte um 6 kg CO₂-Äq/GJ CH₄*a.

Um die THG-Emission (CO₂-Äq) je erzeugter Energieeinheit zu ermitteln, wird die THG-Emission einer Fruchtfolge durch die erzeugte Biogasenergie dieser Fruchtfolge (GJ CH₄) dividiert.

Sind die THG-Emissionen statt auf die Energieeinheit auf die Produktionsfläche in Hektar bezogen, ergibt sich tendenziell ein gegenläufiges Bild; d. h. FF mit geringerem THG-Wert je produzierter Energieeinheit (CH₄ GJ) weisen höhere THG-Werte je Flächeneinheit auf und umgekehrt. Dies trifft nicht zu für die Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II), die einen durchschnittlichen THG-Wert je erzeugter Energieeinheit aufweist (6 kg CO₂-Äq/GJ CH₄*a, Ø von EVA I u. II), aber den geringsten THG-Wert je Flächeneinheit (1,9 t CO₂-Äq/ha*a, Ø von EVA I u. II). Die THG-Emissionen je Ha fallen bei allen FF in EVA II entweder gleich hoch oder etwas höher aus als in EVA I.

Luzernegras hat als einzige der Kulturarten einen beträchtlichen „Überschuss“ an Wurzel-TM, aus dem sich eine positive Humusbilanz ableitet. Findet diese TM-Leistung der Wurzel zusätzlich Berücksichtigung, dann sinkt der THG-Ausstoß bezogen auf die Trockenmasse im Vergleich zu einer Betrachtung, die nur die oberirdische Biomasseleistung berücksichtigt. (Siehe auch S. 76).

3.6.3.5 Diskussion „Abiotische Indikatoren“

Die Wasserverbräuche für Fruchtfolgen ergeben sich aus den Wasserverbräuchen der einzelnen Fruchtfolgeglieder während ihrer Anbauzeit. Phasen ohne Bewuchs aber mit Wasserverbrauch, z. B. nach der Getreideernte im Sommer, gehen nicht in diese Verbrauchsberechnungen ein. Die Wasserverbräuche plus Sickerwassermengen je Jahr ergeben somit nicht die Niederschlagsmenge eines Jahres. Die Wasserverbräuche der verschiedenen Fruchtfolgen unterscheiden sich nicht sehr.

Der Quotient aus oberirdischer Trockenmasse und Wasserverbrauch einer Kultur ergibt die Wassernutzungseffizienz (WNE) in Tab. 3-20, S. 84. Die WNE bezieht sich somit ebenfalls auf die Anbauzeit einer Kultur. Denkbar ist auch, bei der Bewertung des Wasserverbrauchs von Fruchtfolgegliedern, die ebenfalls wasserverbrauchenden aber unproduktiven Zeiträume mit zu berücksichtigen, die mit dem Anbau und der Fruchtfolgestellung einer Kulturart verbunden sind. Dazu müsste der Wasserverbrauch nicht von der Saat bis zur Ernte, sondern von der Saat bis zum Vegetationsende oder bis zur Saat der nächsten Kultur in die Effizienzberechnung eingehen. Eine Wassernutzungseffizienz, die auf diesem Wasserverbrauch aufbaut, ist dann spezifisch für die Kultur inklusive der Brachezeiten und Bewirtschaftungsmaßnahmen, die in einem Anbausystem zu dieser Kultur gehören.

Die Vorzüglichkeit von C4-Pflanzen hinsichtlich ihrer oberirdischen Biomasseleistung ist nicht nur eine Folge ihrer effizienten Wassernutzung, sondern auch eine Folge der wesentlich längeren Anbauzeit mit Ausnutzung hoch produktiver Phasen im Sommer bis in den Herbst hinein (Mai bis Oktober). Die C3-Pflanze Zuckerrübe mit ähnlich langer Vegetationszeit vermag ähnlich hohe Biomasseleistungen zu erbringen wie Mais. Ihre Trockentoleranz bleibt allerdings geringer. Die meisten unserer ackerbaulich genutzten C3-Pflanzen (Getreide, W.Raps) haben eine erheblich kürzere Hauptvegetationszeit lediglich von Mai bis Juli. In Abbildung 11, S. 55 im vorläufigen Endbericht für Teilprojekt 2 (*Willms et al.-2013*) besitzen Weidelgras, Futterhirse, Klee, Wintergras, Luzerne(klee)gras, Sommergerste eine WNE von ca. 20 bis 30 kg TM/ha*mm, Sudangras, Hafer, Mais und W.Weizen um 40 kg TM/ha*mm, W.Roggen, W.Triticale und W.Gerste um 50 kg TM/ha*mm. Damit liegt die Wassernutzungseffizienz der letztgenannten drei Wintergetreidejahre bei den ihnen gemäßen Anbaubedingungen höher als bei den C4-Pflanzen Mais und Sudangras. Eine systembedingte Wassernutzungseffizienz, die den Kulturarten auch den unproduktiven Wasserverbrauch bis Vegetationsende oder bis zur Saat einer Folgekultur anlastet, könnte die tatsächlichen Effizienzverhältnisse besser abbilden.

Als Maß für die Auswaschungsgefahr gilt die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers an einem Standort. Diese Austauschhäufigkeit errechnet sich als Quotient aus Sickerwassermenge und nutzbarer Feldkapazität (nFK). Für den Standort Ettlingen gibt der vorläufige Endbericht des Teilprojektes 2 für die erste Projektphase (EVA I) eine Austauschhäufigkeit um 1 an (*Willms et al.*-2013). Die durchschnittliche Sickerwassermenge aus Tab. 3-20, S. 84 von 225 mm für den gesamten Projektzeitraum und die mittlere nFK im effektiven Wurzelraum in der Versuchsanlage mit 227 mm ergeben ebenfalls den Wert 1. Damit liegt die Auswaschungsgefahr am Versuchsstandort an der Klassengrenze „gering“ (0,7 – 1,0) und „mittel“ (1,0 – 1,5). Die modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser liegen sämtlich über dem Grenzwert der *TrinkwV-2001* von 50 NO₃ mg/l. Die Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) erreicht mit 55 NO₃ mg/l (EVA I) und 62 NO₃ mg/l (EVA II) die geringsten Nitratkonzentrationen. Aufgrund des Luzernegras-Anbaus entfällt einerseits die mineralische N-Düngung in zwei der vier Fruchtfolgejahre, andererseits entzieht der Luzernegras-Bestand viel N, sodass eine stark negative N-Bilanz in den Luzernegras-Jahren entsteht. In zwei von vier Winterhalbjahren je Fruchtfolgezyklus bedeckt und durchwurzelt ein leistungsfähiger Pflanzenbestand den Boden, der Nitrat aus der Bodenlösung aufzunehmen vermag. FF 1 in EVA II weist wie die Luzernegras-FF in EVA II nur 62 NO₃ mg/l Sickerwasser auf, trotz eines um 5 kg N/ha höheren N-Austrags. Hier bewirkt die höhere Sickerwassermenge eine entsprechende Verdünnung. Mit Ausnahme von FF 1 gehen die höheren Nitratkonzentrationen in EVA II gegenüber EVA I mit höheren N-Bilanzen einher. Die hohe N-Überbilanz in FF 8/EVA II ist verbunden mit der höchsten NO₃-Konzentration aller FF (134 NO₃ mg/l).

Die deutlich höhere Nitratkonzentration bei FF 9/EVA II im Vergleich mit EVA I erklärt sich durch die höhere N-Überbilanz und die geringere Sickerwassermenge. Die geringere Sickerwassermenge wird auf den Austausch der wenig ertragreiche S.Gerste mit kurzer Vegetationszeit durch Mais mit hohem Ertrag und langer Vegetationszeit beim Übergang von EVA I nach EVA II zurückzuführen sein.

Die N-Bilanzen aller FF mit Ausnahme von FF 8 in EVA II liegen unter dem maximal zulässigen betrieblichen N-Überschuss der Düngeverordnung von (+)60 N kg/ha*a (DüV-2007). Trotz Einhaltung des N-Überschuss-Grenzwertes bewegen sich die modellierten NO₃-Gehalte im Sickerwasser zwischen 55 und 118 mg/l, d. h. sie liegen über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (*TrinkwV-2001*). Die N-Bilanz von FF 8/EVA II übersteigt wegen Ernteausfalls (Mais 2010) den o. g. 60-kg-Grenzwert mit der Folge eines NO₃-Gehalts von 134 mg/l Sickerwasser. (N-Bilanzen der Fruchtfolgen siehe Tab. 6-15, S. 111).

Die fruchtfolgeabhängige Sickerwassermenge ist nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Nitratkonzentration von Interesse. Auch für die Erneuerung der Grundwasservorräte insbesondere an Standorten von Trinkwassergewinnungsanlagen mit geringer durchschnittlicher Grundwasserneubildungsrate besitzt sie eine hohe Bedeutung.

In der Regel geht ein höherer kumulierter Energieaufwand (KEA) mit einem geringeren EROI-Wert (Energy Return On Investment) einher. Dies zeigt Abb. 3-30, S. 78 bei einem Vergleich der FF untereinander und beim Vergleich von EVA I mit EVA II. FF 6/EVA II macht hiervon eine Ausnahme. Für diese FF errechnet sich bei vergleichsweise hohem Energieaufwand der zweithöchste EROI-Wert. Den höchsten EROI-Wert liefert FF 9 ebenfalls trotz hohem kumuliertem Energieaufwand. Wegen des hohen Netto-Energiegewinns nimmt die Vorzüglichkeit dieser FF unter dem Energieaspekt weiter zu. Schon bei Betrachtung der Leistungen im Trockenmasse- und Methanertrag nahmen diese FF die vordersten Plätze ein. Die geringeren EROI-Werte der FF 2 und 5 (4 in EVA II) sind nur z. T. Folge einer geringeren Ertragsleistung der Biogaspflanzen in diesen Fruchtfolgen. Mindernd auf den EROI-Wert wirkt sich ein zweites FF-Glied mit Kornnutzung aus, das zusätzliche zum Abschluss-FF-Glied W.Weizen in den vierjährigen FF 2 und 5 steht. Um den EROI-Wert zu ermitteln, wird die im Biogasertrag enthaltene Energiemenge der Fruchtfolge durch den Energieaufwand aller vier FF-Jahre dividiert. Befindet sich außer W.Weizen ein weiteres FF-

Glied mit Kornnutzung in der Fruchtfolge, dann stehen für die Bildung des Gesamt-Biogasertrags dieser FF nur zwei Jahre statt wie bei den anderen FF drei Jahre zur Verfügung. Bei FF 8 in EVA II mindert außer der Mais-Kornnutzung in einem der vier FF-Jahre zusätzlich auch der Ertragsausfall des Biogasmaises im Jahr 2010 in der 4. Anlage den EROI-Wert.

Die höhere Energieeffizienz bei den FF 6 und 9 in EVA II im Vergleich mit EVA I ist Folge der hohen Energieeffizienz des Maises. Dieser ersetzt in FF 6 das Hafer-FF-Glied und in FF 9 die FF-Glieder S.Gerste/Ölrettich.

Die Treibhausgasbilanzen in t CO₂-Äquivalent sind auf die Fläche und auf den Methanertrag der FF bezogen. CO₂-Emissionen hängen sehr eng zusammen mit dem Energieaufwand für die Produktion (Input-Energie). Damit stellt das Verhältnis von t CO₂-Äquivalent zu Energie in Form des Methanertrags zu einem hohen Grad das Verhältnis Input- zu Output-Energie dar. Entsprechen sind die Verhältnisse dort meist gerade gegenläufig zum EROI-Wert. Der EROI zeigt das Verhältnis Output- zu Inputenergie. Die Gründe für die Unterschiede in der CO₂-Menge/GJ CH₄*a zwischen den FF entsprechen damit im Wesentlichen den Ausführungen zum EROI-Wert im vorausgehenden Absatz.

Ähnlich verhält es sich mit den THG-Emissionen in t CO₂-Äquivalent/ha*a und dem kumulierten Energieaufwand/ha*a (KEA). In diesem Fall sind die Verhältnisse nicht gegenläufig, sondern gleichsinnig. Stärkere Abweichungen bzw. die Aufhebung der Gegenläufigkeit bei CO₂-Äquivalent/Output-Energie und Output-/Inputenergie (EROI) sind dann zu erwarten, wenn CH₄-Emissionen und insbesondere N₂O-Emissionen die CO₂-Äquivalentmenge erheblich beeinflussen. Gerade N₂O-Emissionen fallen mit dem Multiplikationsfaktor 298 sehr stark ins Gewicht, ohne dass eine Energieabhängigkeit wie bei CO₂ gegeben wäre. Für CH₄ beträgt der Multiplikationsfaktor 24.

Um die Biogasanteile der verschiedenen FF miteinander zu vergleichen, ließen sich die Energie- und Treibhausgasbilanzen auch lediglich auf die Biogassjahre beziehen. Für einen Vergleich der Gesamterträge wäre ein Bezug der Energie- und Treibhausgasbilanzen auf die Biomasseproduktion der FF möglich. Dazu könnte die oberirdische einfach messbare Biomasse dienen. Korrekterweise müsste jedoch die gesamte Biomasseleistung der Kulturarten Berücksichtigung finden, um richtig bewerten zu können. Die Herausforderung besteht dann in der Quantifizierung der unterirdischen Biomasse. Im Wurzelraum kann die Menge an organischer Substanz je nach Kultur und Anbauverfahren selbst bei Abfuhr der oberirdischen Biomasse und ohne Gärrestrückführung bilanzmäßig positiv sein. D. h. die Mehrung der Biomasse überwiegt den Abbau, der immer auch vorhanden ist. Das Ergebnis ist eine positive Humusbilanz, die auf Produktion von Wurzelbiomasse zurückgeht. Bei negativer Humusbilanz einer Kultur muss das Humusdefizit der Biomassebildung einer anderen Kultur entstammen. Dafür waren Energie, Wasser usw. nötig. Dieser Bedarf an Energie oder anderen Produktionsfaktoren ist derjenigen Kultur anzulasten, welche die Humuszehrung verursacht; oder aber die Trockenmasse-Leistung der betrachteten Kultur ist für eine auf die Trockenmasse bezogene Effizienzberechnung (Wasser) oder Bilanzierung (THG, KEA) um einen entsprechenden Betrag zu mindern.

3.6.4 Brutvogel- und Futterhabitatindex

Die Werte der biotischen Indikatoren lieferte das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Müncheberg (siehe auch Kap. 2.2.9, S. 21). Eine tabellarische Zusammenfassung ist auf Seite 84 zu finden.

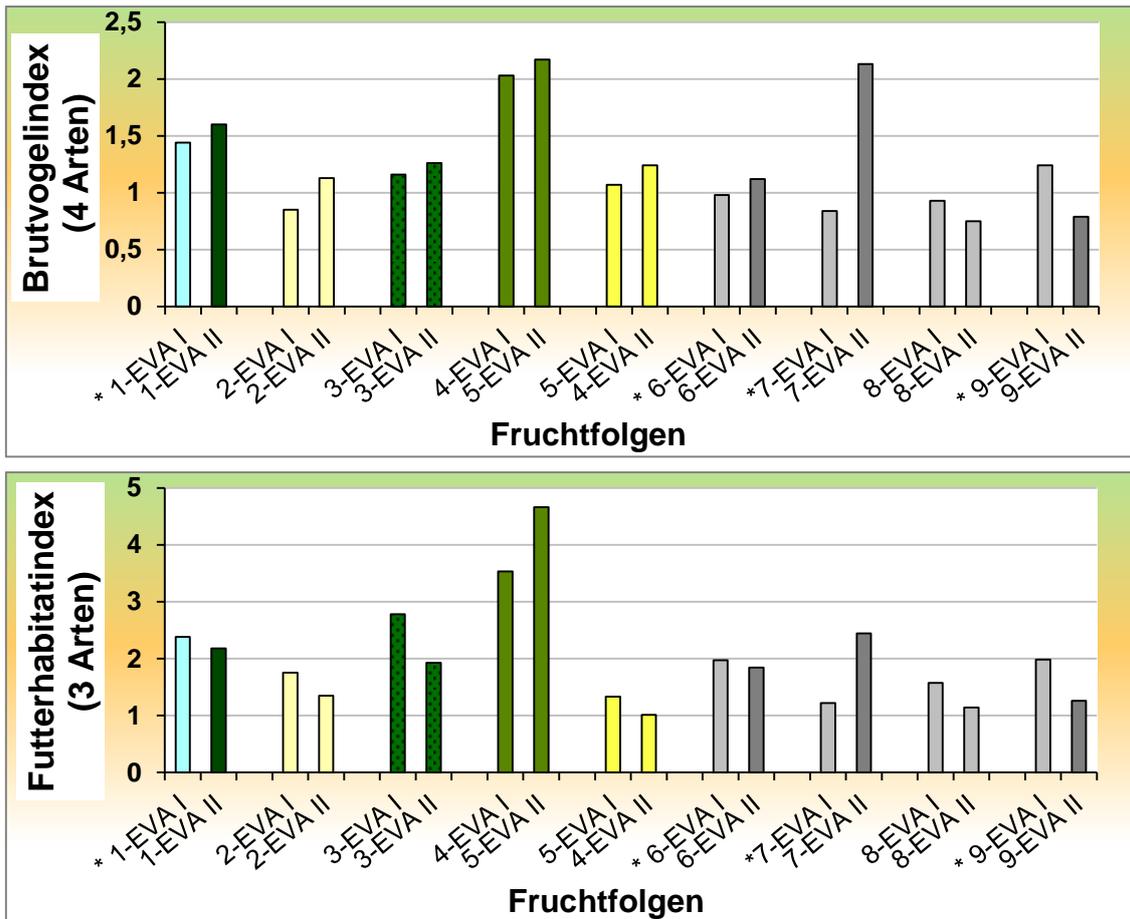


Abb. 3-32: Bruttovogel- und Futterhabitatindizes der FF 1 bis 9; EVA I und EVA II.

Würden die Teilabbildungen in 3-32- (oben) statt getrennt für EVA I und EVA II die Mittelwerte je Fruchtfolge darstellen, dann ergäbe sich für Bruttovogel- und Futterhabitatindex-Diagramm ein fast identisches Bild.

Luzernegras-FF 4 (5 in EVA II) zeichnet sich durch den höchsten Bruttovogelindex ($\bar{\text{EVA I/II}}$ 2,1) und die höchsten Futterhabitatindizes ($\bar{\text{EVA I/II}}$ 4,1) aus – mit deutlichem Abstand zu allen anderen FF. Der Mittelwert der Bruttovogelindizes liegt bei 1,3, der Mittelwert der Futterhabitatindizes bei 2,0. Auch der Bruttovogelindex von FF 1 ($\bar{\text{EVA I/II}}$ 1,5) liegt über dem Gesamtmittelwert von 1,3. Alle anderen FF weisen Bruttovogelindizes unter dem Gesamtmittelwert auf. Während die Getreide-Rapskorn-FF 5 (4 in EVA II) beim Bruttovogelindex noch im Mittelfeld zu liegen kommt, erzielt diese FF beim Futterhabitatindex die niedrigsten aller Werte.

Bei einigen FF ergeben sich große Unterschiede zwischen EVA I und EVA II. So erreicht der Bruttovogelindex von FF 7 in EVA II den hohen Wert der Luzernegras-FF von 2,1. In dieser FF ersetzte Zuckerrübe als 3. Fruchtfolgeglied in EVA II den Mais in EVA I und auch der Futterhabitatindex ist in EVA II höher als in EVA I.

Bei den FF 3 und 9 ist der EVA-II-Bruttovogelindex deutlich niedriger als in EVA I, ebenso der Futterhabitatindex.

3.6.5 Zusammenfassende Übersicht Nachhaltigkeitsbewertungen

Tab. 3-20: Zahlenwerte ackerbaulicher, abiotischer und biotischer Indikatoren; FF 1 bis 9; EVA I (1. u.2. Anl.) und EVA II (3. u.4. Anl.)
grün = besser, weiß = mittel, rot = schlechter

	*FF 01 EVA I	FF 01 EVA II	FF 02 EVA I	FF 02 EVA II	FF 03 EVA I	FF 03 EVA II	FF 04 EVA I	FF 05 EVA II	FF 05 EVA I	FF 04 EVA II	*FF 06 EVA I	FF 06 EVA II	*FF 07 EVA I	FF 07 EVA II	FF 08 EVA I	FF 08 EVA II	*FF 09 EVA I	FF 09 EVA II
Ackerbauliche Indikatoren																		
TM-Ertrag [t /ha* a]	14,1	15,8	12,2	13,1	13,5	15,1	10,6	11,4	7,2	8,0	11,4	17,9	14,9	15,6	14,9	12,2	13,9	17,6
CH₄Ertrag [k Nm ³ /ha*a]	3,50	3,90	2,50	2,70	3,20	3,60	2,10	2,30	1,50	1,50	2,30	4,30	3,40	3,50	3,20	2,30	3,40	4,40
Abiotische Indikatoren																		
Humusbilanz-Saldo [kg Humus-C ha/ha*a]	-220	-276	-134	-221	-234	-280	294	315	-22	-64	-213	-369	-278	-325	-206	-248	-257	-380
Wasserverbrauch [mm/a]	430	438	411	391	428	429	463	421	431	396	407	412	-	-	480	466	437	442
WNE [kg TM/ha*a]	33	36	30	34	32	35	23	27	17	20	28	43	-	-	31	26	32	40
Sickerwasser (SW) [mm/a]	249	266	230	225	233	203	217	227	258	255	244	208	-	-	186	169	243	188
N-Austrag als NO₃ [N kg/ha*a]	46	37	43	45	33	36	27	32	41	46	37	40	-	-	46	51	44	50
NO₃ im SW [NO ₃ mg/l]	82	62	83	89	63	79	55	62	70	80	67	85	-	-	109	134	80	118
THG-Emission [kg CO ₂ -Äq/GJ CH ₄ *a]	5,7	6,4	7,6	7,4	6,5	6,8	5,6	6,2	11,6	12,2	8,9	5,8	5,5	5,5	6,2	12,7	5,9	4,9
THG-Emission [t CO ₂ -Äq/ha*a]	2,9	3,6	2,8	2,9	3,0	3,5	1,7	2,0	2,5	2,5	2,9	3,6	2,7	2,7	2,8	3,1	2,8	3,1
KEA [GJ/ha*a]	33	32	30	27	33	31	23	21	25	20	32	33	30	26	31	28	33	30
EROI	3,9	4,4	3,1	3,7	3,5	4,2	3,4	3,9	2,2	2,7	2,7	4,8	4,1	4,8	3,8	3,0	3,7	5,3
Biotische Indikatoren																		
Brutvogelindex (4 Arten)	1,44	1,60	0,85	1,13	1,16	1,26	2,03	2,17	1,07	1,24	0,98	1,12	0,84	2,13	0,93	0,75	1,24	0,79
Futterhabitatindex (3 Arten)	2,38	2,18	1,75	1,35	2,78	1,93	3,53	4,66	1,33	1,01	1,97	1,84	1,22	2,44	1,57	1,14	1,98	1,26

*FF-Änderungen in EVA II;

Datenbereitstellung durch Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Münchenberg

4 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSS

Vorliegender Abschlussbericht befasst sich schwerpunktmäßig mit den EVA-Ergebnissen des 2. Projektzeitraums (2009 – 2013). Zahlreiche Tabellen, Diagramme und Textabschnitte blenden jedoch auch auf EVA I (2005 – 2009) zurück, um für den gesamten Projektzeitraum ein möglichst abgerundetes Bild zu liefern. Ergebniszusammenfassungen sind meist in den vorderen Haupttext eingebunden, detaillierte Ergebnisse dagegen im Anhang zu finden.

Tiefgründiger Lössboden, ausreichend Niederschläge und ein mildes Klima charakterisieren den EVA-Versuchsstandort in der Oberrheinebene ca. 8 km südlich vom Karlsruher Zentrum. Am ehesten bereiten zeitweilige Wasserknappheit und Hitzetage dem Landbau Probleme.

In den Versuchsfruchtfolgen variieren die Anteile an C3-Getreide- und C4-Pflanzen, die Anteile der Fruchtfolgeglieder mit Kornnutzung und die Häufigkeit von Zweikulturnutzungen. Eine der neun Fruchtfolgen beinhaltet einen zweijährigen Luzernegrasanbau. Alle Fruchtfolgen sind vierjährig und schließen im 4. Jahr mit der Marktfrucht Winterweizen. Ertrag, Qualität und Gesundheit des Winterweizens sollen gegebenenfalls Fruchtfolgeeffekte abbilden. Der Versuch findet in zwei Anlagen statt, in denen der Anbau nicht gleichzeitig, sondern ein Jahr versetzt begann. In jeder Anlage erfolgte der Anbau in vierfacher Wiederholung. Mit Abschluss des Jahres 2013 haben die Fruchtfolgen im gesamten Projektzeitraum von 2005 bis 2013 die vierjährige Rotation in jeder Anlage zweimal durchlaufen. Bei manchen Fruchtfolgen gab es im zweiten Projektzeitraum (EVA II) gegenüber dem ersten Projektzeitraum (EVA I) Änderungen. Meist erfolgte ein Austausch von Getreide-Fruchtfolgegliedern durch C4-Pflanzen, wegen deren großer Ertragsüberlegenheit, in einem Falle die Aufnahme von Zuckerrübe statt Mais wegen der ebenfalls hohen Ertragsleistung der Zuckerrübe.

Maximale jährliche Trockenmasse-Erträge liefert im Versuch der Zweifruchtanbau von Winterroggen kombiniert mit Mais (23 t TM/ha). Dabei kommt dem Mais die Hauptfruchtstellung zu. Mit abnehmendem Ertrag schließen sich an: der alleinige Maisanbau, die Zweikulturnutzung von Wintergetreide mit Sorghumhirsen und der alleinige Anbau von Sorghumhirsen; es folgen Luzerngras, Sonnenblume, Wintertriticale und Hafer im Hauptfruchtanbau. Am Ende der Reihe stehen Wintergetreide als Zwischenfrucht und Winterraps mit 4 bis 6 t TM/ha.

Trockenmasse-Ertragssteigerungen sind am Standort möglich durch Erhöhung des Anteils an C4-Pflanzen in Haupt- oder Zweitfruchtstellung und evtl. dort, wo Wintergerste die anderen Wintergetreidearten ersetzen kann. Ertragsunterschiede bei Sorghumhirsen in EVA I und II lassen auf deutliche Züchtungsfortschritte schließen. Auch der Austausch von Sommergetreide durch Wintertriticale verspricht Ertragsverbesserungen.

Spiegeln eine verbesserte Humusbilanz, Wasser- und Erosionsschutz am Standort eine besondere Rolle, dann gewinnt Luzernegras erheblich an Bedeutung und auch Wintergerste als Winterzwischenfrucht.

Die Methan-Hektarerträge als ökonomischer Maßstab sind aufs Engste mit den Trockenmasse-Erträgen verknüpft. Jedoch spielen auch die spezifischen Methanausbeuten eine wichtige Rolle. Unterschiede in den spezifischen Methanausbeuten führen dazu, dass sich die Rangfolge der Kulturen bez. Methan-Hektarerträgen gegenüber der Rangfolge bei den Trockenmasse-Erträgen z. T. verschiebt. So rangiert Hafer trotz deutlich geringeren Trockenmasse-Ertrags beim Methan-Hektarertrag vor der Sonnenblume. Luzernegras fällt etwas zurück, die Vorzüglichkeit des Mais nimmt zu.

Die Beziehungen zwischen Biogasausbeuten, berechnet auf Basis der Weenderanalyse und auf Basis der ATB-Biogasmatrix, sind sehr eng ($R^2 = 0,993$). Dabei liegen die Biogasausbeuten mittels Biogasmatrix um durchschnittlich 15 % höher. Den Berechnungen mittels ATB-Biogasmatrix ist gegenüber der Berechnung auf Basis der Weenderanalyse der Vorzug zu geben, denn es genügt für diese Berechnung BBCH-Stadium, der TM-Gehalt und der Rohaschegehalt. Für genauere Ergebnisse sind Biogastests erforderlich.

Die unterschiedlichen Ertragsniveaus der Winterweizenjahre lassen sich mit Witterung und Schadwirkungen erklären. Die höchsten Erträge, die mit den geringsten Rohproteingehalten einhergehen, liefert das Jahr 2013. Pilzbefall 2008 führt zu Erträgen weit unter dem Durchschnitt des Standorts. Das Jahr 2009 brachte das zweithöchste Ertragsniveau und zugleich die höchsten Rohproteingehalte. Gute Mineralisierungsbedingungen in der späten Phase der Kornausbildung liefern hierfür eine Erklärung. Im Jahr 2012 machte eine günstige Frühsommerwitterung Kahlfrostschäden im Februar großenteils wieder wett. Fruchtfolgeeffekte deuten sich mit teils höheren Mykotoxingehalten nach Mais und etwas höheren N-Entzügen des Winterweizens nach 2jährigem Luzernegrasanbau und nach Winterrapsvorfrucht an.

Der Deckungsbeitrag im EVA-Projekt entspricht der „Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung“ nach DLG-Betriebszweigabrechnung. Bei GPS-Nutzung als Biogassubstrat erzielt Mais in EVA II im Mittel etwa den Deckungsbeitrag von Winterweizen zur Kornnutzung (ca. 600 €/ha*a). Zuckerhirsesorten (Sorghum b x b) erweisen sich am wärmebegünstigten Versuchsstandort Ettlingen als zweitstärkste Biogaskultur (ca. 250 €/ha); es folgt Triticale mit 100 €/ha*a. Die erforderliche Aufbereitung des Ernteguts senkt den Zuckerrüben-Deckungsbeitrag trotz hoher Methanerträge auf (-)200 €/ha*a. Die in EVA II geprüften Sonnenblumensorten ergaben einen Deckungsbeitrag von (-)560 €/ha*a. Züchterischer Fortschritt und finanzieller Ausgleich von positiven ökologischen Effekten werden künftig für den Anbau von Sonnenblumen erforderlich sein.

Außer W.Triticale schneiden alle in Hauptfruchtstellung geprüften Getreidearten (Sommergerste, Hafer) bei GPS-Nutzung im Mittel von EVA I und II mit leicht negativem Deckungsbeitrag ab. Wintergetreidearten und Winterraps als Winterzwischenfrüchte erzielen als Biogassubstrat am wärmebegünstigten Standort Ettlingen negative Deckungsbeiträge von ca. (-)250 (€/ha*a). Bedeutsam kann ihr Anbau unter agrarökologischen Gesichtspunkten (Grundwasser- und Erosionsschutz) werden.

Ein Vergleich der Deckungsbeiträge in EVA I und II lässt auf züchterische Fortschritte bei Sudan- und Zuckerhirse schließen. Zweijähriger Luzernegrasanbau liegt bei +/- 0 €/ha*a. Unter Berücksichtigung der überaus positiven Humuswirkung und der tatsächlichen N-Bindung könnte sich der Luzernegrasanbau als interessantes Fruchtfolgeglied erweisen und Mais und Sorghum-Hirschen ergänzen.

Unerwartet geringe N-Abfuhr auch bei guten Erträgen (Zuckerhirse), unterdurchschnittliche Erträge und Ertragsausfälle sowie verbleibende Erntereste von Druschfrüchten bedingen z. T. N-Überbilanzen in EVA II. Weil die N-Abfuhr während der Luzernegras-Jahre in Fruchtfolge 4 fast doppelt so hoch ausfällt wie die veranschlagte N-Bindung (400 zu 220 N kg/ha), weist die Luzernegras-Fruchtfolge eine erhebliche N-Unterbilanz auf. Da auch in der Wurzelmasse N gebunden ist, liegt der Schluss nahe, dass die Luzernegras-Jahre deutlich mehr N liefern als vermutet. Höhere N-Entzüge des abschließenden Fruchtfolgeglieds Winterweizen nach Luzernegras sprechen ebenfalls dafür.

Zu Beginn der 3. und 4. Versuchsanlage (EVA II) liegt die Versorgung mit den Nährstoffen P, K und Mg bei allen Fruchtfolgen in beiden Anlagen (54 Werte) mit einer Ausnahme in Stufe D oder C. Am Ende von EVA II trifft dies noch für 50 Prüfglieder zu. Am Versuchsende gibt es Abweichungen zum Versuchsbeginn nur bei der Versorgungsstufe des Kaliums. Die Absenkung auf Stufe B in drei Fällen geht mit K-Unterbilanzen einher; eine Erhöhung auf Stufe D in zwei Fällen mit K-Überbilanzen.

Humusbilanzen dienen als Indikator, ob landwirtschaftliche Anbausysteme dem Anspruch der Nachhaltigkeit genügen. Häufig kommt dabei die VDLUFA-Methode zum Einsatz. Es besteht Bedarf an Fortentwicklung der Methode für unterschiedliche Standortbedingungen, Klimaräume, Böden und Bewirtschaftungsweisen. Besonders ertragsstarke Fruchtfolgeglieder wie Mais und Zuckerrüben weisen eine stark negative Humusbilanz auf. Meist ist eine Humusersatzdüngung in der erforderlichen Höhe über Gärrest nicht möglich: Mit der Gärrestdüngung geht die Zufuhr u. a. der Makronährstoffe N, P und K einher. Deren Überbilanz zu verhindern, hat Vorrang vor einer ausge-

gleichenen Humusbilanz. Wenn Marktfrüchte die Biogaserntefolgen erweitern und deren Erntereste auf dem Feld verbleiben, gleicht dies negative Humusbilanzen teilweise aus. Eine starke Erhöhung der Humusbilanz erzielt Luzernekleegrass – auch noch bei vergleichsweise großen Anbaupausen. Unberücksichtigt bleiben bei der gängigen Humusbilanzierung Wirkung und Wert von Biomasse, die abhängig von Kultur und Anbausystem als Nahrungsquelle für die Boden-Makro- und -Mikroorganismen zunimmt oder verloren geht (Nährhumus).

Der Wasserverbrauch der einzelnen Fruchtfolgen weicht nicht stark voneinander ab. Größer sind die Abweichungen bei der Wassernutzungseffizienz, die sich aus dem Wasserverbrauch je Einheit oberirdischer Trockenmasse errechnet. Dem Wasserverbrauch liegt dabei die Anbauzeit der jeweiligen Kultur zugrunde. Verursacht der Anbau einer Kultur und das Fruchtfolgesystem Brachezeiten oder verbrauchen Bewirtschaftungsmaßnahmen mehr oder weniger Wasser, so findet dies in der Wassernutzungseffizienz keinen Niederschlag. Die Wassernutzungseffizienz auf Basis der oberirdischen Trockenmasse kann auch die sehr unterschiedliche Wurzelmassebildung der Kulturen nicht berücksichtigen. Um Anbausysteme hinsichtlich ihrer Wassernutzungseffizienz vergleichen und verbessern zu können, wird eine Berücksichtigung dieser und evtl. weiterer Faktoren für eine erweiterte Wassernutzungseffizienz angestrebt, die das Anbausystem einbezieht.

Wasserlösliche Stoffe sind am Versuchsstandort gering bis mittel auswaschungsgefährdet. Diese Einstufung hängt von der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum und der jährlichen Sickerwassermenge ab (Austauschhäufigkeit des Bodenwassers). Zwischen 55 NO₃ mg/l Sickerwasser und über 100 mg bewegen sich die modellierten Konzentrationen. Am geringsten sind die Werte der Luzernegrasfruchtfolge, am höchsten die Werte der Fruchtfolgen mit zweimal Biogasmmais in drei Jahren. Nitrat gilt als Schadstoff im Trinkwasser, ist Teil einer Eutrophierung und trägt zusammen mit Phosphorverbindungen massiv zu vermehrtem Wachstum von Mikroorganismen in Gewässern bei.

Den höchsten Nettoenergiegewinn liefert Fruchtfolge 9 mit zweimal Biogasmmais und einmal Winterroggen/Zuckerhirsekombination in drei Biogasjahren (EROI-Wert). Dementsprechend günstig (niedrig) fällt die Treibhausgasbilanz in CO₂-Äquivalent je m³CH₄ für diese Fruchtfolge aus. Um Fruchtfolgen hinsichtlich ihrer Treibhausgas-Emissionen zu vergleichen, böte sich auch die TM-Leistung dieser Fruchtfolgen an oder eine Umrechnung der Biomasse, die nicht der Methangewinnung dient, in Energieeinheiten. Ein solcher Vergleich wäre unabhängig vom Anteil an Biogaspflanzen und Marktfrüchten einer Fruchtfolge. Berücksichtigung auch der Wurzelbiomasse, evtl. abgeleitet aus Humusgehaltsänderungen, könnte uns sollte ein weiterer Schritt in Richtung besseren Beurteilung von Fruchtfolgeleistungen sein.

Brutvogel- und Futterhabitatindex geben Auskunft darüber, wie sich Fruchtfolgen für Agrarvögel als Lebensräume eignen. Die Indizes lassen Rückschlüsse auf mögliche Brutzeiträume und Nahrungslieferung von Fruchtfolgen zu. Eine herausragend positive Stellung nimmt dabei die Luzernegrasfruchtfolge bei biotischen Indikatoren ein; in EVA II beim Brutvogelindex auch Fruchtfolge 7 mit Zuckerrübenanbau.

Die Örtlichkeiten landwirtschaftlicher Anbausysteme sind nicht nur Produktionsstätten, sondern immer auch Lebensräume für Pflanzen und Tiere. Ihre Reichhaltigkeit und Vielfalt, ihre Verarmung oder Auslöschung ist mit der Landbewirtschaftung aufs Engste verknüpft. Genetische Ressourcen und ökologische Wirkungsgefüge bleiben im Zuge der Landbewirtschaftung erhalten oder gehen verloren mit nicht abschätzbaren Folgen für Lebensgefühl und Lebensqualität des Menschen.

Bodenverhältnisse, Geländegestaltung und Klima prägen und begrenzen landwirtschaftliche Anbausysteme. Innerhalb naturgegebener Beschränkungen bestehen immer noch große Gestaltungsspielräume für Fruchtfolgen und technischen Fortschritt im weiteren Sinne. Das EVA-Projekt liefert mit seinen Forschungsarbeiten die Grundlagen, um Handlungsspielräume zu erweitern und für ein nachhaltiges Wirtschaften zu gestalten, das langfristig Gewinn verspricht, Schäden vermeidet und der Lebensvielfalt dient.

5 LITERATUR

- AURBACHER, J.; KORNATZ, P. & DUNKEL, J. (2013); Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase II (EVA II), Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung Abschlussbericht; Justus-Liebig-Universität Gießen; unveröffentlicht.
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\Ökonomie_TP3_Abschlussbericht_EVA_II_2013_1.pdf](#)
- BUTTLAR, CH. VON & KRÄHLING, B.; (2013); Vorläufiger Endbericht zu Teilprojekt 2 „Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus“ (Projekt der FNR: „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II); Teil II: Grundwasser-schutzorientierter Biomasseanbau auf Praxisbetrieben; Leibniz-Zentrum für Agrarland-schaftsforschung (ZALF) e. V.; unveröffentlicht.
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\Ökologie_TP2_Abschlussbericht_EVA_II_2013.pdf](#)
- BERNHARD, M (JAHR?); <http://www.mb-oekoprojekt.de/biogas.html> [05.12.2014] ok
- DEUMLICH (2008); Standortdaten im Rahmen des Verbundprojektes EVA. Analyse von sechs Bodenprofilen genommen mittels Rammkernsonden auf dem Versuchsstandort.
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\17_vorliegende_Bodendaten_Deumlich_Willms.xlsx](#)
- DLG (1997); DLG-Futterwerttabellen: Wiederkäuer. Hrsg.: Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle. 7., erw. und überarb. Aufl. – Frankfurt am Main, DLG-Verlag.
- DLG (2010); Deutsche landwirtschaftliche Gesellschaft; DLG-Merkblatt 363, Biomasse-Rüben, Frankfurt a.M.
http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_363.pdf [05.12.2014];
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\DLG_Merkblatt_363.pdf ok](#)
- DÜNGEBEDARF; (2012); <http://www.landwirtschaft-bw.de> Menüpunkte Landwirtschaft/EDV-Fachprogramme/Pflanzenbau/Düngung, Nährstoffbilanzierung Düngbedarf 2012 Version 7.4 [05.12.2014]; [Linkdateien\Duengebedarf_2012_Vers_7.4\(1\).xls](#)
- DüV (2007); Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV); (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- GLEMNITZ, M. & PLATEN, R.; (2013); Vorläufiger Endbericht zu Teilprojekt II „Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus“ (Projekt der FNR: „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II); Teil III: Biotische Folgewirkungen; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.; unveröffentlicht. [Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\Ökologie_TP2_Abschlussbericht_EVA_II_2013.pdf](#)
- HERMANN, CH, HEIERMANN, M., IDLER, CH. & PLOGSTIES, V. (2013); Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis; Abschlussbericht im Rahmen des Verbundvorhabens „Standortangepasste Anbausysteme für die Produktion von Energiepflanzen – EVA II“; Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim; unveröffentlicht.
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\Biogas_Silage_TP4_Abschlussbericht_EVA_II_2013.pdf](#)

- ISO 14040 (2009); Umweltmanagement – Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag, Berlin.
- KRUSE, S & MASTEL, K. (2010); Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime in vom Klima begünstigte Lagen; Endbericht 2010 zu EVA I 2009; LTZ Augustenberg, Rheinstetten-Forchheim.
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Untersuchungsberichte/Standortberichte/Baden-Wuerttemberg/BadenW_Endbericht_EVAI.pdf;
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\BadenW_Endbericht_EVAI.pdf](#)
- KTBL (HRSG.) (2009); Faustzahlen Biogas. 2. Aufl., Darmstadt, 236 S.
- LGRB (2009); Geowissenschaftliche Übersichtskarten Baden-Württemberg. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg.
- LTZ (2012); Informationen für die Pflanzenproduktion; Ergebnisse der Qualitätsuntersuchungen der Landessortenversuche 2012; Müller-Belami, M, Weeber, H. & Amann, Ch.; Heft 14/2012.
- MASTEL, K & KRUSE, S. (2009); In: Anbausysteme für Energiepflanzen – optimierte Fruchtfolgen + effiziente Lösungen; Hrsg.: Vetter, A; Heiermann, M.; Toews, T; DLG-Verlag.
- MASTEL, K. & TÖPPER, A. (2008); EU änderte 2007 Höchstgehalte für Fusarientoxine in Getreide und Mais zum menschlichen Verzehr; <http://www.ltz-bw.de> Menüpunkte Pflanzenbau/Umweltschutz – Spezielle Themengebiete [23.05.2014]; [Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\MASTEL_2008_EU_änderte_2007_Höchstgehalte_für_Fusarientoxine_.pdf](#)
- SCHATTAUER, A. & WEILAND, P. (2006); Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Herausgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Aufl. 2006. Kapitel 2: Grundlagen der anaeroben Fermentation. S. 29-31.
- TOEWS, T. & KUHLMANN, F. (2009); Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen – Endbericht, <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22002505.pdf>, [23.05.2014]; [Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\TOEWS_2009_Ökonomische_Bewertung_des_Anbaus_und_.pdf](#)
- TrinkwV (2001); Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch; Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl. I S. 2977), die durch Artikel 4 Absatz 22 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
- VDLUFA (2004); VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung; Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland: Körschens, M. (Hrsg.), Rogasik, J. (Mitarb.), Schulz, E. (Mitarb.), 12 S., Bonn;
<http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf>;
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\VDLUFA_2004_Standpunkt_Humusbilanzierung.pdf](#)
- WALTER, H. & LIETH (1960-1967); Klimadiagramm-Weltatlas, 253 S.; Jena: G. Fischer VEB.
- WILLMS, M. (2014); Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.; E-Mail-Mitteilung an LTZ Augustenberg am 13.01.2014.
- WILLMS, M., SPECKA, X. & PETER, CH. (2013); Vorläufiger Endbericht zu Teilprojekt II „Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus“ (Projekt der FNR: „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II); Teil I: Abiotische Folgewirkungen; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.; unveröffentlicht.
[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\Ökologie_TP2_Abschlussbericht_EVA_II_2013.pdf](#)

WILLMS, M., DEUMLICH, D. & WENKEL, K.-O. (2009); Schlussbericht zu Teilprojekt II „Ökologische Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA)“; Teil I: Abiotische Folgewirkungen; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.; unveröffentlicht.

[Linkdateien\Literatur_Abschlussbericht\Ökologie_TP2_Abschlussbericht_EVA_II_2013.pdf](#)

ZORN, W., HEß, H., ALBERT, E., KOLBE, H., KERSCHBERGER, M. & FRANKE, G. (2007); Düngung in Thüringen 2007 nach „Guter fachlicher Praxis“; Heft 7/2007 der Schriftenreihe „Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen“; Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; Eigenverlag.

<http://www.tll.de/ainfo/pdf/dung0108.pdf>

6 ANHANG I

Tab. 6-1: Vierjährige Fruchtfolgen 1 bis 9 der 1. Anlage (ab 2005) und 2. Anlage (ab 2006) (EVA I)

Ernte		1. Anlage 2005		2006		2007		2008
		2. Anlage 2006		2007		2008		2009
FF		Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- frucht
bundesweit	1*	<u>S.Gerste</u>	<u>Ölrettich</u>	Mais		W.Triticale	<u>Zuckerhirse</u>	WW
	2	Sudangras		Grünrog.	Mais	W.Triticale		WW
	3	Mais		Grünrog.	Sudangras	W.Triticale	Einj.Weidelg.	WW
	4	S-Gerste	Luz./Kleegr.	Luz./Kleegr.		Luz./Kleegr.		WW
	5	Hafer-SoMi		W-Triticale		W.Raps		WW
regional	6*	Zuckerhirse		W-Gerste	Sudangras	W.Raps	<u>Hafer</u>	WW
	7*	Sonnenblume		W-Triticale	Zuckerhirse	<u>Mais</u>		WW
	8	Mais		Grünrog.	Mais	Mais		WW
	9*	<u>S.Gerste</u>	<u>Erbse</u>	Grünrog.	Zuckerhirse	Mais		WW

Unterstrichen: Andere Kultur in EVA II. *Kursiv:* Kornnutzung.
 Nummern der FF 4 u. 5 im EVA-II-Zeitraum getauscht.

SoZF = Sommer-
zwischenfrucht

6.1 Anhang Trockenmasse- und Methanerträge

Tab. 6-2: Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 1. und 2. Anlage (EVA I)

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		TM dt/ha*a
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	S-Gerste 82	Ölrettich 37	Mais 196		W-Triticale 56	Zuckerhirse 155	175
2	Sudangras 134		Grünrog. 43	Mais 160	W-Triticale 42	Stroh 69	149
3	Mais 233		Grünrog. 57	Sudangras 129	W-Triticale 21	Einj.Weidelg. 53	164
4	S-Gerste 82	Luz./Kleegr. 44	Luz./Kleegr. 127		Luz./Kleegr. 117		123
5	Hafer 86		W-Triticale 125		W-Raps (x)		(x)
6*	Zuckerhirse 181		W-Gerste 55	Sudangras 123	W-Raps 56	Hafer 50	154
7*	Sonnenblume 164		W-Triticale 62	Zuckerhirse 122	Mais 256		201
8	Mais 200		Grünrog. 55	Mais (Korn) 72	Mais 240		189
9*	S-Gerste 81	Erbse 38	Grünrog. 58	Zuckerhirse 132	Mais 246		185

* FF-Änderungen in EVA II

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung (x) FF5 Raps Vogelfraß komplett

FF	2. Anlage 2006		2007		2008		TM dt/ha*a
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	S-Gerste 70	Ölrettich 21	Mais 247		W-Triticale 143	Zuckerhirse 74	185
2	Sudangras 128		Grünrog. 30	Mais 241	W-Triticale 63	Stroh 53	172
3	Mais 178		Grünrog. 35	Sudangras 139	W-Triticale 121	Einj.Weidelg. 12	162
4	S-Gerste 79		Luz./Kleegr. 98		Luz./Kleegr. 173		117
5	Hafer 77		W-Triticale 124		W-Raps 12	Stroh 38	83
6*	Zuckerhirse 101		W-Gerste 42	Sudangras 131	W-Raps 52	Hafer (x)	(x)
7*	Sonnenblume 82		W-Triticale 71	Zuckerhirse 123	Mais 199		158
8	Mais 176		Grünrog. 42	Mais (Korn) 104	Mais 189		170
9*	S-Gerste 78	Erbse 8	Grünrog. 34	Zuckerhirse 128	Mais 204		151

* FF-Änderungen in EVA II

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 6 2008 kein Haferertrag, Wildschaden.

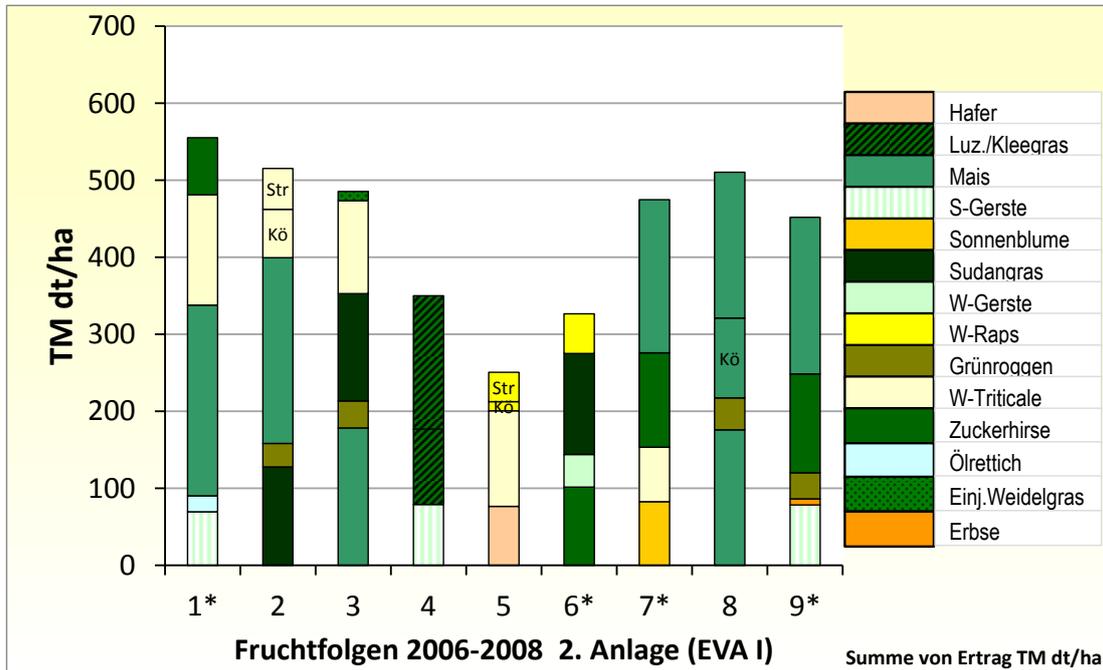
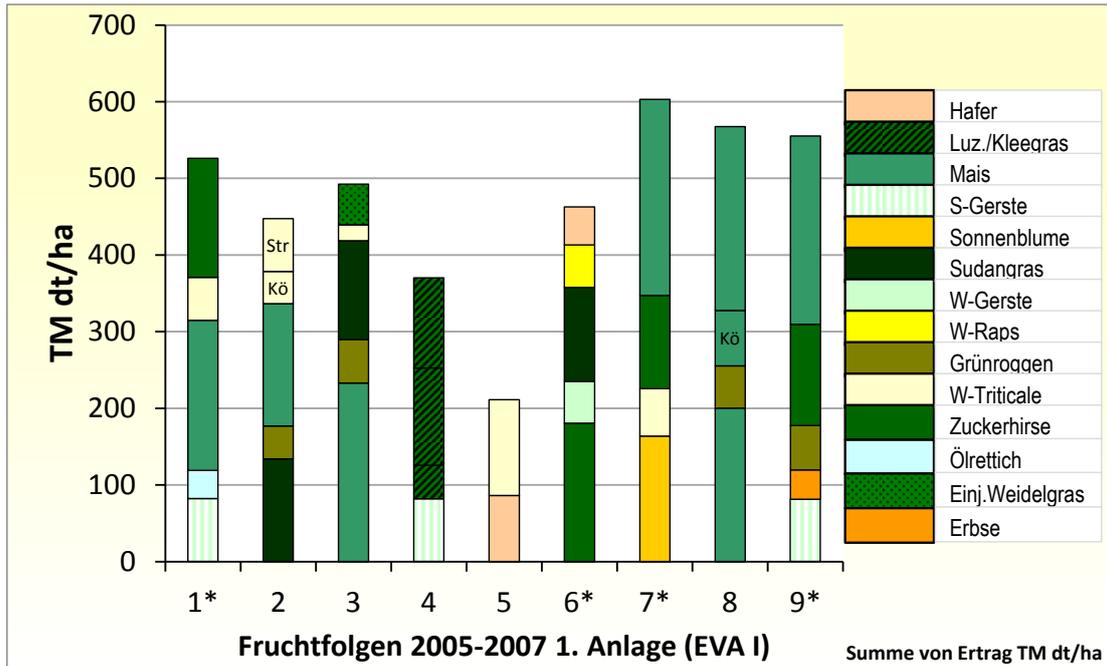


Abb. 6-1: Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 1. und 2. Anlage (EVA I).

*: Einzelne Fruchtfolgeglieder in EVA II geändert.

FF 6 2008 wegen Wildschaden kein Haferertrag.

Tab. 6-3: Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		TM dt/ha*a
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	W-Gerste 127	Sudangras 151	Mais 191		W-Triticale 83	Phacelia 19	190
2	Sudangras 199		Grünrog. 44	Mais 149	W-Triticale 51	Stroh 40	161
3	Mais 232		Grünrog. 55	Sudangras 143	W-Triticale 84	Einj.Weidelg. 44	186
5	S-Gerste 112	Luz./Kleegr. 13	Luz./Kleegr. 123		Luz./Kleegr. 154		134
4	Hafer-SoMi 137		W-Triticale 124		W-Raps 13	Stroh 35	103
6*	Zuckerhirse 246		W-Gerste 42	Sudangras 137	W-Raps 34	Mais 210	223
7*	Sonnenblume 132		W-Triticale 44	Zuckerhirse 139	Zuckerrüben 246		187
8	Mais 193		Grünrog. 53	Mais (103 Korn) 136	Mais 225		202
9*	Mais 219		Grünrog. 61	Zuckerhirse 162	Mais 219		220

* Mit Änderungen gegenüber 1. Rotation 2005/06 - 2008/09; SoZF = Sommerzwischenfrucht
 kursiv: Kornnutzung FF8 Ftg3 nur 2 Parz statt 4
 FF-Glied 3 Ertrag 2010 unsicher, teils Wildschaden

FF	4. Anlage 2010		2011		2012		TM dt/ha*a
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	W-Gerste 51	Sudangras 134	Mais 271		W-Triticale 114	Phacelia 10	193
2	Sudangras 149		Grünrog. 40	Mais 210	W-Triticale 66	Stroh 32	166
3	Mais 200		Grünrog. 44	Sudangras 123	W-Triticale 98	Einj.Weidelg. 45	170
5	S-Gerste 62	Luz./Kleegr. 14	Luz./Kleegr. 153		Luz./Kleegr. 129		119
4	Hafer-SoMi 83		W-Triticale 106		W-Raps 23	Stroh 45	86
6*	Zuckerhirse 156		W-Gerste 51	Sudangras 153	W-Raps 30	Mais 217	202
7*	Sonnenblume 139		W-Triticale 47	Zuckerhirse 183	Zuckerrüben 177		182
8	Mais (x)		Grünrog. 37	Mais (75 Korn) 175	Mais 137		(x)
9*	Mais 219		Grünrog. 47	Zuckerhirse 167	Mais 162		198

* Mit Änderungen gegenüber 1. Rotation 2005/06 - 2008/09; SoZF = Sommerzwischenfrucht
 kursiv: Kornnutzung
 (x) FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden.

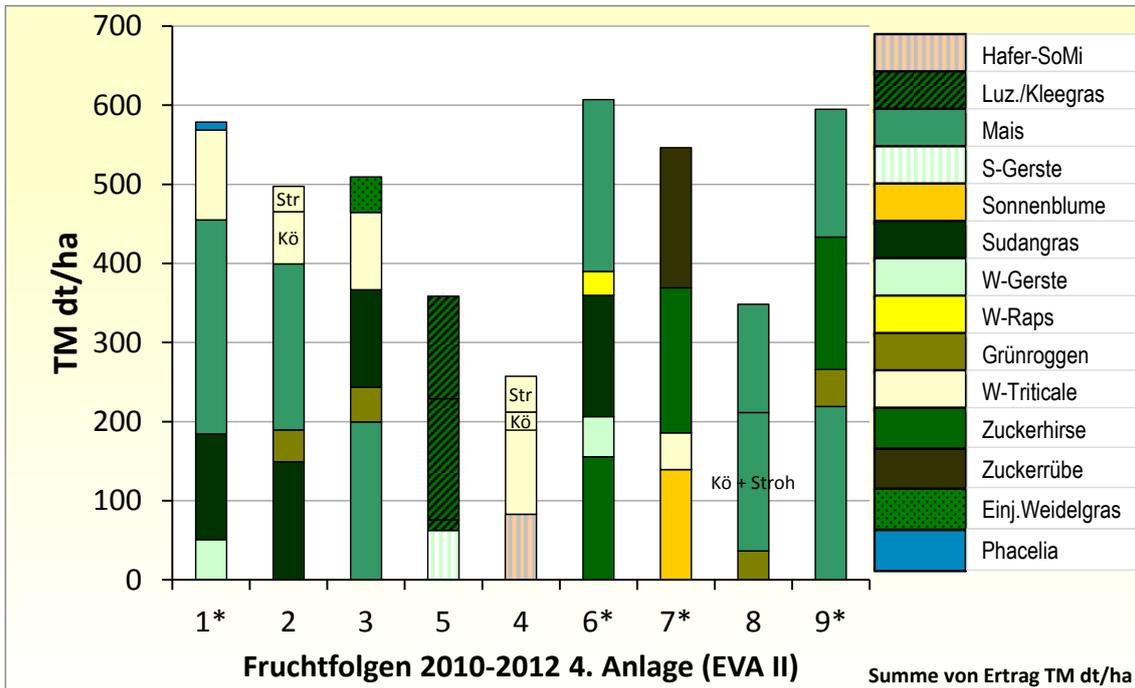
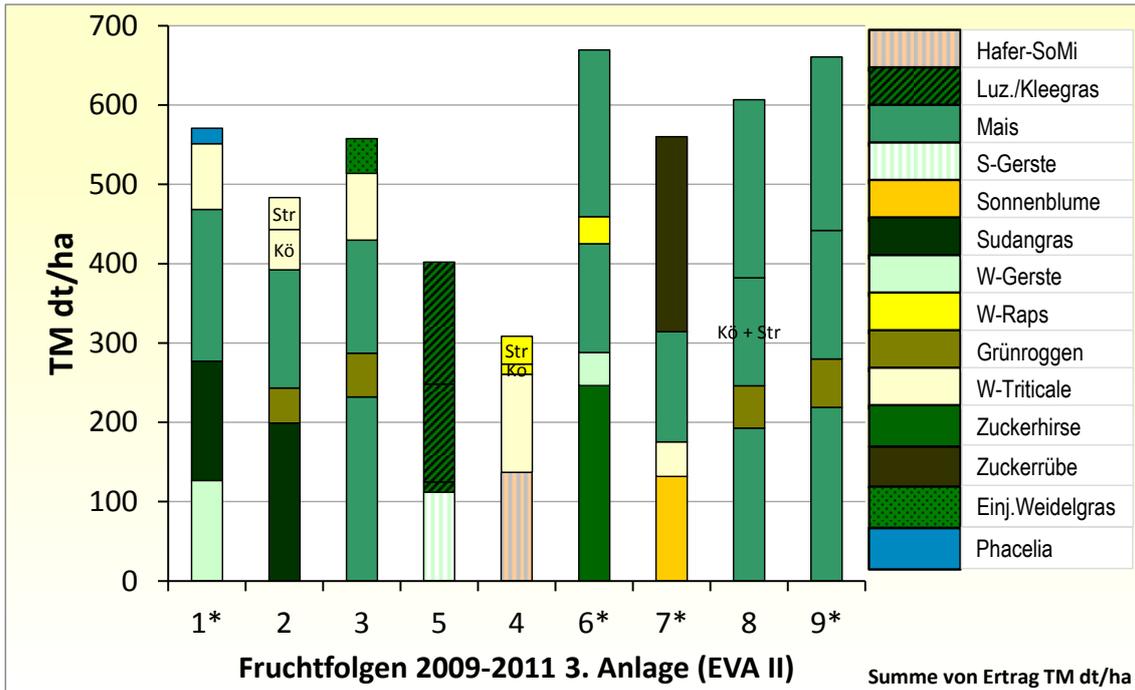


Abb. 6-2: Gestapelte Erträge [dt TM/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II).

*: Einzelne Fruchtfolgeglieder gegenüber EVA II geändert.

4. Anlage FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden; 3. Anlage FF-Glied 3 Ertrag 2010 unsicher, teils Wildschaden

Tab. 6-4: Methanerträge [CH₄m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, 1. und 2. Anlage (EVA I) getrennt

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		m ³ CH ₄ / Biogas-jahr
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	
1*	S-Gerste 2186	Ölrettich 719	Mais 5594		W-Triticale 1545	Zuckerhirse 3850	4600
2	Sudangras 3152		Grünrog. 1111	Mais 4713	W-Triticale	<i>Kornntzg.</i>	4500
3	Mais 6399		Grünrog. 1464	Sudangras 3224	W-Triticale 566	Einj. Weidelg. 1168	4300
4	S-Gerste 2131	Luz./Kleegr. 1027	Luz./Kleegr. 2931		Luz./Kleegr. 2677		2900
5	Hafer 2176		W-Triticale 3419		W-Raps 0	<i>Kornntzg.</i>	2800
6*	Zuckerhirse 4241		W-Gerste 1401	Sudangras 3093	W-Raps 1051	Hafer 1283	3700
7*	Sonnenblume 2900		W-Triticale 1587	Zuckerhirse 2831	Mais 7334		4900
8	Mais 5625		Grünrog. 1420	Mais (Korn) 0	Mais 6847		5600
9*	S-Gerste 2162	Erbse 754	Grünrog. 1486	Zuckerhirse 3069	Mais 7043		4800

* Mit Änderungen gegenüber Wiederholungs-Rotat. 2009/10 - 201 SoZF = Sommerzwischenfrucht
 kursiv: Kornnutzung; FF 5 2007 Raps Vogelfraß, deshalb keine Mittelwerte. Summe von m³ CH₄ /ha ATB
 FF 8: 2,5 Methanjahre

FF	2. Anlage 2006		2007		2008		m ³ CH ₄ / Biogas-jahr
	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	Haupt- od. Erstfr.	2. Frucht od. SoZF	
1*	S-Gerste 1907	Ölrettich 378	Mais 7077		W-Triticale 3906	Zuckerhirse 1822	5000
2	Sudangras 3263		Grünrog. 778	Mais 6660	W-Triticale	<i>Kornntzg.</i>	5400
3	Mais 5119		Grünrog. 899	Sudangras 3442	W-Triticale 3313	Einj. Weidelg. 257	4300
4	S-Gerste 2164		Luz./Kleegr. 2179		Luz./Kleegr. 3904		2700
5	Hafer 1991		W-Triticale 3442		W-Raps	<i>Kornntzg.</i>	2700
6*	Zuckerhirse 2360		W-Gerste 1227	Sudangras 3081	W-Raps 1014	Hafer (x)	2600
7*	Sonnenblume 1445		W-Triticale 1807	Zuckerhirse 3104	Mais 5812		4100
8	Mais 5153		Grünrog. 1063	Mais (Korn) 0	Mais 5551		4700
9*	S-Gerste 2112	Erbse 148	Grünrog. 861	Zuckerhirse 3193	Mais 5982		4100

* Mit Änderungen gegenüber 1. Rotation 2005/06 - 2008/09; SoZF = Sommerzwischenfrucht
 kursiv: Kornnutzung Summe von m³ CH₄ /ha ATB
 (x) FF 6 2008 kein Haferertrag Wildschaden, FF 8: 2,5 Methanjahre

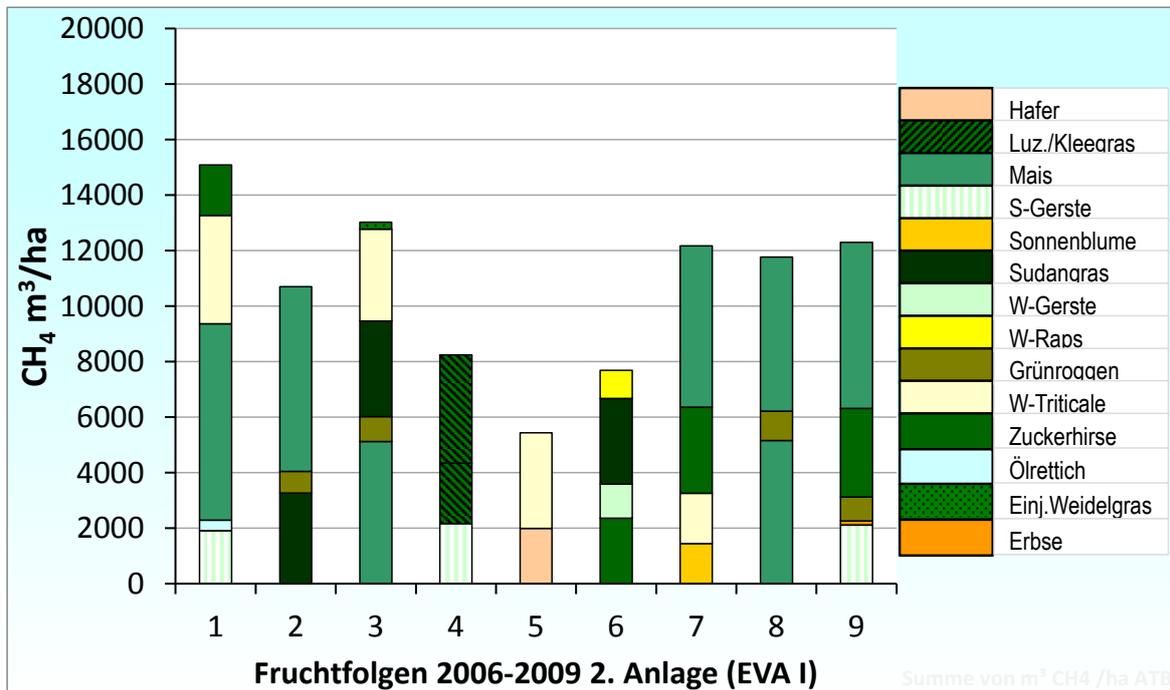
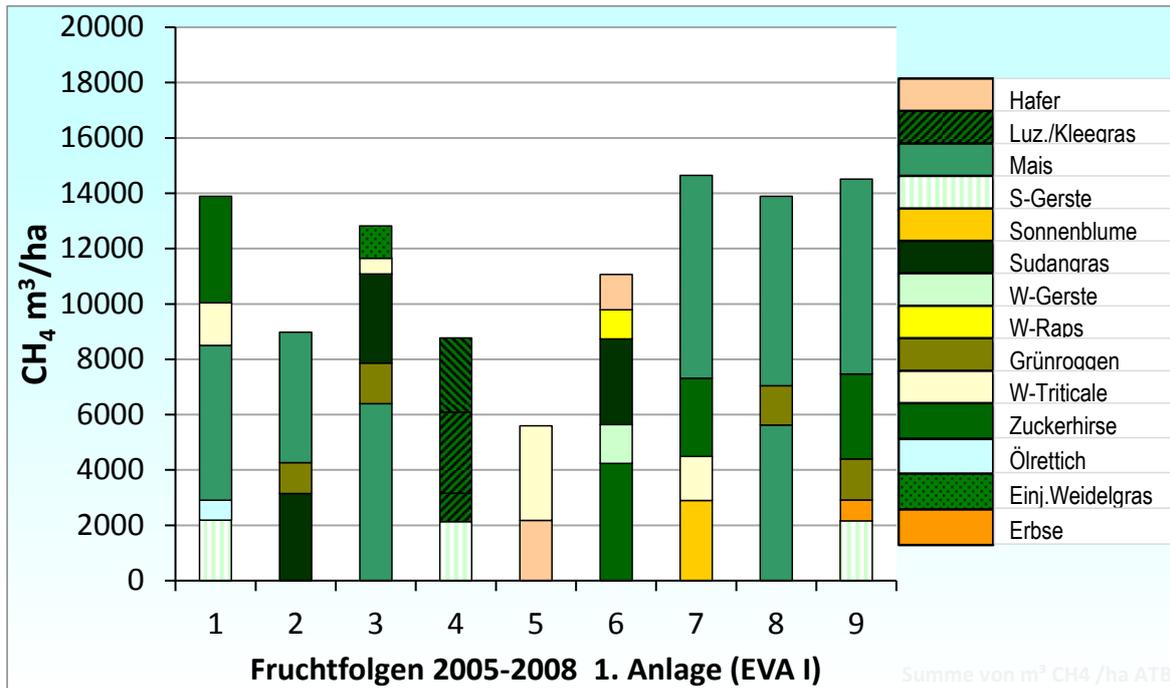


Abb. 6-3: Gestapelte Methanerträge [CH₄m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, 1. und 2. Anlage (EVA I) getrennt.

*: Einzelne Fruchtfolgeglieder in EVA II geändert.

FF 6 2008 wegen Wildschaden kein Haferertrag.

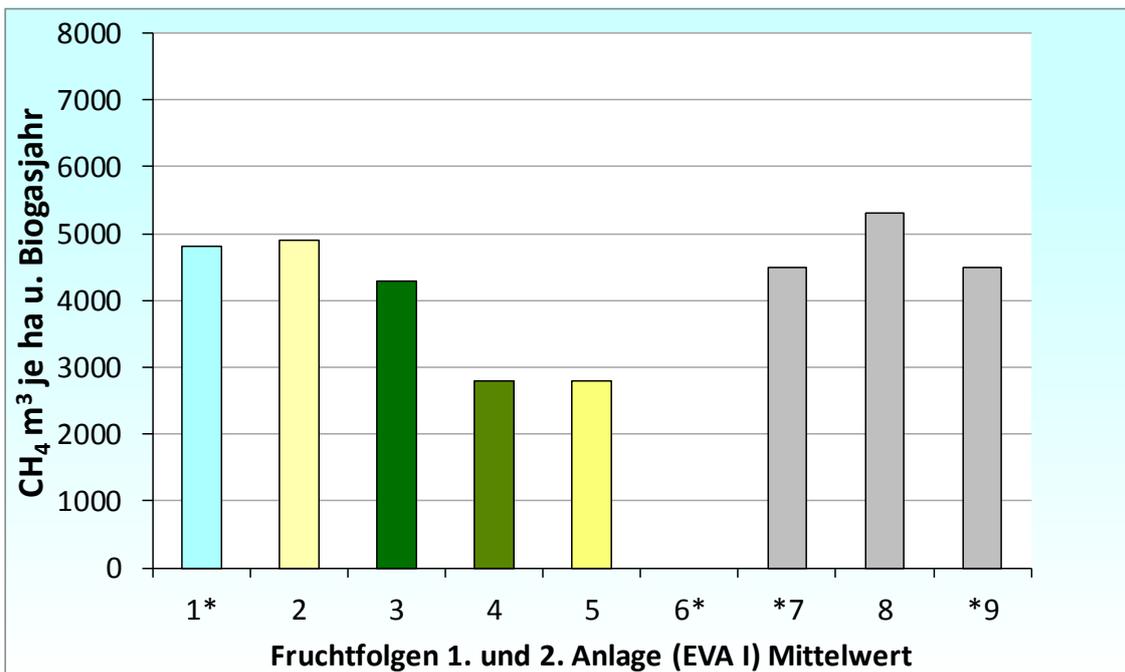
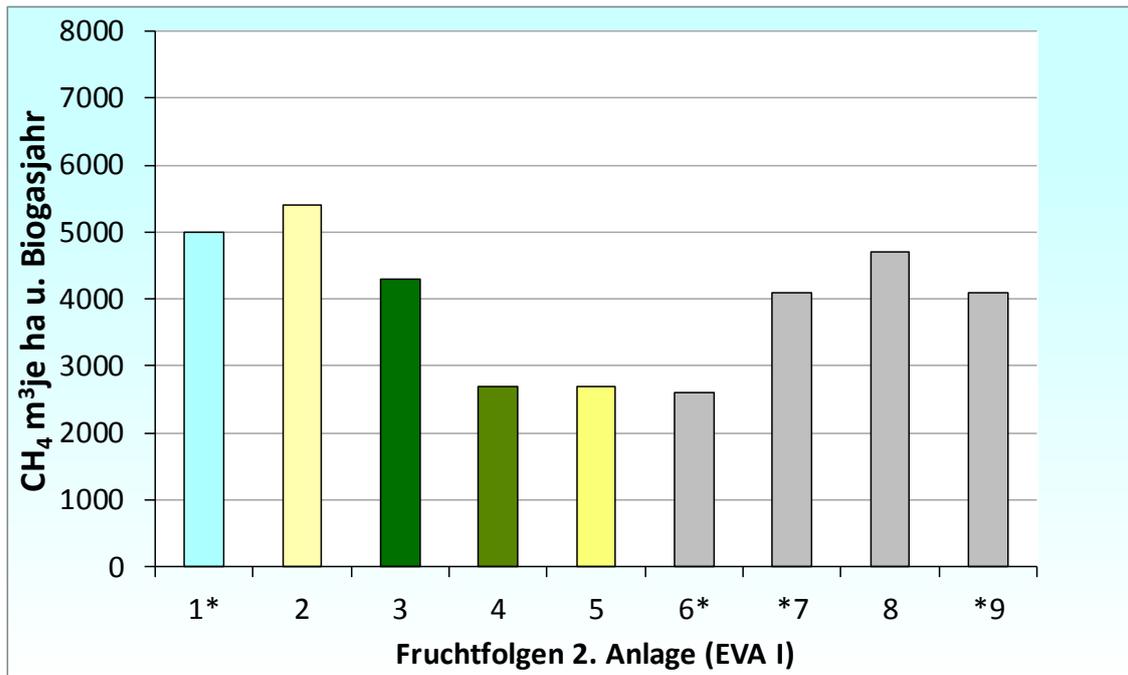


Abb. 6-4: CH₄-Erträge je Biogasjahr [m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, 1. und 2. Anlage (EVA I) getrennt.

FF 6 der 2. Anlage ohne Haferertrag siehe Tab. 6-4, S. 96, deshalb kein Mittelwert.

Tab. 6-5: Methanerträge [CH₄m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II) getrennt

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		m ³ CH ₄ / Biogas- jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	W-Gerste 3465	Sudangras 3743	Mais 5517		W-Triticale 2294	Phacelia	5000
2	Sudangras 4927		Grünrog. 1147	Mais 4412	W-Triticale	Kornntzg.	5200
3	Mais 6666		Grünrog. 1533	Sudangras 3671	W-Triticale 2316	Einj.Weidelg. 601	4900
5	S-Gerste 3005	Luz./Kleegr. 304	Luz./Kleegr. 2926		Luz./Kleegr. 3730		3300
4	Hafer-SoMi 3604		W-Triticale 3354		W-Raps	Kornntzg.	3500
6*	Zuckerhirse 6128		W-Gerste 1097	Sudangras 3798	W-Raps 735	Mais 6152	6000
7*	Sonnenblume 2324		W-Triticale 1113	Zuckerhirse 3264	Zuckerrüben 7733		4800
8	Mais 5666		Grünrog. 1373	Mais (Korn)	Mais 6545		5400
9*	Mais 6411		Grünrog. 1636	Zuckerhirse 4049	Mais 6403		6200

* Mit Änderungen gegenüber 1. Rotation 2005/06 - 2008/09;
kursiv: Kornnutzung

FF 8: 2,5 Methanjahre

SoZF = Sommerzwischenfrucht

Summe von m³ CH₄ /ha ATB

FF	4. Anlage 2010		2011		2012		m ³ CH ₄ / Biogas- jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	
1*	W-Gerste 1247	Sudangras 3427	Mais 7949		W-Triticale 3186	Phacelia	5300
2	Sudangras 3827		Grünrog. 1124	Mais 6172	W-Triticale	Kornntzg.	5600
3	Mais 5766		Grünrog. 1286	Sudangras 3065	W-Triticale 2743	Einj.Weidelg. 1003	4600
5	S-Gerste 1680	Luz./Kleegr. 316	Luz./Kleegr. 3722		Luz./Kleegr. 3072		2900
4	Hafer-SoMi 2020		W-Triticale 2892		W-Raps	Kornntzg.	2500
6*	Zuckerhirse 3861		W-Gerste 1540	Sudangras 3842	W-Raps 566	Mais 6429	5400
7*	Sonnenblume 2453		W-Triticale 1302	Zuckerhirse 4525	Zuckerrüben 5365		4500
8	Mais (x)		Grünrog. 1012	Mais (Korn)	Mais 3922		(x)
9*	Mais 6280		Grünrog. 1377	Zuckerhirse 4202	Mais 4610		5500

* Mit Änderungen gegenüber 1. Rotation 2005/06 - 2008/09;
kursiv: Kornnutzung

SoZF = Sommerzwischenfrucht

Summe von m³ CH₄ /ha ATB

(x) FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden.

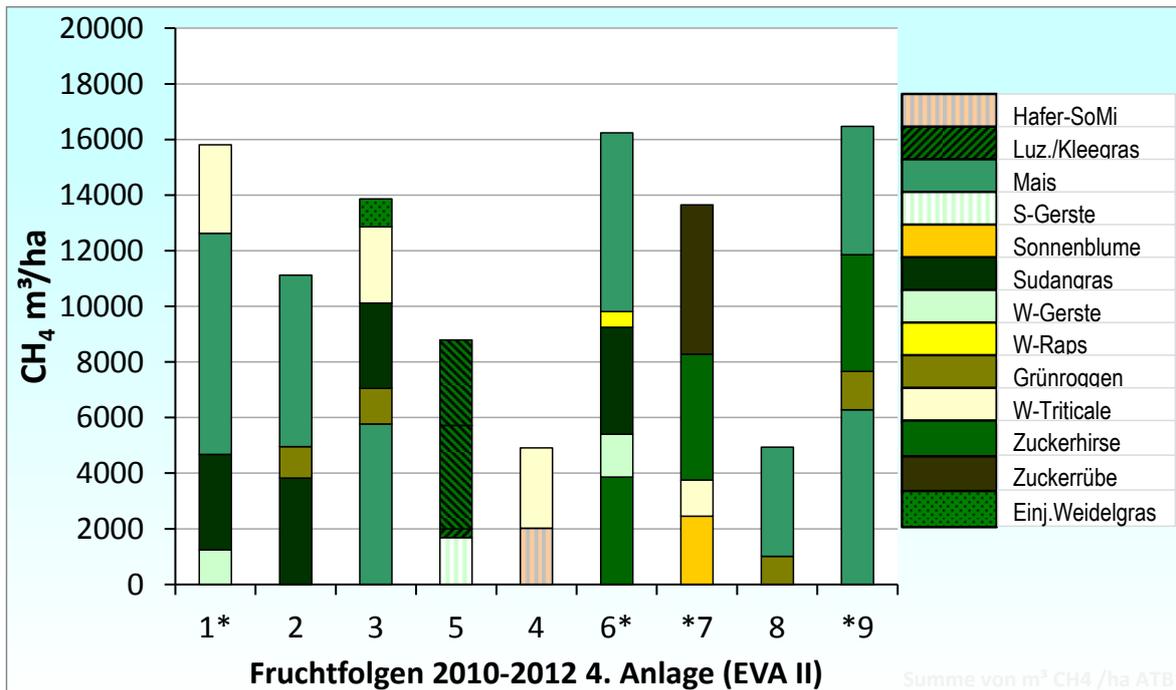
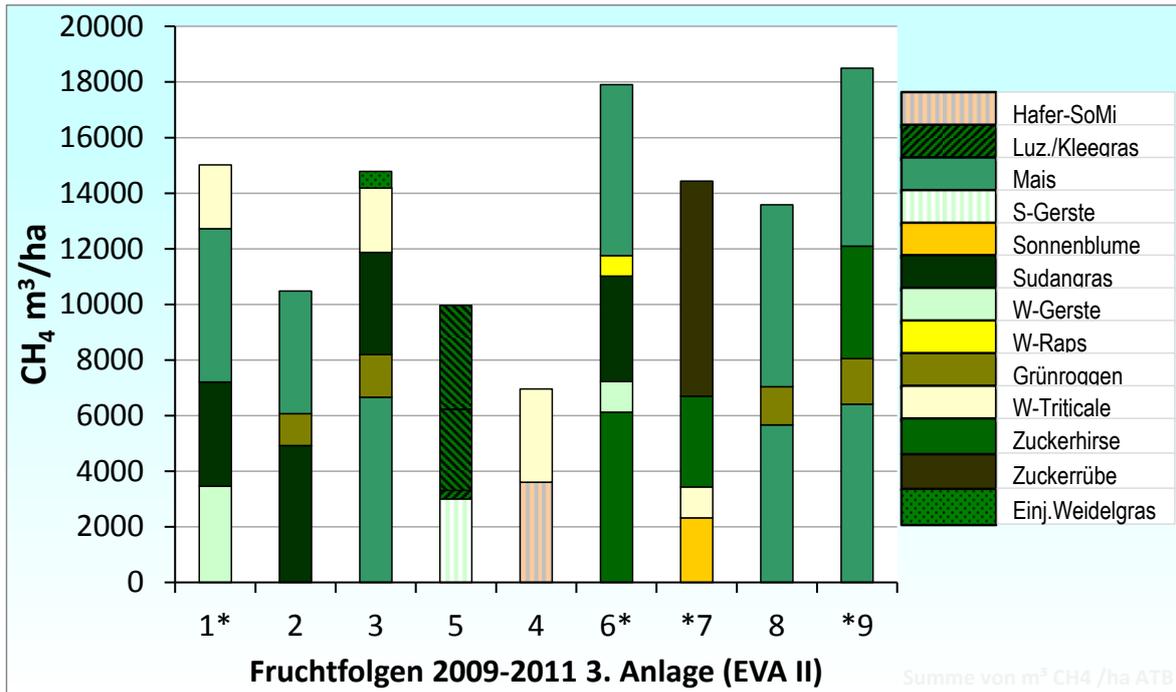


Abb. 6-5: Gestapelte Methanerträge [CH₄m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchfolgen 1 bis 9 (ohne W.Weizen), 3. und 4. Anlage (EVA II) getrennt.

*: Einzelne Fruchtfolgeglieder gegenüber EVA II geändert.

4. Anlage FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden.

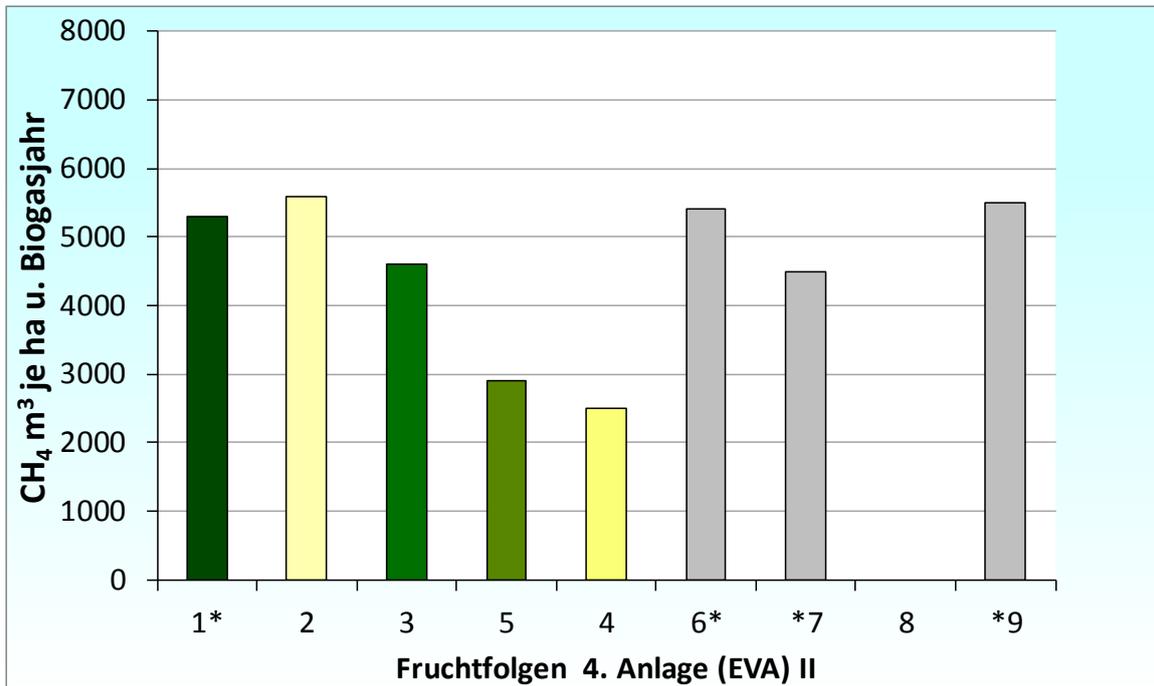
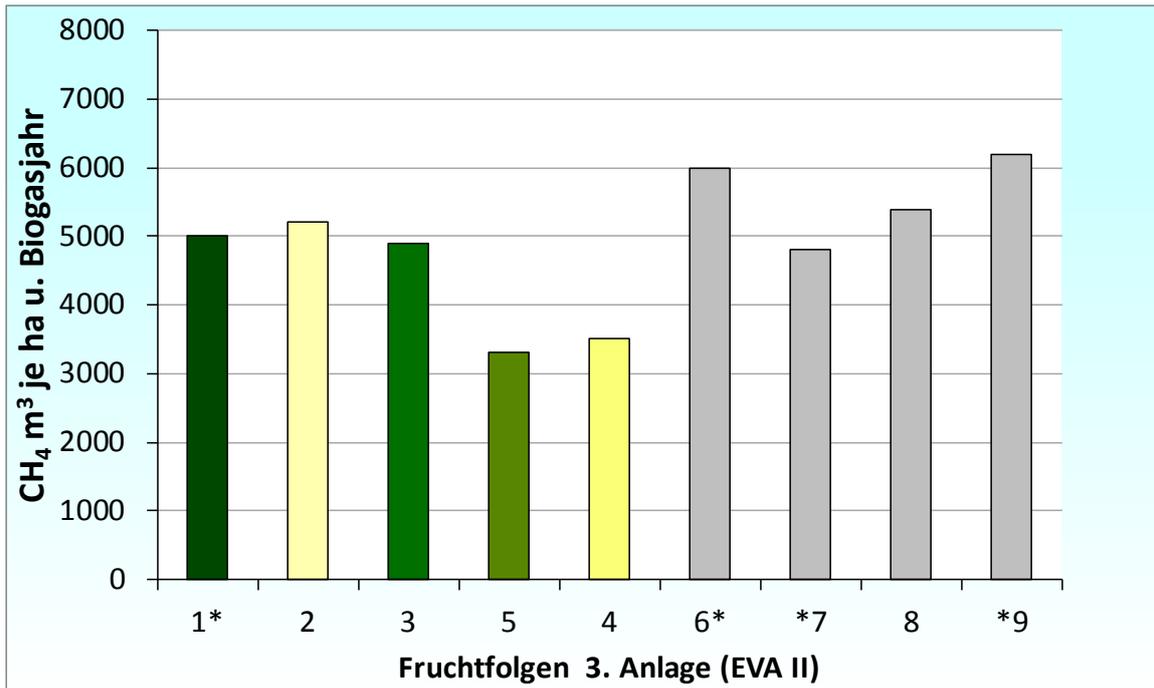


Abb. 6-6: CH₄-Erträge je Biogasjahr [m³/ha] der Fruchtfolgeglieder Fruchtfolgen 1 bis 9, 3. und 4. Anlage (EVA II).

4. Anlage FF 8 1. FF-Glied kein Ertrag, da 2010 Wildschaden, deshalb kein Mittelwert.

6.2 Anhang W.Weizen

Tab. 6-6: N-Bilanz des Abschluss-Fruchtfolgliedts W.Weizen [N kg/ha]

W.Weizen N-Zufuhr kg/ha										
Vorfrüchte	Tri/ Pha**	Tri	Tri/Wdg	Luzgr.	WRap	WRap/ Ma**	ZR***	Ma	Ma	
Fruchtfolge	1	2	3	4 ^x	5 ^x	6	7	8	9	Ø
2013	170	178	170	167	143	181	146	178	178	168
2012	150	164	165	154	146	154	154	154	94	148
2009	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
2008	180	180	120	180	180	180	180	180	180	173
Mittel	170	175	159	170	162	174	165	173	158	167

W.Weizen N-Abfuhr kg/ha										
Fruchtfolge	1	2	3	4 [*]	5 [*]	6	7	8	9	Ø
2013	150	142	159	167	169	145	132	156	158	153
2012	110	127	122	133	136	131	141	128	129	128
2009	151	154	148	187	173	164	146	156	147	158
2008	76	92	92	103	91	111	106	92	82	94
Mittel	122	129	130	148	142	138	132	133	129	133

W.Weizen N-Saldo kg/ha										
Fruchtfolge	1	2	3	4 [*]	5 [*]	6	7	8	9	Ø
2013	20	36	12	0	-26	35	13	23	20	15
2012	40	37	43	21	10	23	13	26	-35	20
2009	29	26	32	-8	7	16	34	24	33	21
2008	104	88	28	76	89	69	73	88	98	79
Mittel	48	47	29	23	20	36	33	40	29	34

Berechnung mit ZALF-Angaben

^x 2012 u. 2013 FF 5 (Luzgr.FF EVA II) steht in Spalte FF 4 (Luzgr.FF EVA I)^{*} 2008 u. 2009 Vorfrucht Tri/Zuhi^{**} 2008 u. 2009 WRa/Hafer^{***} 2008 u. 2009 Vorfrucht Mais

Tab. 6-7: Anzahl der Proben (Parzellen) je Wert in Tab. 3-9, S. 48

WW Korn TM dt/ha und RP % Anzahl Proben									
Fruchtfolge	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2013*	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2012	4	4	4	4	4	4*	4*	4*	4*
2009	4	4	3	4	4	4	4	4	3
2008	3	3	3	3	2	4	3	3	4

*RP % analysiert an einer Mischprobe aus angegebener Anzahl Proben

Tab. 6-8: Weitere Qualitätsparameter Abschluss-Fruchtfolgeglied W.Weizen [N kg/ha]

[Linkdateien\Abschlussbericht_V103-Erntedaten-LTZ 2012 ZUM EINTRAGEN!!!_JP-3_20140221.xls](#) Blatt „WW_Qualität“

WW Korn Tausendkornmasse g										
Vorfrüchte	Tri/Pha**	Tri	Tri/Wdg	Luzgr.	WRap	WRap/Ma**	ZR***	Ma	Ma	
Fruchtfolge	1	2	3	4 ^x	5 ^x	6	7	8	9	Ø
2013	59	54	59	59	58	58	59	57	58	58
2012	51	54	52	53	54	51	52	56	52	53
2009	50	50	49	48	48	49	50	50	48	49
Mittel	53	53	53	53	53	53	54	54	53	53

WW Korn Hektolitergewicht kg hl ⁻¹										
Fruchtfolge	1	2	3	4*	5*	6	7	8	9	Ø
2013	79	78	79	79	79	80	79	79	79	79
2012	79	80	80	80	81	80	81	81	80	80
2009	82	82	82	83	82	82	82	82	82	82
Mittel	80	80	80	81	81	81	81	81	80	81

WW Korn Fallzahl s										
Fruchtfolge	1	2	3	4*	5*	6	7	8	9	Ø
2013	418	437	411	425	424	436	419	436	423	425
2012	390	407	396	441	377	430	402	412	419	408
2009	430	425	422	415	412	416	438	430	400	421
Mittel	413	423	409	427	404	427	420	426	414	418

^x 2012 u. 2013 FF 5 (Luzgr.FF EVA II) steht in Spalte FF 4 (Luzgr.FF EVA I)

2008 keine Werte

* 2009 Vorfrucht Tri/Zuhi

** 2009 WRa/Hafer

*** 2009 Vorfrucht Mais

6.3 Anhang Ökonomie

Tab. 6-9: Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 1. Anlage (EVAI)

1. Anlage (Beginn in 2005)							
FF-Glieder		1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen							
01	FA	SGer	Ölr	Mais	WTrit	ZHirse	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (Gd)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	-99	-216	703	-223	139	133
02	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	39	-285	454	114	318	
03	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	811	-233	-221	-394	-444	370
04	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	22	-205	157	23	285	
05	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei		
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)**	Haupt-Fr. (Korn)		
	€/ha	-10	268	-	361		
06	FA	ZHirse	WGer	SuGr	WRap	Ha	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	238	-240	-49	-430	-226	376
07	FA	SB	WTrit	ZHirse	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-512	-246	6	664	381	
08	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	631	-250	510	631	293	
09	FA	SGer	Erb	WRog	ZHirse	Mais	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	21	-321	-196	44	683	172

** Ertrags erfassung nicht möglich (Schäden)

Tab. 6-10: Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 2. Anlage (EVAI)

2. Anlage							
FF-Glieder		1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen							
01	FA	SGer	Ölr	Mais	WTrit	ZHirse	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (Gd)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	-87	-160	734	233	-260	324
02	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-233	-305	652	313	303	
03	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	603	-339	-5	108	-415	261
04	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-48	-374	-147	206	533	
05	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei		
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)		
	€/ha	-75	227	-147	414		
06	FA	ZHirse	WGer	SuGr	WRap	Ha	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)**	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	-323	-258	-45	-494	-	434
07	FA	SB	WTrit	ZHirse	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-416	-224	39	536	327	
08	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	566	-320	824	469	409	
09	FA	SGer	Erb	WRog	ZHirse	Mais	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	-20	-401	-300	67	699	278

** Ertragsaufnahme nicht möglich (Schäden)

Tab. 6-11: Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 3. Anlage (EVAII)

3. Anlage							
FF-Glieder		1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen							
01	FA	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Stoppelan- saat (Gd)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	-24	-73	443	1	-257	453
02	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	166	-359	453	211	578	
03	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	831	-289	204	-9	-399	545
05	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	37	-201	8	201	588	
04	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei		
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)		
	€/ha	134	195	-229	608		
06	FA	ZHirse	WGer	SuGr	WRap	Mais	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	525	-337	176	-556	939	610
07	FA	SB	WTrit	ZHirse	ZR	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-572	-358	92	-19	633	
08	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	505	-340	996	799	590	
09	FA	Mais	WRog	ZHirse	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	619	-262	281	749	597	

Tab. 6-12: Deckungsbeiträge für die Fruchtfolgen des Standorts Ettlingen in der 4. Anlage (EVAII)

4. Anlage							
FF-Glieder		1	2	3	4	5	6
Fruchtfolgen							
01	FA	WGer	SuGr	Mais	WTrit	Phac	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Stoppelan- saat (Gd)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	-337	173	1100	251	-257	790
02	FA	SuGr	WRog	Mais	WTrit	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	191	-261	850	430	658	
03	FA	Mais	WRog	SuGr	WTrit	EinWeiGr	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	So.-Zw.Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	465	-210	60	83	-505	857
05	FA	SGer	LuzGr	LuzGr	LuzGr	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Untersaat (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-333	-175	194	55	814	
04	FA	HaMisch	WTrit	WRap	WWei		
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (Korn)		
	€/ha	-279	106	129	819		
06	FA	ZHirse	WGer	SuGr	WRap	Mais	WWei
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)
	€/ha	23	-166	190	-478	736	632
07	FA	SB	WTrit	ZHirse	ZR	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-542	-226	310	-420	608	
08	FA	Mais	WRog	Mais	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)**	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (Korn)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	-	-275	623	192	793	
09	FA	Mais	WRog	ZHirse	Mais	WWei	
	Stell.	Haupt-Fr. (GPS)	Wi.-Zw.Fr. (GPS)	Zweit-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (GPS)	Haupt-Fr. (Korn)	
	€/ha	605	-196	291	342	813	

** Ertragserfassung nicht möglich (Wildschaden)

6.4 Anhang Makronährstoffe

Tab. 6-13: Grundnährstoffgehalte, pH-Werte und Humusgehalte EVA I und EVA II zu Vegetationsbeginn

Fruchtfolge	mg/100 g Boden						pH-Wert		%			
	P ₂ O ₅	K ₂ O		Mg		Kalk		Humus				
EVA I	1.Anlage 2008	1	22	D	16	C	8	C	7,4	D	1,4	
		2	24	D	17	C	8	C	7,2	D	1,5	
		3	24	D	16	C	10	C	7,1	D	1,7	
		LuzGrFF	4	22	D	17	C	9	C	7,3	D	1,7
			5	29	D	20	C	9	C	7,2	D	1,9
			6	24	D	15	C	11	C	7,1	D	1,8
			7	23	D	14	B	9	C	7,2	D	1,7
			8	26	D	16	C	9	C	7,2	D	1,5
			9	27	D	18	C	9	C	7,2	D	1,8
	2.Anlage 2009	1	22	D	20	C	12	C	6,2	B	1,8	
		2	15	C	17	C	10	C	6,2	B	1,5	
		3	14	C	16	C	10	C	5,6	B	1,7	
		LuzGrFF	4	18	C	19	C	11	C	6,2	B	1,7
			5	17	C	23	C	11	C	6,2	B	1,6
			6	13	C	17	C	10	C	5,8	B	1,8
			7	16	C	20	C	11	C	5,9	B	1,6
			8	16	C	20	C	11	C	6,0	B	1,6
			9	15	C	20	C	10	C	6,2	B	1,7
EVA II	3.Anlage 2012	1	21	D	14	B	9	C	7,1	D	1,5	
		2	27	D	18	C	9	C	7,0	C	1,5	
		3	25	D	17	C	9	C	7,0	C	1,7	
		LuzGrFF	4	24	D	15	C	10	C	7,2	D	1,5
			5	26	D	17	C	11	C	7,0	C	1,9
			6	23	D	11	B	10	C	7,2	D	1,7
			7	23	D	9	B	9	C	7,2	D	1,6
			8	28	D	15	C	9	C	7,1	D	1,8
			9	26	D	15	C	10	C	7,1	D	1,6
	4. Anlage 2013	1	15	C	24	C	9	C	6,3	C	1,7	
		2	14	C	21	C	9	C	6,3	C	1,8	
		3	16	C	21	C	8	C	6,6	C	1,7	
		LuzGrFF*	4	19	C	28	D	9	C	6,5	C	1,8
			5	16	C	19	C	10	C	6,4	C	1,8
			6	16	C	17	C	9	C	6,4	C	1,9
			7	15	C	14	B	9	C	6,4	C	1,6
			8	18	C	26	D	9	C	6,4	C	1,7
			9	18	C	22	C	9	C	6,6	C	1,8

*LuzGrFF 5 4. Anlage kam versehentlich auf LuzGrFF 4 der 2. Anlage zu liegen. D. h. dort 2x 2jähriges LuzGr. Somit zwischen 1. LuzGr-Anbau und 2. LuzGr-Anbau nur 2 Jahre Pause.

Tab. 6-14: Abweichungen EVA-Ganzpflanzengehalte in der Frischmasse minus Gehalte für Düngeberechnung (Düngbedarf-2012)

Ganzpflanze	N Abweichung in %	P ₂ O ₅ Abweichung in %	K ₂ O Abweichung in %	MgO Abweichung in %
1j. Weidelgras	-22	19	17	65
Futterhirse	-30	-17	2	66
Hafer-SoMi	-11	-4	11	30
Luzernegras	-4	5	19	-1
Mais	-21	-24	-15	-19
Sonnenblumen	-46	-11	-18	51
Sudangras	16	-24	25	-11
W.Roggen	-22	-27	33	-36
W.Triticale	-9	-18	31	-9

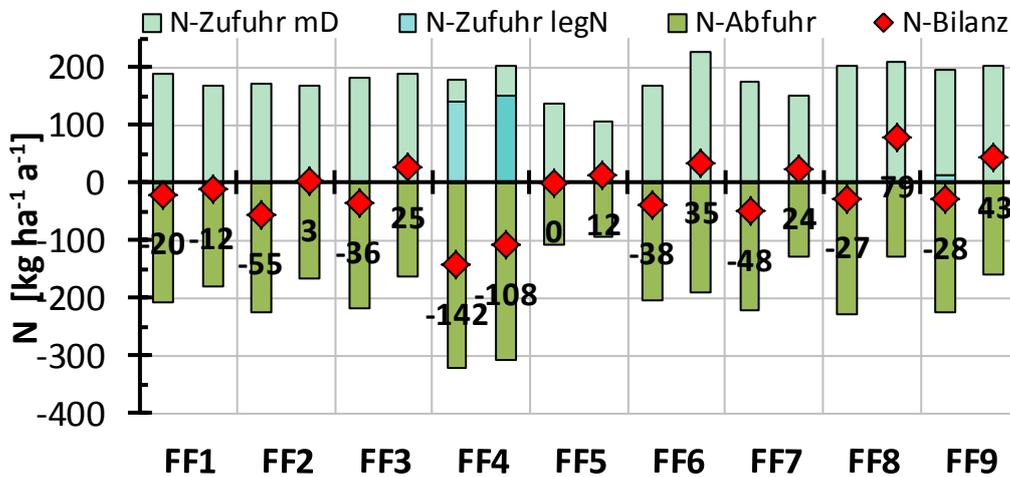


Abb. 6-7: N-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.

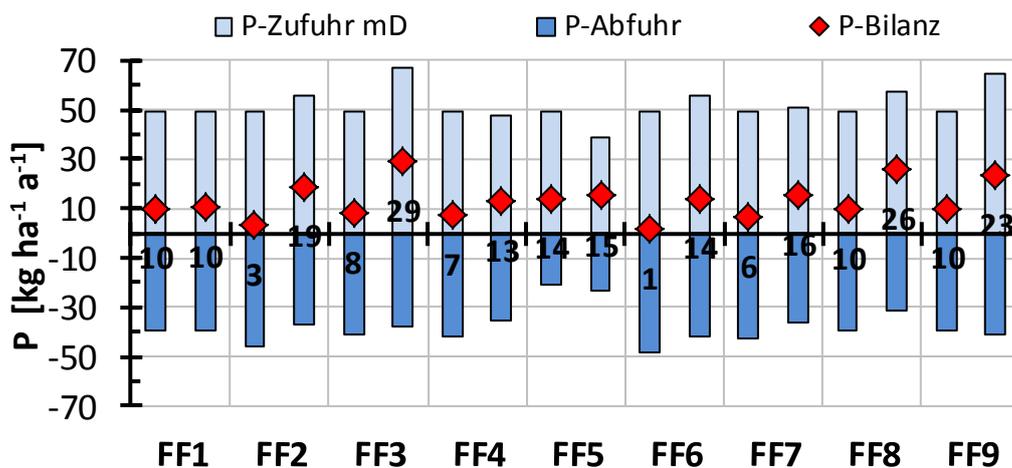


Abb. 6-8: P-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.

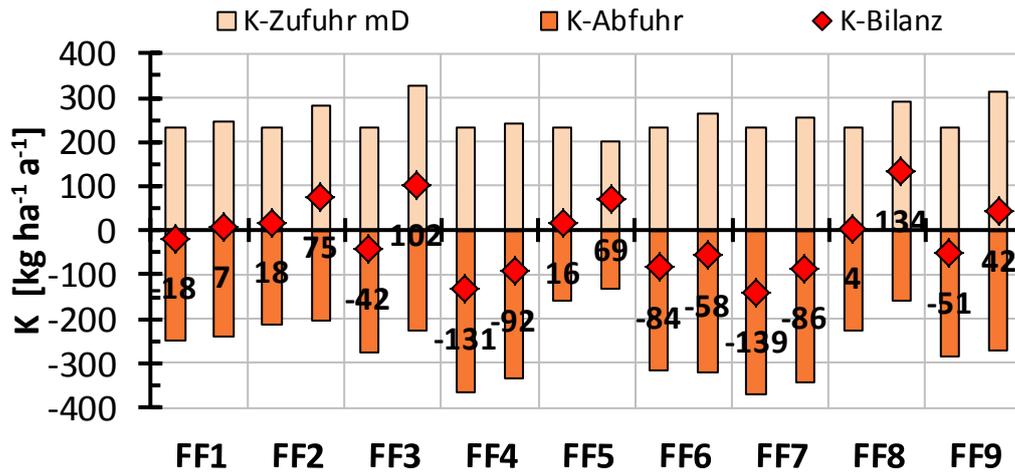


Abb. 6-9: K-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.

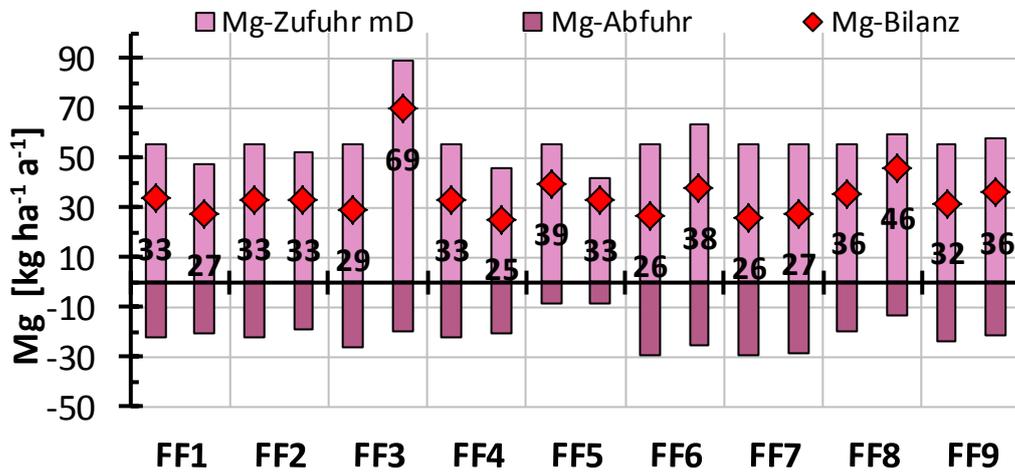


Abb. 6-10: Mg-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.

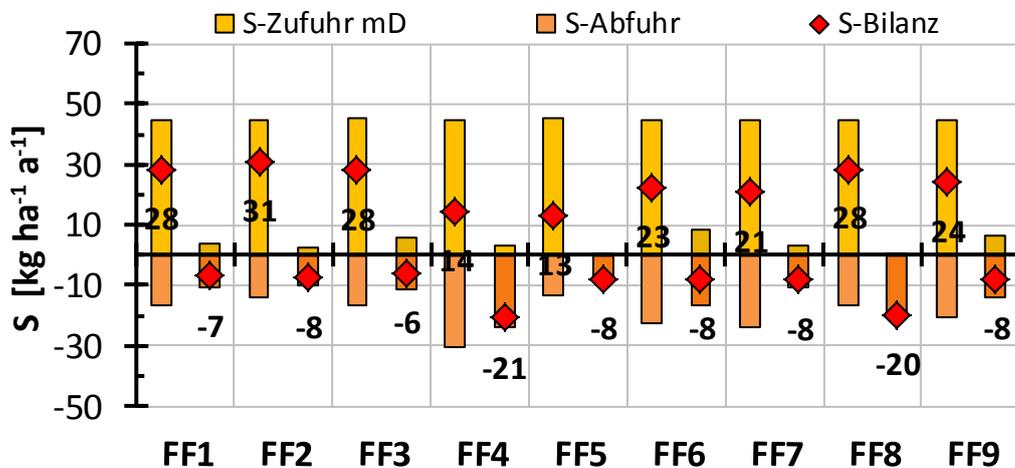


Abb. 6-11: S-Zufuhr, -Abfuhr und -Bilanz FF1 bis FF9; linke Säule EVA I, rechte S. EVA II.

Tab. 6-15: N-Bilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)

N	kg/ha	FF 01	Fruchtfolge 01															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	W.Gerste	60	0	-167	-107	60	0	-68	-8	60		0		-118		-58	
2	2009+2010	Sudangras	170	0	-106	64	170	0	-171	-1	170		0		-139		32	
3	2010+2011	Mais	200	0	-190	10	180	0	-216	-37	190		0		-203		-13	
4	2011+2012	W.Triticale	90	0	-65	24	74	0	-90	-16	82	je	0		-78	je	4	je
5	2011+2012	Phacelia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jahr	0		0	Jahr	0	Jahr
	Summe		520	0	-529	-9	484	0	-546	-62	502	167	0		-537	-179	-35	-12
N	kg/ha	FF 02	Fruchtfolge 02															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2010+2011	Sudangras	170	0	-186	-16	170	0	-193	-22	170		0		-189		-19	
2	2010+2011	W.Roggen	60	0	-63	-3	35	0	-40	-5	48		0		-51		-4	
3	2010+2011	Mais	200	0	-181	19	200	0	-164	36	200	je	0		-172	je	28	je
4	2011+2012	W.Triticale	98	0	-77	21	82	0	-94	-12	90	Jahr	0		-85	Jahr	4	Jahr
	Summe		528	0	-507	21	487	0	-490	-3	508	169	0		-499	-166	9	3
N	kg/ha	FF 03	Fruchtfolge 03															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	Mais	200	0	-185	16	200	0	-200	0	200		0		-192		8	
2	2010+2011	W.Roggen	60	0	-52	8	45	0	-39	6	53		0		-46		7	
3	2010+2011	Sudangras	170	0	-115	56	170	0	-132	38	170		0		-123		47	
4	2011+2012	W.Triticale	90	0	-71	18	74	0	-74	0	82	je	0		-73	je	9	je
5	2011+2012	Einj. Weidelgras	60	0	-52	8	60	0	-58	2	60	Jahr	0		-55	Jahr	5	Jahr
	Summe		580	0	-475	105	549	0	-504	45	565	188	0		-489	-163	75	25

Tabellenüberschrift siehe S. 111

N	kg/ha	FF 04	Fruchtfolge 04															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	HaferSoMi	120	0	-160	-40	120	0	-97	23	120		0		-129		-9	
2	2010+2011	W.Triticale	100	0	-102	-2	80	0	-105	-25	90	je	0		-103	je	-13	je
3	2011+2012	W.Raps	118	0	-34	84	108	0	-74	34	113	Jahr	0		-54	Jahr	59	Jahr
	Summe		338	0	-296	42	308	0	-276	31	323	108	0		-286	-95	37	12
N	kg/ha	FF 05	Fruchtfolge 05															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	S.Gerste	155	0	-126	29	155	0	-83	72	155		0		-105		50	
2	2009+2010	Luzernegras	0	12	-35	-23	0	13	-38	-26	0		12		-37		-25	
3	2010+2011	Luzernegras	0	195	-364	-168	0	237	-435	-198	0	je	216	je	-400	je	-183	je
4	2011+2012	Luzernegras	0	238	-428	-190	0	201	-345	-144	0	Jahr	219	Jahr	-386	Jahr	-167	Jahr
	Summe		155	446	-953	-353	155	451	-902	-296	155	52	448	149	-927	-309	-324	-108
N	kg/ha	FF 06	Fruchtfolge 06															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	Zuckerhirse	170	0	-161	9	170	0	-153	17	170		0		-157		13	
2	2010+2011	W.Gerste	60	0	-54	6	60	0	-50	10	60		0		-52		8	
3	2010+2011	Sudangras	170	0	-120	51	170	0	-166	4	170		0		-143		28	
4	2011+2012	W.Raps	100	0	-50	50	90	0	-63	27	95	je	0		-56	je	38	je
5	2011+2012	Mais	170	0	-186	-16	200	0	-152	48	185	Jahr	0		-169	Jahr	16	Jahr
	Summe		670	0	-570	100	690	0	-584	107	680	227	0		-577	-192	104	35

Tabellenüberschrift siehe S. 111

N	kg/ha	FF 07	Fruchtfolge 07															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	Sonnenblumen	140	0	-120	20	140	0	-164	-24	140		0		-142		-2	
2	2010+2011	W. Triticale	60	0	-59	1	45	0	-46	-1	53		0		-52		0	
3	2010+2011	Zuckerhirse	170	0	-98	72	170	0	-87	83	170	je	0		-93	je	78	je
4	2011+2012	Zuckerrüben	75	0	-69	6	108	0	-125	-17	92	Jahr	0		-97	Jahr	-5	Jahr
	Summe		445	0	-345	100	463	0	-422	41	454	151	0		-383	-128	71	24

N	kg/ha	FF 08	Fruchtfolge 08															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	Mais	200	0	-174	26	200	0	0	200	200		0		-87		113	
2	2010+2011	W. Roggen	60	0	-75	-15	15	0	-38	-23	37		0		-57		-19	
3	2010+2011	Mais	200	0	-144	57	200	0	-75	125	200	je	0		-109	je	91	je
4	2011+2012	Mais	177	0	-178	-1	200	0	-93	107	188	Jahr	0		-136	Jahr	53	Jahr
	Summe		637	0	-571	66	615	0	-205	409	626	209	0		-388	-129	238	79

N	kg/ha	FF 09	Fruchtfolge 09															
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage							
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Zufuhr mD	Leg. N-Bindung	N-Abfuhr	N-Saldo				
1	2009+2010	Mais	200	0	-181	19	200	0	-237	-37	200		0		-209		-9	
2	2010+2011	W. Roggen	60	0	-61	-1	45	0	-38	7	53		0		-49		3	
3	2010+2011	Zuckerhirse	170	0	-98	72	170	0	-90	81	170	je	0		-94	je	76	je
4	2011+2012	Mais	177	0	-163	14	200	0	-97	103	188	Jahr	0		-130	Jahr	58	Jahr
	Summe		607	0	-503	104	615	0	-461	154	611	204	0		-482	-161	129	43

... in Tabellenblatt „Übersicht_N_Bilanz_verknüpf“ der o. g. Linkdatei.

Tab. 6-16: P-Bilanzen¹ der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)

P	kg/ha	FF 01	Fruchtfolge 01														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
			Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo
1	2009+2010	W.Gerste	90	0	-33	56	90	0	-15	75	90		0	-24		66	
2	2009+2010	Sudangras	0	0	-27	-27	0	0	-33	-33	0		0	-30		-30	
3	2010+2011	Mais	0	0	-47	-47	56	0	-54	2	28		0	-51		-23	
4	2011+2012	W.Triticale	35	0	-16	19	28	0	-10	19	32	je	0	-13	je	19	je
5	2011+2012	Phacelia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jahr	0	0	Jahr	0	Jahr
	Summe		124	0	-123	1	174	0	-112	62	149	50	0	-118	-39	31	10
P	kg/ha	FF 02	Fruchtfolge 02														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
			Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo
1	2009+2010	Sudangras	94	0	-38	56	94	0	-35	59	94		0	-37		57	
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-16	-16	94	0	-9	85	47		0	-12		35	
3	2010+2011	Mais	0	0	-41	-41	0	0	-45	-45	0	je	0	-43	je	-43	je
4	2011+2012	W.Triticale	35	0	-17	18	16	0	-19	-3	26	Jahr	0	-18	Jahr	7	Jahr
	Summe		129	0	-112	17	205	0	-108	96	167	56	0	-110	-37	57	19
P	kg/ha	FF 03	Fruchtfolge 03														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
			Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo
1	2009+2010	Mais	94	0	-47	48	94	0	-37	58	94		0	-42		53	
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-16	-16	94	0	-9	85	47		0	-13		34	
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-34	-34	0	0	-31	-31	0		0	-33		-33	
4	2011+2012	W.Triticale	75	0	-18	57	42	0	-8	34	59	je	0	-13	je	46	je
5	2011+2012	Einj. Weidelgras	0	0	-10	-10	0	0	-16	-16	0	Jahr	0	-13	Jahr	-13	Jahr
	Summe		170	0	-125	45	231	0	-101	130	200	67	0	-113	-38	87	29

¹Zur Umrechnung in P₂O₅ mit 2,29 multiplizieren

Tabellenüberschrift siehe S. 114

P	kg/ha	FF 04	Fruchtfolge 04														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo			
1	2009+2010	HaferSoMi	69	0	-35	34	69	0	-24	45	69		0	-29	39		
2	2010+2011	W.Triticale	0	0	-28	-28	94	0	-24	70	47	je	0	-26	je	21	je
3	2011+2012	W.Raps	0	0	-10	-10	0	0	-20	-20	0	Jahr	0	-15	Jahr	-15	Jahr
	Summe		69	0	-73	-4	163	0	-68	95	116	39	0	-71	-24	45	15
P	kg/ha	FF 05	Fruchtfolge 05														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo			
1	2009+2010	S.Gerste	99	0	-29	70	99	0	-17	81	99		0	-23	76		
2	2009+2010	Luzernegras	0	0	-3	-3	0	0	-5	-5	0		0	-4	-4		
3	2010+2011	Luzernegras	0	0	-49	-49	35	0	-40	-6	17	je	0	-44	je	-27	je
4	2011+2012	Luzernegras	35	0	-45	-10	21	0	-24	-3	28	Jahr	0	-35	Jahr	-6	Jahr
	Summe		133	0	-125	9	155	0	-86	68	144	48	0	-106	-35	39	13
P	kg/ha	FF 06	Fruchtfolge 06														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo			
1	2009+2010	Futterhirse	90	0	-37	53	90	0	-33	56	90		0	-35	54		
2	2010+2011	W.Gerste	0	0	-13	-13	87	0	-10	77	44		0	-12	32		
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-35	-35	0	0	-36	-36	0		0	-35	-35		
4	2011+2012	W.Raps	0	0	-9	-9	68	0	-8	60	34	je	0	-8	je	25	je
5	2011+2012	Mais	0	0	-37	-37	0	0	-31	-31	0	Jahr	0	-34	Jahr	-34	Jahr
	Summe		90	0	-131	-41	244	0	-118	126	167	56	0	-124	-41	42	14

Tabellenüberschrift siehe S. 114

P	kg/ha	FF 07	Fruchtfolge 07														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo			
1	2009+2010	Sonnenblumen	86	0	-36	50	86	0	-36	49	86		0	-36	49		
2	2010+2011	W.Triticale	0	0	-13	-13	94	0	-10	84	47		0	-11	36		
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-31	-31	0	0	-38	-38	0	je	0	-34	je	-34	je
4	2011+2012	Zuckerrüben	21	0	-24	-3	22	0	-27	-6	21	Jahr	0	-26	Jahr	-4	Jahr
	Summe		106	0	-104	3	202	0	-111	90	154	51	0	-107	-36	47	16
P	kg/ha	FF 08	Fruchtfolge 08														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo			
1	2009+2010	Mais	94	0	-39	55	94	0	0	94	94		0	-20	75		
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-18	-18	94	0	-9	86	47		0	-14	34		
3	2010+2011	Mais	0	0	-31	-31	0	0	-20	-20	0	je	0	-26	je	-26	je
4	2011+2012	Mais	56	0	-46	10	5	0	-26	-21	31	Jahr	0	-36	Jahr	-6	Jahr
	Summe		150	0	-135	15	194	0	-55	139	172	57	0	-95	-32	77	26
P	kg/ha	FF 09	Fruchtfolge 09														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Zufuhr mD	P-Zufuhr mit oD	P-Abfuhr	P-Saldo			
1	2009+2010	Mais	94	0	-42	52	94	0	-51	43	94		0	-46	48		
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-17	-17	94	0	-10	85	47		0	-14	34		
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-34	-34	0	0	-28	-28	0	je	0	-31	je	-31	je
4	2011+2012	Mais	56	0	-38	18	50	0	-29	21	53	Jahr	0	-33	Jahr	19	Jahr
	Summe		150	0	-131	19	238	0	-117	121	194	65	0	-124	-41	70	23

Tab. 6-17: K-Bilanzen² der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)

K	kg/ha	FF 01	Fruchtfolge 01												
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage				
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	
1	2009+2010	W.Gerste	472	0	-228	244	472	0	-125	347	472		0	-176	295
2	2009+2010	Sudangras	0	0	-234	-234	0	0	-129	-129	0		0	-182	-182
3	2010+2011	Mais	0	0	-179	-179	277	0	-348	-71	138		0	-263	-125
4	2011+2012	W.Triticale	173	0	-76	97	85	0	-118	-33	129	je	0	-97	je 32
5	2011+2012	Phacelia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jahr	0	0	Jahr 0
	Summe		644	0	-717	-73	834	0	-719	115	739	246	0	-718	-239 21 7
K	kg/ha	FF 02	Fruchtfolge 02												
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage				
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	
1	2009+2010	Sudangras	497	0	-344	153	497	0	-164	333	497		0	-254	243
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-106	-106	467	0	-88	380	234		0	-97	137
3	2010+2011	Mais	0	0	-151	-151	0	0	-327	-327	0	je	0	-239	je -239
4	2011+2012	W.Triticale	173	0	-26	147	49	0	-26	23	111	Jahr	0	-26	Jahr 85
	Summe		669	0	-626	43	1013	0	-605	408	841	280	0	-615	-205 226 75
K	kg/ha	FF 03	Fruchtfolge 03												
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage				
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	
1	2009+2010	Mais	497	0	-262	235	497	0	-181	316	497		0	-221	275
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-99	-99	467	0	-83	384	234		0	-91	143
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-141	-141	0	0	-162	-162	0		0	-152	-152
4	2011+2012	W.Triticale	374	0	-94	280	127	0	-102	25	251	je	0	-98	je 153
5	2011+2012	Einj. Weidelgras	0	0	-91	-91	0	0	-136	-136	0	Jahr	0	-114	Jahr -114
	Summe		871	0	-687	184	1091	0	-665	427	981	327	0	-676	-225 305 102

²zur Umrechnung in K₂O mit 1,21 multiplizieren

Tabellenüberschrift siehe S. 117

K	kg/ha	FF 04	Fruchtfolge 04														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo			
1	2009+2010	HaferSoMi	363	0	-272	92	363	0	-185	178	363		0	-228	135		
2	2010+2011	W.Triticale	0	0	-139	-139	467	0	-158	309	234	je	0	-149	85	je	
3	2011+2012	W.Raps	0	0	-8	-8	0	0	-18	-18	0	Jahr	0	-13	-13	Jahr	
	Summe		363	0	-419	-56	830	0	-361	469	597	199	0	-390	-130	206	69
K	kg/ha	FF 05	Fruchtfolge 05														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo			
1	2009+2010	S.Gerste	520	0	-212	307	520	0	-85	434	520		0	-149	371		
2	2009+2010	Luzernegras	0	0	-38	-38	0	0	-43	-43	0		0	-40	-40		
3	2010+2011	Luzernegras	0	0	-369	-369	173	0	-443	-270	86	je	0	-406	-319	je	
4	2011+2012	Luzernegras	173	0	-440	-267	64	0	-374	-310	118	Jahr	0	-407	-289	Jahr	
	Summe		692	0	-1058	-366	757	0	-945	-189	725	242	0	-1002	-334	-277	-92
K	kg/ha	FF 06	Fruchtfolge 06														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo			
1	2009+2010	Zuckerhirse	472	0	-382	90	472	0	-320	152	472		0	-351	121		
2	2010+2011	W.Gerste	0	0	-85	-85	432	0	-91	342	216		0	-88	128		
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-176	-176	0	0	-194	-194	0		0	-185	-185		
4	2011+2012	W.Raps	0	0	-74	-74	203	0	-119	84	102	je	0	-96	5	je	
5	2011+2012	Mais	0	0	-179	-179	0	0	-305	-305	0	Jahr	0	-242	-242	Jahr	
	Summe		472	0	-896	-424	1107	0	-1029	79	789	263	0	-962	-321	-173	-58

Tabellenüberschrift siehe S. 117

K	kg/ha	FF 07	Fruchtfolge 07														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo			
1	2009+2010	Sonnenblumen	451	0	-532	-81	451	0	-492	-41	451		0	-512	-61		
2	2010+2011	W. Triticale	0	0	-99	-99	467	0	-92	375	234		0	-96	138		
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-228	-228	0	0	-307	-307	0	je	0	-267	je		
4	2011+2012	Zuckerrüben	104	0	-129	-25	66	0	-172	-107	85	Jahr	0	-151	Jahr		
	Summe		554	0	-988	-433	984	0	-1064	-80	769	256	0	-1026	-342	-257	-86
K	kg/ha	FF 08	Fruchtfolge 08														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo			
1	2009+2010	Mais	497	0	-218	279	497	0	0	497	497		0	-109	388		
2	2010+2011	W. Roggen	0	0	-133	-133	467	0	-80	387	234		0	-106	127		
3	2010+2011	Mais	0	0	-38	-38	0	0	-25	-25	0	je	0	-32	je		
4	2011+2012	Mais	277	0	-283	-6	17	0	-175	-158	147	Jahr	0	-229	Jahr		
	Summe		774	0	-671	102	981	0	-281	700	877	292	0	-476	-159	401	134
K	kg/ha	FF 09	Fruchtfolge 09														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo	K-Zufuhr mD	K-Zufuhr mit oD	K-Abfuhr	K-Saldo			
1	2009+2010	Mais	497	0	-246	251	497	0	-236	261	497		0	-241	256		
2	2010+2011	W. Roggen	0	0	-109	-109	467	0	-89	379	234		0	-99	135		
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-260	-260	0	0	-205	-205	0	je	0	-233	je		
4	2011+2012	Mais	277	0	-253	24	149	0	-235	-86	213	Jahr	0	-244	Jahr		
	Summe		774	0	-869	-95	1113	0	-765	348	944	315	0	-817	-272	126	42

Tab. 6-18: Mg-Bilanzen³ der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)

Mg	kg/ha	FF 01	Fruchtfolge 01														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo			
1	2009+2010	W.Gerste	48	0	-12	36	48	0	-5	43	48	0	-8	39			
2	2009+2010	Sudangras	0	0	-24	-24	0	0	-18	-18	0	0	-21	-21			
3	2010+2011	Mais	0	0	-24	-24	150	0	-26	124	75	0	-25	50			
4	2011+2012	W.Triticale	24	0	-7	17	16	0	-7	9	20	je	0	-7	je	13	je
5	2011+2012	Phacelia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jahr	0	0	Jahr	0	Jahr
	Summe		72	0	-67	5	214	0	-57	157	143	48	0	-62	-21	81	27
Mg	kg/ha	FF 02	Fruchtfolge 02														
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
			Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo			
1	2009+2010	Sudangras	50	0	-33	17	50	0	-21	29	50	0	-27	23			
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-4	-4	177	0	-3	174	88	0	-3	85			
3	2010+2011	Mais	0	0	-20	-20	0	0	-22	-22	0	je	0	-21	je	-21	je
4	2011+2012	W.Triticale	24	0	-6	18	9	0	-4	5	17	Jahr	0	-5	Jahr	12	Jahr
	Summe		74	0	-63	11	236	0	-50	187	155	52	0	-56	-19	99	33
Mg	kg/ha	FF 03	Fruchtfolge 03														
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
			Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo			
1	2009+2010	Mais	50	0	-25	25	50	0	-20	30	50	0	-22	28			
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-5	-5	357	0	-3	354	178	0	-4	175			
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-16	-16	0	0	-17	-17	0	0	-16	-16			
4	2011+2012	W.Triticale	53	0	-8	45	24	0	-7	17	39	je	0	-8	je	31	je
5	2011+2012	Einj. Weidelgras	0	0	-6	-6	0	0	-12	-12	0	Jahr	0	-9	Jahr	-9	Jahr
	Summe		103	0	-59	44	431	0	-59	373	267	89	0	-59	-20	208	69

³zur Umrechnung in MgO mit 1,66 multiplizieren

Tabellenüberschrift siehe S. 120

Mg	kg/ha	FF 04	Fruchtfolge 04													
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage					
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo		
1	2009+2010	HaferSoMi	37	0	-14	23	37	0	-8	29	37		0	-11	26	
2	2010+2011	W.Triticale	0	0	-11	-11	177	0	-10	167	88	je	0	-11	78 je	
3	2011+2012	W.Raps	0	0	-4	-4	0	0	-7	-7	0	Jahr	0	-6	-6 Jahr	
	Summe		37	0	-29	8	213	0	-25	189	125	42	0	-27	-9 98 33	
Mg	kg/ha	FF 05	Fruchtfolge 05													
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage					
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo		
1	2009+2010	S.Gerste	52	0	-10	42	52	0	-6	47	52		0	-8	44	
2	2009+2010	Luzernegras	0	0	-2	-2	0	0	-4	-4	0		0	-3	-3	
3	2010+2011	Luzernegras	0	0	-27	-27	135	0	-28	108	68	je	0	-27	40 je	
4	2011+2012	Luzernegras	24	0	-30	-5	12	0	-20	-8	18	Jahr	0	-25	-6 Jahr	
	Summe		77	0	-69	8	200	0	-57	143	138	46	0	-63	-21 75 25	
Mg	kg/ha	FF 06	Fruchtfolge 06													
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage					
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo		
1	2009+2010	Zuckerhirse	48	0	-38	10	48	0	-31	16	48		0	-34	13	
2	2010+2011	W.Gerste	0	0	-4	-4	247	0	-4	243	123		0	-4	119	
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-18	-18	0	0	-20	-20	0		0	-19	-19	
4	2011+2012	W.Raps	0	0	-4	-4	39	0	-5	34	19	je	0	-5	15 je	
5	2011+2012	Mais	0	0	-17	-17	0	0	-15	-15	0	Jahr	0	-16	-16 Jahr	
	Summe		48	0	-80	-33	333	0	-75	258	190	63	0	-78	-26 113 38	

Tabellenüberschrift siehe S. 120

Mg	kg/ha	FF 07	Fruchtfolge 07														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo			
1	2009+2010	Sonnenblumen	45	0	-32	14	45	0	-30	16	45		0	-31	15		
2	2010+2011	W. Triticale	0	0	-4	-4	216	0	-3	213	108		0	-4	104		
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-24	-24	0	0	-24	-24	0	je	0	-24	je		
4	2011+2012	Zuckerrüben	15	0	-27	-13	13	0	-26	-14	14	Jahr	0	-27	Jahr		
	Summe		60	0	-87	-27	274	0	-84	190	167	56	0	-85	-28	82	27
Mg	kg/ha	FF 08	Fruchtfolge 08														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo			
1	2009+2010	Mais	50	0	-20	30	50	0	0	50	50		0	-10	40		
2	2010+2011	W. Roggen	0	0	-5	-5	216	0	-2	214	108		0	-4	104		
3	2010+2011	Mais	0	0	-12	-12	0	0	-8	-8	0	je	0	-10	je		
4	2011+2012	Mais	39	0	-24	15	3	0	-11	-8	21	Jahr	0	-18	Jahr		
	Summe		89	0	-62	27	269	0	-21	248	179	60	0	-42	-14	137	46
Mg	kg/ha	FF 09	Fruchtfolge 09														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo	Mg-Zufuhr mD	Mg-Zufuhr mit oD	Mg-Abfuhr	Mg-Saldo			
1	2009+2010	Mais	50	0	-19	32	50	0	-25	25	50		0	-22	28		
2	2010+2011	W. Roggen	0	0	-6	-6	177	0	-3	174	88		0	-4	84		
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-23	-23	0	0	-21	-21	0	je	0	-22	je		
4	2011+2012	Mais	39	0	-21	18	29	0	-11	17	34	Jahr	0	-16	Jahr		
	Summe		89	0	-68	21	255	0	-61	194	172	57	0	-65	-22	108	36

Tab. 6-19: S-Bilanzen der Fruchtfolgen 1 bis 9, 2009 bis 2013 ohne W.Weizen (EVA II)

S	kg/ha	FF 01	Fruchtfolge 01														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	W.Gerste	0	0	-15	-15	0	0	-5	-5	0	0	-10	-10			
2	2009+2010	Sudangras	0	0	-7	-7	0	0	-9	-9	0	0	-8	-8			
3	2010+2011	Mais	0	0	-9	-9	0	0	-11	-11	0	0	-10	-10			
4	2011+2012	W.Triticale	0	0	-4	-4	22	0	-6	16	11	je	0	-5	je	6	je
5	2011+2012	Phacelia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jahr	0	0	Jahr	0	Jahr
	Summe		0	0	-34	-34	22	0	-30	-8	11	4	0	-32	-11	-21	-7
S	kg/ha	FF 02	Fruchtfolge 02														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	Sudangras	0	0	-13	-13	0	0	-10	-10	0	0	-12	-12			
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-4	-4	0	0	-6	-6	0	0	-5	-5			
3	2010+2011	Mais	0	0	-6	-6	0	0	-8	-8	0	je	0	-7	je	-7	je
4	2011+2012	W.Triticale	0	0	-5	-4	13	0	-7	5	6	Jahr	0	-6	Jahr	0	Jahr
	Summe		0	0	-27	-27	13	0	-32	-19	6	2	0	-30	-10	-23	-8
S	kg/ha	FF 03	Fruchtfolge 03														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	Mais	0	0	-10	-10	0	0	-10	-10	0	0	-10	-10			
2	2010+2011	W.Roggen	0	0	-3	-3	0	0	-3	-3	0	0	-3	-3			
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-7	-7	0	0	-7	-7	0	0	-7	-7			
4	2011+2012	W.Triticale	0	0	-4	-4	32	0	-5	28	16	je	0	-5	je	12	je
5	2011+2012	Einj. Weidelgras	0	0	-5	-5	0	0	-14	-14	0	Jahr	0	-9	Jahr	-9	Jahr
	Summe		0	0	-29	-29	33	0	-40	-7	17	6	0	-34	-11	-18	-6

Tabellenüberschrift siehe S. 123

S	kg/ha	FF 04	Fruchtfolge 04														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	HaferSoMi	0	0	-16	-15	0	0	-6	-6	0		0	-11	-11		
2	2010+2011	W.Triticale	0	0	-7	-6	0	0	-8	-7	0	je	0	-7	je	-7	je
3	2011+2012	W.Raps	0	0	-3	-3	0	0	-9	-9	0	Jahr	0	-6	Jahr	-6	Jahr
	Summe		1	0	-25	-24	1	0	-23	-23	1	0	0	-24	-8	-24	-8
S	kg/ha	FF 05	Fruchtfolge 05														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	S.Gerste	0	0	-14	-13	0	0	-5	-5	0		0	-9	-9		
2	2009+2010	Luzernegras	0	0	-3	-3	0	0	-3	-3	0		0	-3	-3		
3	2010+2011	Luzernegras	0	0	-30	-30	0	0	-32	-32	0	je	0	-31	je	-31	je
4	2011+2012	Luzernegras	0	0	-25	-25	16	0	-31	-14	8	Jahr	0	-28	Jahr	-20	Jahr
	Summe		0	0	-71	-71	17	0	-71	-54	8	3	0	-71	-24	-63	-21
S	kg/ha	FF 06	Fruchtfolge 06														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	Zuckerhirse	0	0	-10	-10	0	0	-12	-12	0		0	-11	-11		
2	2010+2011	W.Gerste	0	0	-4	-3	0	0	-3	-3	0		0	-3	-3		
3	2010+2011	Sudangras	0	0	-7	-7	0	0	-9	-9	0		0	-8	-8		
4	2011+2012	W.Raps	0	0	-8	-8	52	0	-22	29	26	je	0	-15	je	11	je
5	2011+2012	Mais	0	0	-9	-9	0	0	-14	-14	0	Jahr	0	-11	Jahr	-11	Jahr
	Summe		0	0	-38	-37	52	0	-61	-9	26	9	0	-49	-16	-23	-8

Tabellenüberschrift siehe S. 123

S	kg/ha	FF 07	Fruchtfolge 07														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	Sonnenblumen	0	0	-13	-13	0	0	-16	-16	0	0	-14	-14			
2	2010+2011	W. Triticale	0	0	-4	-4	0	0	-3	-3	0	0	-3	-3			
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-6	-6	0	0	-11	-11	0	je	-9	je	-9	je	
4	2011+2012	Zuckerrüben	0	0	-5	-5	17	0	-8	9	8	Jahr	0	-7	Jahr	2	Jahr
	Summe		0	0	-28	-28	17	0	-38	-21	8	3	0	-33	-11	-25	-8
S	kg/ha	FF 08	Fruchtfolge 08														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	Mais	0	0	-85	-85	0	0	0	0	0	0	-42	-42			
2	2010+2011	W. Roggen	0	0	-5	-5	0	0	-3	-3	0	0	-4	-4			
3	2010+2011	Mais	0	0	-7	-7	0	0	-5	-5	0	je	-6	je	-6	je	
4	2011+2012	Mais	0	0	-9	-9	4	0	-9	-5	2	Jahr	0	-9	Jahr	-7	Jahr
	Summe		0	0	-106	-106	4	0	-17	-13	2	1	0	-61	-20	-59	-20
S	kg/ha	FF 09	Fruchtfolge 09														
			3. Anlage				4. Anlage				Mittel 3. u. 4. Anlage						
Fruchtfolgeglied	Jahre	Fruchtart	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo	S-Zufuhr mD	S-Zufuhr mit oD	S-Abfuhr	S-Saldo			
1	2009+2010	Mais	0	0	-28	-28	0	0	-16	-16	0	0	-22	-22			
2	2010+2011	W. Roggen	0	0	-4	-4	0	0	-3	-3	0	0	-3	-3			
3	2010+2011	Zuckerhirse	0	0	-7	-7	0	0	-9	-9	0	je	-8	je	-8	je	
4	2011+2012	Mais	0	0	-8	-8	38	0	-12	26	19	Jahr	0	-10	Jahr	9	Jahr
	Summe		0	0	-47	-46	38	0	-40	-2	19	6	0	-43	-14	-24	-8

6.5 Anhang Humusbilanzierung

Tab. 6-20: Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I)

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		2008	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2009	
1*	S-Gerste -280	Ölrettich 310	Mais -560		W-Triticale -180	Zuckerhirse -420	WW 252	-220
2	Sudangras -420		Grünrog. -80	Mais -560	W-Triticale 301	Kornntzg. 	WW 221	-134
3	Mais -560		Grünrog. -80	Sudangras -420	W-Triticale -180	Einj.Weidelg. 100	WW 206	-234
4	S-Gerste -280	Luz./Kleegr. 50	Luz./Kleegr. 500		Luz./Kleegr. 600		WW 305	294
5	Hafer -280		W-Triticale -280		W-Raps 94	Kornntzg. (x)	WW 336	-32
6*	Zuckerhirse -420		W-Gerste -80	Sudangras -420	W-Raps -80	Hafer (x)	WW 286	(x)
7*	Sonnenblume -280		W-Triticale -80	Zuckerhirse -420	Mais -560		WW 227	-278
8	Mais -560		Grünrog. -80	Mais 120	Mais -560		WW 255	-206
9*	S-Gerste -280	Erbse 80	Grünrog. -80	Zuckerhirse -420	Mais -560		WW 232	-257

* FF gegenüber EVA II geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF5 Raps Körner Vogelfraß komplett 2007; FF 6 2008 kein Haferertrag wegen Wildschaden.

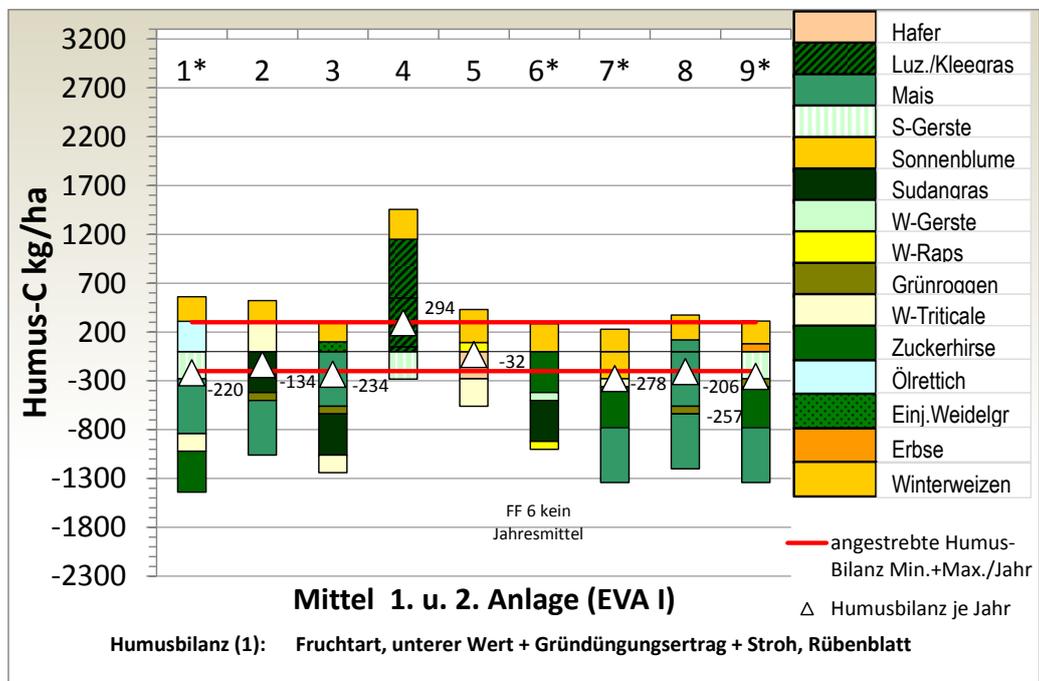


Abb. 6-12: Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).

Außer Abb. 3-26, S. 72 und Tab. 3-19, S. 72 entstammen alle Humus-Abbildungen und -Tabellen der folgender Datei:

Tab. 6-21: Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I)

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		2008	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2009	
1*	S-Gerste -400	Örettich 350	Mais -800		W-Triticale -260	Zuckerhirse -500	WW 132	-370
2	Sudangras -600		Grünrog. -120	Mais -800	W-Triticale 181	Kornntzg. 	WW 101	-309
3	Mais -800		Grünrog. -120	Sudangras -600	W-Triticale -260	Einj.Weidelg. 150	WW 86	-386
4	S-Gerste -400	Luz./Kleegr. 75	Luz./Kleegr. 650		Luz./Kleegr. 800		WW 185	327
5	Hafer -400		W-Triticale -400		W-Raps -26	Kornntzg. (x)	WW 216	-152
6*	Zuckerhirse -600		W-Gerste -120	Sudangras -600	W-Raps -120	Hafer (x)	WW 166	(x)
7*	Sonnenblume -400		W-Triticale -120	Zuckerhirse -400	Mais -800		WW 107	-403
8	Mais -800		Grünrog. -120	Mais -120	Mais -800		WW 135	-426
9*	S-Gerste -400	Erbse 120	Grünrog. -120	Zuckerhirse -400	Mais -800		WW 112	-372

* FF gegenüber EVA II geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF5 Raps Körner Vogelfraß komplett 2007; FF 6 2008 kein Haferertrag wegen Wildschaden.

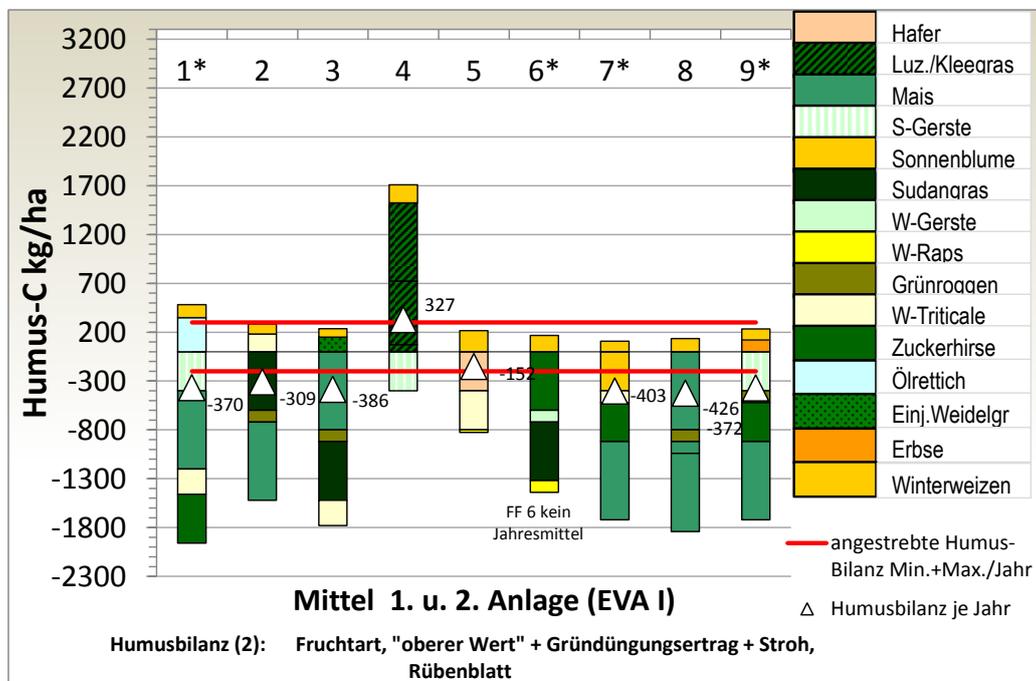


Abb. 6-13: Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).

Tab. 6-22: Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I)

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		2008	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2009	
1*	S-Gerste -111	Ölrettich 310	Mais -15		W-Triticale 55	Zuckerhirse -40	WW 252	113
2	Sudangras 99		Grünrog. 35	Mais -35	W-Triticale 301	Kornntzg. 	WW 221	155
3	Mais -62		Grünrog. 63	Sudangras 57	W-Triticale -21	Einj.Weidelg. 241	WW 206	121
4	S-Gerste -91	Luz./Kleegr. 144	Luz./Kleegr. 986		Luz./Kleegr. 1260		WW 305	651
5	Hafer -89		W-Triticale 1		W-Raps 94	Kornntzg. (x)	WW 336	86
6*	Zuckerhirse 116		W-Gerste 66	Sudangras 24	W-Raps 181	Hafer (x)	WW 286	(x)
7*	Sonnenblume 311		W-Triticale 116	Zuckerhirse -12	Mais 13		WW 227	164
8	Mais -90		Grünrog. 74	Mais 120	Mais -15		WW 255	86
9*	S-Gerste -121	Erbse 184	Grünrog. 66	Zuckerhirse 23	Mais 2		WW 232	97

* FF gegenüber EVA II geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF5 Raps Körner Vogelfraß komplett 2007; FF 6 2008 kein Haferertrag wegen Wildschaden.

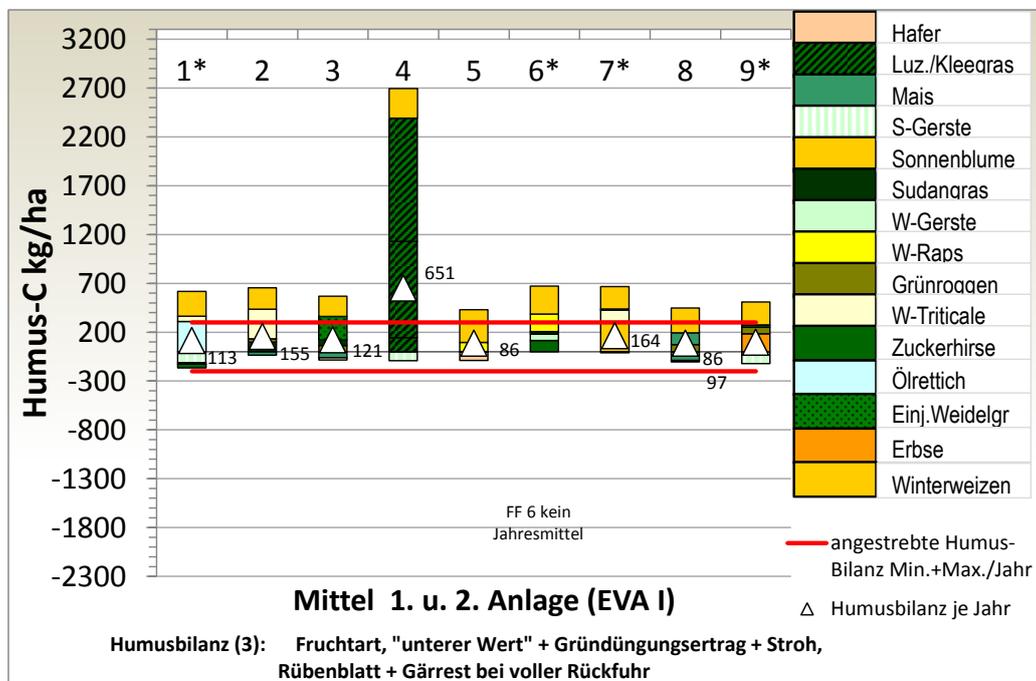


Abb. 6-14: Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).

Tab. 6-23: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I)

FF	1. Anlage 2005		2006		2007		2008	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2009	
1*	S-Gerste -231	Ölrettich 350	Mais -255		W-Triticale -25	Zuckerhirse -120	WW 132	-37
2	Sudangras -81		Grünrog. -5	Mais -275	W-Triticale 181	Kornntzg. 	WW 101	-20
3	Mais -302		Grünrog. 23	Sudangras -123	W-Triticale -101	Einj.Weidelg. 291	WW 86	-32
4	S-Gerste -211	Luz./Kleegr. 169	Luz./Kleegr. 1136		Luz./Kleegr. 1460		WW 185	685
5	Hafer -209		W-Triticale -119		W-Raps -26	Kornntzg. (x)	WW 216	-34
6*	Zuckerhirse -64		W-Gerste 26	Sudangras -156	W-Raps 141	Hafer (x)	WW 166	(x)
7*	Sonnenblume 191		W-Triticale 76	Zuckerhirse 8	Mais -227		WW 107	39
8	Mais -330		Grünrog. 34	Mais -120	Mais -255		WW 135	-134
9*	S-Gerste -241	Erbse 224	Grünrog. 26	Zuckerhirse 43	Mais -238		WW 112	-18

* FF gegenüber EVA II geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF5 Raps Körner Vogelfraß komplett 2007; FF 6 2008 kein Haferertrag wegen Wildschaden.

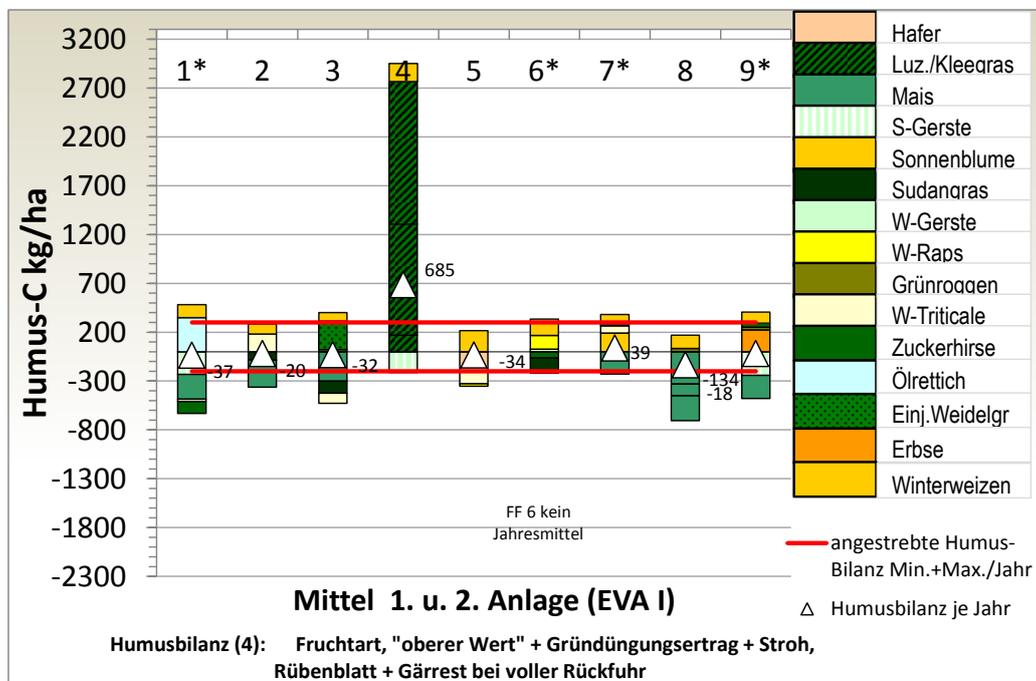


Abb. 6-15: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 1. und 2. Anlage (EVA I).

Tab. 6-24: Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010 (x)		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste -280	Sudangras -420	Mais -560		W-Triticale -280	Phacelia 235	WW 72	-308
2	Sudangras -420		Grünrog. -80	Mais -560	W-Triticale 96	Kornntzg.	WW 72	-223
3	Mais -560		Grünrog. -80	Sudangras -420	W-Triticale -280	Einj.Weidelg. 100	WW 55	-296
5	S-Gerste -280	Luz./Kleegr. 200	Luz./Kleegr. 600		Luz./Kleegr. 600		WW 62	295
4	Hafer-SoMi -280		W-Triticale -280		W-Raps 48	Kornntzg.	WW 71	-110
6*	Zuckerhirse -420		W-Gerste -80	Sudangras -420	W-Raps -80	Mais -560	WW 55	-376
7*	Sonnenblume -280		W-Triticale -80	Zuckerhirse -420	Zuckerrüben -572		WW 35	-329
8	Mais -560		Grünrog. -80	Mais (x) 374	Mais -560		WW 36	-198
9*	Mais -560		Grünrog. -80	Zuckerhirse -420	Mais -560		WW 65	-389

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden; Mittel aus 2 statt 4 Werten, nur 33 TM dt/ha Stroh (unrealistisch),

deshalb Rechnung mit 100 dt Stroh

FF	4. Anlage 2010		2011		2012		2013	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste -80	Sudangras -420	Mais -560		W-Triticale -280	Phacelia 160	WW 209	-243
2	Sudangras -420		Grünrog. -80	Mais -560	W-Triticale 22	Kornntzg.	WW 165	-218
3	Mais -560		Grünrog. -80	Sudangras -420	W-Triticale -280	Einj.Weidelg. 100	WW 183	-264
5	S-Gerste -280	Luz./Kleegr. 200	Luz./Kleegr. 600		Luz./Kleegr. 600		WW 221	335
4	Hafer-SoMi -280		W-Triticale -280		W-Raps 134	Kornntzg.	WW 358	-17
6*	Zuckerhirse -420		W-Gerste -80	Sudangras -420	W-Raps -80	Mais -560	WW 112	-362
7*	Sonnenblume -280		W-Triticale -80	Zuckerhirse -420	Zuckerrüben -760		WW 122	-354
8	Mais (x)		Grünrog. -80	Mais 374	Mais -560		WW 261	(x)
9*	Mais -560		Grünrog. -80	Zuckerhirse -420	Mais -560		WW 134	-371

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden.

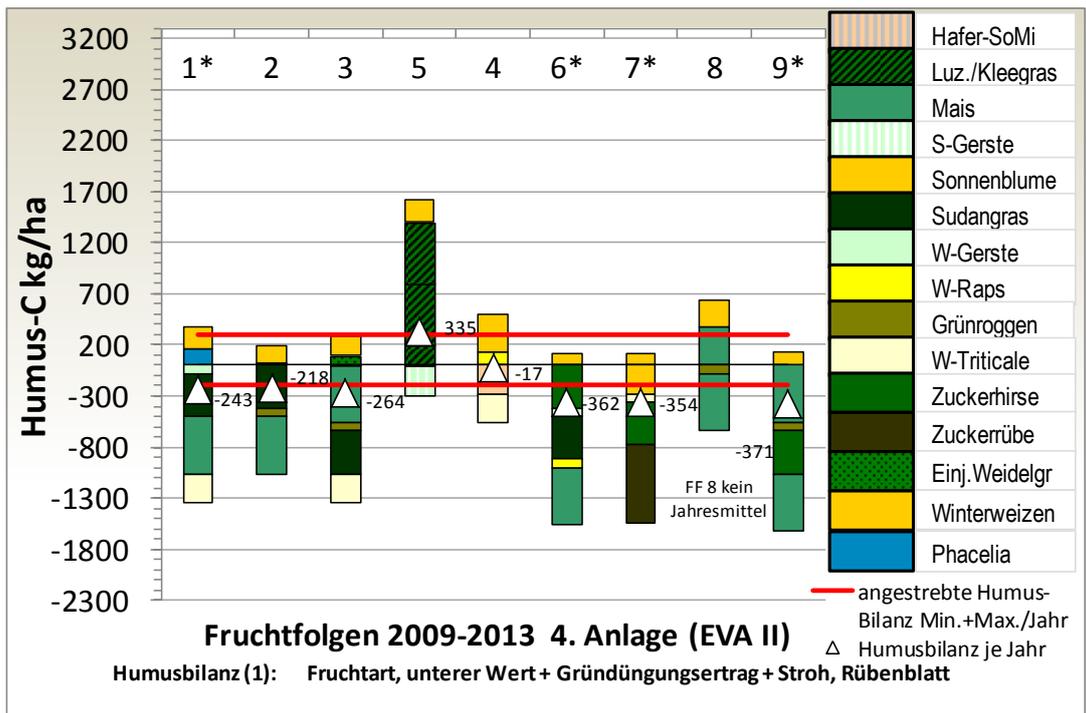
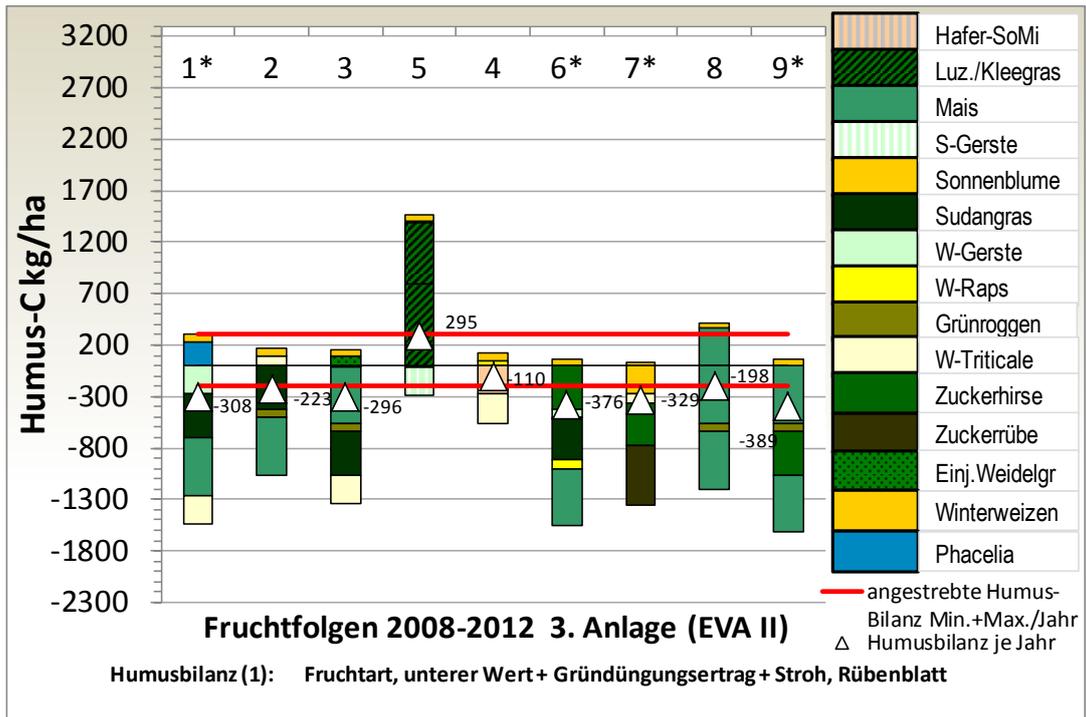


Abb. 6-16: Humusbilanz (1) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).

Tab. 6-25: Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010 (x)		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste -400	Sudangras -600	Mais -800		W-Triticale -400	Phacelia 275	WW -48	-493
2	Sudangras -600		Grünrog. -120	Mais -800	W-Triticale -24	Kornntzg.	WW -48	-398
3	Mais -800		Grünrog. -120	Sudangras -600	W-Triticale -400	Einj.Weidelg. 150	WW -65	-459
5	S-Gerste -400	Luz./Kleegr. 300	Luz./Kleegr. 800		Luz./Kleegr. 800		WW -58	360
4	Hafer-SoMi -400		W-Triticale -400		W-Raps -72	Kornntzg.	WW -49	-230
6*	Zuckerhirse -600		W-Gerste -120	Sudangras -600	W-Raps -120	Mais -800	WW -65	-576
7*	Sonnenblume -400		W-Triticale -120	Zuckerhirse -400	Zuckerrüben -1112		WW -85	-529
8	Mais -800		Grünrog. -120	Mais (x) 134	Mais -800		WW -84	-418
9*	Mais -800		Grünrog. -120	Zuckerhirse -400	Mais -800		WW -55	-544

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden; Mittel aus 2 statt 4 Werten, nur 33 TM dt/ha Stroh (unrealistisch), deshalb Rechnung mit 100 dt Stroh

FF	4. Anlage 2010		2011		2012		2013	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste -120	Sudangras -600	Mais -800		W-Triticale -400	Phacelia 200	WW 89	-408
2	Sudangras -600		Grünrog. -120	Mais -800	W-Triticale -98	Kornntzg.	WW 45	-393
3	Mais -800		Grünrog. -120	Sudangras -600	W-Triticale -400	Einj.Weidelg. 150	WW 63	-427
5	S-Gerste -400	Luz./Kleegr. 300	Luz./Kleegr. 800		Luz./Kleegr. 800		WW 101	400
4	Hafer-SoMi -400		W-Triticale -400		W-Raps 14	Kornntzg.	WW 238	-137
6*	Zuckerhirse -600		W-Gerste -120	Sudangras -600	W-Raps -120	Mais -800	WW -8	-562
7*	Sonnenblume -400		W-Triticale -120	Zuckerhirse -400	Zuckerrüben -1300		WW 2	-554
8	Mais (x)		Grünrog. -120	Mais 134	Mais -800		WW 141	(x)
9*	Mais -800		Grünrog. -120	Zuckerhirse -400	Mais -800		WW 14	-526

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden.

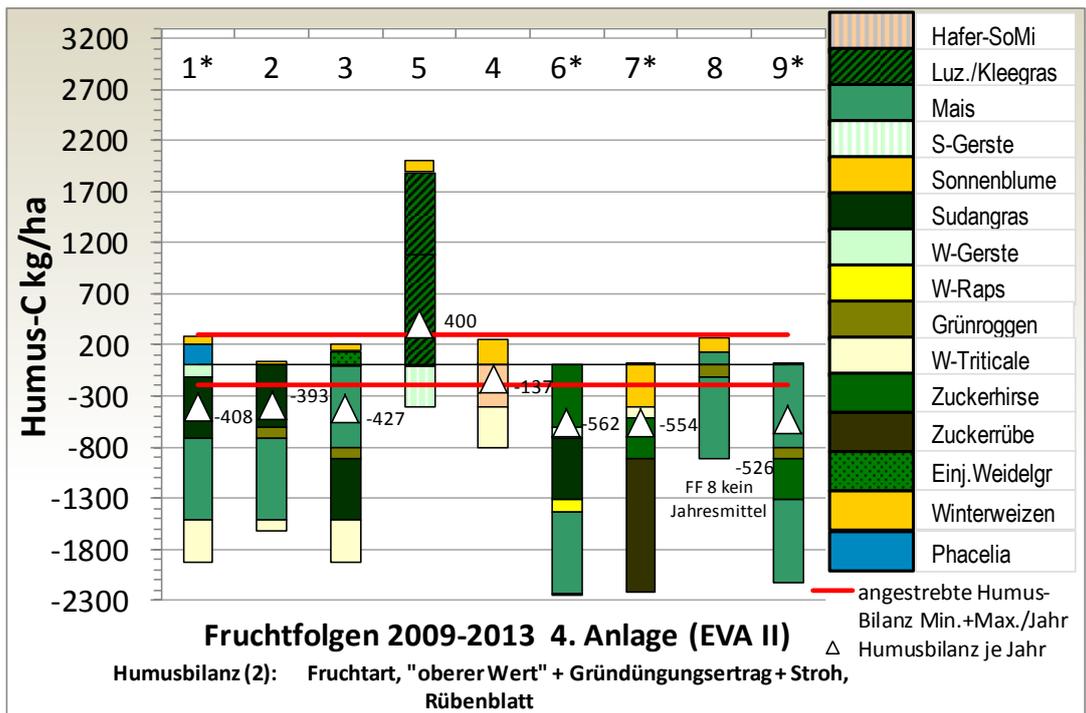
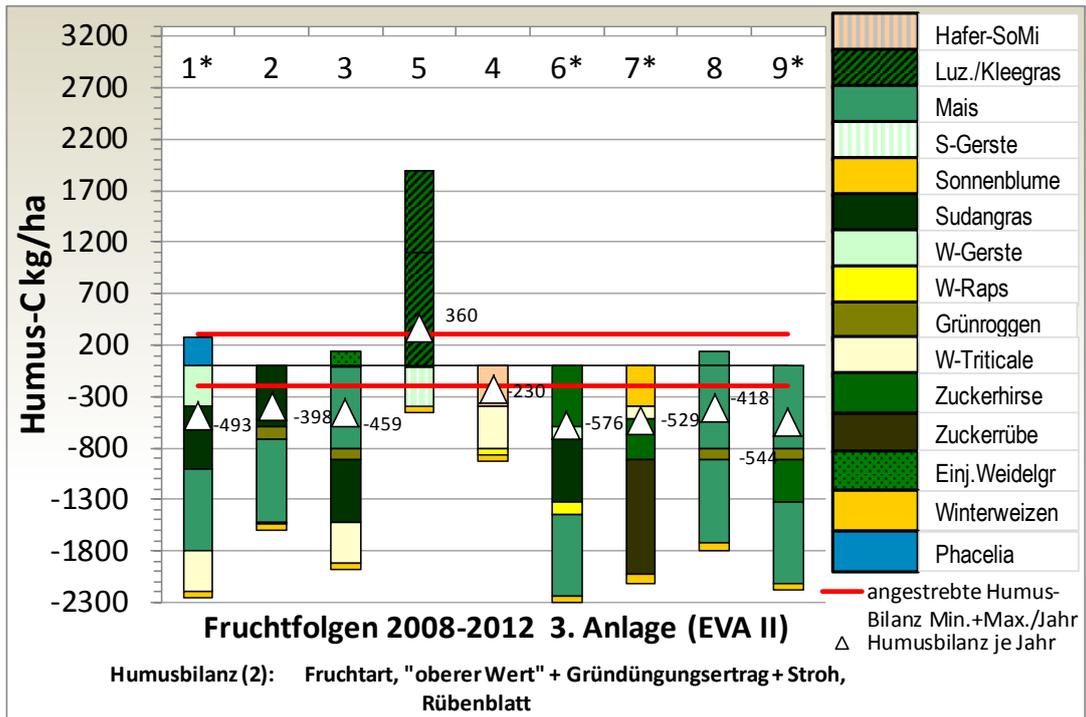


Abb. 6-17: Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).

Tab. 6-26: Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2013	
1*	W-Gerste -260	Sudangras -600	Mais -800		W-Triticale -400	Phacelia 238	WW 20	-451
2	Sudangras -600		Grünrog. -120	Mais -800	W-Triticale -61	Kornntzg.	WW -2	-396
3	Mais -800		Grünrog. -120	Sudangras -600	W-Triticale -400	Einj.Weidelg. 150	WW -1	-443
5	S-Gerste -400	Luz./Kleegr. 300	Luz./Kleegr. 800		Luz./Kleegr. 800		WW 22	380
4	Hafer-SoMi -400		W-Triticale -400		W-Raps -29	Kornntzg.	WW 94	-184
6*	Zuckerhirse -600		W-Gerste -120	Sudangras -600	W-Raps -120	Mais -800	WW -37	-569
7*	Sonnenblume -400		W-Triticale -120	Zuckerhirse -400	Zuckerrüben -1206		WW -41	-542
8	Mais (x)		Grünrog. -120	Mais (x) 134	Mais -800		WW 28	(x)
9*	Mais -800		Grünrog. -120	Zuckerhirse -400	Mais -800		WW -20	-535

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden, siehe Werte je Anlage im Anhang

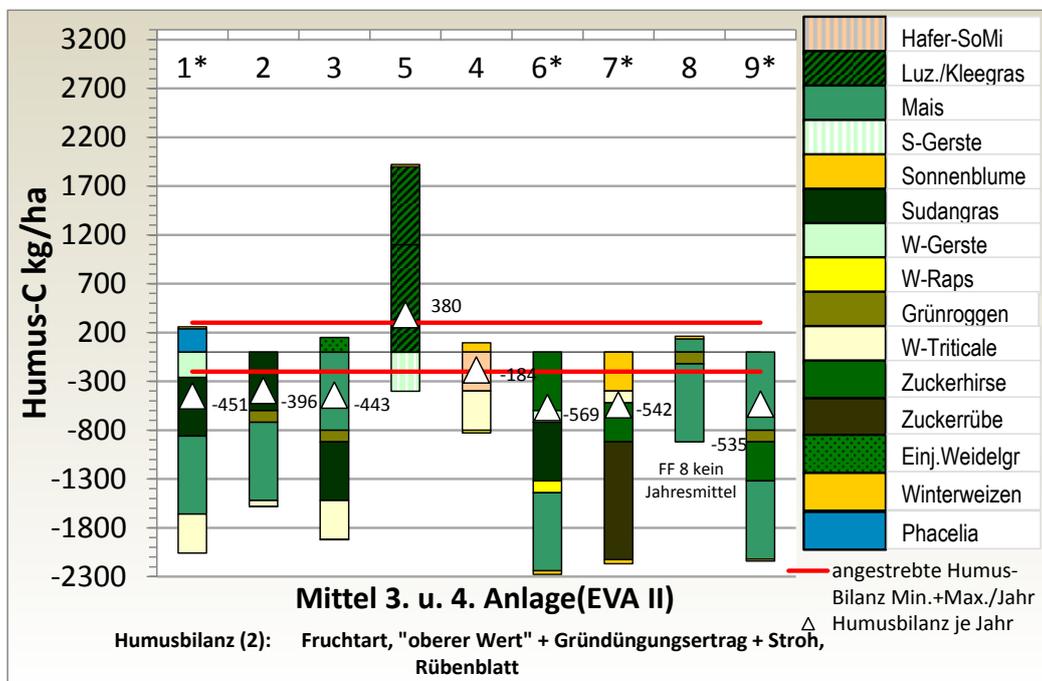


Abb. 6-18: Humusbilanz (2) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).

Tab. 6-27: Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010 (x)		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste 111	Sudangras 83	Mais -62		W-Triticale -126	Phacelia 235	WW 72	78
2	Sudangras 257		Grünrog. 58	Mais -171	W-Triticale 96	Kornntzg.	WW 72	78
3	Mais -166		Grünrog. 91	Sudangras -55	W-Triticale -117	Einj.Weidelg. 221	WW 55	7
5	S-Gerste 33	Luz./Kleegr. 248	Luz./Kleegr. 1176		Luz./Kleegr. 1217		WW 62	684
4	Hafer-SoMi 48		W-Triticale -11		W-Raps 48	Kornntzg.	WW 71	39
6*	Zuckerhirse 396		W-Gerste 56	Sudangras -40	W-Raps 66	Mais -224	WW 55	77
7*	Sonnenblume 329		W-Triticale 48	Zuckerhirse 93	Zuckerrüben -124		WW 35	95
8	Mais -111		Grünrog. 91	Mais (x) 374	Mais -8		WW 36	95
9*	Mais 21		Grünrog. 119	Zuckerhirse 65	Mais 0		WW 65	67

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden; Mittel aus 2 statt 4 Werten, nur 33 TM dt/ha Stroh (unrealistisch), deshalb Rechnung mit 100 dt Stroh

FF	4. Anlage 2010		2011		2012		2013	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste 81	Sudangras -52	Mais 64		W-Triticale -13	Phacelia 160	WW 209	112
2	Sudangras -9		Grünrog. 44	Mais -77	W-Triticale 22	Kornntzg.	WW 165	36
3	Mais -28		Grünrog. 52	Sudangras -65	W-Triticale -57	Einj.Weidelg. 293	WW 183	94
5	S-Gerste -117	Luz./Kleegr. 261	Luz./Kleegr. 1222		Luz./Kleegr. 1184		WW 221	693
4	Hafer-SoMi 22		W-Triticale -52		W-Raps 134	Kornntzg.	WW 358	116
6*	Zuckerhirse 134		W-Gerste 55	Sudangras 31	W-Raps 76	Mais -16	WW 112	98
7*	Sonnenblume 386		W-Triticale 45	Zuckerhirse 218	Zuckerrüben -370		WW 122	100
8	Mais (x)		Grünrog. 32	Mais 374	Mais -195		WW 261	(x)
9*	Mais 24		Grünrog. 61	Zuckerhirse 75	Mais -129		WW 134	42

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden.

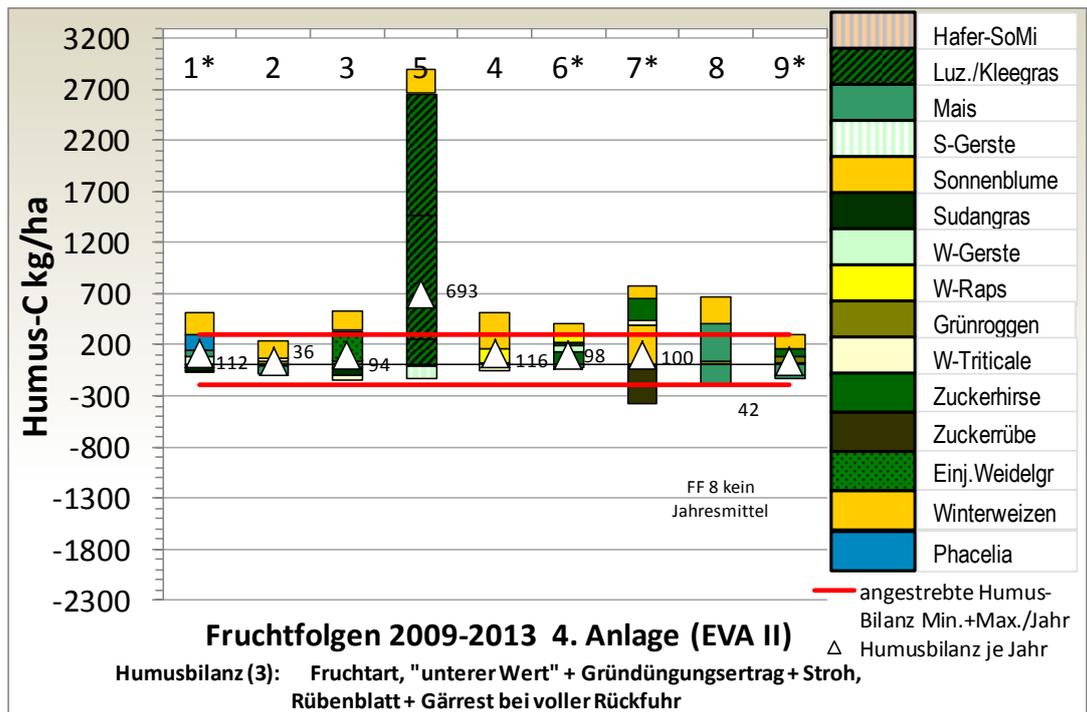
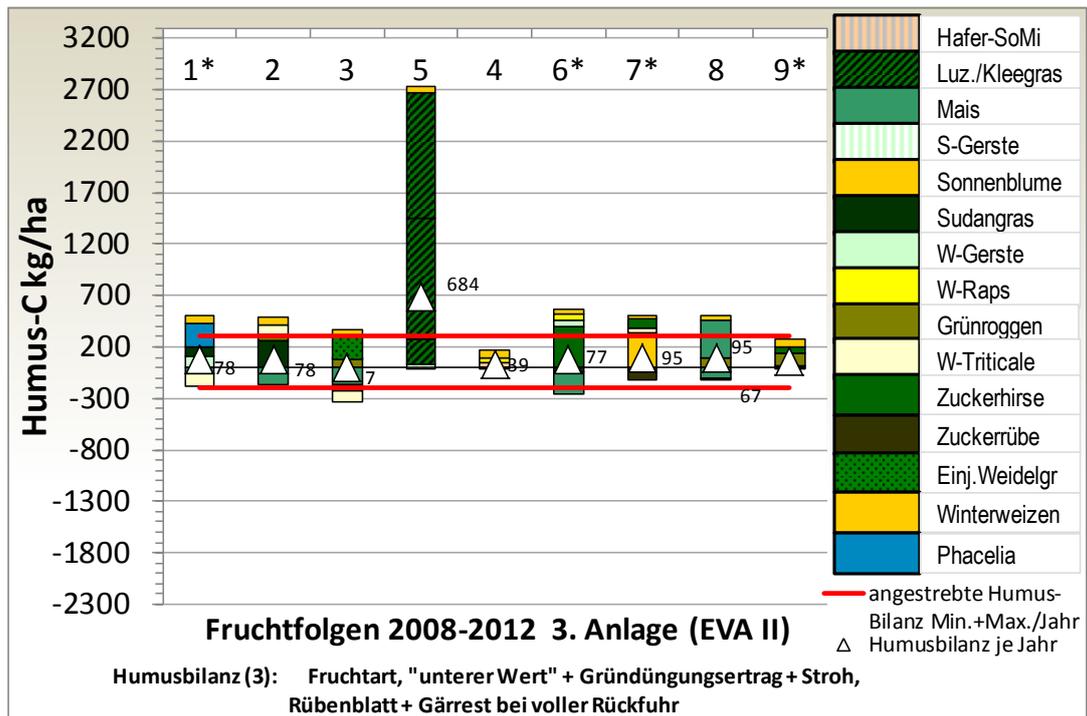


Abb. 6-19: Humusbilanz (3) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).

Tab. 6-28: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010 (x)		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste -9	Sudangras -97	Mais -302		W-Triticale -246	Phacelia 275	WW -48	-107
2	Sudangras 77		Grünrog. 18	Mais -411	W-Triticale -24	Kornntzg.	WW -48	-97
3	Mais -406		Grünrog. 51	Sudangras -235	W-Triticale -237	Einj.Weidelg. 271	WW -65	-155
5	S-Gerste -87	Luz./Kleegr. 348	Luz./Kleegr. 1376		Luz./Kleegr. 1417		WW -58	749
4	Hafer-SoMi -72		W-Triticale -131		W-Raps -72	Kornntzg.	WW -49	-81
6*	Zuckerhirse 216		W-Gerste 16	Sudangras -220	W-Raps 26	Mais -464	WW -65	-123
7*	Sonnenblume 209		W-Triticale 8	Zuckerhirse 113	Zuckerrüben -664		WW -85	-105
8	Mais -351		Grünrog. 51	Mais (x) 134	Mais -248		WW -84	-125
9*	Mais -219		Grünrog. 79	Zuckerhirse 85	Mais -240		WW -55	-88

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 Mais 2010 Wildschaden; Mittel aus 2 statt 4 Werten, nur 33 TM dt/ha Stroh (unrealistisch), deshalb Rechnung mit 100 dt Stroh

FF	4. Anlage 2010		2011		2012		2013	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF		
1*	W-Gerste 41	Sudangras -232	Mais -176		W-Triticale -133	Phacelia 200	WW 89	-53
2	Sudangras -189		Grünrog. 4	Mais -317	W-Triticale -98	Kornntzg.	WW 45	-139
3	Mais -268		Grünrog. 12	Sudangras -245	W-Triticale -177	Einj.Weidelg. 343	WW 63	-68
5	S-Gerste -237	Luz./Kleegr. 361	Luz./Kleegr. 1422		Luz./Kleegr. 1384		WW 101	758
4	Hafer-SoMi -98		W-Triticale -172		W-Raps 14	Kornntzg.	WW 238	-4
6*	Zuckerhirse -46		W-Gerste 15	Sudangras -149	W-Raps 36	Mais -256	WW -8	-102
7*	Sonnenblume 266		W-Triticale 5	Zuckerhirse 238	Zuckerrüben -910		WW 2	-100
8	Mais (x)		Grünrog. -8	Mais 134	Mais -435		WW 141	(x)
9*	Mais -216		Grünrog. 21	Zuckerhirse 95	Mais -369		WW 14	-113

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) FF 8 ohne 1. FF-Glied, da 2010 Wildschaden.

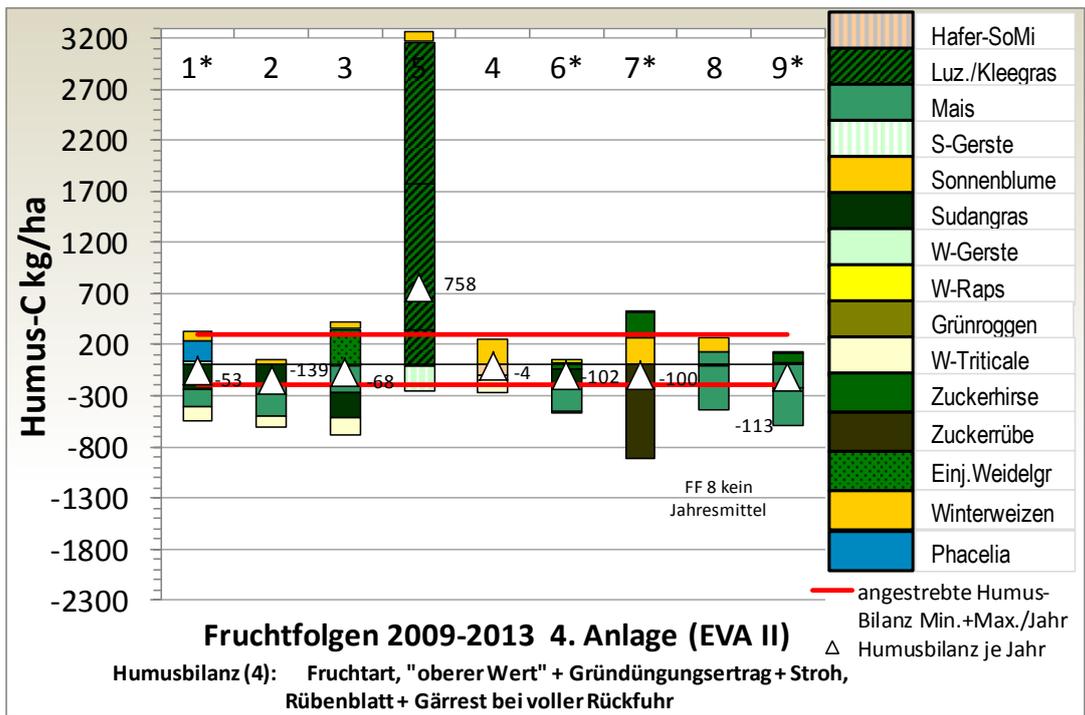
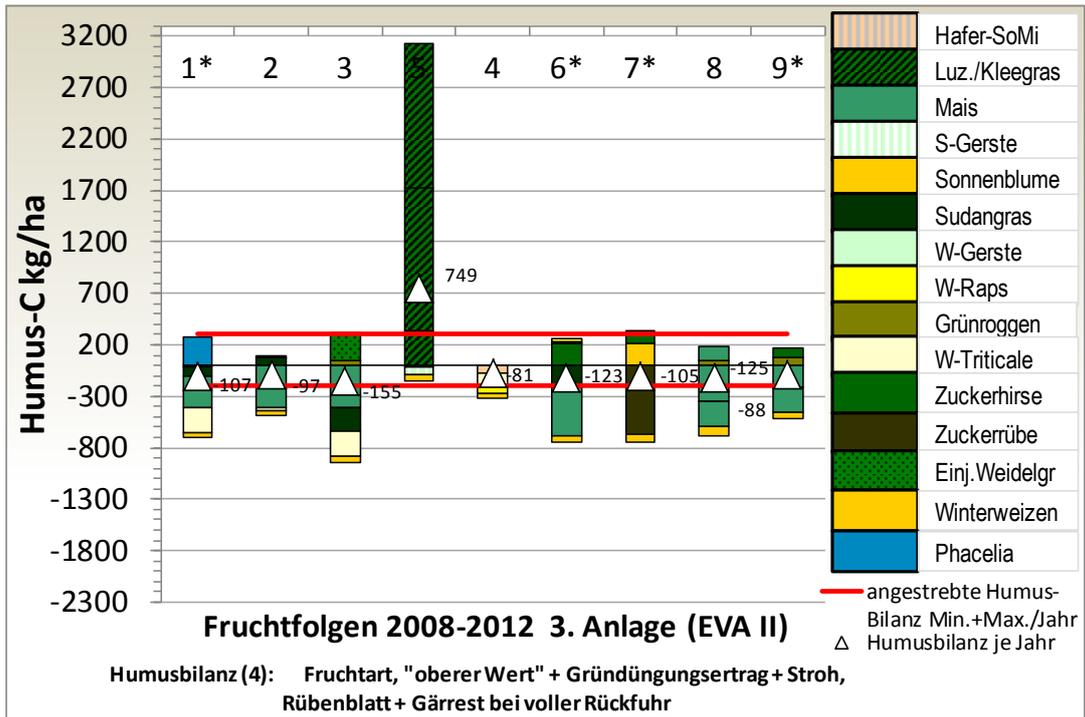


Abb. 6-20: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ 3. und 4. Anlage (EVA II).

Tab. 6-29: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II)

FF	3. Anlage 2009		2010		2011		2012	Ø/ Jahr
	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	Haupt- od.Erstfr.	2.Frucht od. SoZF	2013	
1*	W-Gerste 16	Sudangras -164	Mais -239		W-Triticale -189	Phacelia 238	WW 20	-80
2	Sudangras -56		Grünrog. 11	Mais -364	W-Triticale -61	Kornntzg.	WW -2	-118
3	Mais -337		Grünrog. 31	Sudangras -240	W-Triticale -207	Einj.Weidelg. 307	WW -1	-112
5	S-Gerste -162	Luz./Kleegr. 355	Luz./Kleegr. 1399		Luz./Kleegr. 1400		WW 22	753
4	Hafer-SoMi -85		W-Triticale -152		W-Raps -29	Kornntzg.	WW 94	-43
6*	Zuckerhirse 85		W-Gerste 15	Sudangras -184	W-Raps 31	Mais -360	WW -37	-112
7*	Sonnenblume 238		W-Triticale 7	Zuckerhirse 175	Zuckerrüben -787		WW -41	-102
8	Mais (x)		Grünrog. 22	Mais 134	Mais -341		WW 28	(x)
9*	Mais -218		Grünrog. 50	Zuckerhirse 90	Mais -304		WW -20	-101

* FF gegenüber EVA I geändert

SoZF = Sommerzwischenfrucht

kursiv: Kornnutzung

(x) 3.Anl.FF 8 Mais 2010 Wildschaden; Mittel aus 2 statt 4 Werten, nur 33 TM dt/ha Stroh (unrealistisch), deshalb Rechnung mit 100 dt Stroh

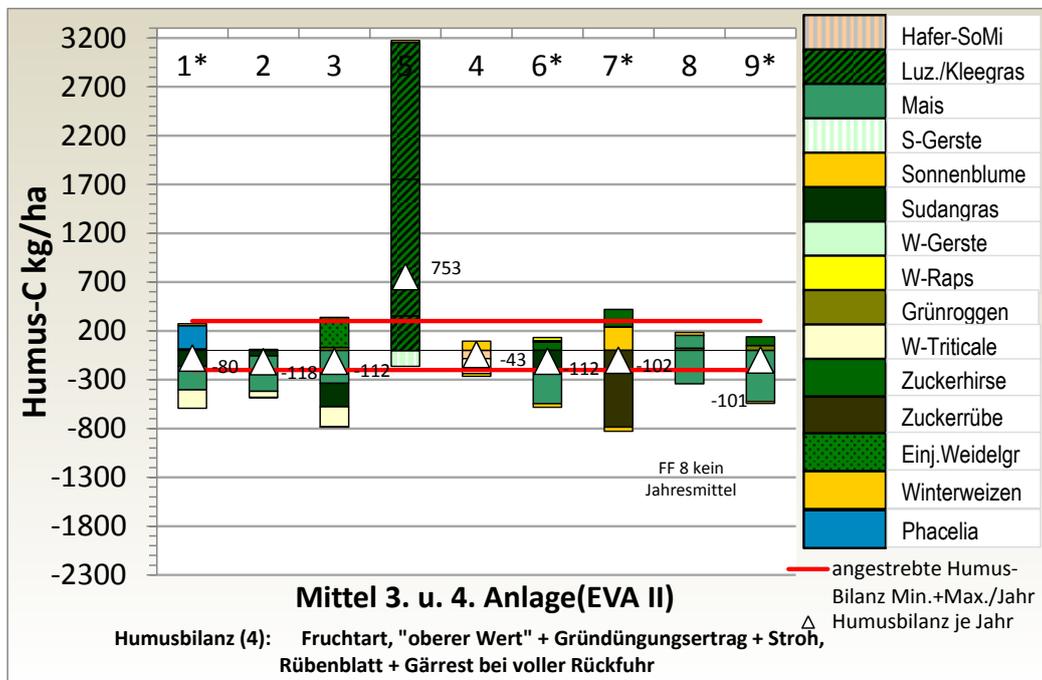


Abb. 6-21: Humusbilanz (4) der Fruchtfolgen 1 bis 9/ Mittel aus 3. und 4. Anlage (EVA II).

6.6 Anhang Anbaudaten

Tab. 6-30: Anbaudaten 2009 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	W.Gerste	Sudangras	Silomais	Hafer	Sommergerste	Zuckerhirse	Sonnenblumen	Silomais	Mais
Bodenbearbeitung	Tiefenlockerung	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08
	Grubbern	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08	18.09.08
	Grubbern + Fräsen	13.10.08								
	1. Pflugfurche + Kreiselegge	14.10.08	14.10.08	14.10.08	14.10.08	14.10.08	14.10.08	14.10.08	14.10.08	14.10.08
	Grubbern		21.04.09	21.04.09				21.04.09	21.04.09	21.04.09
	Kreiselegge		21.05.09	24.04.09	01.04.09	01.04.09	21.05.09	27.04.09	24.04.09	24.04.09
Aussaat	Sorte	Finita	Lussi	Montoni	Dominik / Flämingsgold / Pergamon	Tocada	506	Metharoc	Puyol	Sundi
	Beizmittel	Manta Plus	Thirame	Maxim XL	Rubin	EfA	Standard	Thirame	Thirame	Thirame
	Aussaatstärke	375 Kö/m ² (205,5 kg/ha) auf nur 3 Saatbahnen mit je 1,5m/Parzelle	25Kö/m ² (12,8 kg/ha)	10 Kö/m ²	330 Kö/m ² auf nur 3 Saatbahnen verteilt (je 50,43 kg/ha von jeder Sorte)	300 Kö/m ² auf nur 3 Saatbahnen mit je 1,5m/Parzelle (172,7 kg/ha)	25Kö/m ² (7,8 kg/ha)	12 Kö/m ²	10 Kö/m ²	10 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	25	75	15	15	50	50	75	75
	Anzahl Reihen	36	24	8	36	36	12	12		
	Aussaatdatum	14.10.2008	21.05.2009	24.04.2009	01.04.2009	01.04.2009	21.05.2009	27.04.2009	24.04.2009	24.04.2009
	Vliesabdeckung	24./27.10.2008	21.05.2009	11.05.2009 nach Neuein-saat	keine	keine	21.05.2009	27.04.2009	11.05.2009 nach Neuein-saat	11.05.2009 nach Neuein-saat
	Feldaufgang	27.10.2008	25.05.2009	04.05.2009	25.04.2009	25.04.2009	27.05.2009	16.05.2009	04.05.2009	04.05.2009
	Nachstecken mit Hand		04.06.2009	07.05.2009			04.06.2009		07.05.2009	07.05.2009
	Nachsaat	27.10.2009 Reihe 1,3,7		11.05.2009 Neuein-saat 3 /13/27/30	16.04.2009 Nachsaat mit der Einzelreihensämaschine	16.04.2009 Nachsaat mit der Einzelreihensämaschine			11.05.2009 Nachsaat Parzelle 34 Neuein-saat 8/17/23	11.05.2009 Nachsaat Parzelle 9/16/33 Neuein-saat 24
Vliesabnahme	12.11.08	31.05.09	21.05.09			31.05.09	21.05.09	21.05.09	21.05.09	

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	11.5.09	11.5.09	11.5.09	11.5.09	11.5.09	11.5.09	11.5.09	11.5.09	11.5.09
	P ₂ O ₅ kg/ha	205	216	216	158					
	K ₂ O kg/ha	568	598	598	437	626	568	542	598	598
	MgO kg/ha	79	83	83	61	87	79	75	83	83
	PK 13-36-5 kg/ha	1578	1662	166	1215	1739	1578	1508	1662	1662
	1. N-Düngergabe									
	Datum	19.03.09	11.05.09	22.04.09	14.04.09	14.04.09	11.05.09	22.04.09	22.04.09	22.04.09
	N kg/ha	60	170	200	70	70	170	140	200	200
	KAS kg/ha	222			260	260				
Alzon kg/ha		370	435			370	304	435	435	
2. N-Düngergabe										
Datum				26.05.2009	26.05.2009					
N kg/ha				50	85					
KAS kg/ha				185	314					
Pflanzenschutz	Herbizid	21.10.2008 Bacara 1l/ha	08.06.2009 2,5 l/ha Gardo Gold	30.04.2009 1,25 l/ha Dual Gold 20.05.2009 1 l/ha Callisto + 0,3 l/ha Certrol B	30.04.2009 1,5 l/ha U 46 M-Fluid	keinen wegen U-Saat	08.06.2009 2,5 l/ha Gardo Gold	29.04.2009 4l/ha Bandur	30.04.2009 1,25 l/ha Dual Gold 20.05.2009 1 l/ha Callisto + 0,3 l/ha Certrol B	30.04.2009 1,25 l/ha Dual Gold 20.05.2009 1 l/ha Callisto + 0,3 l/ha Certrol B
	Fungizid	07.05.2009 Input 1,25 l/ha								
	Maschinenhacke		16.06.09				16.06.09			
Ernte	Datum	03.06.2009	08.10.2009	29.09.2009	23.06.2009	25.06.2009	08.10.2009	20.08.2009	07.09.2009	15.09.2009
	Bemerkung									
	dt TM/ha	127	199	232	137	112	246	132	193	219
	dt FM/ha	458	766	548	392	374	929	708	561	702
	% TM	28	26	42	35	30	27	19	35	31
	Zweitfrucht	Sorghum				Luzernegras				
Bodenbearbeitung	Grubber					Untersaat Luzernegras am 22.04.09 in				

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtfolgen (FF)									
	Fräse	zweimalig 03.06.2009				Sommergers- tenbestand				
	Pflug Grubber Kreiselegge	03.06.2009			10.07.2009					
Aussaat	Fruchtart	Sudangras				Luzerne- grasmischung (22 kg/ha Luzerne, 4 kg/ha Wie- senlieschgras, 4 kg/ha Wie- senschwengel)				
	Sorte	Lussi								
	Beizmittel	Thirame								
	Aussaatstärke	50Kö/m ² 12,8 kg/ha					30 kg/ha			
	Reihenabstand (cm)	25					15			
	Aussaatdatum	03.06.2009					22.04.2009			
	Feldaufgang	14.06.2009					11.05.2009			
	Nachsaat						20 kg/ha breit- flächig 06.07.2009			
Düngung	Datum	03.06.2009								
	N kg/ha	170								
	Alzon kg/ha	370								
Pflanzen- schutz	Herbizid	08.06.2009 2,5 l/ha Gardo Gold								
	Maschinenhacke	16.06.2009								
Ernte	Datum	08.10.2009				08.10.2009				
	Bemerkung									
	dt TM/ha	199				13				
	dt FM/ha	766				54				

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	% TM	26				24				

Tab. 6-31: Anbaudaten 2010 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	Mais	Winterroggen	Winterroggen	Wintertriticale	Luzernegras	Wintergerste	Wintertriticale	Winterroggen	Winterroggen
Bodenbearbeitung	Pflug	09.10.2009	09.10.2009	09.10.2009	09.10.2009		09.10.2009	09.10.2009	09.10.2009	09.10.09
	Grubber	15.10.2009 08.04.2010 23.04.2010	15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009		15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009
	Kreislegge	26.04.2010	15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009		15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009
Aussaat	Sorte	DKC 5542	Protector	Vitallo	Korpus		Fridericus	Korpus	Protector	Vitallo
	Beizmittel	Mesurool	Arena C	Arena C	Landor CT		EfA	Landor CT	Arena C	Arena C
	Aussaatstärke	10 Kö/m ²	420 Kö/m ² 136kg/ha	350 Kö/m ² 134 kg/ha	320 Kö/m ² 143 kg/ha		300 Kö/m ² 181 kg/ha	320 Kö/m ² 143 kg/ha	420 Kö/m ² 136kg/ha	350 Kö/m ² 134 kg/ha
	Reihenabstand (cm)	75 cm	15 cm	15 cm	15 cm		15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	Anzahl Reihen/Parzelle	8	27	27	27		27	27	27	27
	Aussaatdatum	26.04.2010	15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009		15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009	15.10.2009
	Auflaufdatum	10.05.2010	30.10.2009	30.10.2009	30.10.2009		30.10.2009	30.10.2009	30.10.2009	30.10.2009
N_{min}	Veg. Ende	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009
	Veg. Beginn		02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010		02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010
Düngung	1. N-Düngergabe									
	Datum	23.04.2010	18.03.2010	18.03.2010	18.03.2010		18.03.2010	18.03.2010	18.03.2010	18.03.2010
	N kg/ha	200	60	60	60		60	60	60	60
	KAS kg/ha		222	222	222		222	222	222	222
	Alzon kg/ha	434								
	2. N-Düngergabe									
Datum					19.04.2010					
N kg/ha					40					
KAS kg/ha					148					
Pflanzenschutz	Herbizid	29.04.2010 VA 1,25 l/ha Dual Gold	21.10.2009 1,0 l Baccara	21.10.2009 1,0 l Baccara	21.10.2009 1,0 l Baccara		21.10.2009 1,0 l Baccara	21.10.2009 1,0 l Baccara	21.10.2009 1,0 l Baccara	21.10.2009 1,0 l Baccara

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
		25.05.2010								
		1/ha Callisto+ 0,3 l/ha Certrol B								
	sonstiges	30.06.2010 Trichogramma 14.07.2010 Trichogramma								
Ernte	Datum	29.09.2010	02.05.2010	18.05.2010	25.06.2010	02.06.2010	18.05.2010	18.05.2010	02.05.2010	18.05.2010
	Bemerkung					1. Schnitt				
	dt TM/ha	192	44	55	124	41	42*	44	54	61
	dt FM/ha	659	236	247	343	235	189	239	301	267
	TM%	29	19	22	36	17	22	18	18	23
	Datum					08.07.2010				
	Bemerkung					2. Schnitt	* 3 Wiederholungen			
	dt TM/ha					40				
	dt FM/ha					194				
	TM%					21				
	Datum					25.08.2010				
	Bemerkung					3. Schnitt				
	dt TM/ha					24				
	dt FM/ha					122				
TM%					20					
Datum					19.10.2010					
Bemerkung					4. Schnitt					
dt TM/ha					15					
dt FM/ha					79					
TM%					19					
	Zweitfrucht		Mais	Sorghum			Sorghum	Sorghum	Mais	Sorghum
Bodenbearbeitung	Grubbern + Fräsen		Fräse Howard 02.05.2010						Fräse Howard 02.05.2010	
	Pflug			18.05.2010			18.05.2010	18.05.2010		18.05.2010

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Kreiselegge			25.05.2010			25.05.2010	25.05.2010		25.05.2010
Aussaat	Sorte		Mais Taranis	Sorghum Lussi			Sorghum Lussi	Sorghum "506"	Mais PR 37 Y 12	Sorghum Goliath
	Beizmittel		Fluxomil, Meldaxyl, Thirame	Methaxyl XL			Methaxyl XL	Standardbeize	MesuroI	Maxim XL
	Aussaatstärke		10 Kö/m ²	50 Kö/m ²			50 Kö/m ²	25 Kö/m ²	10 Kö/m ²	25 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)		75 cm	25 cm			25 cm	50 cm	75 cm	50
	Aussaatdatum		02.05.2010	25.05.2010			25.05.2010	25.05.2010	02.05.2010	25.05.2010
	Feldaufgang		10.05.2010	07.06.2010			07.06.2010	06.05.2010	07.06.2010	07.06.2010
	Nachsaat			09.06.2010 zusätzliche Zwischen- reihen zwi- schen Ernte- parzelle und Rand eingesät			09.06.2010 zusätzliche Zwischen- reihen zwi- schen Ernte- parzelle und Rand eingesät			
Vliesabdeckung		05.05.2010	27.05.2010			27.05.2010	27.05.2010	05.05.2010	27.05.2010	
Vliesabnahme		25.05.2010	08.06.2010			08.06.2010	08.06.2010	25.05.2010	08.06.2010	
Düngung	N-Düngergabe									
	Datum		05.05.2010	25.05.2010			25.05.2010	25.05.2010	05.05.2010	25.05.2010
	N kg/ha		200	170			170	170	200	170
Alzon kg/ha		434	369			369	369	434	369	
Pflanzenschutz	Herbizid		25.05.2010 1l/ha Callisto+ 0,3 l/ha Certrol B	09.06.2010 2 l/ha Gardo Gold 09.06.2010			09.06.2010 2 l/ha Gardo Gold	09.06.2010 2 l/ha Gardo Gold	25.05.2010 1l/ha Callisto+ 0,3 l/ha Certrol B	09.06.2010 2 l/ha Gardo Gold
	Sonstiges			09.06.2010 Maschinen- hacke 06.07.2010 Handhacke			09.06.2010 Maschinen- hacke 06.07.2010 Handhacke	09.06.2010 Maschinen- hacke 06.07.2010 Handhacke		09.06.2010 Maschinen- hacke 06.07.2010 Handhacke
			30.06.2010 Trichogramma						30.06.2010 Trichogramma	
			14.07.2010						14.07.2010	

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
			Trichogramma						Trichogramma	
Ernte	Datum	29.09.2010	22.09.2010	29.09.2010			20.09.2010	19.10.2010	19.10.2010	19.10.2010
	Bemerkung		3 Stück 4. Parzelle Wildschaden						Nur 2 von 4 Parzellen, Wildschaden, *TM % nicht mehr nachvoll- ziehbar	
	dt TM/ha	192	149	143			137	140	104	162
	dt FM/ha	659	473	430			414	596	*	562
	TM %	29	31	33			33	23	*	29

Tab. 6-32: Anbaudaten 2010 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	Winter- gerste	Sorghum	Mais	Hafer	Sommer- gerste	Sorghum	Sonnen- blumen	Mais	Mais
Bodenbe- arbeitung	Grubber	03.08.2009	03.08.2009	03.08.2009 08.04.2010 23.04.2010	03.08.2009	03.08.2009	03.08.2009 08.04.2010	03.08.2009 08.04.2010	03.08.2009 08.04.2010 23.04.2010	03.08.2009 08.04.2010 23.04.2010
	Pflug	24.09.2009	24.09.2009	24.09.2009	24.09.2009	24.09.2009	24.09.2009	24.09.2009	24.09.2009	24.09.2009
	Kultiegge				19.03.2010	19.03.2010				
	Kreiselegge	15.10.2009	25.05.2010	26.04.2010	19.03.2010	19.03.2010	25.05.2010	19.04.2010	26.04.2010	26.04.2010
Aussaat	Sorte	WGerste Finita	Lussi	Montoni	Dominik, Flämingsgold, Pergamon	Tocada	506	Metharoc	Puyol	Sundi
	Beizmittel	Rubin	Methaxyl XL	Mesurool, TMTD	Rubin,Rubin EfA	EfA	Standardbeize	Thirame	Thiram, Methio- carb	Mesurool
	Aussaatstärke	350 Kö/m ² 203 kg/ha	50 Kö/m ²	10 Kö/m ²	350 Kö/m ² 157 kg/ha	300 Kö/m ² 161 kg/ha	25 Kö/m ²	12 Kö/m ²	10 Kö/m ²	10 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	25	75	15	15	50	50	75	75
	Anzahl Reihen	27	24	8	27	27	12	12	8	8
	Aussaatdatum	15.10.2009	25.05.2010	26.04.2010	19.03.2010	19.03.2010	25.05.2010	19.04.2010	26.04.2010	26.04.2010

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Untersaat					22 kg/ha Luzerne, 4 kg/ha Wiesen- schwingel, 4 kg/ha Wiesen- lieschgras Unter- saat 27.04.2010				
	Nachsaat	keine	09.06.2010	keine	keine	keine	09.06.2010	keine	keine	keine
	Auflaufdatum	30.10.2009	07.06.2010	10.05.2010	06.04.2010	06.04.2010	07.06.2010	06.05.2010	10.05.2010	10.05.2010
	Vliesbedeckung		27.05.2010	29.04.2010	22.03.2010	22.03.2010	27.05.2010	19.04.2010	29.04.2010	29.04.2010
	Vliesabnahme	18.05.2010	08.06.2010		06.04.2010	06.04.2010	22.06.2010	11.05.2010		
	Netzabdeckung							20.07.2010		
N_{min}	Veg. Ende	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009	07.12.2009
	Veg. Beginn	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010	02.03.2010
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	08.10.2009	08.10.2009	08.10.2009	08.10.2009	08.10.2009	08.10.2009	08.10.2009	08.10.2009	08.10.2009
	P ₂ O ₅ kg/ha	205	216	216	158	226	205	196	216	216
	K ₂ O kg/ha	568	598	598	437	626	568	543	598	598
	PK 13-36-5 kg/ha	1578	1662	1662	1215	1739	1578	1508	1662	1662
	1. N-Düngergabe									
	Datum	18.03.2010	25.05.2010	23.04.2010	07.04.2010	07.04.2010	25.05.2010	19.04.2010	23.04.2010	23.04.2010
	N kg/ha	60	170	200	70	70	170	140	200	200
	KAS kg/ha	222			259	259				
	Alzon kg/ha		369	434			369	304	434	434
2. N-Düngergabe										
Datum				25.05.2010	25.05.2010					
N kg/ha				50	85					
KAS kg/ha				185	314					
Pflanzen- schutz	Herbizid	21.10.2009		29.04.2010				19.04.2010	29.04.2010	29.04.2010
		1,0 l/ha Bacca- ra		1,25 l/ha Dual Gold				4 l/ha Bandur	1,25 l/ha Dual Gold	1,25 l/ha Dual Gold
			09.06.2010	25.05.2010	15.04.2010	15.04.2010	09.06.2010		25.05.2010	25.05.2010

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
			2 l/ha Gardo Gold	1l/ha Callisto+ 0,3 l/ha Certrol B	0,1 kg/ha Concert SX	0,1 kg/ha Concert SX	2 l/ha Gardo Gold		1l/ha Callisto+ 0,3 l/ha Certrol B	1l/ha Callisto+ 0,3 l/ha Certrol B
	Fungizid				14.06.2010 1,5 l/ha Juwel Top 0,3 l/ha Biscaya	14.06.2010 1,5 l/ha Juwel Top 0,3 l/ha Biscaya				
	Sonstiges		09.06.2010 Maschinen- hacke 06.07.2010 Handhacke	30.06.2010 Trichogramma 14.07.2010 Trichogramma			09.06.2010 Maschinen- hacke 06.07.2010 Handhacke		30.06.2010 Trichogramma 14.07.2010 Trichogramma	30.06.2010 Trichogramma 14.07.2010 Trichogramma
Ernte	Datum	18.05.2010	29.09.2010	29.09.2010	25.06.2010	25.06.2010	06.10.2010	25.08.2010		06.10.2010
	Bemerkung								nicht möglich -> Wildschaden	
	dt TM/ha	51	144	200	84	56	156	139	104	219
	dt FM/ha	272	457	727	358	193	743	790	Ertrag passend, unsicher,	752
	TM in %	19	31	27	23	29	21	18	übernom.v.EVA I	29
	Zweitfrucht	Sorghum				Luzernegras				
	Pflug	18.05.2010								
	Kreiselegge	25.05.2010								
Aussaat	Sorte	Lussi				s.o.				
	Beizmittel	Methaxyl XL								
	Aussaatzstärke	50 Kö/m ²								
	Reihenabstand (cm)	25								
	Aussaatdatum	25.05.2010								
	Vliesabdeckung	27.05.2010								
	Vliesabnahme									
	Feldaufgang					06.05.2010				
	Nachsaat									

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
Düngung	N-Düngergabe									
	Datum	25.05.2010								
	N kg/ha	170								
	Alzon kg/ha	369								
Pflanzen- schutz	Herbizid	09.06.2010 2,0 l/ha Gardo Gold								
	Fungizid				14.06.2010 1,5 l/ha Juwel Top + 0,3 l/ha Byscaya	14.06.2010 1,5 l/ha Juwel Top + 0,3 l/ha By- scaya				
	Sonstiges	09.06.2010 Maschinen- hacke 06.07.2010 Handhacke								
Ernte	Datum	29.09.2010				19.10.2010				
	Bemerkung									
	dt TM/ha	133				14				
	dt FM/ha	426				73				
	TM in %	31				19				

Tab. 6-33: Anbaudaten 2011 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	Wintertriticale	Wintertriticale	Wintertriticale	W.Raps	Luzernegras	W.Raps	Zuckerrübe	Mais	Mais
Bodenbearbeitung	Grubber	06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010				06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010
	Fräse	06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010	15.07.2010 ca. 10 cm tief		zweimalig 20.09.2010			
	Kreiselegge	07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010	03.09.2010		03.09.2010	22.03.2011	19.04.2011	19.04.2011
Aussaat	Herbizid vor Aussaat				Glyphos 5 l/ha 25.08.2010					
	Sorte	Cosinus	Cosinus	Tulus	Dimension	Mischung	NK Fair	Benno	Toxxol	Krassus
	Beizmittel	EfA	EfA	Landor CT	Premium Plus		Elado	Thiram, Hy-mexazol, Thiamethaxam, Tefluthrin	Mesurool	Mesurool
	Aussaatstärke	320 Kö/m ² , 139 kg/ha	320 Kö/m ² , 139 kg/ha	320 Kö/m ² , 175 kg/ha	60 Kö/m ² 4,1 kg/ha	30 kg/ha	60 Kö/m ² 3,57kg/ha	100 Kö/m ²	10 Kö/m ²	10 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	15	15	15		15	50	75	75
	Anzahl Reihen/Parzelle	36	36	36	36	breitflächige Untersaat	36	6	8	8
	Aussaatdatum Vereinzelung	07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010	03.09.2010	22.04.2009	21.09.2010	22.03.2011 26.04.2011	20.04.2011	20.04.2011
N_{min}	Veg. Beginn	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	10.03.2011	10.03.2011	10.03.2011	03.09.2010	10.03.2011	21.09.2010	10.03.2011	10.03.2011	10.03.2011
	N kg/ha				40		40			
	P2O5 kg/ha	80	80	173	27	80	27	48	128	128
	K2O kg/ha	208	208	450	53	208	53	125	334	334
	S kg/ha				33		33			
	PK+Mg 9,9/25,8-5 kg/ha	806	806	1747		806		484	1293	1293
	Blaukorn				332		332			
1. N-Düngergabe										
Datum	09.03.2011	09.03.2011	09.03.2011	23.02.2011		23.02.2011	29.03.2011	19.04.2011	19.04.2011	
N kg/ha	50	50	50	60		60	75	177	185	

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	KAS kg/ha	185	185	185	222		222			
	Alzon kg/ha							163	385	385
	2. N-Düngergabe									
	Datum	11.04.2011	11.04.2011	09.03.2011	29.03.2011		29.03.2011			
	N kg/ha	40	48	40	58		40			
	KAS kg/ha	148	177	148	215		148			
Pflanzen- schutz	Herbizid	27.10.2010 1,0 l/ha Bacara forte	27.10.2010 1,0 l/ha Bacara forte	27.10.2010 1,0 l/ha Bacara forte	06.10.2010 2 l/ha Butisan Top		06.10.2010 2 l/ha Butisan Top	28.04.2011 1l/ha Powertwin 1,5l/ha Goltix Gold 1l/ha Oleo FC 18.05.2011 l Powertwin 1,5l Goltix Gold 1l Oleo FC	11.05.2011 1 l/ha Clío Star +1l/ha Spec-trum	11.05.2011 1 l/ha Clío Star +1l/ha Spec-trum
	Fungizid	28.04.2011 1,25 l/ha Input	28.04.2011 1,25 l/ha Input	28.04.2011 1,25 l/ha Input	29.03.2011 1 l/ha Folicur/ha			03.08.2011 1l/ha Spyrale		
	Insektizid				29.03.2011 0,2 l/ha Trebon 30 EC 05.04.2011 0,3 l/ha Biscaya 14.04.2011 0,3 l/ha Biscaya		29.03.2011 0,2 l/ha Trebon 30 EC 05.04.2011 0,3 l/ha Biscaya 14.04.2011 0,3 l/ha Biscaya			
	Schneckenkorn				06.09.2010 4 kg/ha Spiess Urania 13.09.2010 4 kg/ha Spiess Urania		24.09.2010 4 kg/ha Spiess Urania 06.10.2010 4 kg/ha Spiess Urania	12.04.2011 4 kg/ha Spiess Urania		
	Sonstiges							15.04.2011 Maschinenhacke 18.04.2011		

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtfolgen (FF)							Handhacke 06.07.2011		
								Handhacke		
Ernte	Datum	07.06.2011	04.07.2011	07.06.2011	29.06.2011	23.05.2011	02.05.2011	12.10.2011	09.09.2011	09.09.2011
	Bemerkung		Korn		Korn	1. Schnitt		Rübe		
	dt TM/ha	83	51	84	13	65	34	246	225	219
	dt FM/ha	206	56	215	13	277	163	1076	679	683
	% TM	40	91	39	94	24	21	23	33	32
	Datum		04.07.2011		29.06.2011	05.07.2011		12.10.2011		
	Bemerkung		Stroh		Stroh	2. Schnitt		Blatt		
	dt TM/ha		40		35	42		24		
	dt FM/ha		63		101	184		108		
	% TM		66		35	23		26		
	Datum					17.08.2011				
	Bemerkung					3. Schnitt				
	dt TM/ha					27				
	dt FM/ha					132				
	% TM					20				
	Datum					12.10.2011				
Bemerkung					4. Schnitt					
dt TM/ha					20					
dt FM/ha					93					
% TM					21					
	Zweitfrucht	Phacelia		Weidelgras			Mais			
Bodenbe- arbeitung	Grubber									
	Fräse	09.06.2011	18.08.2011	09.06.2011	18.08.2011		02.05.2011			
Aussaat	Kreiselegge	10.06.2011		10.06.2011			02.05.2011			
	Sorte	Angelia		Andrea			Cannavaro			
	Beizmittel						Mesurool			
	Aussaatstärke	15 kg/ha		40 kg/ha			10 Kö/m²			
	Reihenabstand (cm)	15		15			75			
	Anzahl Reihen	36		36			8			
	Aussaatdatum	10.06.2011		10.06.2011			02.05.2011			

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
Düngung	Fruchtfolgen (FF)									
	N-Düngergabe									
	Datum			09.06.2011			02.05.2011			
	N kg/ha			60			170			
	KAS kg/ha			222			369			
Pflanzenschutz	Sonstiges						06.07.2011 Maschinenhacke			
Ernte	Datum	12.10.2011		01.08.2011						
	Bemerkung			1. Schnitt			12.10.2011			
	dt TM/ha	19		27			210			
	dt FM/ha	55		145			479			
	% TM	36		19			44			
	Datum			12.10.2011						
	Bemerkung			2. Schnitt						
	dt TM/ha			17						
	dt FM/ha			66						
	% TM			26						

Tab. 6-34: Anbaudaten 2011 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	Mais	Winterroggen	Winterroggen	Wintertriticale	Luzernegras	Wintergerste	Wintertriticale	Winterroggen	Winterroggen
Bodenbearbeitung	Grubber	06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010		06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010
	Fräse		06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010		06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010	06.10.2010
	Kreislege	19.04.2011	07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010		07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010
Aussaat	Sorte	DKC 5542	Protector	Vitallo	Tulus		Fridericus	Tulus	Protector	Vitallo
	Beizmittel	Mesurool	Arena C	EfA	Landor CT		EfA	Landor CT	Arena C	EfA
	Aussaatstärke	10 Kö/m ²	142 kg/ha	111 kg/ha	175 kg/ha		195 kg/ha	175 kg/ha	142 kg/ha	111 kg/ha
	Reihenabstand (cm)	75	15	15	15	breitflächige Untersaat	15	15	15	15
	Anzahl Reihen	8	36	36	36		36	36	36	36
	Aussaatdatum	20.04.2011	07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010	27.04.2010	07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010	07.10.2010
N_{min}	Veg. Beginn	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011	22.02.2011
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	14.03.2011	14.03.2011	14.03.2011	14.03.2011	14.03.2011	14.03.2011	14.03.2011	14.03.2011	14.03.2011
	P2O5 kg/ha	128	216	216	216	80	200	216	216	216
	K2O kg/ha	334	563	563	563	208	521	563	563	563
	MgO kg/ha	65	109	109	109	40	101	109	109	109
	PK 9,9/25,8-5	1293	2182	2182	2182	806	2019	2182	2182	2182
	Kalkung									
	Datum	01.02.2011	01.02.2011	01.02.2011	01.02.2011	01.02.2011	01.02.2011	01.02.2011	01.02.2011	01.02.2011
	CaO kg/ha	1700	1700	4700	1700	1700	3000	2400	2400	1700
	Optiflor 80/10 kg/ha	3700	3700	9700	3700	3700	6200	5000	5000	3700
	1. N-Düngergabe									
	Datum	19.04.2011	09.03.2011	09.03.2011	09.03.2011		09.03.2011	09.03.2011	09.03.2011	09.03.2011
	N kg/ha	180	35	45	40		60	45	15	45
	KAS kg/ha		130	167	148		222	167	55	167
	Alzon kg/ ha	391								
2. N-Düngergabe										
Datum					11.04.2011					
N kg/ha					40					
KAS kg/ha					148					
Pflanzenschutz	Herbizid	11.05.2011	27.10.2010	27.10.2010	27.10.2010		27.10.2010	27.10.2010	27.10.2010	27.10.2010
		1l/ha Clio Star+ 1l/ha	1,0 l/ha Bacara forte	1,0 l/ha Bacara forte	1,0 l/ha Bacara forte	-----	1,0 l/ha Bacara forte	1,0 l/ha Bacara forte	1,0 l/ha Bacara forte	1,0 l/ha Bacara forte

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
		Spectrum								
	Fungizid				28.04.2011 1,25 l/ha Input					
Ernte	Datum	21.09.2011	02.05.2011	10.05.2011	07.06.2011	23.05.2011	10.05.2011	10.05.2011	02.05.2011	10.05.2011
	Bemerkung					1. Schnitt				
	dt TM/ha	271	40	44	106	63	51	47	37	47
	dt FM/ha	782	178	157	291	247	163	189	158	169
	% TM	35	23	28	37	26	31	25	23	28
	Datum					05.07.2011				
	Bemerkung					2. Schnitt				
	dt TM/ha					35				
	dt FM/ha					158				
	% TM					22				
	Datum					17.08.2011				
	Bemerkung					3. Schnitt				
dt TM/ha					31					
dt FM/ha					161					
% TM					19					
Datum					12.10.2011					
Bemerkung					4. Schnitt					
dt TM/ha					24					
dt FM/ha					124					
% TM					20					
	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Zweitfrucht		Mais	Sorghum			Sorghum	Sorghum	Körnermais	Sorghum
Bodenbe- arbeitung	Grubber									
	Fräse		02.05.2011	12.05.2011			12.05.2011	12.05.2011	02.05.2011	12.05.2011
	Kreislegge		02.05.2011	12.05.2011			12.05.2011	12.05.2011	02.05.2011	12.05.2011
Aussaat	Sorte		Taranis	Lussi			Lussi	506	PR37Y12	Goliath
	Beizmittel		Mesurool	Methaxyl XL			Methaxyl XL	Standardbeize	Mesurool	Maxim XL
	Aussaatstärke		10 Kö/m ²	50 Kö/m ²			50 Kö/m ²	25 Kö/m ²	10 Kö/m ²	25 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)		75	25			25	50	75	50
	Anzahl Reihen		8	20			20	12	8	12
	Aussaatdatum		02.05.2011	12.05.2011			12.05.2011	12.05.2011	02.05.2011	12.05.2011
Düngung	N-Düngergabe									

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Datum		02.05.2011	12.05.2011			12.05.2011	12.05.2011	02.05.2011	12.05.2011
	N kg/ha		200	170			170	170	200	170
	Alzon kg/ha		435	370			370	370	435	370
Pflanzen- schutz	Herbizid			15.06.2011 2,5 l/ha Stomp Aqua + 1,5l/ha Spectrum 21.06.2011 1,5l/ha Buctril			15.06.2011 2,5 l/ha Stomp Aqua + 1,5l/ha Spectrum 21.06.2011 1,5l/ha Buctril	15.06.2011 2,5 l/ha Stomp Aqua + 1,5l/ha Spectrum 21.06.2011 1,5l/ha Buctril		15.06.2011 2,5 l/ha Stomp Aqua + 1,5l/ha Spectrum 21.06.2011 1,5l/ha Buctril
	Sonstiges		06.07.2011 Handhacke	09.06.2011 Maschinen- hacke			09.06.2011 Maschinen- hacke	09.06.2011 Maschinen- hacke	06.07.2011 Handhacke	09.06.2011 Maschinen- hacke
Ernte	Datum		21.09.2011	15.09.2011			15.09.2011	20.10.2011	20.10.2011	20.10.2011
	Bemerkung								Korn	
	dt TM/ha		210	123			153	183	102	167
	dt FM/ha		605	414			524	719	142	576
	% TM		35	30			29	26	72	29
Datum								20.10.2011		
Bemerkung								Stroh		
dt TM/ha								100		
dt FM/ha								350		
% TM								29		

Tab. 6-35: Anbaudaten 2012 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 3. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	Winterweizen								
Bodenbearbeitung	Pflug	14.10.2011	14.10.2011	14.10.2011	14.10.2011	14.10.2011	14.10.2011	14.10.2011	14.10.2011	14.10.2011
	Kreiselegge	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011
Aussaat	Sorte	JB Asano								
	Beizmittel	Celest								
	Aussaatstärke	300 Kö/m ² (178, 4 kg/ha)								
	Reihenabstand (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Anzahl Reihen/Parzelle	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Aussaatdatum	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011
N_{min}	Veg. Beginn	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012
	P2O5 kg/ha	36	22	36	28	36	36	50	36	36
	K2O kg/ha	57	35	57	44	57	57	79	57	57
	MgO kg/ha	15	9	15	12	15	15	21	15	15
	S kg/ha	12	7	12	9	12	12	17	12	15
	PK 12-19-5-4 kg/ha	300	183	300	230	300	300	417	300	300
	1. N- Düngergabe									
	Datum	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012
	N kg/ha	45	44	45	34	25	34	34	34	34
	KAS kg/ha	167	163	167	126	95	126	126	126	126
	2. N- Düngergabe									
	Datum	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012
	N kg/ha	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	KAS kg/ha	222	222	222	222	222	222	222	222	222
3. N- Düngergabe										
Datum	15.05.2012	15.05.2012	15.05.2012	15.05.2012	15.05.2012	15.05.2012	15.05.2012	15.05.2012	15.05.2012	
N kg/ha	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
KAS kg/ha	222	222	222	222	222	222	222	222	222	
Pflanzenschutz	Herbizid	02.11.2011	02.11.2011	02.11.2011	02.11.2011	02.11.2011	02.11.2011	02.11.2011	02.11.2011	02.11.2011
		1 l/ha Bacara								
		26.04.2012	26.04.2012	26.04.2012	26.04.2012	26.04.2012	26.04.2012	26.04.2012	26.04.2012	26.04.2012

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9	
		0,6l/ha Tomigan 180 + 0,75l/ha U 46 M-Fluid									
	Fungizid	10.05.2012 2 l/ha Adexar									
	Insektizid	24.05.2012 75ml/ha Kara- te Zeon									
Ernte	Datum	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	
	Bemerkung	Korn									
	dt TM/ha	61	68	66	70	69	70	72	69	69	
	dt FM/ha	70	79	76	81	80	81	83	80	80	
	% TM	86	86	87	87	87	87	87	87	87	
	Datum	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012	23.07.2012
	Bemerkung	Stroh	Stroh								
	dt TM/ha	38	38	36	38	37	36	34	34	37	
	dt FM/ha	41	41	38	41	42	38	36	36	39	
	% TM	93	93	95	92	88	93	95	94	95	

Tab. 6-36: Anbaudaten 2012 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	Wintertriticale	Wintertriticale	Wintertriticale	W.Raps	Luzernegras	W.Raps	Zuckerrübe	Mais	Mais
Bodenbearbeitung	Grubber	14.10.2011	14.10.2011	2x (15.09.2011), 14.10.2011			2x (15.09.2011)			
	Fräse			15.09.2011	07.06.2012; 18.08.2012		15.09.2011			
	Kreiselegge	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	30.08.2011		16.09.2011	26.03.2012	27.04.2012	27.04.2012
Aussaat	Sorte	Cosinus	Cosinus	Tulus	Dimension		NK Fair	Benno	Toxxol	Krassus
	Beizmittel	Landor CT	Landor CT	Landor CT	Premium DMM		ELADO	Thiram+Hymex aol+Imidacloprid+Beta Cyfluthrin	Mesurool	Mesurool
	Aussaatstärke	280 Kö/m ² (119 kg/ha)	280 Kö/m ² (119 kg/ha)	280 Kö/m ² (133 kg/ha)	60 Kö/m ² (3,5kg/ha)		60 Kö/m ² (3,1 kg/ha)	100000 Pf/ha	10 Kö/m ²	10 Kö/m ²
	Reihenabstand (cm)	15	15	15	15		15	50	75	75
	Anzahl Reihen	36	36	36	36		36	12	8	8
	Aussaatdatum	17.10.2011	17.10.2011	17.10.2011	31.08.2011		16.09.2011	26.03.2012	27.04.2012	27.04.2012
N_{min}	Veg. Beginn	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012	06.03.2012
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012		07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012	07.03.2012
	P2O5 kg/ha	65	37	97		49	155	50	13	114
	K2O kg/ha	103	59	154		78	245	79	20	180
	MgO kg/ha	27	16	40		20	64	21	5	48
	S kg/ha	22	12	32		16	52	17	4	38
	PK 12-19-5-4 kg/ha	541	310	808		408	1289	416	105	947
	1. N- Düngergabe									
	Datum	22.03.2012	22.03.2012	22.03.2012	13.03.2012		13.03.2012	02.04.2012	12.04.2012	12.04.2012
	N kg/ha	34	34	34	50		50	108	200	200
	KAS kg/ha	126	126	126	185		185			
	Alzon kg/ha							235	434	434
2. N- Düngergabe										
Datum	17.04.2012	17.04.2012	17.04.2012	10.04.2012		10.04.2012				
N kg/ha	40	48	40	58		40				
KAS kg/ha	148	177	148	215		148				

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
Pflanzen- schutz	Herbizid	02.11.2011 1 l/ha Bacara	02.11.2011 1 l/ha Bacara	02.11.2011 1 l/ha Bacara	31.08.2011 2,5l/ha +0,25l/ha Butisan Kom- plett-Pack		16.09.2011 2,5l/ha +0,25l/ha Butisan Kom- plett-Pack	26.04.2012 1,5l/ha Goltix+1,0l/ha Powertwin 03.05.2012 1,5l/ha Goltix+ 1 l/ha Powertwin+ 1 l/ha Fusilade Max	18.05.2012 1,0l/ha Clio Star+1,0l/ha Spectrum	18.05.2012 1,0l/ha Clio Star+1,0l/ha Spectrum
	Fungizid		03.05.2012 1,25l/ha Input					22.06.2012 Spyrale 1,0l/ha 29.08.2012 0,4 l/ha Storm 860? Mittel unbekannt		
	Insektizid	24.05.2012 75ml/ha Karate Zeon	24.05.2012 75ml/ha Karate Zeon	24.05.2012 75ml/ha Karate Zeon	15.03.2012 0,3l/ha Biscaya 10.04.2012 0,3l/ha Bisca- ya 26.04.2012 0,2kg/ha Mospilan		15.03.2012 0,3l/ha Biscaya 10.04.2012 0,3l/ha Biscaya			
	Schneckenkorn				31.08.2011		16.09.2011	02.04.2012		
Ernte	Datum	15.06.2012	23.07.2012	15.06.2012	10.07.2012	30.05.2012	02.05.2012	10.10.2012	10.09.2012	10.09.2012
	Bemerkung					1. Schnitt		Rübe		
	dt TM/ha	114	66	98	23	59	30	177	137	162
	dt FM/ha	329	75	277	27	309	237	897	470	540
	% TM	35	88	35	82	19	13	20	29	30
	Datum					05.07.2012		10.10.2012		
	Bemerkung					2. Schnitt		Blatt		
	dt TM/ha		32		45	29		20		
dt FM/ha		37		154	162		118			
% TM		88		29	18		17			
Datum					14.08.2012					

Tabelle fortgeführt		FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtfolgen (FF)									
	Bemerkung dt TM/ha					3. Schnitt 25				
	dt FM/ha % TM Datum					126 20 11.10.2012				
	Bemerkung dt TM/ha dt FM/ha % TM					4. Schnitt 17 84 20				
	Zweitfrucht	Phacelia		Weidelgras			Mais			
	Fräse	15.06.2012		15.06.2012			02.05.2012			
	Kreiselegge	18.06.2012		18.06.2012			02.05.2012			
Aussaat	Sorte	Angelia		Andrea			Cannavaro			
	Beizmittel						Mesurool			
	Aussaatstärke	15 kg/ha		40 kg/ha			10 Kö/m ²			
	Reihenabstand (cm)	15		15			75			
	Anzahl Reihen	36		36			8			
	Aussaatdatum	18.06.2012		18.06.2012			02.05.2012			
Düngung	N- Düngergabe									
	Datum			18.06.2012			02.05.2012			
	N kg/ha			60			200			
	KAS kg/ha Alzon kg/ha			222			434			
Pflanzen- schutz	Herbizid						18.05.2012			
							1,0l/ha Clio Star+1,0l/ha Spectrum			
Ernte	Datum	11.10.2012		14.08.2012			10.09.2012			
	Bemerkung			1. Schnitt						
	dt TM/ha	10		40			217			
	dt FM/ha	36		204			668			
	% TM	29		19			33			
	Datum			11.10.2012						
Bemerkung			2. Schnitt							
dt TM/ha			8							
dt FM/ha			32							

Tabelle fortgeführt										
	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	% TM			25						

Tab. 6-37: Anbaudaten 2013 der Fruchtfolgen 1 bis 9 für die 4. Anlage (EVA II)

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9
	Fruchtart	Winterweizen								
Bodenbearbeitung	Pflug	15.10.2012	15.10.2012	15.10.2012	15.10.2012	15.10.2012	15.10.2012	15.10.2012	15.10.2012	15.10.2012
	Kreislegge	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012
Aussaat	Sorte	JB Asano								
	Beizmittel	Celest								
	Aussaatstärke	200 kg/ha								
	Reihenabstand (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Anzahl Reihen	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Aussaatdatum	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012	16.10.2012
N_{min}	Veg.Ende	22.11.2012	22.11.2012	22.11.2012	22.11.2012	22.11.2012	22.11.2012	22.11.2012	22.11.2012	22.11.2012
	Veg. Anfang	04.03.2013	04.03.2013	04.03.2013	04.03.2013	04.03.2013	04.03.2013	04.03.2013	04.03.2013	04.03.2013
	Nach Ernte	06.08.2013	06.08.2013	06.08.2013	06.08.2013	06.08.2013	06.08.2013	06.08.2013	06.08.2013	06.08.2013
Düngung	Grunddüngung									
	Datum	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013	27.03.2013
	P2O5 kg/ha	80	61	80	63	80	80	18	80	80
	K2O kg/ha	150	30	150	0	150	150	0	150	150
	MgO kg/ha	60	12	60	0	60	60	0	60	60
	8-15-6-X (Thomaskali) kg/ha	1000	200	1000		1000	1000		1000	1000
	Superphosphat (18%) kg/ha		250		350			100		
	1. N- Düngergabe									
	Datum	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013	15.03.2013
	N kg/ha	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	KAS kg/ha	222	222	222	222	222	222	222	222	222
2. N- Düngergabe										
Datum	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	
N kg/ha	71	79	71	68	43	80	47	78	78	

Tabelle fortgeführt

	Fruchtfolgen (FF)	FF 1	FF 2	FF 3	FF 4	FF 5	FF 6	FF 7	FF 8	FF 9	
	KAS kg/ha 3. N- Düngergabe	262	292	262	251	159	296	174	288	288	
	Datum	08.05.2013	08.05.2013	08.05.2013	08.05.2013	08.05.2013	08.05.2013	08.05.2013	08.05.2013	08.05.2013	
	N kg/ha	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
	KAS kg/ha	148	148	148	148	148	148	148	148	148	
	Kalkung										
	Datum	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	18.04.2013	
	Kalk CaO kg/ha	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	
	Optiflor kg/ha	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
Pflanzenschutz	Herbizid	18.04.2013 Platform S(1kg/ha)									
	Fungizid	14.05.2013 Adexar 2l/ha	14.05.2013 Adexar 2l/ha								
		19.06.2013 Prosaro 1l/ha	19.06.2013 Prosaro 1l/ha								
	Insektizid	19.06.2013 Biscaya 0,3l/ha	19.06.2013 Biscaya 0,3l/ha								
Wachstumsregler	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	14.05.2013 Moddus 0,6l/ha	
Ernte	Datum	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	
	Bemerkung	Korn									
	dt TM/ha	82	74	86	83	83	77	74	82	83	
	dt FM/ha	96	86	95	97	96	85	90	86	97	
	% TM	87	86	87	86	86	81	82	87	87	
	Datum	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013	01.08.2013
	Bemerkung	Stroh	Stroh								
dt TM/ha	53	48	50	69	54	42	43	58	45		
dt FM/ha	54	49	51	71	55	43	44	60	46		
% TM	97	97	97	97	97	97	98	97	97		

6.7 Anhang Wetterdaten

Tab. 6-38: Übersicht der Monats- und Jahres-Niederschlagssummen (mm); Ettlingen; 2005 bis 2013 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990

Jahr	Monat												Jahressumme
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2005 ¹⁾	25	44	85	34	64	65	132	157	27	136	36	46	851
2006 ¹⁾	33	52	35	76	66	22	88	73	31	35	30	63	604
2007 ²⁾	70	95	86	0	125	102	101	116	55	12	0	77	839
2008 ²⁾	5	52	2	95	48	82	68	83	61	138	49	73	756
2009 ²⁾	37	85	85	51	68	59	134	63	19	73	100	19	793
2010 ²⁾	24	90	26	25	112	40	86	198	47	45	102	105	900
2011 ²⁾	69	16	19	25	28	99	79	116	34	52	2	177	716
2012 ²⁾	88	12	15	45	72	110	78	40	59	97	105	96	817
2013 ²⁾	38	61	29	97	178	79	78	79	108	109	84	53	993
Monatsmittel 2005-2013	43	56	42	50	85	73	94	103	49	77	56	79	Jahresmittel 2005-2013 808
Langjähriges Mittel 1961-1990 ¹⁾	57	54	54	60	80	85	70	67	54	58	65	67	Jahresmittel 1961-1990 771

¹⁾ DWD Wetterstation Karlsruhe, ²⁾ Wetterstation LTZ Ettlingen

Tab. 6-39: Übersicht der mittleren Monats- und Jahrestemperaturen (°C in 2 m Höhe); Ettlingen; 2005 bis 2013 und langjähriges Mittel DWD Karlsruhe 1961-1990

Jahr	Monat												Jahresmittel
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2005 ¹⁾	3,2	0,7	6,6	11,5	15,2	20,2	20,7	18,2	17,6	12,8	5,5	2,1	11,9
2006 ¹⁾	-1,1	1,7	4,5	10,8	15,6	19,6	24,8	17,3	18,9	13,8	8,4	5,0	11,6
2007 ²⁾	6,0	5,7	6,4	13,3	15,3	18,2	18,2	17,7	13,0	9,3	4,3	2,7	10,8
2008 ²⁾	4,3	4,6	5,8	8,8	16,1	17,9	18,9	18,1	12,8	9,9	5,8	1,6	10,4
2009 ²⁾	-2,3	1,6	5,5	12,3	15,3	16,9	19,0	19,9	15,5	9,6	8,0	2,1	10,3
2010 ²⁾	-1,3	2,2	5,4	10,6	12,0	18,0	21,1	17,5	13,5	8,5	6,5	-1,5	9,4
2011 ²⁾	2,3	3,4	7,0	13,0	15,6	17,7	16,8	19,0	16,3	9,9	4,9	5,3	10,9
2012 ²⁾	3,3	-2,4	8,1	9,2	15,2	17,5	18,3	19,7	14,4	9,1	5,6	3,3	10,1
2013 ²⁾	1,5	-0,2	2,6	9,7	11,8	17,0	21,0	18,6	14,8	11,5	5,1	3,2	9,7
Monatsmittel 2005-2013	1,6	1,9	5,8	11,0	14,7	18,1	19,9	18,4	15,2	10,5	6,0	2,6	Jahresmittel 2005-2013 10,6
Langjähriges Mittel 1961-1990 ¹⁾	1,2	2,5	6,0	9,9	14,3	17,5	19,6	18,9	15,4	10,4	5,3	2,2	Jahresmittel 1961-1990 10,3

¹⁾ DWD Wetterstation Karlsruhe, ²⁾ Wetterstation LTZ Ettlingen

Tab. 6-40: Kurzcharakterisierung von Witterungsbesonderheiten Versuchsstandort Ettlingen

2005
Trockener und warmer Juni und September, Juli und besonders August und Oktober niederschlagsreich.
2006
Warmer, sehr trockener Juni; Juli sehr warm bei durchschnittlichen Niederschlägen; besonders September, aber auch Oktober und November sehr warm und trocken.
2007
Milder Januar; trockener, warmer April; Mai bis August überdurchschnittliche Niederschläge, trockener Oktober und November.
2008
März trocken, überdurchschnittliche Niederschläge im April; Mai eher trocken; niedrigere Temperaturen im September; hohe Niederschläge im Oktober.
2009
Höhere Niederschläge im Februar und März, gute Wasserversorgung in der kurzen Vegetationsperiode (Getreide), Juli überdurchschnittlich; September trocken.
2010
Höhere Niederschläge Februar, Mai und ganz besonders August; März, April trocken; erste Junihälfte trocken, wärmste Periode des Jahres; September, Oktober kühler als im Mittel.
2011
Februar, März, April, Mai trocken warm, Wasserversorgung Juni bis August gut, im Juli kühl, geringere Jahresniederschläge, hohe Niederschläge im Dezember.
2012
Sehr geringe Niederschläge und Temperaturen im Februar mit Kahlfröstepisode; März trocken warm, April bis Juli gleichmäßige Niederschlagsverteilung, im letzten Quartal sehr gute Wasserversorgung.
2013
Februar u. März kühl, März auch trocken; Mai sehr kühl u. sehr niederschlagsreich, ca. 14 Tage trockenheiß im Juli, sehr gute Wasserversorgung September bis Oktober.

7 ANHANG II VERÖFFENTLICHUNGEN

- BUTZ, A.; M. HEIERMANN; C. HERRMANN; C. IDLER; P. KORNAZ; S. KRUSE; K. MASTEL; K. NERLICH; J. OTT; W. WURTH; K. STOLZENBURG; B. VOLLRATH; E. WALTER; M. WILLMS; A. ZÜRCHER (2013): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Baden-Württemberg. Hrsg.: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 76 S..
http://www.eva-verbund.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/Praktikerempfehlung/brosch_baden-wuerttemberg_web.pdf [18.12.2014].
- KRUSE, S. (2009): Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Biomasse- und Energieertrag von Energiepflanzen. In: Tagungsband „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel - Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, vTI, Braunschweig (Hrsg.), S. 182.
http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/zi044100.pdf [18.12.2014].
- KRUSE, S. (2009): Leistungspotenzial und Nährstoffbedarf von Energiepflanzenfruchtfolgen in klimatisch begünstigten Regionen Deutschlands. In: VDLUFA-Schriftenreihe (65), Teil 2, S. 230-237.
<http://www.vdlufa.de/kongress2009/KB2009Teil2.pdf> [18.12.2014].
- KRUSE, S. (2011): Alternative Fruchtfolgen für die Biogasanlage. BWagrar/Schwäbischer Bauer/Landwirtschaftliches Wochenblatt 23: 13-15.
- KRUSE, S. (2011): Biogas-Fruchtfolgen unter der Lupe. Badische Bauern Zeitung 28: 25-27.
- KRUSE, S. (2011): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen zur Biogaserzeugung - Wassereffizienz und Berechnungswürdigkeit. In: Tagungsband „123. VDLUFA Kongress Spezialisierte Landwirtschaft - Risiko oder Chance?“, VDLUFA, Speyer (Hrsg.), S. 104.
<http://www.vdlufa.de/kongress2011/KB2011.pdf> [18.12.2014].
- LTZ AUGUSTENBERG (2007): Tagungsband zum 2. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung – Bereitstellung und Anforderungen“, 27.09.2007, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ AUGUSTENBERG (2008): Tagungsband zum 3. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung“, 01.10.2008, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ AUGUSTENBERG (2009): Tagungsband zum 4. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung“, 06.10.2009, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ AUGUSTENBERG (2011): Tagungsband zum 5. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung – Mais und seine Alternativen auf dem Acker“, 06.10.2011, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ AUGUSTENBERG (2012): Tagungsband zum 6. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung - Biodiversität und Wirtschaftlichkeit - ein Widerspruch?“, 16.10.2012, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- MASTEL, K. (2012): Es muss nicht immer Mais sein – Alternativen in der Biogaserzeugung. - In: Agrojournal (4), S. 8
http://www.ltz-bw.de/pb/Lde/Startseite/Merkblaetter+_Infoschriften/AGROjournal [18.12.2014].

- MASTEL, K., KRUSE, S. (2008): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. In: Erste Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.
- MASTEL, K., KRUSE, S. (2009): Körnermaisregion Südwestdeutschland. In: Anbausysteme für Energiepflanzen, optimierte Fruchtfolgen + effiziente Lösungen (Hrsg.), S. 148-156, Vetter, A., Heiermann, M. und Toews, T. DLG Verlag, Frankfurt.
- MASTEL, K., KRUSE, S. (2010) u.a.: In: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, 116 S..
http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_335-eva_2010.pdf [18.12.2014].
- SCHITTENHELM, S., HUFNAGEL, J., ARMAN, B., KRUSE, S., TOEWS, T. (2008): Wasser für Energiepflanzen. DLZ Agrarmagazin 04: 50-55.
- SCHITTENHELM, S., KRUSE, S. (2010): Wassernutzungseffizienz von Energiepflanzen. In: Gülzower Fachgespräche. Proceedings zum 2. Symposium Energiepflanzen 2009 vom 17./18. November 2009 in Berlin. Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, S 108-118.
http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_413-pdf_413gfg_nr_band_34_energiepflanzen.pdf [18.12.2014].
- SCHITTENHELM, S., KRUSE, J. HUFNAGEL UND T. NEUMANN (2008): Faktoroptimierung durch Bewässerung. In: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, S. 38-43.
- SCHITTENHELM, S., REUS, D., KRUSE, S., HUFNAGEL, J. (2011): Assessment of productivity and profitability of sole and double-cropping for agricultural biomass production / Bewertung der Produktivität und Wirtschaftlichkeit von Hauptfruchtanbau und Zweitfruchtnutzung für die landwirtschaftliche Biomasseproduktion. Journal für Kulturpflanzen 63 (11): 387-395.
http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/schittenhelm-et-al_MjY5MjQ5OQ.PDF?UID=938CBF329B11CC14A02566FF996DF8A812A4A53A7C41694E7B [18.12.2014].
- TLL Jena (2012), FNR u.a.; Tagung 04./05. Juli 2012: Anbausysteme für Biogassubstrate und Ergänzungen zum Mais – Ergebnisse aus 6 Jahren Forschung im EVA-Verbund; Vorträge:
<http://www.eva-verbund.de/forum-top/forum.html> [18.12.2014].
- ZÜRCHER, A. (2013): Vielfalt auf dem Acker – Mit Energiepflanzen Biodiversität steigern. In: AGRO-journal (5), S. 8.