

48

Berichte aus dem TFZ

Sorghum als Biogassubstrat

**Präzisierung der
Anbauempfehlungen für
bayerische Anbaubedingungen**



**Sorghum als Biogassubstrat
– Präzisierung der Anbauempfehlungen
für bayerische Anbaubedingungen**



Sorghum als Biogassubstrat

**Präzisierung der Anbauempfehlungen
für bayerische Anbaubedingungen**

Karen Zeise
Julia Haller
Anja Hartmann
Veronika Eberl
Michael Grieb
Jonas Haag
Daniela Schumann
Maendy Fritz

Berichte aus dem TFZ

Straubing, April 2016

Titel: Sorghum als Biogassubstrat
Präzisierung der Anbauempfehlungen für bayerische Anbaubedingungen

Projektleiterin: Dr. Maendy Fritz

Autoren:

Dr. Karen Zeise, Julia Haller, Dr. Anja Hartmann, Veronika Eberl, Michael Grieb, Jonas Haag, Daniela Schumann, Dr. Maendy Fritz

Mitarbeiter:

Franz Heimler, Michael Kandler, Benno Sötz, Andreas Trauner

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bayerischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unter dem Förderkennzeichen EW/12/10 gefördert. Die Projektlaufzeit ging vom 01.06.2012 bis 31.05.2015. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

© 2016

Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

Unter Verwendung mineralölfreier Druckfarben (Mineralölanteil <1 %) gedruckt auf chlorfreiem Papier aus nachhaltiger, zertifizierter Waldbewirtschaftung.

ISSN: 1614-1008

Hrsg.: Technologie- und Förderzentrum
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)
Schulgasse 18, 94315 Straubing

E-Mail: poststelle@tfz.bayern.de

Internet: www.tfz.bayern.de

Redaktion: Dr. Maendy Fritz, Ulrich Eidenschink
Verlag: Eigenverlag, Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
Erscheinungsort: Straubing
Erscheinungsjahr: 2016
Gestaltung: Dr. Maendy Fritz und Mitarbeiter

Fotonachweis: Zeise (36, 39, 87, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 130, 137, 209, 210, 211)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis.....	11
1 Einleitung	15
2 Stand des Wissens.....	17
3 Problemstellung	19
4 Zielsetzung.....	21
5 Material und Methoden	23
5.1 Sortenscreening – Untersuchungen zu Ertrag und Qualität am Standort Straubing	23
5.1.1 Versuchsstandort und Standortbedingungen in den Jahren 2012 bis 2014	23
5.1.2 Verwendete Genotypen	26
5.1.3 Versuchsanlage und -durchführung	26
5.1.4 Erhebungen und Bonituren im Verlaufe der Vegetationszeit	27
5.1.5 Ernte und Probenaufbereitung	27
5.1.6 Inhaltsstoffanalyse	27
5.1.7 Biogas- und Methanausbeute	29
5.1.8 Schnittzeitversuch.....	30
5.1.9 Blausäureuntersuchung	31
5.1.10 Untersuchungen zum Futterwert.....	31
5.2 Gewächshausversuch zur Ermittlung der Kühletoleranz	32
5.3 Gewächshausversuch zur Ermittlung der Anfälligkeit von Sorghum gegenüber <i>Rhizoctonia solani</i>.....	37
5.4 Bayernweiter Sortenvergleich	40
5.4.1 Charakteristik der Versuchsstandorte	40
5.4.2 Versuchsanlage und -durchführung	42
5.5 Produktionstechnische Versuche	43
5.5.1 Saatbettbereitung.....	43
5.5.2 Aussaattechnik	44
5.5.3 Mehrschnittnutzung.....	46
5.5.4 Stickstoffdüngung	47
5.6 Statistische Auswertung	49
6 Ergebnisse und Diskussion	51
6.1 Sortenscreening am Standort Straubing	51
6.1.1 Ertragsleistung der Genotypen	51
6.1.2 Reifegruppenzuordnung der Sorten.....	56
6.1.3 Ergebnisse der Schnittzeitversuche	58
6.1.3.1 Bestimmung der Siloreife.....	58

6.1.3.2	Veränderung der inhaltsstofflichen Zusammensetzung	62
6.1.3.3	Entwicklung der Methanausbeute im Zeitverlauf	69
6.1.4	Biogasausbeute und Inhaltsstoffanalysen	70
6.1.4.1	Inhaltsstoffe.....	70
6.1.4.2	Methanausbeute und Methanertrag	74
6.1.5	Ergebnisse der Blausäureuntersuchungen.....	80
6.1.6	Ergebnisse der Futterwertanalysen	84
6.1.6.1	Siliereigenschaften von Sorghum	85
6.1.6.2	Inhaltsstoffliche Zusammensetzung und Futterwert	85
6.2	Gewächshausversuch zur Ermittlung der Kühletoleranz	89
6.3	Gewächshausversuch zur Ermittlung der Anfälligkeit gegenüber Rhizoctonia solani.....	95
6.4	Ergebnisse des bayernweiten Sortenvergleichs	100
6.4.1	Ergebnisse 2012	100
6.4.2	Ergebnisse 2013	103
6.4.3	Ergebnisse 2014	108
6.4.4	Mehrjährige Ergebnisse	113
6.5	Produktionstechnische Versuche.....	114
6.5.1	Saatbettbereitung	114
6.5.2	Aussaatechnik.....	122
6.5.3	Mehrschnittnutzung	124
6.5.4	Düngung.....	129
6.5.4.1	Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt.....	130
6.5.4.2	N-Mangel, Lager, Nitrat	135
6.5.4.3	N-Bilanz und Bodenstickstoff nach Ernte	138
	Zusammenfassung	143
	Abstract	149
	Quellenverzeichnis	155
	Anhang	161

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Nutzung der Ackerfläche für den Anbau von Mais im Freistaat Bayern.....	15
Abbildung 2:	Witterungsverläufe am Versuchsstandort Straubing 2012, 2013 und 2014, mehrjähriges Mittel 2001–2014, Agrarwettermessstation Piering.....	25
Abbildung 3:	Schema der Fraktionierung bei der Weender Futtermittelanalyse und modifizierten Verfahren	28
Abbildung 4:	Bewertung der Symptome durch Kälteeinwirkung an Sorghum.....	36
Abbildung 5:	Wurzelbonitur auf Symptome durch <i>R. solani</i> , Anteil der Verbräunung links 0 %, Mitte 30 %, rechts 100 %.....	39
Abbildung 6:	Ballenbonitur auf Durchwurzelungsintensität: links gute, rechts schwache Durchwurzelung.....	39
Abbildung 7:	Lage der Versuchsstandorte in den Boden-Klima-Räumen Bayerns [45].....	40
Abbildung 8:	Ertragsparameter der Sorghum- und Referenz-Mais-Sortimente in den Jahren 2012 bis 2014 am Standort Straubing	53
Abbildung 9:	Mehrjährige Ergebnisse des Sorghum-Sortenscreenings am Standort Straubing	55
Abbildung 10:	Trockensubstanzgehalte der Referenzsorten in Abhängigkeit von der Wärmesumme in den Jahren 2012 und 2013.....	59
Abbildung 11:	Trockensubstanzgehalte der Referenzsorten in Abhängigkeit vom erreichten BBCH-Stadium in den Jahren 2009 bis 2013	60
Abbildung 12:	Trockensubstanzgehalte der Referenzsorten in Abhängigkeit vom erreichten BBCH-Stadium im Jahr 2014.....	61
Abbildung 13:	Erreichtes BBCH-Stadium der Referenzsorten in Abhängigkeit von der Wärmesumme in den Jahren 2009 bis 2013	62
Abbildung 14:	Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe im Probenahmezeitraum 2012	63
Abbildung 15:	Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe im Probenahmezeitraum 2013	63
Abbildung 16:	Zusammenhang zwischen den Gehalten an ELOS und Rohfaser in 2012	64
Abbildung 17:	Entwicklung der ELOS-Gehalte in Abhängigkeit vom BBCH-Stadium im Probenahmezeitraum 2012	65
Abbildung 18:	Entwicklung der ELOS-Gehalte in Abhängigkeit vom BBCH-Stadium im Probenahmezeitraum 2013	66
Abbildung 19:	Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe im Probenahmezeitraum 2014	68
Abbildung 20:	Entwicklung der ELOS-Gehalte in Abhängigkeit vom BBCH-Stadium in 2014	69

Abbildung 21:	Veränderung der Methanausbeute sowie ELOS- und Zucker- Gehalte der Sorte Amiggo im Probenahmezeitraum 2013.....	70
Abbildung 22:	Erweiterte Pflanzeninhaltsstoffanalyse nach Weender und van Soest für die Sorghumgruppen und Mais über drei Jahre.....	71
Abbildung 23:	ELOS-Gehalte der verschiedenen Sorghumtypen über die Versuchsjahre 2012 bis 2014 am Standort Straubing.....	73
Abbildung 24:	Methanausbeute und Methanertrag der geprüften Sorghumgenotypen in den Jahren 2012 bis 2014.....	76
Abbildung 25:	Methanausbeute und Methanertrag von vier Referenzsorten in den Jahren 2012 bis 2014	78
Abbildung 26:	Methanausbeute sowie Zucker- und Stärkegehalte an fraktionierten Proben der Körnersorte GK Emese	79
Abbildung 27:	Blausäuregehalte von Referenzsorten zu den Probenahmeterminen des Schnittzeitversuchs 2012	81
Abbildung 28:	Blausäuregehalte von Referenzsorten zu den Probenahmeterminen des Schnittzeitversuchs 2013	82
Abbildung 29:	Veränderung der Blausäurekonzentration in Sorghum durch Silierung im Jahr 2012	83
Abbildung 30:	Blattbetonte, hochwüchsige Sorghumsorte des <i>S. bicolor</i> -Futtertyps (links) neben deutlich kürzerer Sorghumsorte des Körnertyps mit ausgeprägter Rispenbildung (rechts).....	87
Abbildung 31:	Abhängigkeit der Feldaufgänge unterschiedlich kühletoleranter Genotypen von der Umgebungstemperatur.....	91
Abbildung 32:	Chlorotische Sorghumpflänzchen im BBCH 11 bei konstanter Exposition in kühlen Bedingungen um 12 °C.....	92
Abbildung 33:	Starke Ausprägung der Sortenunterschiede von Sorghum im Kühletoleranztest 2013.....	93
Abbildung 34:	Gewächshausversuch zur Ermittlung der Kühletoleranz 2014; Variante A hinten rechts, Variante B hinten links, Variante C vorne rechts, Variante D vorne links	94
Abbildung 35:	Parasitäres Lager von Mais nach künstlicher Inokulation mit <i>R.</i> <i>solani</i> AG2-2IIIB auf einer Versuchsfläche der LfL	96
Abbildung 36:	Stark durch <i>Rhizoctonia</i> geschädigte Wurzel von Mais (links) und Sorghum (rechts).....	97
Abbildung 37:	Bestätigung der Virulenz des verwendeten Isolats der AG2-2IIIB an Zuckerrübe; links: gesunde Kontrollpflanzen, rechts: abgestorbene inokulierte Pflanzen mit den für <i>Rhizoctonia</i> typischen Wurzelhalseinschnürungen	98
Abbildung 38:	Wurzelverbräunung durch <i>Rhizoctonia</i> ; links: makroskopische Aufnahme des Pilzmyzels, rechts: mikroskopische Aufnahme eines Quetschpräparats der Wurzelrinde mit den sich rechtwinklig verzweigenden <i>Rhizoctonia</i> -Hyphen	100

Abbildung 39: Bayernweiter Sortenvergleich – Standortmittel 2012.....	101
Abbildung 40: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockenmasseerträge 2012	102
Abbildung 41: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockensubstanzgehalte 2012	102
Abbildung 42: Bayernweiter Sortenvergleich – relative Trockenmasseerträge 2012...	103
Abbildung 43: Bayernweiter Sortenvergleich – Standortmittel 2013.....	105
Abbildung 44: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockenmasseerträge 2013	106
Abbildung 45: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockensubstanzgehalte 2013	107
Abbildung 46: Bayernweiter Sortenvergleich – relative Trockenmasseerträge 2013...	108
Abbildung 47: Bayernweiter Sortenvergleich – Standortmittel 2014.....	111
Abbildung 48: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockenmasseerträge 2014	111
Abbildung 49: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockensubstanzgehalte 2014	112
Abbildung 50: Bayernweiter Sortenvergleich – relative Trockenmasseerträge 2014...	113
Abbildung 51: Bayernweiter Sortenvergleich – mehrjährige Ergebnisse	114
Abbildung 52: Saatbettbereitung 2012 nach Grünroggen: Trockenmasseerträge	117
Abbildung 53: Saatbettbereitung 2012 nach Weidelgras: Trockenmasseerträge	118
Abbildung 54: Saatbettbereitung 2013 nach Grünroggen: Trockenmasseerträge	120
Abbildung 55: Saatbettbereitung 2013 nach Weidelgras: Trockenmasseerträge	121
Abbildung 56: Saatechnikversuch 2014: Trockenmasseerträge.....	123
Abbildung 57: Trockenmasseerträge im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2012.....	128
Abbildung 58: Trockenmasseerträge im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2013.....	129
Abbildung 59: Düngeversuch am Standort Aholting in 2014	130
Abbildung 60: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Aholting, Versuchsjahr 2012	133
Abbildung 61: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Aholting, Versuchsjahr 2014	133
Abbildung 62: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Straubing, Versuchsjahr 2012.....	134
Abbildung 63: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Straubing, Versuchsjahr 2014.....	134
Abbildung 64: Lagerbonitur zur Ernte im Düngeversuch an den Standorten Straubing (2013 und 2014) sowie Aholting (2014).....	136
Abbildung 65: Düngeversuch am Standort Straubing 2014.....	137
Abbildung 66: Nitratgehalte im Erntegut des Düngeversuchs in Aholting sowie Straubing, jeweils in den Jahren 2012 und 2014.....	138

Abbildung 67: Stickstoffbilanz und Bodenstickstoff (0–60 cm) am Standort Aholting im Jahr 2012	139
Abbildung 68: Stickstoffbilanz und Bodenstickstoff (0–60 cm) am Standort Aholting im Jahr 2014	140
Abbildung 69: Stickstoffbilanz und Bodenstickstoff (0–60 cm) am Standort Straubing im Jahr 2012.....	140
Abbildung 70: Stickstoffbilanz am Standort Straubing im Jahr 2014.....	141
Abbildung 71: Sortenvielfalt in Sorghum – Sortenscreening	215
Abbildung 72: Massewüchsige Sorte der Art <i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i> neben einer kurzstrohigen Körnersorte.....	215
Abbildung 73: Saatechnikversuch Variante 4: Rübensäugerät Unikorn, 50 cm Reihenabstand, häufige Doppel- und Dreifachbelegung.....	216
Abbildung 74: Saatechnikversuch Variante 10: Einzelkornablage, 37,5 cm Reihenabstand, verzögerter Auflauf mit vielen Nachaufläufnern	216
Abbildung 75: Mehrschnittnutzung 2012: manuell geschwadetes Erntegut	217
Abbildung 76: Mehrschnittnutzung 2012: verschmutztes Erntegut	217

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Versuchsbedingungen für das Sorghum-Sortenscreening in den Jahren 2012–2014	24
Tabelle 2:	Im Schnittzeitversuch verwendete Sorghumsorten nach Jahren	31
Tabelle 3:	Temperaturregime im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2012	32
Tabelle 4:	Boniturschemata im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2012	34
Tabelle 5:	Boniturschema für den Anteil vitaler Pflanzen im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2013.....	36
Tabelle 6:	Temperaturregime im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2014	37
Tabelle 7:	Bayernweiter Sortenversuch – Standortbedingungen	41
Tabelle 8:	Geprüfte Sorten im bayernweiten Sortenvergleich	42
Tabelle 9:	Zeitlicher Ablauf des Versuchs zur Saatbettbereitung	44
Tabelle 10:	Varianten der Langparzellenanlage zur Saatbettbereitung.....	44
Tabelle 11:	Verwendete Aussaattechnik.....	45
Tabelle 12:	Design des Versuchs zur Aussaattechnik	46
Tabelle 13:	Sorghumsorten für Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren	47
Tabelle 14:	Schnittregime bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren	47
Tabelle 15:	Kenndaten des Stickstoffsteigerungsversuchs	48
Tabelle 16:	Witterung in den Hauptwachstumsphasen von Sorghum in den Versuchsjahren	51
Tabelle 17:	Sorten und Reifegruppen im Sortenscreening 2014, Referenzsorten fett	57
Tabelle 18:	Übersicht zu den Reifegruppen von Sorghum und deren benötigten Wärmesummen am Standort Straubing	58
Tabelle 19:	BBCH-Stadien der Referenzsorten zu den Probenahmeterminen 2012	65
Tabelle 20:	BBCH-Stadien der Referenzsorten zu den Probenahmeterminen im Jahr 2014	67
Tabelle 21:	Vergleich zwischen den Gehalten wertgebender Inhaltsstoffe im Sortenscreening von 2012 bis 2014, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede je Zeile	72
Tabelle 22:	Korrelation zwischen den Gehalten wertgebender Inhaltsstoffe sowie BBCH und ELOS im Sortenscreening in den Jahren 2012 bis 2014, n = 149, obere Zahl: Korrelationskoeffizient nach Pearson, untere Zahl Signifikanzniveau	74

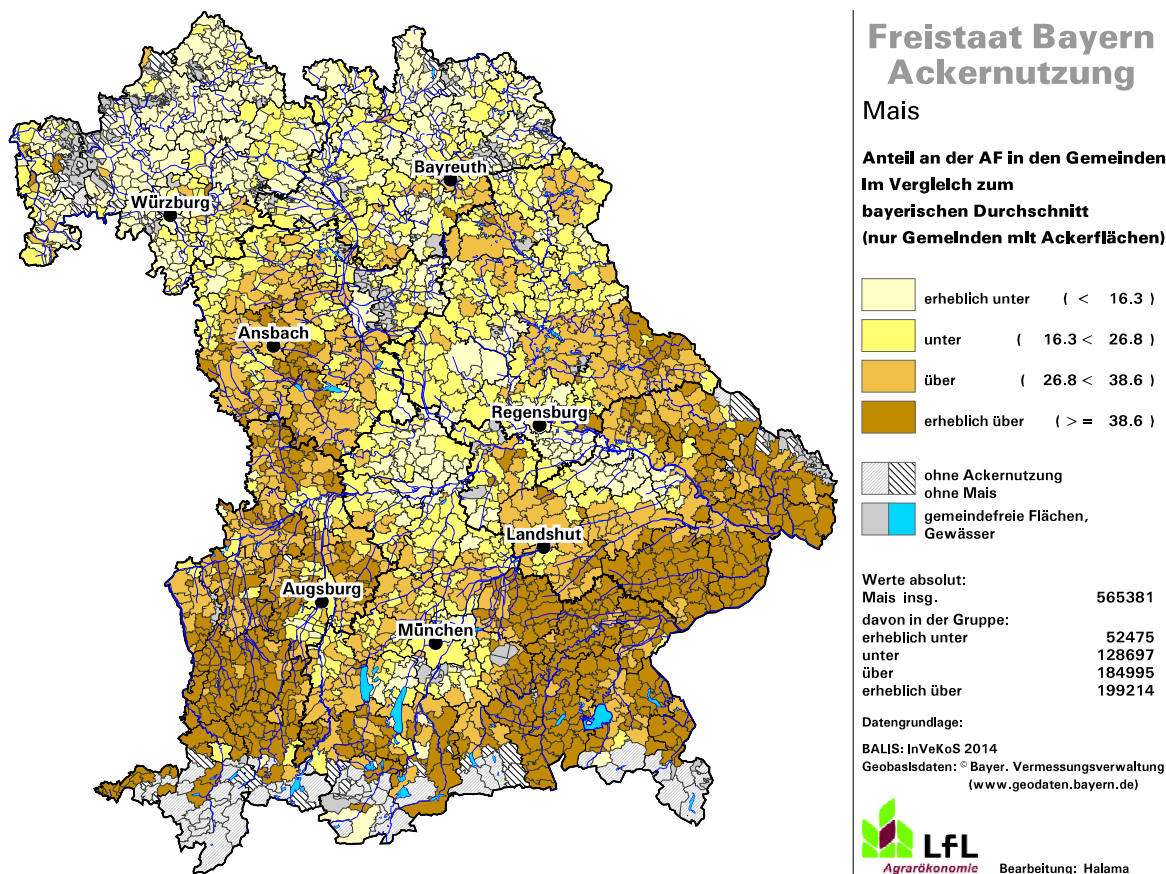
Tabelle 23:	Gemessene (Hohenheimer Biogasertragstest, HBT) und berechnete (Weißbach XF und Weißbach EULOS) Methanausbeuten für Sorghumgenotypen und Mais getrennt nach Jahren 2012 bis 2014	77
Tabelle 24:	Ausgewählte Daten der Inhaltsstoffanalysen an fraktionierten Proben der Körnersorte GK Emese	80
Tabelle 25:	Veränderung der Blausäurekonzentration in Sorghum durch Silierung im Jahr 2013	84
Tabelle 26:	Bewertung der Grobfutterleistung von Sorghumsorten des Futtertyps im Vergleich zu Maissilage 2012.....	88
Tabelle 27:	Bewertung der Grobfutterleistung von Sorghumsorten des Körnertyps im Vergleich zu Maissilage 2013	88
Tabelle 28:	Unterschiede in der Anfälligkeit gegen Rhizoctonia zwischen den Arten und Nutzungstypen von Sorghum; unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorghumarten bzw. -nutzungstypen	99
Tabelle 29:	Feldaufgang an den Standorten Aholting, Straubing, Haibach und Grub 2013.....	104
Tabelle 30:	Feldaufgang an den Standorten Aholting, Straubing, Haibach und Grub 2014.....	109
Tabelle 31:	Saatbettbereitung 2012: Deckungsgradbonitur in BBCH 17/18	116
Tabelle 32:	Saatbettbereitung 2012 nach Grünroggen: absolute und relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten.....	117
Tabelle 33:	Saatbettbereitung 2012 nach Weidelgras: absolute und relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten.....	118
Tabelle 34:	Saatbettbereitung 2013: Deckungsgradbonitur in BBCH 31/32	119
Tabelle 35:	Saatbettbereitung 2013 nach Grünroggen: absolute relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten.....	120
Tabelle 36:	Saatbettbereitung 2013 nach Weidelgras: absolute und relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten.....	121
Tabelle 37:	Saattechnikversuch 2014	122
Tabelle 38:	Trockensubstanzgehalte im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2012	126
Tabelle 39:	Qualität des Ernteguts im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2012.....	127
Tabelle 40:	Trockensubstanzgehalte im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2013	129
Tabelle 41:	Relativer Trockenmasseertrag im Düngeversuch	131
Tabelle 42:	Signifikanz des Regressionsmodells sowie Maxima der unabhängigen Variablen der Stickstoffertragsfunktion ($y = \text{Achsenabschnitt} + B1 \times N + B2 \times N^2$)	131
Tabelle 43:	Relativer TS-Gehalt zur Ernte im Düngeversuch	135

Tabelle 44:	Geprüfte Sorghumgenotypen in den Jahren 2012 bis 2014	161
Tabelle 45:	Referenz-Maissorten in den Jahren 2012 bis 2014	164
Tabelle 46:	BBCH-Code Sorghum, angepasst [61].....	165
Tabelle 47:	Sortenscreening Straubing: Ertragsleistung der Sorghumsorten 2012	167
Tabelle 48:	Sortenscreening Straubing: Ertragsleistung der Sorghumsorten 2013	169
Tabelle 49:	Sortenscreening Straubing: Ertragsleistung der Sorghumsorten 2014	171
Tabelle 50:	Inhaltsstoffgehalte der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2012	173
Tabelle 51:	Inhaltsstoffgehalte der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2013	175
Tabelle 52:	Inhaltsstoffgehalte der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2014	177
Tabelle 53:	Biogasausbeute, Methangehalt, Methanausbeute und Methanertrag der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2012	179
Tabelle 54:	Biogasausbeute, Methangehalt, Methanausbeute und Methanertrag der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2013	181
Tabelle 55:	Biogasausbeute, Methangehalt, Methanausbeute und Methanertrag der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2014	183
Tabelle 56:	Übersicht der in der Futtermittelanalyse betrachteten Sorghumsorten und -stämme in den Jahren 2012 und 2013.....	185
Tabelle 57:	Bewertung der Gärqualität von Sorghum im Vergleich zu Maissilage, Erntejahre 2012 und 2013	186
Tabelle 58:	Bewertung der Inhaltsstoffe und des Futterwerts von Sorghum im Vergleich zu Maissilage, Erntejahre 2012 und 2013.....	187
Tabelle 59:	Ermittlung der Kühletoleranz 2012	188
Tabelle 60:	Ermittlung der Kühletoleranz 2013	190
Tabelle 61:	Ermittlung der Kühletoleranz 2014	192
Tabelle 62:	Ermittlung der Anfälligkeit gegen <i>Rhizoctonia solani</i>	198
Tabelle 63:	Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Euerhausen.....	201
Tabelle 64:	Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Neuhof.....	201
Tabelle 65:	Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Straubing.....	202
Tabelle 66:	Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Aholting	202
Tabelle 67:	Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Haibach.....	203
Tabelle 68:	Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Euerhausen.....	203

Tabelle 69:	Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Neuhoﬀ	204
Tabelle 70:	Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Straubing	204
Tabelle 71:	Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Ahoﬀing.....	205
Tabelle 72:	Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Haibach	205
Tabelle 73:	Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Grub	206
Tabelle 74:	Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Straubing	206
Tabelle 75:	Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Ahoﬀing.....	207
Tabelle 76:	Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Haibach	207
Tabelle 77:	Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Grub	208
Tabelle 78:	Stickstoffdüngung 2012: Ertrags- und Qualitätsparameter der Varianten	209
Tabelle 79:	Stickstoffdüngung 2012: Parameter der Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit des Trockenmasseertrags von der N- Düngestufe	210
Tabelle 80:	Stickstoffdüngung 2013: Ertrags- und Qualitätsparameter der Varianten	211
Tabelle 81:	Stickstoffdüngung 2013: Parameter der Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit des Trockenmasseertrags von der N- Düngestufe	212
Tabelle 82:	Stickstoffdüngung 2014: Ertrags- und Qualitätsparameter der Varianten	213
Tabelle 83:	Stickstoffdüngung 2014: Parameter der Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit des Trockenmasseertrags von der N- Düngestufe	214
Tabelle 84:	Bestandshöhe zur Ernte im Düngeversuch.....	214

1 Einleitung

Die attraktive Einspeisevergütung von Strom aus Biogasanlagen mit Fokus auf Nachwachsende Rohstoffe hatte zumindest bis zur jüngsten Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im August 2014 [12] einen rasanten Boom auf diesem Gebiet angefangen. Damit erhöhte sich der Druck, auf der begrenzt verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzfläche stetig steigende Biomasseerträge mit hohem Methanpotenzial zu produzieren. Die Vorzugspflanze Mais hat in ihren Gunstlagen bereits die maximale Anbaukonzentration nach dem Gebot der guten fachlichen Praxis erreicht. In Bayern liegt insbesondere in den Landkreisen Passau, Rottal/Inn, Altötting, Mühldorf, Erding, Rosenheim und Traunstein im Südosten sowie Unterallgäu im Südwesten die Konzentration von Mais an der Ackerfläche weit über dem bayerischen Durchschnitt von knapp 24 % (Abbildung 1). Hier und in den weniger für Mais geeigneten Trockenlagen (wie beispielsweise Unterfranken) erwächst die Notwendigkeit, alternative Biogaspflanzen in die Fruchtfolgen aufzunehmen.



Quelle: Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur (IBA), 2014

Abbildung 1: Nutzung der Ackerfläche für den Anbau von Mais im Freistaat Bayern

Unter diesen Gesichtspunkten wurde am Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) bereits im Jahr 2005 die Arbeit mit

Sorghum als Biogassubstrat aufgenommen. Die Schwerpunkte der bisherigen Forschungsprojekte lagen im Screening eines großen globalen Sortiments an Sorghumherkünften auf prinzipielle Anbaueignung unter bayerischen Standortbedingungen sowie in der Ableitung von Anbauempfehlungen auf der Basis produktionstechnischer Versuche. Im Ergebnis kristallisierten sich Sorten heraus, die mit zeitgleich gesäten frühen Maissorten durchaus vergleichbare Trockenmasseerträge und Methanausbeuten liefern können. Durch Schwerpunktsetzung auf Eigenschaften wie Frühreife und Standfestigkeit stehen heute deutlich mehr für Bayern geeignete Sorten zur Verfügung als noch zu Beginn der Arbeiten [44] [60]. Die Aufnahme von Sorghum in die amtliche Sortenprüfung ab 2012 [10] unterstreicht die wachsende Bedeutung dieser Kultur.

Über die Variation der Produktionsfaktoren Nährstoffversorgung, Saatstärke und Reihenweite wurde das für Mais geläufige Anbauverfahren auf die drei wirtschaftlich relevanten Sorghumarten angepasst und der Nachweis ihrer unproblematischen Integration in ortsübliche Fruchtfolgen/Produktionssysteme für Energiepflanzen und/oder Marktfrüchte erbracht. Die Erfahrungen aus den Sorghum-Anbaugebieten weltweit zeigen, dass die Wahl nur dann auf Sorghum fällt, wenn Mais aus wirtschaftlichen oder fruchtfolgerestrictiven Gründen nicht angebaut werden kann.

Mit den erweiterten Erkenntnissen aus dem hier vorgestellten Sorghum-Projekt soll die Basis für eine standortangepasste Anbauberatung gefestigt und für die Praxis ausgebaut werden. Der vorliegende Bericht erhält die Ergebnisse der Versuchsjahre 2012 bis 2014.

2 Stand des Wissens

In dem von 2006 bis 2011 am Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing geprüften globalen Sortiment von über 500 Sorghumgenotypen konnten zwar hoch ertragreiche Kandidaten identifiziert werden, allerdings erwies sich das Gros davon wegen seiner Kälteempfindlichkeit, Lagerneigung und ausgesprochen späten Abreife unter den hiesigen Klimabedingungen als nicht empfehlenswert. Der Trend zu spätreifem Sorghummaterial ist das Resultat des internationalen Züchtungsfortschritts in Richtung Nutzungselastizität der Bestände durch Aufrechterhaltung einer hohen Verdaulichkeit über ein weites Erntefenster hinweg. Hierzulande aber verlangt eine durch die Kälteempfindlichkeit von Sorghum begrenzte Vegetationszeit und erst recht sein vorzugsweiser Anbau in Zweitfruchtstellung nach frühreifen Sorten, die auch im gegenwärtigen Sortiment noch unterrepräsentiert sind.

Zu den wesentlichen Erkenntnissen der Sortenversuche am TFZ gehört, dass grundsätzlich differenzierbare Reifegruppen in den drei wirtschaftlich relevanten Sorghumarten existieren, die für eine Klassifizierung des umfänglichen Prüfmateri als aus dem In- und Ausland definiert worden sind. In einem Reifegruppenmodell basierend auf den Ertragsdaten des Sortenscreenings der Jahre 2007 bis 2010 am Standort Straubing wurden die Reifegruppen früh, mittelfrüh, mittelspät und spät definiert und mit Referenzsorten aus dem aktuellen Marktsortiment hinterlegt. Die Zuordnung der Prüfsorten zu diesen Reifegruppen erfolgt über den statistischen Vergleich der zur Ernte erreichten Trockensubstanzgehalte gegen die der Referenzsorten [59] [60]. Der Nachweis einer Korrelation zwischen Trockensubstanzgehalten und phänologischen Merkmalen (BBCH-Stadien) ist mit den in der Saison 2011 und 2012 erhobenen Daten erbracht worden [59]. Damit ist es möglich, dem Landwirt eine einfache Methode zur Abschätzung des optimalen Erntezeitpunkts bei einem TS-Gehalt $\geq 28\%$ an die Hand zu geben.

Die Analyse der wertgebenden Inhaltsstoffe zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Sorghumarten (*S. bicolor*, *S. bicolor* x *S. sudanense*, *S. sudanense*) und Nutzungstypen (Körner-, Dual- und Futtersorten von *S. bicolor*), die den Angaben aus der Literatur entsprachen [39]. Körnersorten von *S. bicolor* haben einen hohen Stärkegehalt zulasten des Zuckergehalts, während in den Futtersorten aller Arten nahezu keine Stärke enthalten ist. Nach Angaben aus der Literatur übt ein hoher Körneranteil einen positiven Effekt auf die Verdaulichkeit von Sorghumsilage aus [26]. Die Sorghumarten unterscheiden sich ferner in ihrem Rohfasergehalt, der im Körnertyp von *S. bicolor* am niedrigsten und in *S. sudanense* am höchsten ist. Nach Weißbach [54] korreliert der Rohfasergehalt negativ mit der Methanausbeute. Das von ihm für Mais entwickelte Kalkulationsmodell für das theoretische Methanpotenzial basierend auf dem Rohfasergehalt wurde auf die 2010 und 2011 geprüften Sorghumsorten angewendet und lieferte wesentlich größere Sortenunterschiede als das bis dato verwendete Modell nach Baserga [2] [34]. Die beste Differenzierung in Sorghum wurde allerdings mit dem Kalkulationsmodell nach Weißbach auf der Basis des Anteils an enzymunlöslicher organischer Substanz (EULOS) erbracht [54]. Aufgrund der engen Korrelation zwischen EULOS und dem Ligningehalt wird bei bmr-Sorten gemeinhin eine bessere Verdaulichkeit unterstellt, was allerdings nicht für alle der

geprüften bmr-Sorten bestätigt werden konnte. Die braunen Mittelrippen (*brown midrip* = bmr) sind ein phänotypisches Merkmal, das in Verbindung mit einem züchterisch reduzierten Ligningehalt auftritt [11] [42]. Offen ist, ob eine höhere Methanausbeute von bmr-Sorten den Nachteil ihrer reduzierten Standfestigkeit aufwiegt [11].

Versuche zur Saatstärke mit einer stufenweisen Erhöhung (25, 40, 70, 100 Körner/m²) ergaben in den Jahren 2006 und 2007 signifikant ansteigende Trockenmasseerträge. Die Saatstärkeversuche aus den Jahren 2008 und 2009 jedoch zeigten kein konsistentes Bild und 2010 führten hohe Saatstärken zu verminderter Standfestigkeit und Ertragseinbußen [44] [60]. In Absprache mit in- und ausländischen Züchtern ist aus diesem Grund für die massewüchsigen Neuzüchtungen die Empfehlung von 25 auf 20 Körner/m² bei *S. bicolor* und von 40 auf 30 bis 35 Körner/m² bei *S. bicolor* x *S. sudanense* korrigiert worden.

Die Ertragsbeeinflussung durch die Reihenweite ist nur bei extremen Einstellungen von unter 20 und über 75 cm signifikant [44]. Demzufolge kann die Reihenweite entsprechend der auf dem Betrieb verfügbaren Technik gewählt werden. Gute Ergebnisse wurden am TFZ mit dem halben Maisabstand von 37,5 cm erzielt. Denkbar ist auch der Einsatz einer Drillmaschine mit einem Vielfachen des Getreideabstands von 12,5 cm oder eines Einzelkorngeräts für Rüben (40 bis 50 cm Reihenweite). Auf erosionsgefährdeten Flächen müssen bei Reihenweiten \geq 45 bis 75 cm allerdings die Auflagen zum Pflugeinsatz berücksichtigt werden [6]. Ob die Einzelkornsaat gegenüber der Drillsaat ertragsrelevant überlegen ist, konnte noch nicht eindeutig belegt werden. Zweifellos wird bei einer Einzelkornablage eine sehr viel gleichmäßigere Standraumverteilung realisiert. Allerdings besitzt Sorghum ein hohes Kompensationsvermögen, über das die schlechtere Längs- und Querverteilung bei einer Drillsaat ausgeglichen werden könnte. Ein explizit vom TFZ zu dieser Fragestellung angelegter Feldversuch aus dem Jahr 2010 zeigte keinen Einfluss der Saatechnik auf den Ertrag.

Sorghum gilt im Vergleich zu Mais als nährstoffeffizienter. In zahlreichen Düngungsversuchen kristallisierte sich ein Stickstoffbedarf von 120 bis 150 kg/ha heraus, oberhalb dessen Sorghum nicht mehr mit Ertragszuwächsen reagierte. Eine klare Funktion zwischen Düngung und Ertrag abzuleiten, gelang allerdings bisher noch nicht [44] [61].

Der bayernweite Versuchsanbau repräsentativer Sorten machte den Standorteinfluss auf das Ertragspotenzial von Sorghum deutlich. So konnten an den kühleren Standorten in der Oberpfalz im mehrjährigen Mittel lediglich mit der einzigen frühen Sorte Lussi Trockensubstanzgehalte von 25 % und darüber erreicht werden [59] [60]. Für die verlustarme Silierung wird ein TS-Gehalt von mindestens 28 % gefordert [17], das verfügbare Sortenspektrum ist demnach für solche ungünstig kalten Standorte sehr beschränkt.

3 Problemstellung

In Auswertung der zahlreichen Beratungsgespräche ist das in den letzten Jahren in der Praxis entstandene Bild über Sorghum zweigeteilt. Während einige Landwirte sich durchaus zufrieden über die erreichten Biomasse- und Methanerträge äußern und Sorghum als regulären Bestandteil ihrer Energiepflanzenrotationen eingeführt haben, herrscht bei anderen Landwirten Skepsis vor, meist nach misslungenen eigenen Versuchen des Sorghumanbaus. Gründe für das Scheitern sind in erster Linie eine falsche Sortenwahl, aber auch unzureichende Feldaufgänge nach Verschlämmung der Einsaat oder schweres Lager, z. B. als Folge einer überhöhten Düngung. In den Betrieben wie auch in der Officialberatung besteht nach wie vor Informationsbedarf zu Sorghum.

Die Ergebnisse der bereits langjährigen Forschungstätigkeit am TFZ im Bereich Sorghum bilden eine sehr gute Basis für die bayerische Beratung, dennoch bleiben Wissenslücken, die es zu schließen gilt. Die bisherigen Erkenntnisse zur Produktionstechnik lassen noch immer einen breiten Spielraum für Variationen und Optimierungen offen.

Besonders die Sortenempfehlung unter Gesichtspunkten wie Substratqualität und Abreifeverhalten, aber auch Kühletoleranz und Krankheitsanfälligkeit sollen verbessert und die entsprechenden Argumente der Praxis bekannt gemacht werden. Dabei sollen auch der alternative Nutzungspfad als Futter sowie mehrschnittige Nutzung auf ihre Praktikabilität überprüft werden.

Auch die Stickstoffdüngung bietet Potenzial zur weiteren Verbesserung beziehungsweise Einsparung. Eine dem Ertragspotenzial exakt angepasste, möglichst knappe Bemessung könnte einen wirtschaftlichen Produktionsvorteil von Sorghum gegenüber Kulturen mit höherem Stickstoffbedarf bedeuten. Weiterhin könnten das Lagerrisiko gemildert und den Anforderungen des Grundwasserschutzes entsprochen werden.

Sorghum wird meist nur dann angebaut, wenn die Standortbedingungen keinen sicheren Maisanbau erlauben oder wenn Vorfrüchte das Feld bis in den Juni hinein belegen. Das dementsprechend niedrigere Ertragspotenzial unter diesen Bedingungen verlangt nach einer kostengünstigen Produktionsweise. Der Einsatz bereits im Betrieb vorhandener Aussaattechnik sowie eine Empfehlung zum Vorgehen bei der Saatbettbereitung zu Sorghum nach unterschiedlichen Vorfrüchten könnten dies unterstützen.

4 Zielsetzung

Ziel des aktuellen Projekts ist es, die gewonnenen Erkenntnisse der vorangegangenen Projektarbeiten zu festigen und zu erweitern, in enger Zusammenarbeit mit den Züchtern den Markteintritt aussichtsreichen Sorghummaterials zu beschleunigen sowie agrotechnisch und wirtschaftlich optimale Verfahren für den Sorghumanbau in Zweitfruchtstellung zu erarbeiten.

Wichtigste Grundlage für die Beratung sind die Ergebnisse des Sortenscreenings am Standort Straubing. Der Schwerpunkt liegt dabei auf marktgängigen Sorten, die nach den Gesichtspunkten Frühreife, Kühletoleranz, Standfestigkeit, Ertragsleistung und potenzieller Methanertrag gemeinsam mit den Züchtern ausgewählt werden. Außerdem wird auch junges Zuchtmaterial ins Sortiment aufgenommen, das für hiesige Standortansprüche gezielt gekreuzt worden ist. Dabei geht es um die beschleunigte züchterische Weiterentwicklung bzw. die zügige Einführung züchterischen Fortschritts in die Praxis. Durch die Mitführung von bmr-Material (*brown midrip* = bmr) im Sortenscreening soll dem Zusammenhang zwischen geringem Ligningehalt, vermutlich höherer Methanausbeute und befürchteter geringerer Standfestigkeit nachgegangen werden.

Für eine Beurteilung des Leistungspotenzials von Sorghum unter bayerischen Anbaubedingungen wird die Sortenprüfung an verschiedenen Standorten in Zusammenarbeit mit Versuchsbetrieben der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und dem Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Würzburg fortgeführt. Die Ergebnisse der Sortenversuche, aber auch der Schnittzeitversuche liefern die Grundlage zur Validierung des am TFZ entwickelten Reifeprognosemodells.

In den produktionstechnischen Versuchen steht die Ertragsbeeinflussung verschiedener Verfahren der Saatbettbereitung und der Aussaat im Vordergrund. Ferner soll ein fein abgestufter Stickstoffsteigerungsversuch auf N-Mangel-Flächen zweier Standorte Auskunft über die Nährstoffeffizienz von Sorghum liefern. Repräsentativ für Regionen mit ausreichender Wasserversorgung über die Vegetationsperiode wird am Standort Straubing die mehrschnittige Nutzung von Sorghumsorten mit hohem Wiederaustriebsvermögen aus den Sortimenten *S. sudanense* und *S. bicolor* x *S. sudanense* mit ihrem Einfluss auf Ertragsleistung und Qualität des Ernteguts geprüft. Gerade pps-Sorten könnten für diese mehrschnittige Nutzung interessant sein. Das Kürzel pps steht für *photoperiod-sensitive*, also erst unter Kurztagsbedingungen in die generative Phase kommende Genotypen. Unter bayerischen Anbaubedingungen erreichen solche Sorten zum üblichen Zeitpunkt der Sorghumernte gerade das Stadium Rispenschieben und sind folglich als sehr spät einzuordnen. Mit Blick auf die Nutzungsflexibilität von Sorghum wird außerdem seine Eignung als Grobfutter bewertet.

Im Rahmen des Projekts wurde ein Gewächshausversuch zur Ermittlung der Kühletoleranz von Sorghum durchgeführt. Ziel dieses Versuchs ist es, eine Gewächshausmethodik zu entwickeln, mit deren Hilfe die Kühletoleranz jeder Sorghumsorte eindeutig bestimmt werden kann.

5 Material und Methoden

5.1 Sortenscreening – Untersuchungen zu Ertrag und Qualität am Standort Straubing

5.1.1 Versuchsstandort und Standortbedingungen in den Jahren 2012 bis 2014

Die Versuchsflächen befinden sich in der Landschaftseinheit des Gäubodens in Aiterhofen bei Straubing auf einer Höhe von 335 m. Die mittlere Jahrestemperatur im Durchschnitt der letzten 14 Jahre beträgt 9,0 °C und die Jahresniederschlagssumme 706 mm (mehrfähriges Mittel der Jahre 2001 bis 2014 aus den Daten der Agrarwettermessstation Piering des agrarmeteorologischen Messnetzes der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft [3]).

Der bestimmende Bodentyp ist Parabraunerde aus Löss mit einer Ackerzahl von 76, die standorttypische Bodenart schluffiger Lehm (uL). Die Sorghumversuche rotieren auf den Pachtflächen des landwirtschaftlichen Betriebs der Justizvollzugsanstalt Straubing innerhalb dessen Fruchtfolgen und stehen in der Regel nach Winterweizen mit anschließender Schwarzbrache. Jeweils zu Versuchsbeginn wurden die Nährstoffgehalte im Boden bestimmt. Die Werte für Phosphat (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) und pH lagen in den Versuchsjahren 2012 bis 2014 überwiegend im Bereich der Versorgungsstufe C. Die Gehalte an mineralischem Stickstoff (N_{\min} , Summe aus NO_3 und NH_4) betragen Mitte Mai 130 kg/ha, 75 kg/ha bzw. 86 kg/ha.

Der Temperaturverlauf des ersten Jahrs 2012 wich nicht wesentlich von dem mehrjährigen Mittel ab. Allein der Monat März war wärmer als sonst. In Aufkommen und Verteilung der Niederschläge gab es dagegen erhebliche Abweichungen. Die Monate März und Mai waren ungewöhnlich trocken, während im August beinahe das Doppelte an Niederschlägen fiel. Dennoch hatte der August viel mehr Sonnenstunden als im mehrjährigen Mittel. Auch die Monate März und Mai waren sonniger als im Durchschnitt. Der September war golden mit viel Sonne und wenig Regen (Abbildung 2).

Der Temperaturverlauf in der ersten Jahreshälfte 2013 zeigte deutliche Abweichungen vom mehrjährigen Mittel. Die Monate März bis einschließlich Juni waren kälter und insbesondere der Mai auch außerordentlich nass. Der Juli war durch Hitze in Verbindung mit extremer Trockenheit geprägt. Im August und September fiel etwas weniger und im Oktober etwas mehr Niederschlag als im Mittel der Jahre. Die extreme Niederschlagsverteilung in 2013 spiegelte sich auch in der Anzahl der Sonnenstunden wider. Deutlich weniger Licht waren die Monate April und Mai, während der Hochsommer im Juli und August ausgesprochen viel Sonne sah (Abbildung 2).

Das Frühjahr im Jahr 2014 begann zwar mild und trocken, doch im Mai lagen die Temperaturen unter und die Niederschläge weit über dem Durchschnitt. Der Juni war viel zu trocken. Einem ausgesprochen kühlen und nassen August folgte ein sehr milder, langer Herbst (Abbildung 2).

Tabelle 1: Versuchsbedingungen für das Sorghum-Sortenscreening in den Jahren 2012–2014

	2012			2013	2014
	<i>S. bic.</i> x <i>S. sud.</i>	<i>S. bicolor</i> F	<i>S. bicolor</i> K	alle Sortimente	alle Sortimente
Datum Aussaat	16.05.	16.05.	16.05.	6.06.	15.05.
Datum Ernte	29.09.	08.10.	11.10.	02.10.	24.09.
Standdauer des Versuchs in Tagen	137	146	149	119	132
Wärmesumme in °C	971	990	990	876	871
Niederschlagssumme in mm	411	420	426	191	337
Anzahl Sonnenstunden	997	1040	1054	901	886
Summe Globalstrahlung in kWh/m ²	688	711	718	604	641
Anzahl Sommertage [*]	46	46	46	47	41
Anzahl heiße Tage ^{**}	8	8	8	15	7

Wetterdaten der Agrarwettermessstation Piering des agrarmeteorologischen Messnetzes der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) [3]

^{*} Tageshöchsttemperatur von 25 °C wird erreicht oder überschritten

^{**} Tageshöchsttemperatur von 30 °C wird erreicht oder überschritten

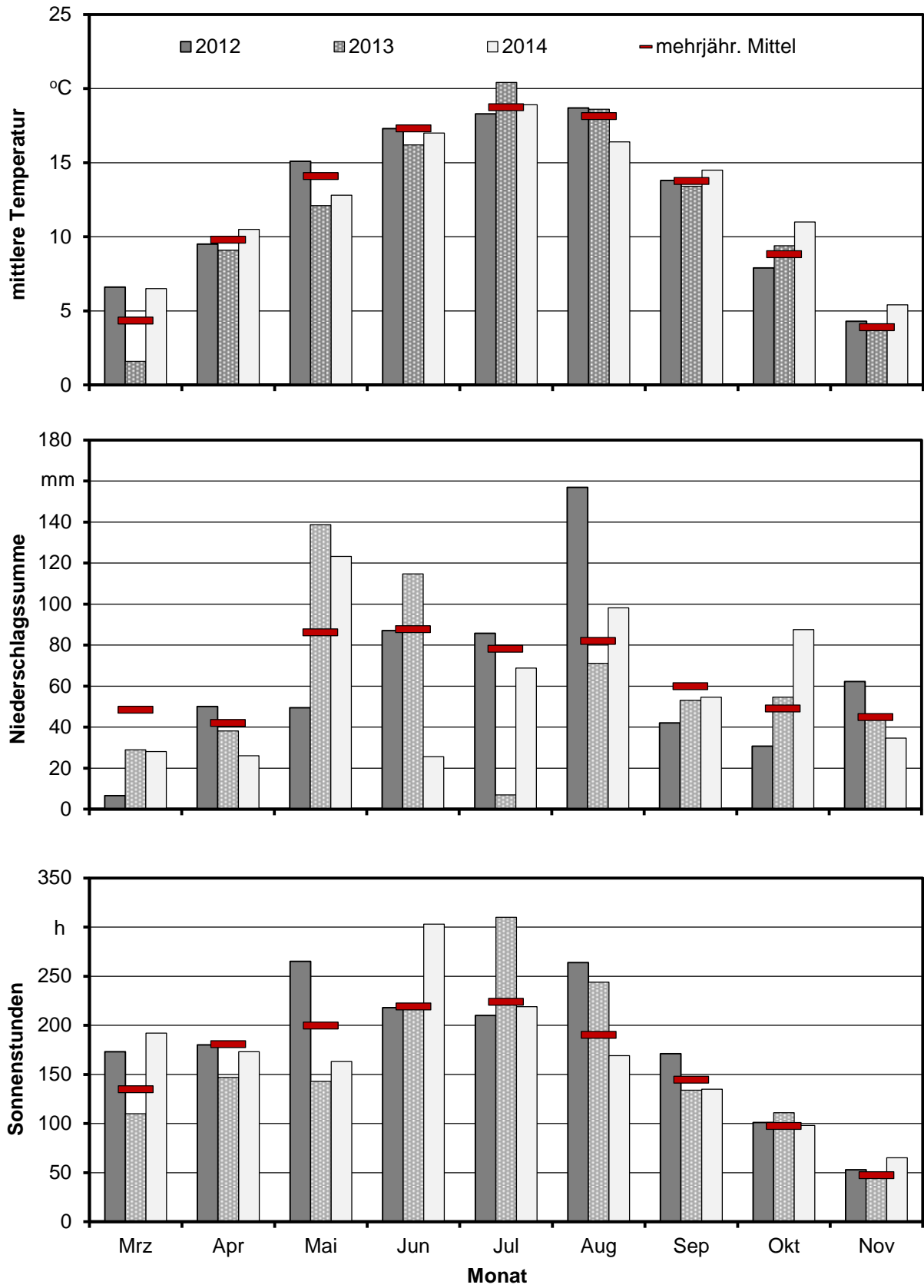


Abbildung 2: Witterungsverläufe am Versuchsstandort Straubing 2012, 2013 und 2014, mehrjähriges Mittel 2001–2014, Agrarwettermessstation Piering

5.1.2 Verwendete Genotypen

Im Verlaufe der drei Versuchsjahre 2012 bis 2014 wurden insgesamt 96 verschiedene Sorghumgenotypen geprüft (Tabelle 44, Anlage). Der Schwerpunkt lag auf marktgängigen Sorten, deren Auswahl nach den Gesichtspunkten Frühreife, Kühletoleranz, Standfestigkeit, Ertragsleistung und potenzielle Methanausbeute in Abstimmung mit den Züchtern und Sorteninhabern erfolgte. Grundsätzlich wurde eine dreijährige Prüfung in Anlehnung an die amtliche Sortenprüfung angestrebt, doch ist nachweislich nicht oder eingeschränkt für bayerische Standorte geeignetes Material auch vor Ablauf des Prüfzyklus zugunsten aussichtsreicher Neuzüchtungen ausgeschieden. Daneben wurde auch junges Zuchtmaterial ins Sortiment aufgenommen, das gezielt für kühlere Klimate gekreuzt worden ist. Damit sollte ein Beitrag zur beschleunigten züchterischen Weiterentwicklung bzw. zügigen Einführung züchterischen Fortschritts in die Praxis geleistet werden. Von den 96 Genotypen waren 58 am Markt erhältliche Sorten und 38 Stämme in unterschiedlichen Stadien des Züchtungsprozesses. Einen dreijährigen Prüfzyklus durchliefen insgesamt 18 Genotypen, die mittlerweile alle den Sortenstatus haben. 55 Genotypen standen nur in einem der Versuchsjahre im Screening.

5.1.3 Versuchsanlage und -durchführung

Jede Sorghumart stand für sich in einer Blockanlage mit den Sorten in 3 m breiten Doppelparzellen (Aussaاتfläche 27,0 m², Erntefläche 10,8 m²) und vierfacher Wiederholung. *S. bicolor* erfuhr noch einmal eine Aufteilung in Körner- (K) und Futtertyp (F), um eine Beschattung der deutlich kürzeren Körner- durch die hohen Futtersorten zu vermeiden und deren gleichmäßige Abreife zu ermöglichen. Die Saatstärke variierte je nach Sortiment wie folgt: *S. bicolor*-Futtersorten 20 keimfähige Körner/m², *S. bicolor*-Körnersorten 25 Körner/m² (2012 und 2013) bzw. 30 Körner/m² (2014), *S. sudanense* und *S. bicolor* x *S. sudanense* 35 Körner/m² bei jeweils 37,5 cm Reihenabstand. In BBCH 13 wurden sie mit Stickstoff bis zum Sollwert von 150 kg N/ha (einschließlich N_{min}) versorgt und mit einem zugelassenen, der jeweiligen Befallsituation angepassten Präparat gegen Unkräuter und Ungräser behandelt.

Auch die Referenz-Maissorten gemäß Tabelle 45 im Anhang standen entsprechend ihrer Reifegruppenzugehörigkeit in zwei Blockanlagen. Die frühe Saat der später reifen Sorten erfolgte Mitte April. Die frühreifen Sorten kamen zusammen mit den Sorghumsortimenten in den Boden. Der Reihenabstand betrug jeweils 75 cm. Der Mais wurde bei Aussaat mit 30 kg N/ha in Form von Diammonphosphat 18/46 unter Fuß und in BBCH 13 bis zum Sollwert von insgesamt 180 kg N/ha (einschließlich N_{min}) gedüngt. Die Ernte der später reifen Maissorten erfolgte bei Erreichen eines Trockensubstanzgehalts von 30 bis 35 % Mitte bis Ende September. Die früher reifen, später gesäten Maissorten wurden zusammen mit den Sorghumsortimenten Ende September bis Anfang Oktober geerntet.

5.1.4 Erhebungen und Bonituren im Verlaufe der Vegetationszeit

Für eine vergleichbare Darstellung des Entwicklungsverlaufs der einzelnen Genotypen innerhalb eines Jahres sowie zwischen den einzelnen Versuchsjahren wurde eine vegetationsbegleitende Erhebung der Entwicklungsstadien durchgeführt. Die Bewertung erfolgte auf Grundlage der BBCH-Codierung für Getreide [56], die an Sorghum angepasst wurde [61] (siehe Tabelle 46, Anhang).

Gleichzeitig wurde eine Bewertung des in den Beständen mit zunehmender Abreife auftretenden Lagers durchgeführt. Hierfür wurde die neunstufige Bewertungsskala für Getreide (1 = kein Lager, 9 = starkes Lager) des Bundessortenamts herangezogen [9].

Für die Beurteilung auftretender Krankheiten bei den verschiedenen Genotypen wurde die befallene Blattfläche der Gesamtpflanze in Prozent als Maßeinheit verwendet. Die Bonitur erfolgte von 1 % bis 100 % in 1-Prozent-Schritten.

5.1.5 Ernte und Probenaufbereitung

Idealerweise soll die Ernte von Sorghum stattfinden, wenn das Gros der Genotypen den empfohlenen Trockensubstanzgehalt von mindestens 28 % erreicht hat. Da die Versuchsfelder im Einflussbereich der Donau liegen, muss am Standort Straubing bereits früh im Herbst mit ganztägig tropfnassen Beständen infolge anhaltend dichten Nebels gerechnet werden. Später im Herbst erhöht sich regelmäßig das Risiko schweren Lagers durch massive Niederschläge. Deshalb wurde stets versucht, die Erntearbeiten in eine trockene Periode zwischen Ende September und Anfang Oktober zu legen.

Von den insgesamt acht je Doppelparzelle angelegten Reihen erfolgte eine Kernbeerbung der mittleren vier Reihen. Deren gesamter Aufwuchs wurde mit einem reihenunabhängigen Häcksler auf eine Schnittlänge von ca. 1 cm zerkleinert und auf dem Feld verwogen. Aus dem Häckselgut jeder Parzelle wurde aus dem kontinuierlichen Häckselgutstrom ca. 1 kg Frischmaterial entnommen, bei 40 °C im Luftstrom getrocknet und bis zur Inhaltsstoffbestimmung gelagert. Über Referenzproben, die bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet worden sind, erfolgte die Bestimmung der absoluten Trockensubstanzgehalte (TS-Gehalte). Dieses Verfahren ist für Mais geläufig und niedergelegt in [9] als Methode 3: „Bestimmung des TS-Gehaltes mittels Indikatorproben“.

5.1.6 Inhaltsstoffanalyse

Die Bestimmung der Inhaltsstoffe wurde in Anlehnung an die Futtermittelanalytik vorgenommen. Neben der Quantifizierung der Stoffgruppen Rohprotein, Rohfett und Rohfaser nach dem Weender Verfahren [30] erfolgte eine Differenzierung der Fraktion der Kohlenhydrate nach Van Soest et al. [49] in die Gerüstsubstanzen Cellulose, Hemicellulose und Lignin sowie den organischen Rest. Die schematische Auftrennung pflanzlicher Biomasse in die verschiedenen Fraktionen ist in Abbildung 3 dargestellt.

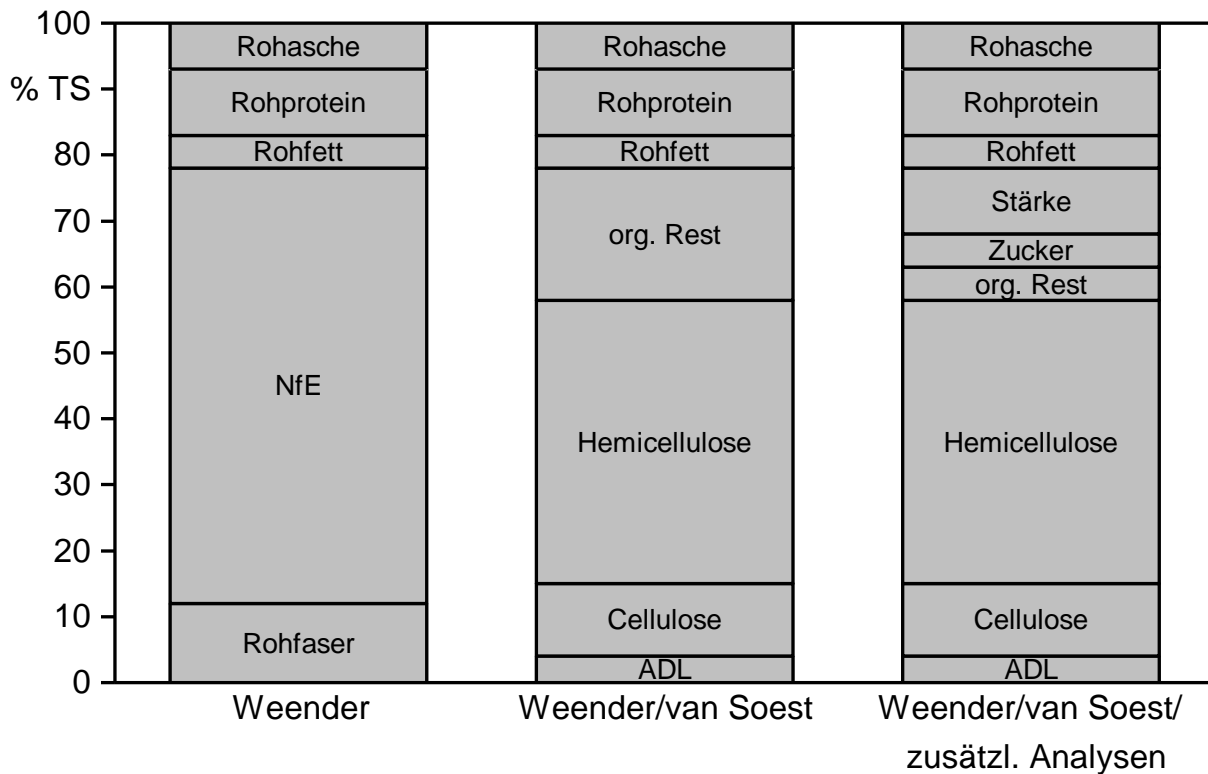


Abbildung 3: Schema der Fraktionierung bei der Weender Futtermittelanalyse und modifizierten Verfahren

Aus dem organischen Rest sind darüber hinaus die Gehalte an Zucker und Stärke bestimmt worden. Die Analysen wurden nach Ausschreibung durch Food GmbH Jena Analytik & Consulting unter Verwendung der folgenden Standardprozeduren durchgeführt:

- Trockenmasse (TM): VDLUFA, MB Bd. 3, Unterkap. 3.1,
- Rohasche (XA): VDLUFA, MB Bd. 3, Unterkap. 8.1,
- Organische Trockenmasse (oTM): VDLUFA, MB Bd. 3, Unterkap. 8.1,
- Rohprotein (XP): über die Bestimmung des Stickstoffgehalts (Dumas) nach VDLUFA MB. Bd. 3, Abschnitt 4.1.2; Multiplikation von Gesamt-N mit dem Faktor 6,25 ergibt den Rohproteingehalt der Ausgangssubstanz,
- Rohfett (XL): VDLUFA, MB Bd. 3, Abschnitt 5.1.1,
- Rohfaser (XF): VDLUFA, MB Bd. 3, Abschnitt 6.1.2,
- N-freie Extraktstoffe (NfE): rechnerische Ermittlung aus der Differenz zwischen organischer Trockenmasse und der Summe aus Rohfett-, Rohprotein- und Rohfasergehalt,
- NDF (Van Soest): *neutral detergent fiber*; VDLUFA, MB Bd. 3, Abschnitt 6.5.1; Fraktion enthält Hemicellulose, Cellulose und Lignin,
- ADF (Van Soest): *acid detergent fiber*; VDLUFA, MB Bd. 3, Abschnitt 6.5.2.; Fraktion enthält Cellulose und Lignin; die Differenz zwischen NDF und ADF entspricht dem Gehalt an Hemicellulosen,

- ADL (Van Soest): *acid detergent lignin*; VDLUFA, MB Bd. 3, Abschnitt 6.5.3.; Lignin; Differenz zwischen ADF und ADL entspricht dem Gehalt an Cellulose,
- Stärke: VDLUFA, MB Bd. 3, Abschnitt 7.2.1,
- Gesamtzucker: VDLUFA MB Bd. 3, Abschnitt 7.1.1,
- ELOS: enzymlösliche organische Substanz, VDLUFA MB. Bd. 3, Abschnitt 6.6.1,
- Mineralstoffe: P, K, Mg und Ca atomspektroskopisch nach VDLUFA MB Bd. 3, Abschnitt 2.2.2.6, Nitrat nach ASU L 26.00-1 2001 07 HPLC/IC-Verfahren.

5.1.7 Biogas- und Methanausbeute

Das Methanbildungspotenzial in NI/kg TM bzw. organischer Trockenmasse (oTM) wurde mittels Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) nach DIN 38414-8 [13] und VDI 4630 [50] an der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, Universität Hohenheim, gemessen. Gleichzeitig wurde eine Berechnung der Methanausbeute nach diversen Formeln von Weißbach [53] [54] durchgeführt.

Kalkulation der Methanausbeute nach Weißbach

Weißbach [53] [54] hat für seine Modelle Gleichungen zur Schätzung der fermentierbaren organischen Trockensubstanz (FoTS) etabliert. Für die meisten Substrate basieren diese auf dem Rohfasergehalt. Im Folgenden werden Werte, die mit dieser Formel (5.1) berechnet wurden, als „Weißbach XF“ bezeichnet. Für Sorghum sollte das Modell von Mais eine gute Annäherung liefern [Weißbach, mündliche Mitteilung], in das die Inhaltsstoffe Rohasche und Rohfaser mit den Dimensionen g je kg Trockenmasse eingehen:

$$FoTS [g/kg TM] = 984 - (XA) - 0,47 \times (XF) - 0,00104 \times (XF)^2 \quad (5.1)$$

Im Vergleich dazu wurde auch die für Gras und Grassilage entwickelte Schätzgleichung auf der Basis des Gehalts an enzymunlöslicher organischer Substanz (EULOS) verwendet, in die Rohasche und EULOS in den Dimensionen g je kg TM eingehen. Im Folgenden wird für mit dieser Formel (5.2) berechnete Werte die Bezeichnung „Weißbach EULOS“ verwendet:

$$FoTS [g/kg TM] = 1000 - (XA) - 0,62 \times (EULOS) - 0,000221 \times (EULOS)^2 \quad (5.2)$$

Dabei ist der EULOS-Anteil die Differenz aus organischer Substanz und dem Anteil an enzymlöslicher organischer Substanz (ELOS). ELOS wurde mit der Standardprozedur VDLUFA MB. Bd. 3, Abschnitt 6.6.1 bestimmt und der EULOS-Wert wie folgt auf Basis der Rohasche und des ELOS-Gehalts in g je kg TM berechnet (5.3):

$$EULOS [g/kg TM] = 1000 - (XA) - (ELOS) \quad (5.3)$$

Biogasausbeute (5.4) und Methanausbeute (5.5) errechnen sich nach Weißbach ausgehend von der ermittelten FoTS schließlich wie folgt:

$$\text{Normvolumen Biogas [l/kg TM]} = 0,80 \times (FoTS) \quad (5.4)$$

$$\text{Normvolumen Methan [l/kg TM]} = 0,42 \times (FoTS) \quad (5.5)$$

Zur Vergleichbarkeit mit den in der Literatur üblichen Angaben erfolgt dann noch eine Umrechnung in die Dimension NI je kg organische Trockenmasse (oTM).

5.1.8 Schnittzeitversuch

Für den Schnittzeitversuch wurden zehn repräsentative Sorten (Tabelle 2) in einer Blockanlage mit vierfacher Wiederholung ausgesät. Die Bestandsführung erfolgte analog zum Sortenscreening (siehe Abschnitt 5.1.3).

Beprobt wurden alle Sorten einmal in der frühen Schossphase und dann wöchentlich mit Beginn des Rispenschiebens bei Reifegruppe 1 (RG 1) bis Ende September. Die Probenahmen erfolgten händisch. Dabei wurden je Sorte aus jeder Wiederholung mindestens fünf komplette Pflanzen oberhalb 10 cm Stoppelhöhe entnommen und mit dem Labrhäcksler auf 1 cm Schnittlänge zerkleinert. In 2014 wurden dabei gezielt Einzelpflanzen nach Erreichen eines vorgegebenen BBCH ausgewählt, sodass die Ergebnisse nicht mit den Jahren 2012 und 2013 vergleichbar sind. Die Bestimmung des TS-Gehalts erfolgte nach Trocknung von ca. 1 kg Frischmasse pro Probe bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz und Rückwaage des Pflanzenmaterials. Vom verbliebenen Frischmaterial wurden die vier Wiederholungen der Sorten zu Mischproben vereint und jeweils 1 kg Material je Mischprobe bei ca. 40 °C im Luftstrom getrocknet und zur Analyse der wertgebenden Inhaltsstoffe zum Dienstleistungslabor gesandt.

Tabelle 2: Im Schnittzeitversuch verwendete Sorghumsorten nach Jahren

Sorte	Reifegruppe	2012	2013	2014
Lussi	1	x	x	x
KWS Freya	3	x	x	x
KWS Sole	3	x	x	x
Amiggo	4	x	x	x
KWS Merlin	4	x	x	x
KWS Tarzan	4	x	x	x
Aristos	5	x	x	x
Biomass 150	5	x	x	x
Herkules	5	x	x	x
Joggy	5	x	x	x

5.1.9 Blausäureuntersuchung

Für die Blausäureuntersuchungen sind Ganzpflanzen aus den vier Wiederholungen des Schnittzeitversuchs entnommen und sortenrein zu Mischproben von etwa einem Kilogramm zusammengefasst worden. Das für die Blausäuremessung bestimmte Pflanzenmaterial wurde mit dem Laborhäcksler auf 1 cm Schnittlänge zerkleinert, fest in Folie verschlossen und bei -18 °C gelagert. Von einigen Proben wurde ca. 1 kg frisch gehäckseltes Material vakuumiert und als „Minisilos“ kühl und trocken für drei Monate bis zur Blausäureuntersuchung gelagert. Die Methode zum Vakuumieren von Proben zur Silagebereitung im Labormaßstab ist ausführlich in [31] beschrieben.

Die Blausäureanalysen wurden vom Zentralinstitut für Ernährung und Lebensmittelforschung (ZIEL) der Technischen Universität München nach VDLUFA MB. Bd. 3, Abschnitt 16.3.3 durchgeführt. Eine Überprüfung einzelner sehr hoher Analysewerte für Blausäure im Jahr 2014 mittels HPLC war leider nicht erfolgreich.

5.1.10 Untersuchungen zum Futterwert

Die Erhebungen zum Futterwert wurden in den Jahren 2012 und 2013 an ausgewählten Sorghumsorten durchgeführt, eine Silomaissorte diente jeweils als Referenz. Von repräsentativen Sorten aus dem Sortenscreening wurde erntefrisches Material von ca. 1 kg in vakuumierten Packs als Minisilos nach Methode [31] konserviert. Nach fünf Monaten trockener und dunkler Lagerung bei Raumtemperatur wurden Silagequalität und Futterwert vom Zentrallabor Grub der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft bestimmt. Als Referenz wurde unter gleichen Bedingungen die Maissorte Saludo siliert und analysiert. Zielparameter waren Nährstoffe nach Weender und van Soest-Analyse sowie die umsetzbare Energie für Wiederkäuer (ME = metabolische Energie, NEL = Nettoenergie für Laktation). Für die Berechnung der umsetzbaren Energie wurden nachfolgende Formeln verwendet [25]:

$$\begin{aligned}
 ME &= (XP \times 0,00234) + (XP \times 0,0147 \times 0,01 \times VQ(XP)) \\
 &+ (XF \times 0,0136 \times 0,01 \times VQ(XF)) \\
 &+ (XL \times 0,0312 \times 0,01 \times VQ(XL)) \\
 &+ (NfE \times 0,0147 \times 0,01 \times VQ(NfE))
 \end{aligned} \tag{5.6}$$

$$NEL = \left(0,6 \times \left(1 + 0,004 \times \left(\frac{ME}{\text{Bruttoenergie}} \times 100 \right) - 57 \right) \right) \times ME \tag{5.7}$$

5.2 Gewächshausversuch zur Ermittlung der Kühletoleranz

Zur Ermittlung der Kühletoleranz von Sorghum sollte eine Gewächshausmethodik entwickelt werden, die, um sich der geeigneten Vorgehensweise anzunähern, im Laufe der drei Versuchsjahre wie folgend beschrieben stetig abgeändert wurde.

Im ersten Versuchsjahr 2012 wurden alle im Sortenscreening verwendeten 46 Sorghumgenotypen im Gewächshaus geprüft. Um das geplante Temperaturregime umsetzen zu können, sind diese Versuche in den Wintermonaten gelaufen. Am 14. Januar 2013 sind Keimprüfungen in Anlehnung an die ISTA-Vorschriften (Inkubation von 100 Körnern pro Genotyp auf Filterpapier bei Wechsellicht und Raumtemperatur) angelegt und alle zwei Tage bis zum achten Tag ausgewertet worden. Parallel wurde von jedem Genotyp eine mit Pikiererde gefüllte Quickpot[®] 54er Multitopfpalette eingesät, d. h., in jede der 54 Kammern von je 100 ml Fassungsvermögen kam ein Samenkorn in 2 cm Tiefe zur Ablage. Die Paletten wurden auf Gewächshaustischen bei dem in Tabelle 3 aufgelisteten Temperaturregime inkubiert. Der Tag-Nacht-Rhythmus für die künstliche Zusatzbeleuchtung war auf zwölf Stunden eingestellt. Bewässert wurden die Paletten einmal täglich von oben mittels eines Gießwagens, dessen feine Düsen eine sehr behutsame, gleichmäßige Befeuchtung realisieren.

Tabelle 3: Temperaturregime im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2012

Zeitspanne von	bis	Nachttemperatur in °C	Tagestemperatur in °C
14.01.	22.01.	8,0	12,0
23.01.	18.02.	10,0	15,0
19.02.	11.03.	12,0	18,0

Am 18. Februar (35 dps = *days post seeding*) und am 13. März (58 dps) wurden die Längen von jedem Pflänzchen gemessen und am 13. März außerdem die Frischmasse

bestimmt. Dafür sind die 54 Kammern je Palette in drei nicht randomisierte Wiederholungen von je 18 Kammern aufgeteilt worden.

Folgende Parameter wurden während des Versuchs ermittelt:

- Der Feldaufgang je Genotyp am Ende des Versuchs in Prozent. Der Anteil aufgelaufener Pflanzen wurde gegen die ermittelte Keimfähigkeit korrigiert. Bonitiert wurde nach Schema i [18] [24], Tabelle 4.
- Der Anteil der Pflanzen, die bis zu einer Wärmesumme von 50 °C aufgelaufen waren (Wärmesumme nach Modell AGPM mit Basistemperatur von 10 °C [18] [24]). Bonitiert wurde nach Schema i, Tabelle 4.
- Der Anteil der Pflanzen, die bis zu einer Wärmesumme von 100 °C aufgelaufen waren. Bonitiert wurde nach Schema i, Tabelle 4.
- Die Längen der Pflanzen als Mittel der drei Wiederholungen (18 × 3 Kammern pro Palette) zum Ende des Versuchs am 13. März (58 dps). Bonitiert wurde nach Schema ii, Tabelle 4. In das Mittel gingen nicht die Pflanzen mit starken Wuchsanomalien, Kümmerwuchs und deutlichen Absterbeerscheinungen ein.
- Die Frischmassen der Pflanzen als Mittel der drei Wiederholungen (18 × 3 Kammern pro Palette) zum Ende des Versuchs am 13. März (58 dps). Bonitiert wurde nach Schema ii, Tabelle 4.

Die Feldaufgänge am Versuchsende sowie bei 50-°C- und 100-°C-Wärmesumme gingen mit dem Gewichtungsfaktor 2 und die Pflanzenlängen und die Frischmassen mit dem Gewichtungsfaktor 1 in die Gesamtnote für die Kühletoleranz ein.

Tabelle 4: Boniturschemata im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2012

Boniturnote	Schema i			Schema ii		
	relativ zum Sortenmittel in %			relativ zum Feldaufgang ges. in %		
9		<	60		<	24
8	61	bis	70	25	bis	34
7	71	bis	80	35	bis	44
6	81	bis	90	45	bis	54
5	91	bis	100	55	bis	64
4	101	bis	110	65	bis	74
3	111	bis	120	75	bis	84
2	121	bis	130	85	bis	94
1		>	131		>	95

Im zweiten Versuchsjahr wurde die Methodik auf Basis der im Vorjahr gewonnenen Erkenntnisse leicht abgeändert. Auch für das Versuchsjahr 2013 wurden alle im Sortenscreening verwendeten Genotypen auf Kühletoleranz geprüft. Aufgrund der großen Anzahl wurden anstelle einer Sorte pro Multitopfpalette jedoch jeweils zwei Genotypen eingesät, wobei pro Genotyp vier Lochreihen (Wiederholungen) mit je sechs Löchern vorgesehen wurden (24 Einzelpflanzen). Die mittlere Reihe der Paletten blieb als Trennreihe zwischen den Genotypen ohne Einsaat. Da es im ersten Versuchsjahr schwierig war, die Temperatur im Gewächshaus, vor allem an Tagen mit länger anhaltendem Sonnenschein, konstant zu halten, wurden die Tag-Nacht-Absenkung und das 2012 durchgeführte Temperaturregime fallen gelassen. Stattdessen wurden die Sorghumpflanzen auf Gewächshaustischen vom Tag der Aussaat bis 30 Tage nach der Saat bei 12 °C und ab dem 31. Tag für eine Erholungsphase bei 15 °C bis 16 °C inkubiert.

Folgende Parameter wurden während des Versuchs 2013 erfasst:

- Der Feldaufgang je Genotyp in Prozent. Der Anteil aufgelaufener Pflanzen wurde gegen die bei Raumtemperatur ermittelte Keimfähigkeit korrigiert. Nicht gezählt wurden Pflanzen mit starken Wuchsanomalien und Kümmerwuchs. Ein statistischer Vergleich erfolgte gegen Sorte Lussi als Standard mit Dunnett-Test bei $P \leq 0,05$.
- Die Wärmesumme in °C bis zum Auflaufen mit Tageswerten (TW) nach $TW = (((T_{\min} + T_{\max})/2) - 10 \text{ °C})$; Wärmesumme nach Modell AGPM mit Basistemperatur von 10 °C [18] [24]. Ein statistischer Vergleich erfolgte gegen Sorte Lussi als Standard mit Dunnett-Test bei $P \leq 0,05$.
- Die Absterbeerscheinungen nach neunstufigem Boniturschema zur Ernte am 23. März (68 dps).

-
- Der Anteil vitaler Pflanzen (besser als Boniturnote 8, Korrektur um die Keimfähigkeit des Genotyps, Bewertung des Anteils nach neunstufigem Boniturschema gemäß Tabelle 5 zur Ernte am 23. März (68 dps)).
 - Die Längen der vitalen Pflanzen zur Ernte am 23. März (68 dps). Ein statistischer Vergleich erfolgte gegen Sorte Lussi als Standard mit Dunnett-Test bei $P \leq 0,05$.
 - Die Frischmassen der vitalen Pflanzen zur Ernte am 23. März (68 dps). Wiegung je Wiederholung, Berechnung der Einzelpflanzenmasse in mg. Ein statistischer Vergleich erfolgte gegen Sorte Lussi als Standard mit Dunnett-Test bei $P \leq 0,05$.

In die Bewertung der Kühletoleranz (Endnote) gingen nur die Mittel der Boniturnoten für den Anteil vitaler Pflanzen (Tabelle 5) und für die Absterbeerscheinungen ein.

Tabelle 5: Boniturschema für den Anteil vitaler Pflanzen im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2013

Boniturnote	Vitale Pflanzen zu Versuchsende relativ zur Anzahl ausgesäter Körner pro Genotyp, korrigiert um die Keimfähigkeit in %		
9		<	24
8	25	bis	34
7	35	bis	44
6	45	bis	54
5	55	bis	64
4	65	bis	74
3	75	bis	84
2	85	bis	94
1		>	95

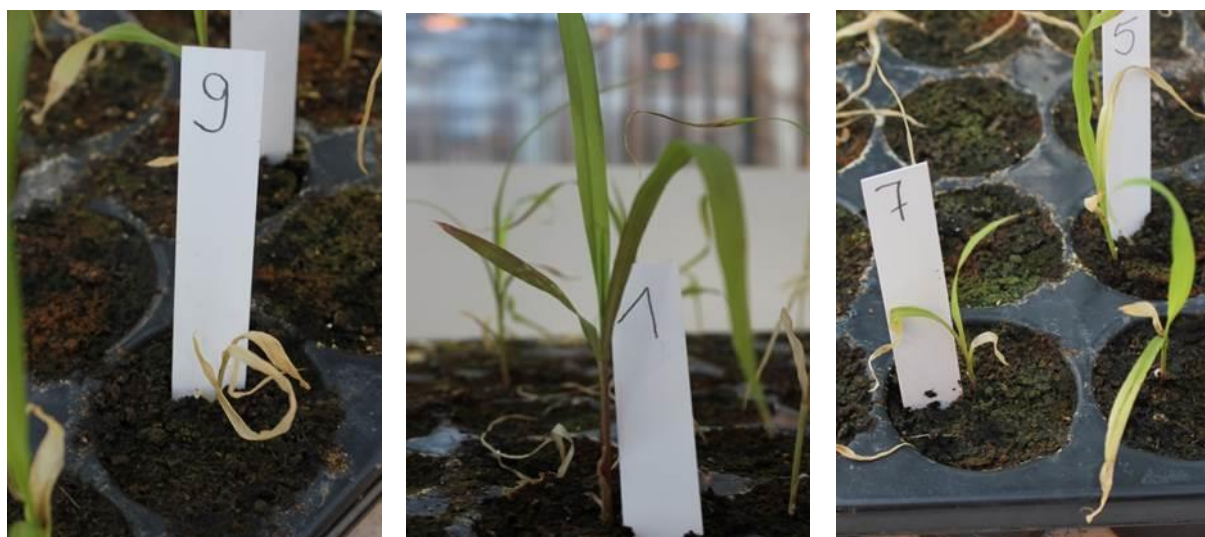


Abbildung 4: Bewertung der Symptome durch Kälteeinwirkung an Sorghum

Für den ab 14. Januar 2015 (für Versuchsjahr 2014) angelegten Versuchsdurchlauf wurde das Verfahren zur Ermittlung der Kühletoleranz nochmals angepasst. Die Ergebnisse aus dem Vorjahr hatten gezeigt, dass die Sorghumpflanzen in der Erholungsphase bei einer Temperatur von 15 °C keine weitere Schädigung mehr erfuhren und sich sogar mehr oder weniger gut erholten. Um die Regenerationsfähigkeit der Pflänzchen von den Kälteschäden auszureizen, wurde die Temperatur der Erholungsphase deshalb auf 22 °C angehoben. Weiterhin wurde der Versuch für das Jahr 2014 unter vier verschiedenen Temperaturregimen angelegt (Tabelle 6). In der ersten Variante verblieben die Genotypen während der gesamten Versuchsdauer in der Erholungsphase bei 22 °C. Diese Variante stellt die optimalen Keim- und Wachstumsbedingungen dar. In der zweiten Variante wurden die Paletten vom Tag der Aussaat bis 26 Tage nach der Saat bei 12 °C

inkubiert und kamen erst im Anschluss in die Erholungsphase. In der dritten Variante dauerte die Kühlphase 34 Tage und in der vierten Variante 41 Tage. Durch die unterschiedlichen Temperaturregime sollte zum einen ermittelt werden, wie lange die Sorghumgenotypen den kühlen Temperaturen trotzen und wie gut sie sich nach unterschiedlich langer Exposition unter kühlen Bedingungen regenerieren können.

Tabelle 6: *Temperaturregime im Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2014*

Variante	Anzahl Tage bei 12 °C	Anzahl Tage bei 22 °C
A	0	67
B	26	41
C	34	33
D	41	26

5.3 Gewächshausversuch zur Ermittlung der Anfälligkeit von Sorghum gegenüber *Rhizoctonia solani*

Im Jahr 2013 wurden insgesamt 76 Genotypen auf ihre Anfälligkeit gegen den bodenbürtigen Schaderreger *Rhizoctonia solani* im Gewächshaus geprüft. Um möglichst das gesamte Spektrum an Sorghumarten und Nutzungstypen abzudecken, wurde auch auf Saatgut von Genotypen aus dem Sortenscreening zurückliegender Jahre, beginnend mit 2007 bis 2013, zurückgegriffen. Auf diese Weise konnten fünf Sorghumsortimente wie folgt bestückt werden:

- *Sorghum bicolor* Futtertyp: 23 Genotypen,
- *Sorghum bicolor* Zuckertyp: 7 Genotypen,
- *Sorghum bicolor* Körnertyp: 22 Genotypen,
- *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*: 20 Genotypen,
- *Sorghum sudanense*: 4 Genotypen,
- bmr-Material (in den fünf Sortimenten enthalten): 10 Genotypen.

Die Prüfung wurde in Quickpot[®] 54er Multitopfpaletten angelegt. Jede Palette war mit zwei Genotypen besetzt, wobei pro Genotyp vier Lochreihen (Wiederholungen) mit je sechs Löchern vorgesehen wurden (24 Einzelpflanzen). Die mittlere Reihe der Paletten blieb als Trennreihe zwischen den Genotypen ohne Einsaat. Jeder Genotyp stand in den Varianten „unverseuchte Kontrolle (K)“ und „künstlich mit *Rhizoctonia solani* inokuliert (Inok)“. Das Inokulum eines virulenten *Rhizoctonia*-Isolats aus der AG2-2IIIB wurde durch Dr. Barbara Boine, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenschutz (IPS 3c), bereitgestellt.

Der Versuch wurde im Juni 2013 angelegt. Zunächst wurde von den Samenkörnern die anhaftende Beize abgespült. Über Nacht verblieben die gespülten Samen in einer feuchten Kammer (mit nassem Filterpapier ausgelegte Petrischalen). Am nächsten Tag waren ihre Würzelchen gespitzt. Samenkörner mit intakten Wurzelspitzen wurden mittels Pin-

zette in etwa 2 cm Tiefe in das Pflanzsubstrat der vorbereiteten Paletten abgelegt. Die Paletten sind am Tag des Auspflanzens (26. Juni) mit Pikiererde befüllt worden, in der Variante „Inok“ zunächst nur bis zur Hälfte. Nachdem das abgewogene Inokulum (1 g pro Liter Erde) gleichmäßig auf die Löcher verteilt worden war, erhielten sie die komplette Füllung. Die Paletten wurden im Gewächshaus aufgestellt und bei 20 bis 25 °C, hoher Luftfeuchte und gut gewässertem Pflanzsubstrat inkubiert.

Um sich der Virulenz des verwendeten Inokulums zu versichern, wurden parallel zum Sorghum-Versuch je zwei Paletten pro Variante Zuckerrüben als Vorzugswirtspflanze von AG2-2IIIB nach dem oben beschriebenen Vorgehen angelegt. Je eine Palette pro Variante war mit kommerziell pilliertem Saatgut und eine Palette mit manuell „entmanteltem“ Saatgut gesät worden.

Die Zielgrößen des Versuchs waren die Pflanzenlängen und Frischmassen 76 dpi (dpi = *days post inoculation*) und das Ausmaß der Schädigungen am Wurzelsystem 79 dpi. Die Bonitur auf Verbräunung erfolgte von 1 bis 100 % in 10-%-Schritten (Abbildung 5).

Darüber hinaus wurde die Intensität der Durchwurzelung bewertet, und zwar je nachdem, wie gut sich der Ballen beim Ausspülen der Pikiererde in Wasser auflösen ließ (Abbildung 6).

Schema der „Ballenbonitur“ (s. Tabelle 62, Anhang, Spalte „Wurzelbonitur MII“)

--	1	sehr schwach durchwurzelt
-	2	schwach durchwurzelt
0	3	mäßig durchwurzelt
+	4	gut durchwurzelt
++	5	sehr gut durchwurzelt



Abbildung 5: Wurzelbonitur auf Symptome durch *R. solani*, Anteil der Verbräunung links 0 %, Mitte 30 %, rechts 100 %



Abbildung 6: Ballenbonitur auf Durchwurzelungsintensität: links gute, rechts schwache Durchwurzelung

5.4 Bayernweiter Sortenvergleich

5.4.1 Charakteristik der Versuchsstandorte

Der Sortenversuch kam während der Projektlaufzeit an sechs Standorten Bayerns zur Auswertung, die unterschiedliche regionale Boden-Klima-Räume abdecken (Abbildung 7).

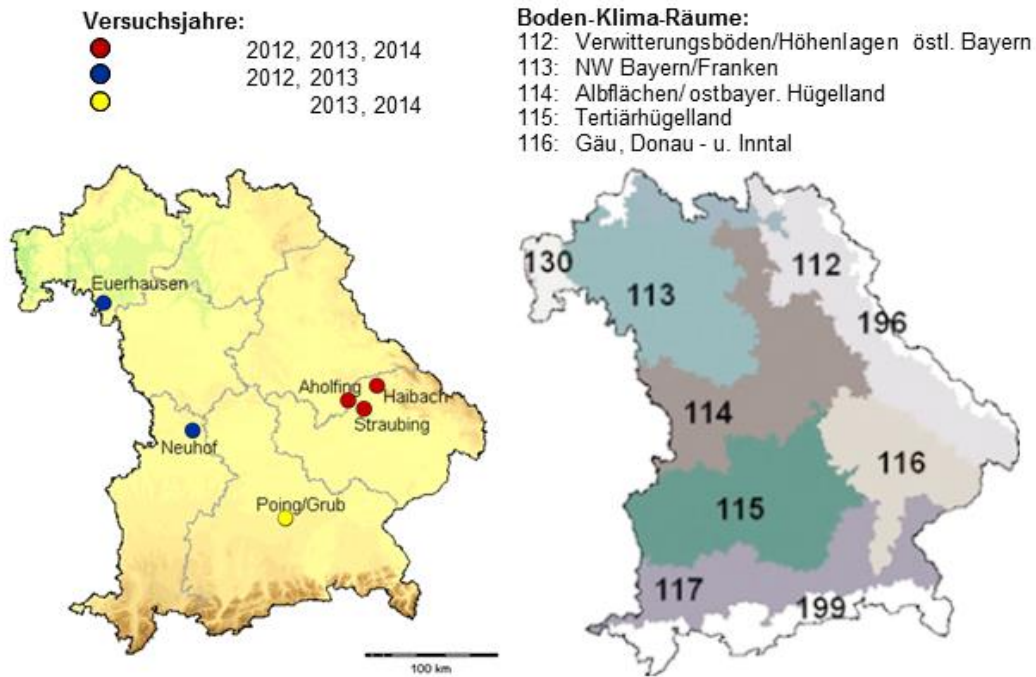


Abbildung 7: Lage der Versuchsstandorte in den Boden-Klima-Räumen Bayerns [45]

Die Standortkennwerte und die Besonderheiten sowie die Bedingungen in den Versuchsjahren sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Bayernweiter Sortenversuch – Standortbedingungen

Standort	Euer- hausen	Neuhof	Grub	Straubing	Aholting	Haibach
Region	Fränk. Gäu	Südlicher Jura	Münchner Schotter- und Moor- gebiete	Straubinger Gäu	Donau- niederung/ Schotter- ebene	Ostbayer. Mittel- gebirge
Höhe über NN in m	310	500	525	330	322	510
Bodenart	uL	uT	sL	uL	sL	IS
Ackerzahl	80	62	47	76	49	25
Niederschlag in mm	577	679	888	717	717	882
Jahresdurchschnitts- temperatur in °C	9,3	8,6	8,8	9,0	9,0	8,6
Wasserbilanz in mm	-109	27	226	91	91	216
Bedingungen von Aussaat bis Ernte 2012						
Aussaat (Datum)	03.05.	03.05.		08.05.	08.05.	09.05.
Ernte (Datum)	28.09.	25.09.		17.09.	11.09.	19.10.
Vegetationstage	149	146		133	127	164
Wärmesumme in °C	1368	1007		1070	992	972
Niederschlag in mm	337	282		378	381	455
Globalstrahlung in kWh/m ²	778	k. A.		534	662	776
Versuch fand nicht statt						
Bedingungen von Aussaat bis Ernte 2013						
Aussaat (Datum)	07.05.	08.05.	15.05.	16.05.	15.05.	17.06.
Ernte (Datum)	24.10.	21.10.	19.10.	01.10.	30.09.	14.10.
Vegetationstage	170	166	157	138	138	119
Wärmesumme in °C	935	903	869	914	921	768
Niederschlag in mm	453	532	561	367	367	235
Globalstrahlung in kWh/m ²	760	730	k. A.	675	675	552
Bedingungen von Aussaat bis Ernte 2014						
Aussaat (Datum)			22.05.	08.05.	12.06.	16.05.
Ernte (Datum)			13.10.	20.09.	26.09.	08.10.
Vegetationstage			144	135	106	145
Wärmesumme in °C			860	880	720	924
Niederschlag in mm			450	332	240	348
Globalstrahlung in kWh/m ²			k. A.	664	492	609
	Umbruch/schlechter Feldaufgang	nicht wertbar/Lager				

Wetterdaten für die Standorte Aholting und Straubing von der Agrarwettermessstation Piering und für Haibach von der Station Steinach; Quelle: Agrarmeteorologie Bayern [3]

Wärmesumme gemäß Mais-Reifeprognosemodell nach AGPM [4] und Anpassung der Basistemperatur von 10 °C an Sorghum [24]

5.4.2 Versuchsanlage und -durchführung

Die Auswahl der Sorten war darauf ausgerichtet, möglichst alle Arten und Nutzungstypen einzubeziehen sowie Verfügbarkeit und Bekanntheitsgrad am Markt und den Anspruch auf Mehrjährigkeit der Ergebnisse zu berücksichtigen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Geprüfte Sorten im bayernweiten Sortenvergleich

Sorte	Jahr	Straubing	Aholting	Haibach	Euer- hausen	Neuhof	Grub
Lussi	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
KWS Freya	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
KWS Sole	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
KWS Tarzan	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
Amiggo	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
KWS Merlin	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
Biomass 150	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
Aristos	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
Herkules	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
Joggy	2012	x	x	x	x	x	
	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
KWS Santos	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x
PR823F	2013	x	x	x	x	x	x
	2014	x	x	x			x

Der Versuch wurde an allen Standorten nach dem folgenden Grundmuster durchgeführt: Die Parzellen wurden mit doppelter Breite in einer Alpha-Gitteranlage in dreifacher Wiederholung angelegt. Die Saatstärke betrug für die Sorten der Art *S. bicolor* 25 keimfähige Körner/m² und für die Art *S. bicolor* x *S. sudanense* 40 keimfähige Körner/m² bei 37,5 cm Reihenweite. Die Aussaat erfolgte in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten in einen ausreichend erwärmten Boden. Die N-Düngung orientierte sich an der standortüblichen Gabe zu Mais abzüglich 30 %, um die Standfestigkeit nicht zu gefährden. Bei Bedarf wurde eine Herbizidbehandlung im Nachauflauf (BBCH 13) mit einem der für Sorghum als Biogassubstrat zugelassenen Herbizide durchgeführt. Geerntet wurden die vier Kernreihen je Parzelle Anfang bis Mitte Oktober (siehe Tabelle 7).

Neben den ertragsrelevanten Merkmalen (Grün- und Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt) wurden Lager und Entwicklungsstadium (BBCH) vor Ernte jeweils nach den Richtlinien des Bundessortenamts für Getreide bonitiert [56]. Bei der Auswertung wurden nicht nur die adjustierten absoluten Sortenmittel, sondern auch die Abweichungen der Sorten vom Standortmittel ermittelt.

5.5 Produktionstechnische Versuche

5.5.1 Saatbettbereitung

In den Jahren 2012 bis 2014 wurden am Standort Straubing Versuche zur Saatbettbereitung von Sorghum als Zweitfrucht nach den Vorfrüchten Roggen für Ganzpflanzensilage (GPS) und Weidelgras als Langparzellenanlage mit gleitendem Standard durchgeführt (Tabelle 10). Den Bearbeitungsgeräten Grubber, Fräse und Pflug lief jeweils die Kreiselegge mit Sternwalze nach. Die Saatrichtung verlief senkrecht zur Bearbeitungsrichtung. Ausgesät wurde mit einem direktsaatfähigen Einzelkorngerät (Accord Optima NT e-drive mit 1,5 Meter Arbeitsbreite) und 37,5 cm Reihenabstand. Die Bestandsführung erfolgte in Anlehnung an das Sortenscreening (Abschnitt 5.1.3). Der zeitliche Versuchsablauf ist Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Zeitlicher Ablauf des Versuchs zur Saatbettbereitung

	2012	2013
Ernte Vorfrucht	22.05. aus dem Stand	23.05. Schwadlegung 7.06. Werbung
Bodenbearbeitung	30.05.	18.06.
Aussaart	2.06.	18.06.
Totalherbizid im Voraufbau	5.06.	18.06.
Ernte	18.10.	21.10.

Tabelle 10: Varianten der Langparzellenanlage zur Saatbettbereitung

Vorfrüchte	Welsches Weidelgras Winterroggen (Grünschnitt)	
Varianten	Grubber (Standard)	18 cm Arbeitstiefe
	Pflug	20 cm Arbeitstiefe
	Fräse	6 bis 8 cm Arbeitstiefe
	Direktsaat mit Herbizidbehandlung im Voraufbau (Totalherbizid)	
	Direktsaat ohne Herbizidbehandlung im Voraufbau	
Sorghumsorten	Amiggo (<i>S. bicolor</i> , Reifegruppe 4, 25 Körner/m ²) KWS Sole (<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i> , Reifegruppe 3, 35 Körner/m ²)	
Wiederholungen	sechs, Sorten in den Bearbeitungsvarianten alternierend	

Im Jahr 2014 wurde der Versuch zwar angelegt, allerdings war seine Auswertung wegen schweren Lagers (gesamte Fläche Boniturnote 9) nicht möglich.

5.5.2 Aussaattechnik

Der Großversuch wurde am 21. Mai 2014 im Rahmen einer öffentlichen Vorführung durch das TFZ sowie durch Mitwirkung von fünf Landwirten und Lohnunternehmern aus der Region unter Einsatz von Praxistechnik angelegt. Ziel war es, durch eine direkte Gegenüberstellung der verschiedenen praxisüblichen Varianten deren Einfluss auf Feldaufgang, Bestandsentwicklung und Ertragsleistung zu beurteilen.

Im Vergleich standen Geräte zur Einzelkornablage aus dem Zuckerrüben- und Maisanbau sowie moderne Drilltechnik mit unterschiedlichem Reihenabstand und in Kombination mit und ohne Unterfußdüngung. Die exakte Beschreibung der Varianten ist Tabelle 11 zu entnehmen.

Die Versuchsfläche befand sich im Straubinger Gäu auf einem Lössboden mit der Ackerzahl 76 nach Winterweizen und Schwarzbrache. Das Saatbett wurde vor der Aussaat durch zweimaliges Kreiselhergerichtet und die Parzellen für die Saattechnikvari-

anten mit Kalkstrichen abgegrenzt. An jeder Maschine wurden die Tiefenführung der Schare auf 3 bis 4 cm und die Saatmenge der Sorte Amiggo für eine Ablage 25 keimfähiger Körner pro Quadratmeter eingestellt. Über die präzise Einwaage des Saatguts vor und Auswaage nach ihren Fahrten konnte unter Berücksichtigung der überfahrenen Fläche für jede Maschine die tatsächlich abgelegte Anzahl an Körnern ermittelt werden.

Tabelle 11: *Verwendete Aussaattechnik*

Variante	Technik	Reihen- abstand in cm	Arbeits- breite in m	Besonderheit	Gerät
1	Pneumatische Drillmaschine mit Scheibenschar	37,5	3	mit Rückverfestigung	Accord s-drill
2	Mais-Einzelkornsägerät	75	6	Unterfußdüngung	Accord Optima HD
3	Mais-Einzelkornsägerät	75	6		Accord Optima HD
4	Rüben-Einzelkornsägerät	50	6	frisches Saatgut	Kverneland Unicorn
5	Rüben-Einzelkornsägerät	50	6	abgedrehtes Saatgut: Qualitätsminderung	Kverneland Unicorn
6	Mechanische Drillmaschine mit Scheibenschar	50	3	mit Andruckrolle	Accord m-drill
7	Mechanische Drillmaschine mit Scheibenschar	25	3	mit Andruckrolle	Accord m-drill
8	Mechanische Drillmaschine mit Scheibenschar	37,5	3	mit Andruckrolle	Accord m-drill
9	Mechanische Drillmaschine mit Schleppschar	37,5	3	ohne Rückverfestigung	Accord m-drill
10	Mais-Einzelkornsägerät	37,5	1,5	Standard	Accord Optima NT e-drive

Das Versuchsdesign war eine Langparzellenanlage. Nachteil dieser Anlageform ist die nicht zufällige Verteilung der Wiederholungen. Um dennoch eine ordnungsgemäße statistische Auswertung gewährleisten zu können, wurde mit der Variante 10 (Mais-Einzelkornsägerät Accord Optima NT e-drive, mit 37,5 cm Reihenabstand und 1,5 m Arbeitsbreite) eine der Versuchsvarianten als sogenannter gleitender Standard insgesamt fünfmal im Versuchsdesign integriert (Tabelle 12). Als großer Vorteil einer Versuchsanlage in Langparzellen gilt, dass die Maschinen durchgehende Fahrten absolvieren kön-

nen. Die Anzahl der Fahrten pro Maschine ergibt sich in Abhängigkeit der jeweiligen Arbeitsbreite (Tabelle 12). Die insgesamt sechs Wiederholungen pro Aussaattechnikvariante wurden durch das nachträgliche Fräsen von 1,8 m breiten Wegen nach jeweils 14 m Parzellenlänge realisiert. Damit standen bei der 1,5 Meter breiten Kernbeerntung je Parzelle 21 m² Erntefläche zur Verfügung (Tabelle 12).

Tabelle 12: Design des Versuchs zur Aussaattechnik

Anordnung der Varianten	Wdh. 6	1	10a	2	3	10b	4	5	10c	6	7	10d	8	9	10e
Breite der Wege: 1,8 m	Weg														
Länge der Parzellen: 14 m	Wdh. 5														
Breite der Parzellen:	Weg														
Arbeitsbreite * Anzahl der Fahrten – Varianten 1 bis 9: 6 m – Variante 10: 4,5 m	Wdh. 4														
	Weg														
Ermittlung des Auflaufens zu den Terminen 2. Juni, 17. Juni und 3. Juli durch Zählung der Pflanzen aller Erntereihen	Wdh. 3														
	Weg														
Kernbeerntung der Varianten mit 1,5 m Arbeitsbreite	Wdh. 2														
	Weg														
Anzahl der Fahrten pro Maschine	Wdh. 1	2	3	1	1	3	1	1	3	2	2	3	2	2	3

Die Erhebung des Feldaufgangs wurde zu zwei Terminen am 2. Juni sowie am 16. Juni 2014 durchgeführt. Die ermittelten Werte gaben Aufschluss über die Präzision der Saatgutablage und erlaubten den unmittelbaren Vergleich der einzelnen Saatvarianten. Am 3. Juli 2014 wurde zudem die Anzahl an Sorghumpflanzen in den Ernteparzellen erhoben. Vor Ernte der Versuchsvarianten wurde aus gegebenem Anlass eine Bonitur des Lagers durchgeführt. Dazu wurde die neunstufige Bewertungsskala für Getreide (1 = kein Lager, 9 = totales Lager) des Bundessortenamts herangezogen [9]. Die Beerntung des Versuchs erfolgte unter Einsatz eines Parzellenhäckslers mit Wiegeeinrichtung zur exakten Ertragsermittlung am 29. September 2014.

5.5.3 Mehrschnittnutzung

Der Versuch zur Mehrschnittnutzung von Sorghum in Straubing in den Jahren 2012 und 2013 wurde mit je vier Sorten gemäß Tabelle 13 in Dreifachparzellen und dreifacher Wiederholung realisiert. Saatstärke und Reihenweite lagen im Jahr 2012 bei 40 Körnern/m² und 37,5 cm und im Jahr 2013 bei 60 Körnern/m² und 24 cm. Die Hinweise zum Schnittregime sind der amerikanischen Literatur [56] entlehnt.

Der erste Schnitt sollte frühestens 60 Tage nach der Saat und bei einer Mindestbestandshöhe von 65 cm erfolgen. Nach dem Schnitt sind für den Wiederaufwuchs 50 kg/ha N zu applizieren. Zwischen dem ersten und dem zweiten Schnitt liegen mindes-

tens 35 Tage. Idealerweise haben 50 % der Pflanzen zu dieser Zeit das Rispenschieben erreicht. Auch nach dem zweiten Schnitt ist dem Wiederaufwuchs eine N-Gabe von 50 kg/ha zu gewähren. Als Garant für Wiederaufwuchs nach Schnitt muss die Stoppelhöhe mindesten 10 cm, besser 18 cm betragen. Das realisierte Schnittregime ist Tabelle 14 zu entnehmen.

Da im Jahr 2014 die Sorten Ludan, Lurabo und Luzar nicht mehr auf dem Markt verfügbar waren, wurde von einer weiteren Versuchsdurchführung abgesehen.

Tabelle 13: Sorghumsorten für Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren

Versuchsjahr	Sorte	Art	Reifegruppe
2012	Lussi	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>	1
	Piper	<i>S. sudanense</i>	2
	KWS Inka	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>	5
	Trudan Headless	<i>S. sudanense</i> (pps)	7
2013	Lussi	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>	1
	Ludan	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>	2
	Lurabo	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>	2
	Luzar	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>	2

Tabelle 14: Schnittregime bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren

	Dreischnittnutzung	Zweischnittnutzung	Einschnittnutzung
Aussaat 2012	07.05.	07.05.	07.05.
1. Schnitt	10.07. Schwadlegung 13.07. Werbung	23.07. Schwadlegung 30.07. Werbung	28.09. aus dem Stand
2. Schnitt	03.09. Schwadlegung 06.09. Werbung	28.09. aus dem Stand	
3. Schnitt	nicht erntewürdig		
Aussaat 2013	17.05.	17.05.	17.05.
1. Schnitt	05.08. Schwadlegung 06.08. Werbung	05.08. Schwadlegung 06.08. Werbung	01.10. aus dem Stand
2. Schnitt	01.10. aus dem Stand	01.10. aus dem Stand	
3. Schnitt	nicht realisiert		

5.5.4 Stickstoffdüngung

Der Stickstoffsteigerungsversuch wurde nach der ungedüngten Vorfrucht Grünroggen an den Standorten Straubing und Aholting in den Jahren 2012, 2013 und 2014 angelegt. Je zwei Sorghumsorten (Sorte Aristos, *S. bicolor*, Reifegruppe 5, 25 Körner/m² und Sorte

KWS Freya, *S. bicolor* x *S. sudanense*, Reifegruppe 3, 35 Körner/m²) standen in vierfacher Wiederholung von sieben N-Steigerungsstufen (0, 25, 50, 75, 100, 150, 200 kg/ha). Die Stufen verstehen sich als die verabreichte Mineraldüngung, für die Gesamtversorgung mit Stickstoff sind die N_{min}-Werte (0 bis 60 cm) laut Tabelle 15 hinzuzurechnen. Um die Wirkungen von Nachbar- und Randeffekten komplett auszuschalten, wurde der Versuch mit fünffachen Parzellen (7,5 m breit) mit Stirnrändern von 1,5 m Breite angelegt. Zur Auswertung gelangten lediglich die Kernparzellen. Die Applikationen von Herbizid und Dünger nach Dünge­stufen erfolgten in BBCH 13. Die Eckdaten des Versuchs sind in Tabelle 15 zusammenfasst.

Tabelle 15: Kenndaten des Stickstoffsteigerungsversuchs

	Straubing	Aholting
2012		
Datum Ernte Vorfrucht	22.05.	21.05.
Datum Aussaat Sorghum	24.05.	25.05.
Datum Ernte Sorghum	10.10.	02.10.
N _{min} -Gehalt zur Aussaat Sorghum in kg/ha	54	60
2013		
Datum Ernte Vorfrucht	23.05.	23.5.
Datum Aussaat Sorghum	10.06.	10.06.
Datum Ernte Sorghum	14.10.	08.10.
N _{min} -Gehalt zur Aussaat Sorghum in kg/ha	32	39
2014		
Datum Ernte Vorfrucht	22.05.	22.05.
Datum Aussaat Sorghum	26.05.	04.06.
Datum Ernte Sorghum	18.09.	26.09.
N _{min} -Gehalt zur Aussaat Sorghum in kg/ha	51	85

Die Stickstoffversorgung der Pflanzen wurde kurz vor Ernte mit dem YARA N-Tester erfasst. Bei diesem Tester handelt es sich um ein optisches Gerät, mit dem der N-Versorgungsstatus indirekt über den Chlorophyllgehalt im Blatt gemessen wird [57]. Das Gerät gibt nach 30 Messungen/Blättern einen dimensionslosen Messwert aus. Je Parzelle ist ein solcher Messwert generiert worden.

Parallel wurde dazu eine Sichtbonitur nach dem folgenden Bewertungsschlüssel durchgeführt:

- 1 keine Symptome, Pflanze dunkelgrün,
- 3 bis ein Drittel der unteren Blätter mit Mangelsymptomen, Pflanze insgesamt deutlich heller,
- 5 bis Hälfte der Blätter mit deutlichen Mangelsymptomen, Pflanze hellgrün,

7 über die Hälfte der Blätter mit deutlichen Mangelsymptomen, Pflanze hellgrün.

Zielgrößen des Versuchs waren die Ertragsparameter (Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt), die Stickstoff- und Nitratgehalte der Pflanzen zur Ernte sowie die N_{\min} -Gehalte im Boden nach der Ernte. Ein Nachtfrost hatte am 3. Oktober 2013 zu irreversiblen Gewebeschäden in Sorghum geführt und die Ernte erst fünf (Aholting) bzw. zehn Tage (Straubing) nach dem Frostschaden und Regenfällen erfolgen können. Nach Rückfrage bei Prof. Dr. Uwe Ludewig wurde auf die Stickstoffanalysen im Jahr 2013 verzichtet, da unter diesen Bedingungen die organisch gebundene N-Fraktion zum Teil remobilisiert und Nitrat aus dem geschädigten Pflanzengewebe ausgewaschen wird (Mitteilung per E-Mail, 18. Oktober 2013).

5.6 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung des Datenmaterials wurde in der Regel das Programm SAS, Version 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), verwendet. Varianzanalysen wurden unter Verwendung der Prozeduren Mixed Models und GLM ausgeführt. Für multiple Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-Test benutzt. In allen Abbildungen und Tabellen sind signifikante Effekte ($p \leq 0,05$) mit Asterisk (*) oder mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet. Gelegentlich sind zusätzlich die p-Werte angegeben. Bei $p \leq 0,05$ spricht man von signifikanten, bei $p \leq 0,01$ von sehr signifikanten und ab $p \leq 0,001$ von hoch signifikanten Ergebnissen. Beziehungen zwischen zwei Variablen wurden mit Regressionsfunktionen beschrieben und der Zusammenhang mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson dargestellt.

Für die Versuche zur Saatbettbereitung (Abschnitt 5.5.1) und Aussaattechnik (Abschnitt 5.5.2) wäre eine Randomisierung der Prüfglieder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich gewesen. Deshalb kam hier die Langparzellenanlage mit sich wiederholenden Standards zur Anwendung. Für deren Auswertung wurde der geostatistische Ansatz nach [63] benutzt, bei dem die Standardparzellen als Blindversuch betrachtet und zur geostatistischen Analyse der Versuchsfläche herangezogen werden. Der dem Bodenausgleich dienende „gleitende Standard“ wird dabei nicht aus einem linearen Verlauf zwischen nur zwei Standardstreifen gebildet, sondern es erfolgt eine nicht lineare gewichtete Mittelwertbildung (Kriging) aus allen Standardparzellen. Die varianzanalytische Auswertung nach erfolgtem Standardausgleich wird mit dem Modell der Blockanlage vorgenommen. Die statistische Auswertung dieser Versuche wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Versuchsbeurteilung, AVB-SGVB, von Thomas Eckl durchgeführt.

6 Ergebnisse und Diskussion

6.1 Sortenscreening am Standort Straubing

6.1.1 Ertragsleistung der Genotypen

In den Jahren 2012 bis 2014 wurde am TFZ jährlich eine Auswahl von etwa 50 Sorghumgenotypen (siehe Tabelle 44 im Anhang) auf die Merkmale Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt gegen je sechs frühreifende und spätreifende Maissorten (siehe Tabelle 45 im Anhang) geprüft. Die etablierten Sorghumsorten und die Zuchtstämme deckten dabei sowohl die wirtschaftlich relevanten Arten *S. bicolor* und *S. bicolor* x *S. sudanense* als auch verschiedene Reifegruppen ab (siehe Abbildung 71 und Abbildung 72 im Anhang).

In Abbildung 8 sind die Ertragsparameter von Sorghum und Referenz-Mais in den drei Versuchsjahren dargestellt. Die jahresbedingten Unterschiede im Ertragsniveau waren sehr ausgeprägt, die erklärende Witterung wurde in Tabelle 16 zusammenfasst.

Tabelle 16: *Witterung in den Hauptwachstumsphasen von Sorghum in den Versuchsjahren*

Jahr		Mai Jugend- entwicklung	Jun/Jul Massebildung	Aug Blüte, Kornansatz	Sep Reife, Ernte
2012	Temperatur	+	o	o	o
	Niederschlag	--	o	++	-
	Sonnenschein	++	o	++	o
	Bewertung	sehr günstig	günstig	sehr günstig	günstig
2013	Temperatur	-	+	o	o
	Niederschlag	++	--	o	o
	Sonnenschein	--	++	++	o
	Bewertung	sehr ungünstig	ungünstig	günstig	günstig
2014	Temperatur	o	o	-	+
	Niederschlag	++	--	+	o
	Sonnenschein	--	o	-	o
	Bewertung	ungünstig	sehr ungünstig	sehr ungünstig	günstig

o vergleichbar mit mehrjährigem Mittel

+ über mehrjährigem Mittel

- unter mehrjährigem Mittel

++ deutlich über mehrjährigem Mittel

-- deutlich unter mehrjährigem Mittel

Das Jahr 2012 zeichnete sich über durchgängig günstige bis sehr günstige Witterungsbedingungen für Sorghum aus. Die Vegetationssaison verlief nahezu perfekt für diese Kultur, dies spiegelt sich in den überragenden Trockenmasseerträgen (TM-Ertrag) und den erreichten Trockensubstanzgehalten (TS-Gehalt) wider. Im Ertragsniveau unter-

schieden sich die mittelspäten Sorghumsorten nicht vom Mais. Während beide Maissortimente ihre Ertragsbildung Anfang August im Wesentlichen abgeschlossen hatten, konnte Sorghum von dem milden, sonnenscheinreichen Spätsommer profitieren und bis weit in den September hinein Masse produzieren. Dabei übertrafen in 2012 sogar die meisten der mittelspäten Sorten die Zielmarke von 28 % TS-Gehalt. Die frühen und mittelfrühen Sorten hatten zur Ernte große volle Rispen gebildet und waren teilweise bis zur physiologischen Reife (BBCH 89) gelangt. Auch die kurzstrohigen Körnersorten warteten aufgrund der ausgezeichneten Einkörnigkeit mit überdurchschnittlich hohen Erträgen auf.

Insgesamt war das Jahr 2013 für Sorghum außerordentlich schwierig. Die niedrigen Temperaturen in der dritten Maidekade, verbunden mit den starken Niederschlägen bis Anfang Juni, hatten bereits für einen schlechten Start gesorgt. Die Saat konnte daher erst verspätet am 7. Juni erfolgen. Die danach folgende extreme Trockenheit konnten Sorghum und auch der Mais aufgrund der sehr guten Wasserspeicherfähigkeit des Straubinger Gäubodens recht gut überstehen. Allerdings standen Sorghum durch die verspätete Aussaat und den früh mit Frösten hereingebrochenen Herbst lediglich 118 Vegetationstage mit einer Wärmesumme von nur 800 °C zur Verfügung. Nach dem TFZ-Reifegruppenmodell brauchen die mittelspäten, hoch ertragreichen Sorten jedoch mindestens 1000 °C (Tagesmittelwerte abzüglich 10 °C Basistemperatur, aufsummiert von Aussaat bis Ernte), um die angestrebten TS-Gehalte von 28 % zu erreichen.

Die gewünschten 28 % TS-Gehalt übertrafen in 2013 nur die Sorten der Art *S. bicolor* x *S. sudanense* aus den Reifegruppen früh (RG 1) und mittelfrüh (RG 3), von denen jedoch nur vier noch mit Erträgen oberhalb 150 dt/ha Trockenmasse aufwarten konnten. Das Entwicklungsstadium späterer Sorten war zur Ernte nicht zweifelsfrei festzustellen, da sie mit ihrer sehr spät einsetzenden Blüte keine fertilen Pollen mehr hervorbringen konnten, sodass ihre Rispen taub blieben. Im Ertragsniveau unterschieden sich die mittelspäten Sorghumsorten der RG 5 nicht wesentlich von den Maissortimenten, abge schlagen war nur Sorte Goliath durch schweres Lager (Boniturnote 7). Allerdings lagen die mittelspäten Sorten mit ihren durchschnittlichen TS-Gehalten von nur 24 % um mindestens zehn Prozentpunkte niedriger als die Maissorten. Dadurch wären mit einem Hektar Sorghum im Vergleich zu Mais bei Ernte, Transport, Einbringen ins Silo sowie bei der Gärrestausrückführung wenigstens 230 Dezitonnen mehr Wasser pro Hektar zu bewegen gewesen.

Das Jahr 2014 war kein ausgesprochenes Sorghumjahr: Nasskalte Perioden wechselten sich mit heißen Phasen ab, in denen allerdings das Wasser für die Entwicklung massiger Bestände fehlte. Im Mai lagen die Temperaturen unter und die Niederschläge weit über dem mehrjährigen Durchschnitt, der Auflauf konnte somit zügig und verhältnismäßig gleichmäßig erfolgen. Das Anfang Juni einsetzende Streckungswachstum kam zunächst gut in Schwung, wurde dann aber durch die langanhaltende Trockenheit bis in die erste Juliwoche hinein ausgebremst. Insgesamt blieben die Bestände auffallend lange vergleichsweise niedrig. Einem ausgesprochen kühlen und nassen August folgte ein langer milder Herbst. Die Ernte wurde Ende September in einer trockenen Periode anberaumt, um dem Risiko schweren Lagers durch massive Herbstniederschläge zu entgehen.

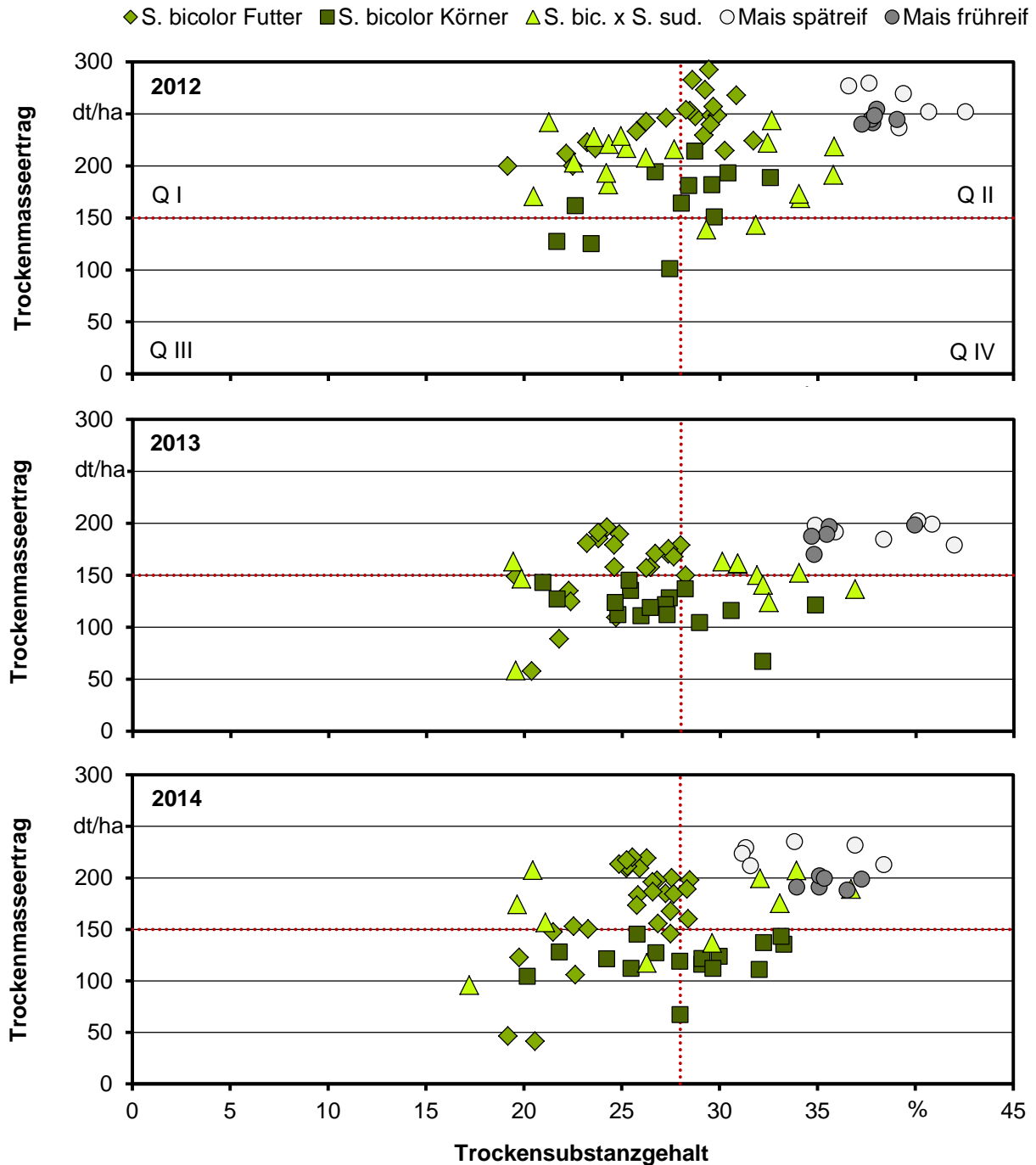


Abbildung 8: Ertragsparameter der Sorghum- und Referenz-Mais-Sortimente in den Jahren 2012 bis 2014 am Standort Straubing

Die Einteilung der Grafiken (Abbildung 8) in Quadranten soll die Einschätzung der Ertragsleistung von Sorghum erleichtern. Dabei sind Genotypen in Quadrant Q I diejenigen, die das Ertragsziel von mehr als 150 dt TM/ha erreichten, nicht aber das TS-Ziel von mehr als 28 %. Q II repräsentiert den eigentlichen Zielquadranten (TM-Ertrag > 150 dt/ha und TS-Gehalt > 28 %). Genotypen in Q III waren zur Ernte ertragschwach und zu feucht und die Genotypen in Q IV zwar ausreichend abgereift und damit trocken genug, aber ertraglich nicht zufriedenstellend.

Mit Blick auf Abbildung 8 ist ersichtlich, dass das Jahr 2012 in Straubing sehr günstig für den Sorghumanbau war. Der überwiegende Anteil der Sorghumsorten und -stämme erreichte TM-Erträge von mehr als 150 dt/ha, darunter alle Futtersorten von *S. bicolor*. Auch die Abreife verlief in 2012 günstig, mehr als die Hälfte des Sorghumsortiments wies den angestrebten TS-Gehalt von mindestens 28 % zur Ernte auf. Im Jahr 2013 lag das Ertragsniveau insgesamt deutlich niedriger, nur einige Futtersorten konnten wie der Mais Erträge um 200 dt TM/ha erzielen, allerdings bei deutlich geringeren TS-Gehalten. Im Zielquadranten Q II wurden nur sechs Sorghumsorten verzeichnet, davon zwei *S. bicolor*-Futtersorten und vier *S. bicolor* x *S. sudanense*. Der Großteil des Sortimentes konnte nicht mit 28 % TS-Gehalt geerntet werden. Die meisten Prüfglieder aus dem Futtersortiment von *S. bicolor* und einige aus dem Sortiment *S. bicolor* x *S. sudanense* lagen im Jahr 2014 ertraglich mit dem Mais gleichauf, das Gros von ihnen fiel jedoch im Trockensubstanzgehalt weit zurück. Insgesamt erreichten aus den Sorghumsortimenten 19 Sorten und Stämme das angestrebte Ziel von 28 % TS-Gehalt und 37 einen TM-Ertrag von mindestens 150 dt/ha. In den Zielquadranten Q II schafften es jedoch nur zwölf Sorten und keiner der Stämme. Durch sehr geringe TM-Erträge fielen einige Stämme aus den Futtersortimenten von *S. bicolor* und *S. bicolor* x *S. sudanense* mit den Eigenschaften bmr (*brown midrip* = braune Blattmittelrippe, phänotypisches Merkmal für genetisch verankerten geringeren Ligningehalt) und/oder hohen Zuckergehalten auf, was auf sehr frühes und massives Lager zurückzuführen war. Ertragsschwach im Körnersortiment waren sehr frühreife und damit ausreichend trockene, ausgesprochen kurze und wenig blattreiche Sorten, die explizit auf gute Druscheignung gezüchtet worden waren. Wenn auch viele der *S. bicolor*-Futtersorten ertraglich an das Niveau der Maissortimente herankamen, erreichten nur zwei von ihnen auch TS-Gehalte oberhalb von 28 %.

Die Bonitur- und Ertragsdaten der geprüften Genotypen sind als Relativwerte zum Sortenmittel in Tabelle 47 bis Tabelle 49 im Anhang einzusehen. Die Einzeldaten werden nur für die Sorten ausführlich dargestellt, die Daten der Zuchtstämme flossen aus Gründen der mit den Züchtern vereinbarten Diskretion nur in die Gesamtbetrachtungen ein.

Aus den langjährigen Erfahrungen des TFZ im Sorghumanbau lassen sich hinsichtlich der Lagerneigung Trends in Abhängigkeit von der Art- und Reifegruppenzugehörigkeit erkennen. Die Lagerneigung ist überwiegend genetisch bestimmt und es konnten züchterisch bereits bemerkenswerte Fortschritte erzielt werden. Die frühen und mittelfrühen Sorten von *S. bicolor* x *S. sudanense* werden aufgrund prall gefüllter Rispen auf vergleichsweise dünnen Halmen mit Eintritt in die Samenreife kopflastig und beginnen sich zu neigen. Schweres Lager kommt dabei selten vor, sodass die Erntearbeiten in der Regel nicht beeinträchtigt werden. In den späteren Reifegruppen ist die Einkörnigkeit stark eingeschränkt, was sich günstig auf die Standfestigkeit auswirkt. Besonders anfällig für Lager sind in der Regel die massewüchsigen mittelspäten Sorten von *S. bicolor*. Vor allem unter sehr niederschlagsreichen Bedingungen führen fortgesetzte Schübe vegetativen Wachstums zum Umknicken des weichen Gewebes unter Windlast oder zum Umsinken der über vier Meter hohen Pflanzen im aufgeweichten Boden.

Bei schwerem Lager ist die Beerntung in Lagerrichtung empfehlenswert, da die Pflanzen dann bei der Trennung von der Stoppel in den Häcksler eingezogen werden. Bei Häck-

seln gegen die Lagerrichtung hingegen türmen sich die Stängel auf, werden nicht eingezogen und können so nicht erfasst werden. Dies bewirkt massive Ernteverluste und Probleme durch Restpflanzen bei der nachfolgenden Stoppelbearbeitung.

Wie für andere Kulturenarten gilt auch für Sorghum, dass Sorten umso ertragreicher sind, je später sie abreifen. So steigt das Ertragsniveau von der Reifegruppe früh über mittelfrüh bis zu mittelspät an. Auffällig ist, dass sich die früheren Reifegruppen bislang ausschließlich aus Sorten der Art *S. bicolor* x *S. sudanense* zusammensetzen. Im mehrjährigen Mittel konnte für die Referenzsorten der Reifegruppen Lussi (RG 1), KWS Freya (RG 3), KWS Tarzan (RG 4) und Herkules (RG 5) eine hoch signifikante Korrelation ($R^2 = 0,88$) zwischen den Merkmalen TS-Gehalt und TM-Ertrag nachgewiesen werden.

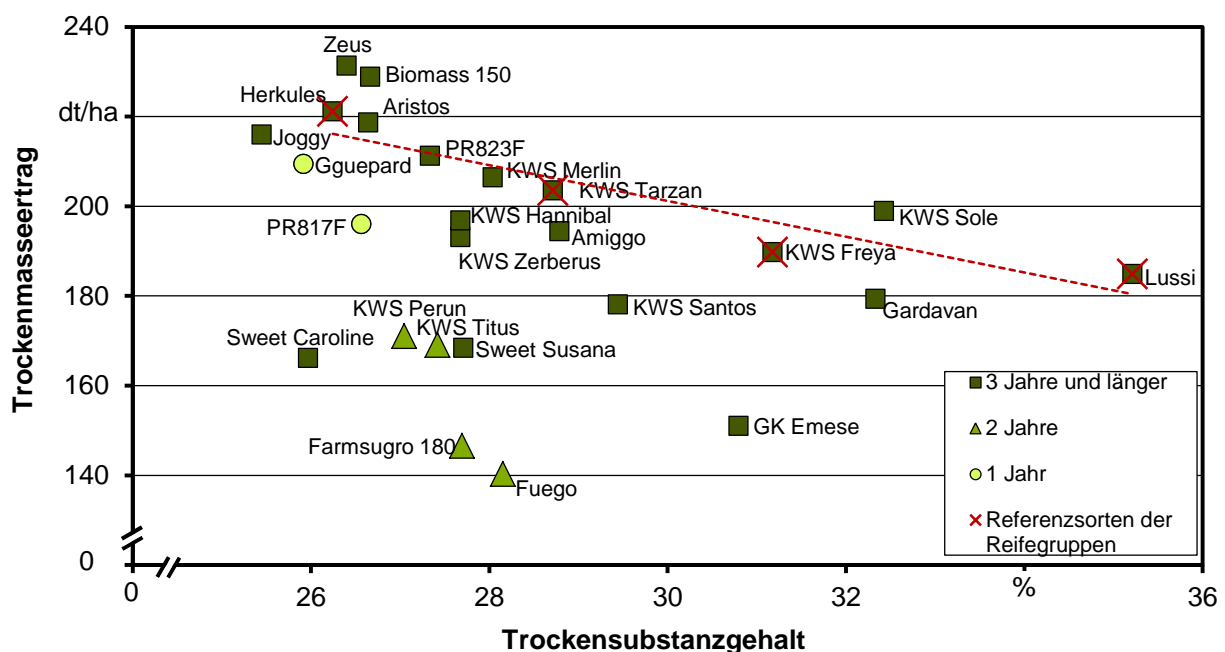


Abbildung 9: Mehrjährige Ergebnisse des Sorghum-Sortenscreenings am Standort Straubing

In Abbildung 9 wird diese Korrelation zusammen mit den mehrjährigen Ergebnissen der anderen Sorten dargestellt. Nur die mindestens dreijährig geprüften Sorten lassen sich mithilfe dieser Trendlinie zuverlässig auf Abweichung nach oben oder unten einschätzen. Die Sorten Zeus und Biomass 150 (ab 2015 nicht mehr verfügbar) übertreffen die Referenz der RG 5 leicht, Joggy liegt in etwa gleichauf. KWS Santos ist die derzeit früheste Sorte im Futtersortiment von *S. bicolor* und vergleichsweise standfest, allerdings ist sie ertraglich nicht sehr stark. Die Sorten Aristos, PR823F und KWS Merlin liegen genau auf der Trendlinie, die Sorten Amiggo, KWS Hannibal, KWS Zerberus und Gardavan leicht darunter. Die Körnersorten Sweet Caroline, Sweet Susanna und GK Emese fallen zwar deutlich im Ertragsniveau ab, stellen aber eine wirklich standfeste Alternative dar. Dabei ist festzuhalten, dass die Kurzstrohigkeit der Körnersorten keinesfalls mit früher Abreife gleichzusetzen ist, sondern diese in unterschiedliche Reifegruppen einzuordnen sind.

6.1.2 Reifegruppenzuordnung der Sorten

Die in Tabelle 17 dargestellte Einteilung der Reifegruppen (RG) basiert auf dem Vergleich der TS-Gehalte der Prüfsorten gegen die TS-Gehalte von Referenzsorten der Reifegruppen mittels Dunnett-Test. Die Methodik dieser Reifegruppenzuordnung nach ZEISE ist in [59] und [61] dargestellt. Danach sind Referenzen die Sorte Lussi für RG 1 (früh), KWS Freya für RG 3 (mittelfrüh), Herkules für RG 5 (mittelspät) und Jumbo für RG 7 (spät). Grundsätzlich können für bayerische Anbaubedingungen nur Sorten bis RG 5 empfohlen werden. Wenn der TS-Gehalt einer Prüfsorte nicht signifikant verschieden von dem einer Referenzsorte ist, gehört die Sorte zur gleichen Reifegruppe wie diese. Sorten, die in ihren TS-Gehalten zwischen zwei Referenzsorten liegen, von diesen beiden Referenzsorten aber signifikant verschieden sind, werden den geraden Nummern dazwischen (also RG 2, RG 4 usw.) zugeordnet. Mittlerweile wurde RG 4 mit der Referenzsorte KWS Tarzan fest in der Methodik etabliert. Wird diese in den Dunnett-Test einbezogen, lassen sich Prüfsorten kenntlich machen, die sich nicht signifikant von RG 4 und RG 5 unterscheiden. Diese Sorten können als die „früheren unter den mittelspäten Sorten“ angesprochen werden (in Tabelle 17 mit „4–5“ gekennzeichnet).

Die Einteilung der am Markt verfügbaren Sorghumsorten in die Reifegruppen ermöglicht eine gezieltere Sortenwahl je nach Stellung in der Fruchtfolge und Standortbedingungen. Die Wahl sollte auf frühe bis mittelfrühe Sorten fallen, wenn die zur Verfügung stehende Vegetationszeit für Sorghum eingeschränkt ist. Dies kann durch späte Aussaat, kalte Lagen mit Spätfrösten und langsamer Bodenerwärmung, voranstehende Kulturen wie Ganzpflanzengetreide und Ackerfutter oder auch nachfolgende Winterungen bedingt sein. Mit entsprechend frühen Sorten wird die Erreichung der Siloreife mit möglichst 28 % TS oder mehr sichergestellt. Auf warmen, für Sorghum günstigen Lagen können die leistungsstärkeren mittelspäten Sorten in Betracht kommen.

Tabelle 17: Sorten und Reifegruppen im Sortenscreening 2014, Referenzsorten fett

Sorte	Typ	TS-Gehalt in %	Reifegruppe mit RG 1, 3, 5, 7 als Referenz	Reifegruppe mit RG 1, 3, 4, 5, 7 als Referenz
Amiggo	S. b. Futter	28,5	4	4
Aristos	S. b. Futter	26,3	5	4–5
Biomass 150	S. b. Futter	25,2	5	5
GK Aron	S. b. Futter	22,6	7	7
Herkules	S. b. Futter	25,3	5	5
Joggy	S. b. Futter	24,9	5	5
KWS Hannibal	S. b. Futter	27,2	5	4–5
KWS Merlin	S. b. Futter	27,6	5	4–5
KWS Perun	S. b. Futter	27,7	4	4
KWS Santos	S. b. Futter	28,4	4	4
KWS Tarzan	S. b. Futter	28,3	4	4
KWS Titus	S. b. Futter	27,5	5	4–5
KWS Zerberus	S. b. Futter	25,8	5	5
PR823F	S. b. Futter	26,6	5	4–5
RGT Gguepard	S. b. Futter	25,9	5	5
Zeus	S. b. Futter	25,3	5	5
Balto	S. b. Körner	32,3	3	3
Capello	S. b. Körner	33,3	3	3
Express	S. b. Körner	30,0	3	3
Farmsugro 180	S. b. Körner	28,0	4	4
Fuego	S. b. Körner	29,1	4	4
GK Emese	S. b. Körner	33,2	3	3
PRO4236White S	S. b. Körner	29,7	4	4
PRO4336Red S	S. b. Körner	26,8	5	4–5
Sweet Caroline	S. b. Körner	25,8	5	5
Sweet Susana	S. b. Körner	28,0	4	4
Gardavan	S. b. x S. s.	33,1	3	3
GK Csaba	S. b. x S. s.	26,3	5	4–5
Jumbo	S. b. x S. s.	20,5	7	7
KWS Freya	S. b. x S. s.	32,1	3	3
KWS Sole	S. b. x S. s.	33,9	3	3
Lussi	S. b. x S. s.	36,7	1	1
Nectar	S. b. x S. s.	19,7	7	7
Nutritop Plus	S. b. x S. s.	17,2	8	8
Octane bmr	S. b. x S. s.	21,1	7	7

6.1.3 Ergebnisse der Schnittzeitversuche

6.1.3.1 Bestimmung der Siloreife

Der Schnittzeitversuch ist angelegt worden, um das am TFZ entwickelte Modell der Reifeproggnose zu validieren. Schließlich geht es darum, dem Landwirt eine einfache Methode zur Bestimmung der Siloreife seiner Sorghumbestände an die Hand zu geben.

Das bereits in [61] beschriebene Modell lehnt sich an die Wärmesummenmethode an, die von der französischen Association générale des producteurs de maïs (AGPM) für Mais entwickelt worden ist. Während Mais jedoch bereits bei 6 °C zu wachsen beginnt, liegt die Minimumtemperatur bei Sorghum nach den Untersuchungen amerikanischer Wissenschaftler bei 10 °C [24]. Im Prognosemodell für Sorghum wird die mittlere Tagestemperatur als Durchschnitt zwischen Tagesmaximum und -minimum berechnet und anschließend von dieser Durchschnittstemperatur 10 °C abgezogen (6.1).

$$\text{mittlere Tagestemperatur} = \frac{(T_{\min} + T_{\max})}{2} - 10 \quad (6.1)$$

Entsteht dabei ein negativer Wert, wird dieser gleich null gesetzt. T_{\max} geht nach [24] mit einer Höchsttemperatur für Sorghum von 37,8 °C (100 °F) in die Gleichung ein, d. h., Temperaturen darüber werden auf diesen Wert zurückgesetzt. Die so ermittelten einzelnen Tageswerte werden ab der Saat aufsummiert und ergeben die aktuelle Wärmesumme. Für die Siloreife von Sorghum (TS-Gehalt mindestens 28 %) sind am Standort Straubing die in Tabelle 18 aufgeführten Wärmesummen zugrunde zu legen ([61], ergänzt).

Tabelle 18: Übersicht zu den Reifegruppen von Sorghum und deren benötigten Wärmesummen am Standort Straubing

Reifegruppe	Referenzsorte	Wärmesumme
früh (RG 1)	Lussi	bis 800
mittelfrüh (RG 3)	KWS Freya	800 bis 900
mittelfrüh/mittelspät (RG 4)	KWS Tarzan	900 bis 1.000
mittelspät (RG 5)	Herkules	1.000 bis 1.100
spät (RG 7)	Jumbo	ab 1.200

Größere Abweichungen von diesen Prognosewerten können im Fall von Mangel oder Überschuss an Wasser auftreten.

In Abbildung 10 sind die für die Jahre 2012 und 2013 wöchentlich ermittelten TS-Gehalte der Referenzsorten Lussi (früh), KWS Freya (mittelfrüh), KWS Tarzan (mittel-

früh/mittelspät) und Herkules (mittelspät) ihrem Wärmesummenbedarf gegenübergestellt. Es zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung zu den im Vorfeld beschriebenen Prognosewerten für die einzelnen Reifegruppen über die Jahre hinweg.

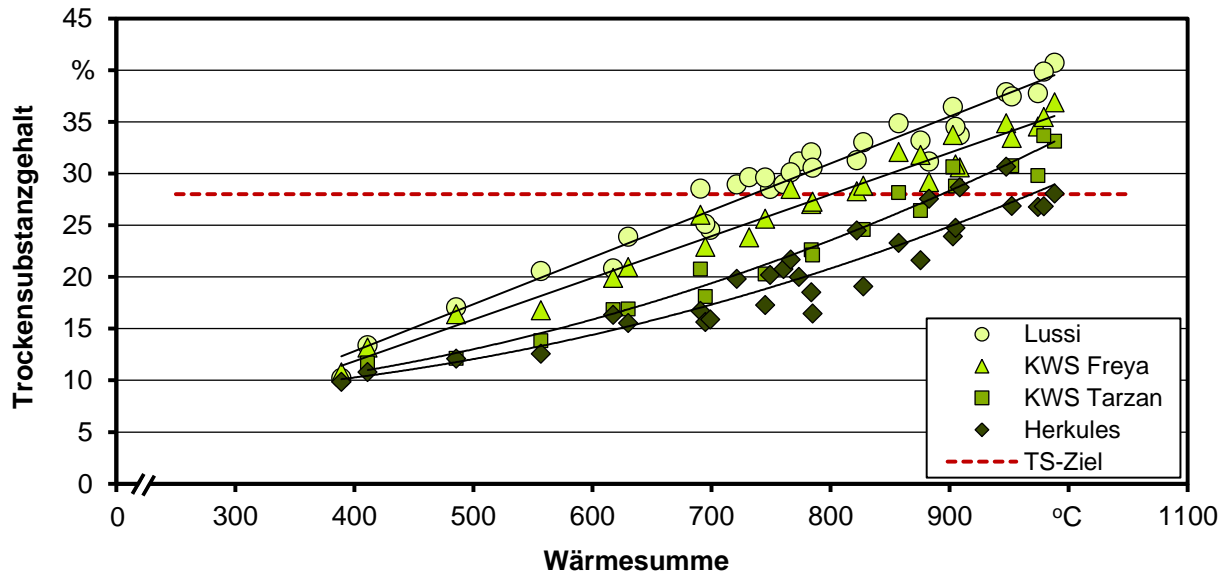


Abbildung 10: Trockensubstanzgehalte der Referenzsorten in Abhängigkeit von der Wärmesumme in den Jahren 2012 und 2013

Ohne die Wärmesumme ermitteln zu müssen, kann der Trockensubstanzgehalt auch über das erreichte Entwicklungsstadium geschätzt werden. Die Bestimmung des BBCH-Stadiums erfolgt am besten unter Zuhilfenahme des gängigen Schlüssels für Getreide, der in einigen wenigen Stadien für Sorghum angepasst worden ist [37] [56] [61]. Bei den *S. bicolor*-Sorten gelingt die Bestimmung mühelos. Die Sorten von *S. bicolor* x *S. sudanense* zeichnen sich durch eine fortlaufende Ausbildung immer neuer Bestockungstriebe aus, sodass stets Rispen mit unterschiedlichen Entwicklungs- und Reifegraden anstehen. Hier sollten für die BBCH-Ansprache unbedingt Haupttriebe ausgewählt werden. Schwierig ist es dann nur noch bei Sorten, die erst zum Ende des Sommers die Blüte erreichen. Aufgrund der kühler werdenden Temperaturen ist deren Pollenbildung häufig so stark eingeschränkt, dass nur die weiblichen gefiederten Narben zu sehen sind. Unter solchen Bedingungen unterbleibt die Fruchtbildung bzw. ist auf einige wenige Körner an der Spitze der Rispen beschränkt, die BBCH-Stadien nach Blüte sind demnach nicht erreichbar.

Gemäß den Untersuchungen am TFZ ist unabhängig von der Reifegruppe der TS-Gehalt von mindestens 28 % erreicht, wenn das Stadium der Fruchtentwicklung erreicht ist, ab BBCH 73 bis 75. Natürlich setzt diese Phase umso eher ein, je frühreifer die Sorte ist. Die lineare Trendlinie über alle Referenzsorten in den Jahren 2009 bis 2013 zeigt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen TS-Gehalt und Reifestadium (Abbildung 11).

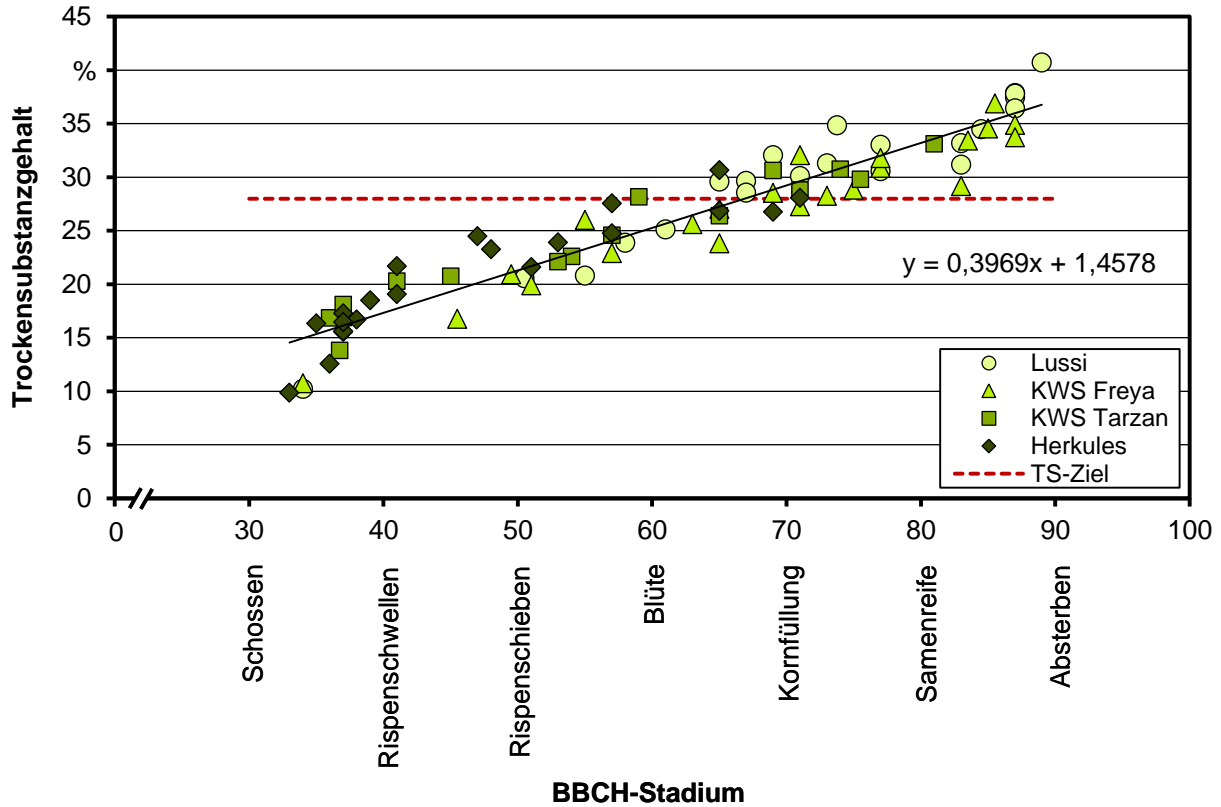


Abbildung 11: Trockensubstanzgehalte der Referenzsorten in Abhängigkeit vom erreichten BBCH-Stadium in den Jahren 2009 bis 2013

Abbildung 12 validiert die in Abbildung 11 gezeigte Trendlinie aus den Jahren 2009 bis 2013 durch Daten aus dem Jahr 2014. Letztere Daten wurden nicht durch strikte wöchentliche Beprobung, sondern durch gezielte Entnahme von Pflanzen mit dem entsprechenden BBCH erzeugt (siehe Tabelle 20). Die Siloreife von Sorghum kann somit vergleichsweise einfach und sicher anhand des BBCH-Stadiums festgestellt werden, ab Erreichen von BBCH 73 bis 75 sollte ein TS-Gehalt von 28 % bestehen. Dieser eindeutige Zusammenhang wird durch ein hohes Bestimmtheitsmaß der linearen Regression von 0,91 bestätigt.

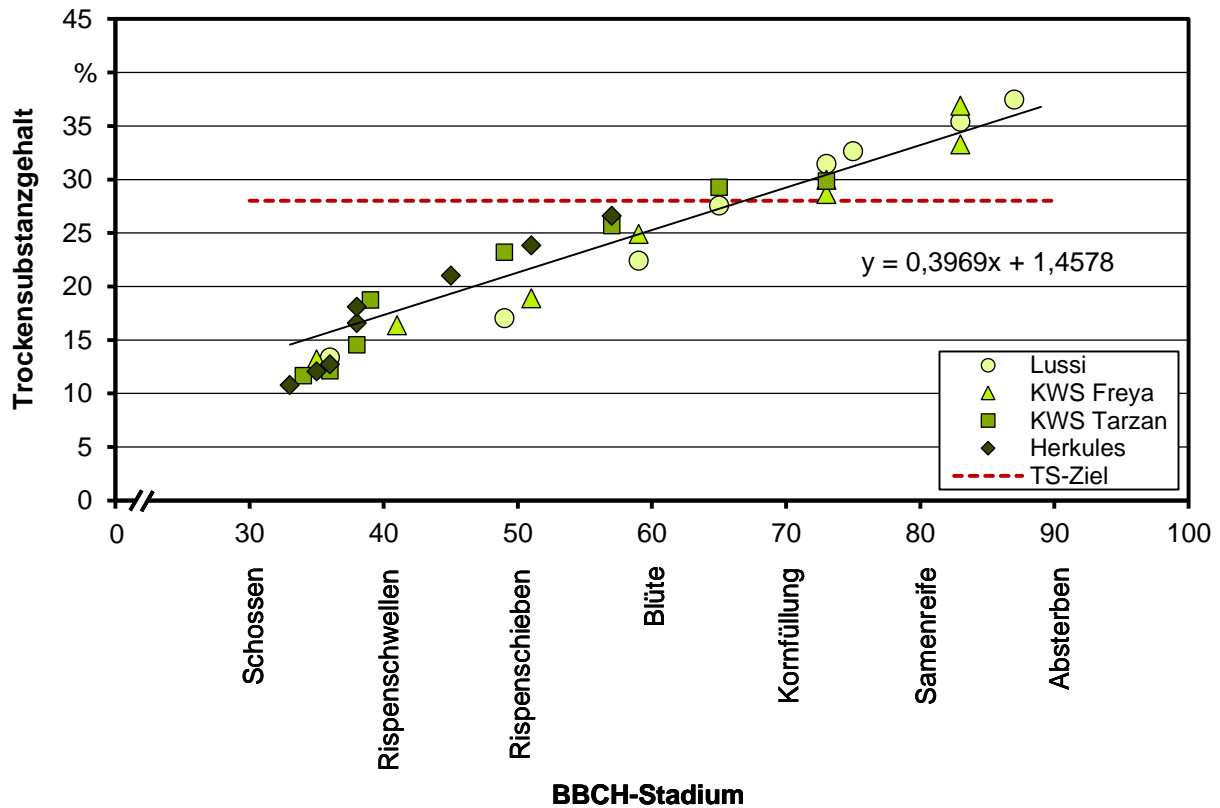


Abbildung 12: Trockensubstanzgehalte der Referenzsorten in Abhängigkeit vom erreichten BBCH-Stadium im Jahr 2014

In Abbildung 13 ist die Wärmesumme dem BBCH-Stadium der einzelnen Sorten gegenübergestellt. Die mittelspäten Sorten KWS Tarzan und Herkules benötigen eine wesentlich höhere Wärmesumme als die früheren Sorten Lussi und KWS Freya, sodass eine ausreichende Abreife nur unter günstigen Klimabedingungen und bei ausreichender Standdauer möglich ist. Bei einer geringeren Standzeit erreichen die später reifenden Sorten das Stadium der Fruchtentwicklung nicht mehr, die Folge sind unzureichende TS-Gehalte des Ernteguts.

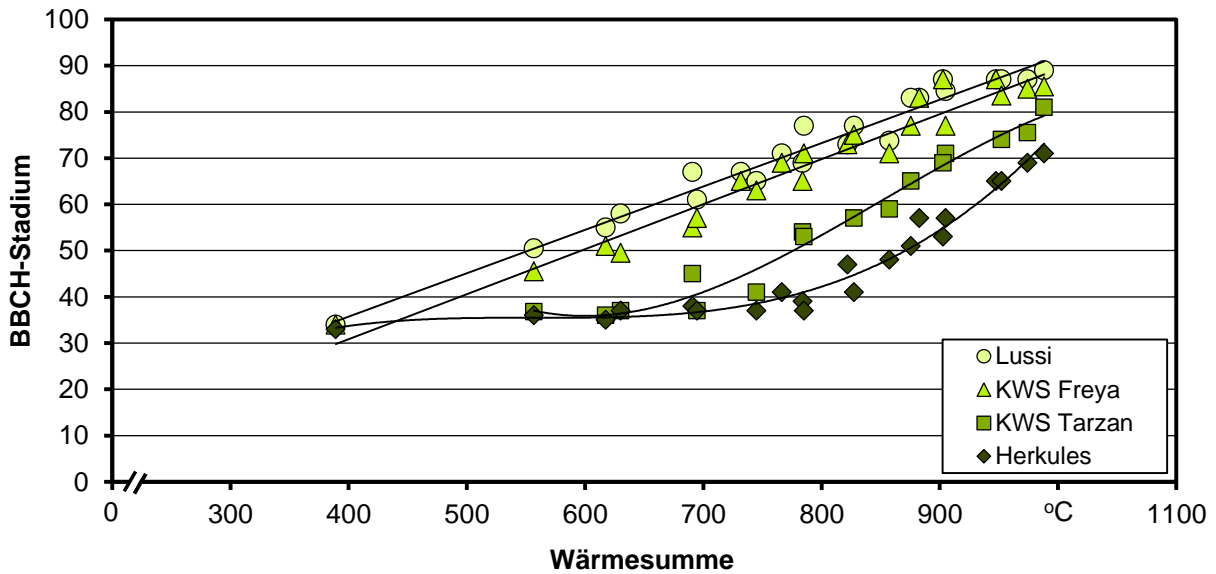


Abbildung 13: Erreichtes BBCH-Stadium der Referenzsorten in Abhängigkeit von der Wärmesumme in den Jahren 2009 bis 2013

6.1.3.2 Veränderung der inhaltsstofflichen Zusammensetzung

Die inhaltsstoffliche Zusammensetzung der Sorghumpflanzen ändert sich mit der Pflanzenentwicklung. Im Schnittzeitversuch wurde deshalb in allen drei Versuchsjahren der Gehalt wertgebender Inhaltsstoffe im Vegetationsverlauf betrachtet.

Im Jahr 2012 ergab der Gehalt der Referenzsorten für die Reifegruppen an wertgebenden Inhaltsstoffen über der Zeitachse aufgetragen auf den ersten Blick unklare Kurvenverläufe. Zumindest schien die Verdaulichkeit, ausgedrückt als Gehalt enzymlösbarer organischer Substanz (ELOS), keinem Trend in Abhängigkeit von der Zeit zu folgen. Plausibel waren allein die steigenden Stärkegehalte in den beiden früh (Lussi) bzw. mittelfrüh (KWS Freya) reifenden Sorten und dem zumindest bei KWS Freya deutlich sichtbaren positiven Einfluss auf die Verdaulichkeit (Abbildung 14).

Die Ergebnisse bestätigten sich im Wesentlichen auch 2013 (Abbildung 15). Hinsichtlich des ELOS-Gehalts zeigten sich die später reifenden Sorten Herkules und Amiggo über einen längeren Zeitraum den früher abreifenden KWS Freya und Lussi überlegen. Mit Beginn ihrer Stärkeeinlagerung holten Lussi und KWS Freya jedoch auf. Bei Herkules und Amiggo war die Kornfüllungsphase am 07.10.2013 noch nicht erreicht, entsprechend lag ihr Stärkegehalt bis zum Versuchsende unter der Nachweisgrenze von 0,5 % in der Trockenmasse. Auch 2013 konnte keine eindeutige Entwicklung der Verdaulichkeit im Lauf der Zeit beobachtet werden.

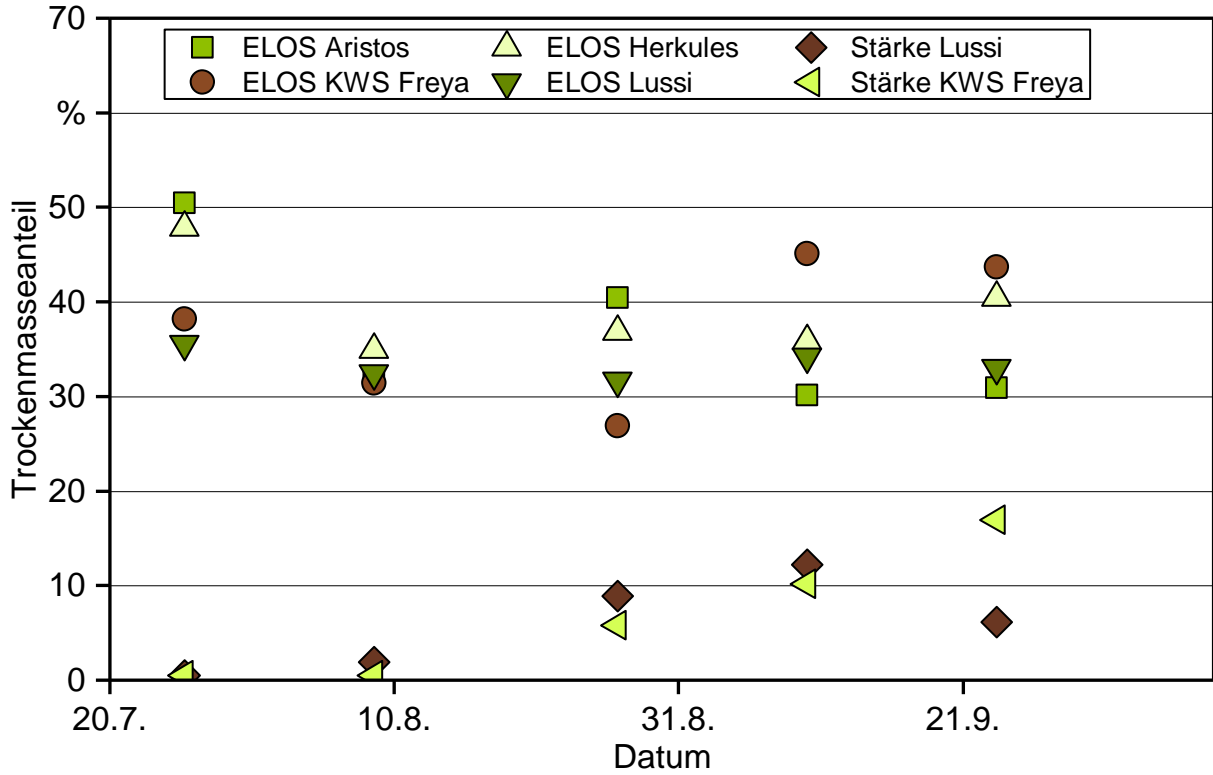


Abbildung 14: Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe im Probenahmezeitraum 2012

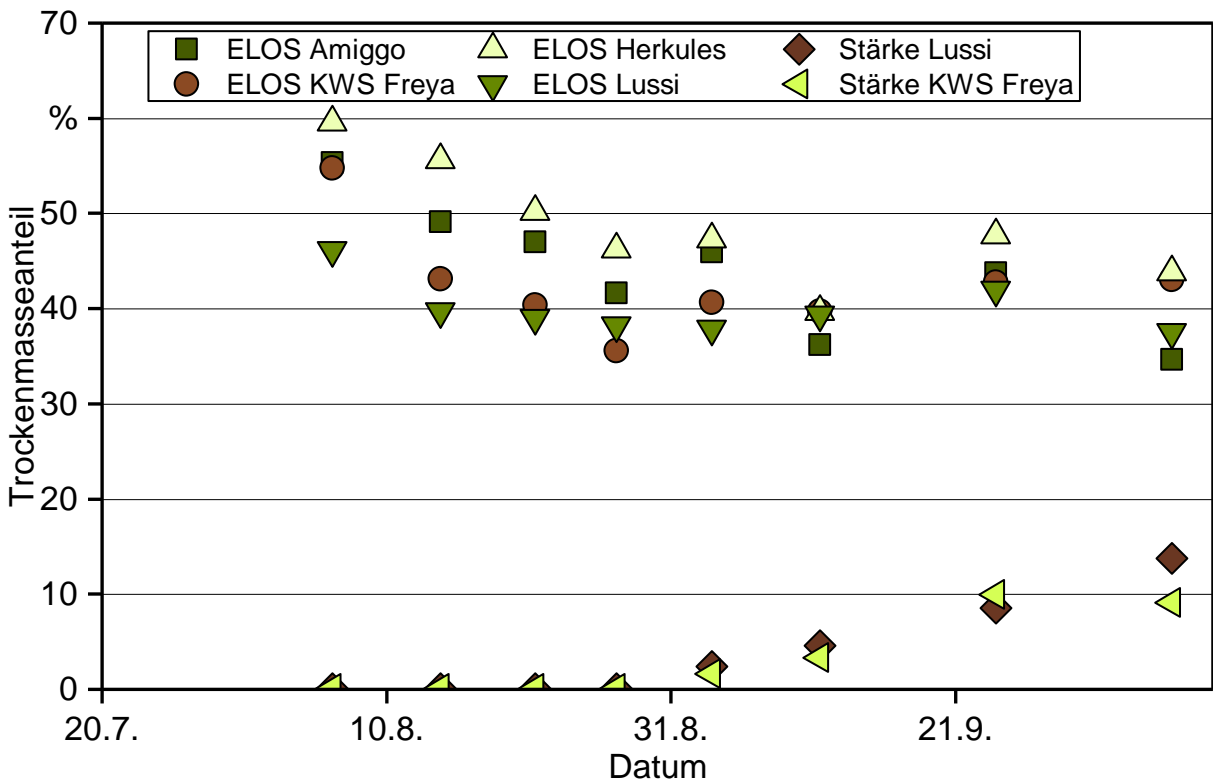


Abbildung 15: Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe im Probenahmezeitraum 2013

Dass es sich nicht um Fehler bei der Entnahme, Kennzeichnung, Aufbereitung und Analyse der Proben handelte, macht Abbildung 16 deutlich, die für die Analysen 2012 einen engen Zusammenhang zwischen den ELOS- und den zugehörigen Rohfasergehalten darstellt. Beide Analyseverfahren sind vollkommen unabhängig voneinander. Der geringe Zusammenhang bei der Sorte Lussi ist auf die starke Bestockung und Seitentriebneubildung zurückzuführen, die die zunehmende Verholzung kompensierte und so zu geringen Veränderungen der Verdaulichkeit und der Rohfasergehalte führte.

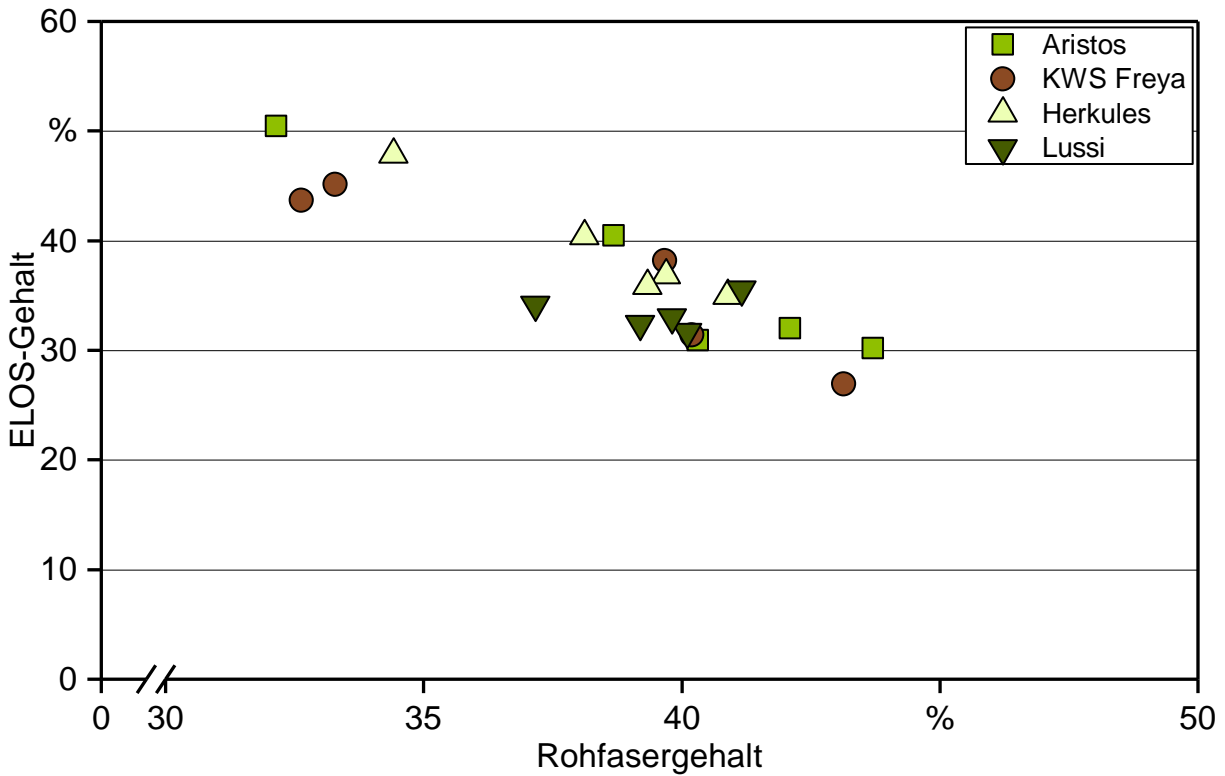


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen den Gehalten an ELOS und Rohfaser in 2012

Aus diesem Grund wurde noch eine andere Herangehensweise versucht. Tabelle 19 veranschaulicht, dass die Referenzsorten zu den Terminen der Probenahme entsprechend ihrer Reifegruppenzugehörigkeit ganz verschiedene Entwicklungsstadien erreicht hatten. Demzufolge erschien es sinnvoll, die ELOS-Gehalte für die Jahre 2012 und 2013 über den BBCH-Stadien aufzutragen (Abbildung 17 und Abbildung 18).

Tabelle 19: BBCH-Stadien der Referenzsorten zu den Probenahmeterminen 2012

Termin	Datum	Lussi	KWS Freya	Aristos	Herkules
T0	02.07.	36	34	32	32
T1	26.07.	50	46	36	36
T2	09.08.	67	55	38	38
T3	27.08.	74	71	48	48
T4	10.09.	87	84	67	65
T5	24.09.	89	86	71	71

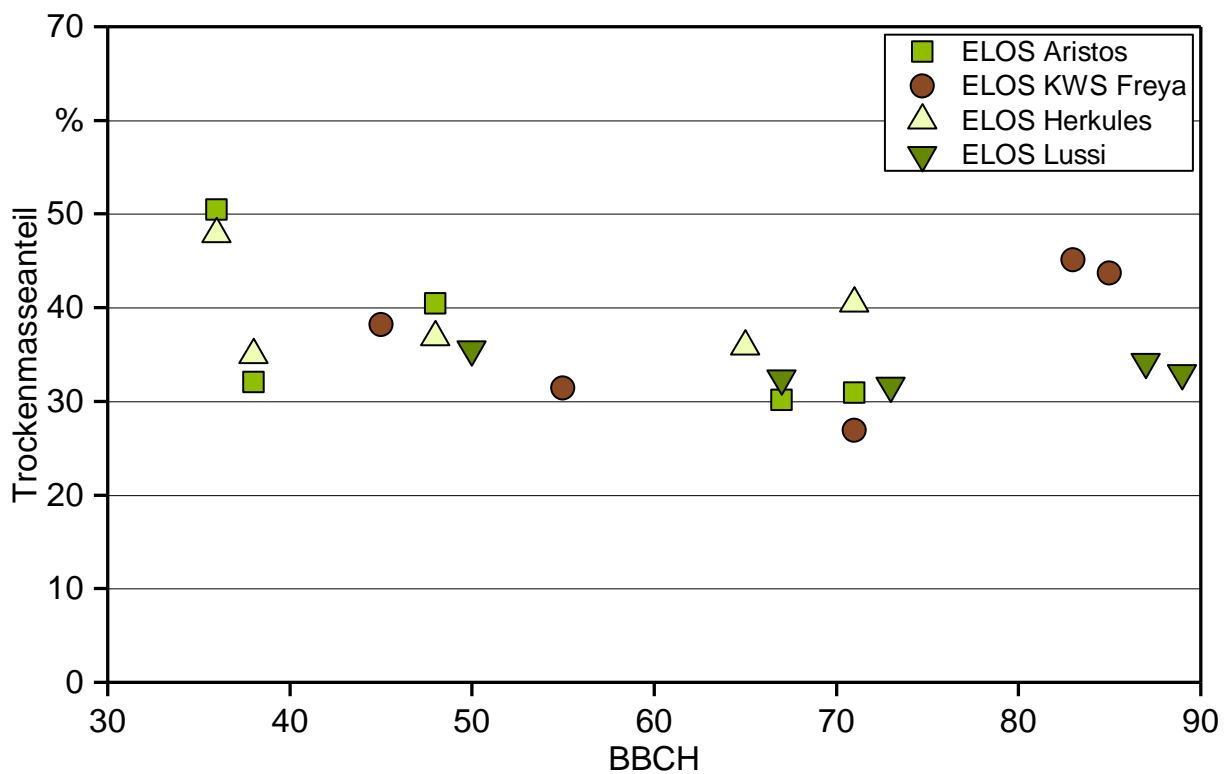


Abbildung 17: Entwicklung der ELOS-Gehalte in Abhängigkeit vom BBCH-Stadium im Probenahmezeitraum 2012

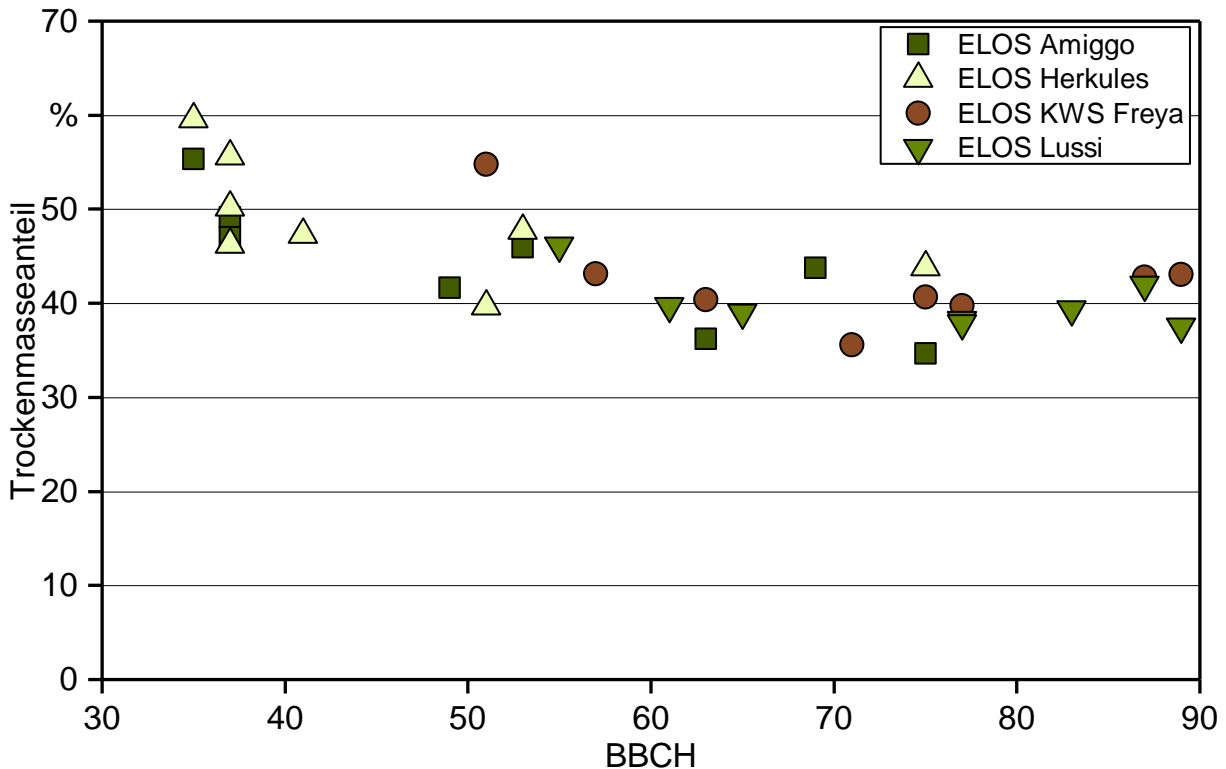


Abbildung 18: Entwicklung der ELOS-Gehalte in Abhängigkeit vom BBCH-Stadium im Probenahmezeitraum 2013

Dabei ergab sich, vor allem für die Sorte KWS Freya, ein klarer Zusammenhang, der sich perfekt interpretieren lässt (Abbildung 17 und Abbildung 18). Danach sinkt die Verdaulichkeit im Verlauf der späteren Jugendentwicklung zunächst ab. Zurückzuführen ist das auf die Ausbildung ausreichender Stützstrukturen (Lignocellulose) zur Absicherung der Standfestigkeit der sehr hohen Pflanzen. Mit Beginn der Fruchtentwicklung ab BBCH 70 steigt die Verdaulichkeit wieder an. Mit Ende der Kornfüllung spielt die Umwandlung des Korninhalts zu Stärke eine große Rolle, die umso mehr zum Tragen kommt, je günstiger das Korn-Stroh-Verhältnis der Sorte ausfällt. Zum Zeitpunkt der etwa bei BBCH 84/86 erreichten Samenreife war zumindest im Versuchsjahr 2012 kaum altersbedingtes Welken/Absterben des Blattapparats zu verzeichnen, sodass die (späte) Verholzung noch nicht wirksam geworden war. Tendenziell lässt sich dieser Verlauf auch bei Herkules und Aristos (2012) sowie Amiggo (2013) verfolgen. Allerdings endet die Zeitreihe bei den drei mittelspäten Sorten in beiden Jahren bereits im entscheidenden Stadium der Fruchtbildung. Es kann spekuliert werden, dass der Anstieg der Verdaulichkeit, wären die Sorten in ihrer Entwicklung weitergekommen, weniger auffällig ausfielen, denn sie bilden aufgrund ihrer Artzugehörigkeit (*S. bicolor*) weniger Rispen pro Flächeneinheit aus und haben somit ein schlechteres Korn-Stroh-Verhältnis als die Sorte KWS Freya (*S. bicolor* x *S. sudanense*). Relativ konstant in der Verdaulichkeit zeigte sich in beiden Jahren die Sorte Lussi, wobei leider keine Inhaltsstoffanalysen aus den BBCH-Stadien unter 50 vorliegen. Möglicherweise halten sich bei ihr Bestockung sowie fortschreitende Abreife bzw. Verholzung die Waage.

Aufgrund der Erkenntnisse aus den Vorjahren wurden die Pflanzen im Versuchsjahr 2014 zu festgelegten BBCH-Stadien geschnitten. Tabelle 20 gibt einen Überblick über die Schnitttermine und BBCH-Stadien. Erwartungsgemäß entwickelten sich die späteren Sorten Amiggo und Herkules zögerlicher als die frühen Sorten Lussi und KWS Freya. Sie erreichten den ersten Schnitttermin zu BBCH 35 erst eine Woche später und erzielten bis zur Ernte lediglich das BBCH-Stadium 75 bzw. 85.

Tabelle 20: BBCH-Stadien der Referenzsorten zu den Probenahmeterminen im Jahr 2014

Termin	Datum	Lussi	KWS Freya	Amiggo	Herkules
T0	17.07.	35	35	---	---
T1	24.07.	45	45	35	35
T2	31.07.	55	55	---	---
T3	07.08.	65	65	45	---
T4	21.08.	73	73	55	45
T5	03.09.	---	---	65	55
T6	11.09.	87	83	---	65
T7	09.10.	89	89	85	75

Abbildung 19 zeigt die wertgebenden Inhaltsstoffe im Jahr 2014. Durch die gezielte Auswahl der Pflanzen nach BBCH-Stadium ist die Abbildung nicht direkt mit Abbildung 17 und Abbildung 18 aus den Vorjahren vergleichbar. Die Unterschiede zwischen den Referenzsorten waren 2014 gering. Im Wesentlichen bestätigten sich jedoch die Erkenntnisse der Vorjahre. Auch 2014 lagen die späteren Sorten Amiggo und Herkules in Bezug auf den ELOS-Gehalt zunächst vorne. Später holten die Sorten Lussi und KWS Freya dann auf. Allerdings schien die Stärkeeinlagerung keinen so deutlichen Effekt zu haben wie in den Vorjahren. Vermutlich ist dies der Tatsache geschuldet, dass die Pflanzen im Jahr 2014 stärker verholzten und sich die Verdaulichkeit dadurch nicht veränderte. Somit unterschied sich die Verdaulichkeit aller Sorten zum letzten Probenahmetermin höchstens um sechs Prozentpunkte. Das Entwicklungsstadium reichte zum selben Probenahmetermin hingegen von BBCH 75 der Sorte Herkules bis BBCH 89 der Sorten Lussi und KWS Freya.

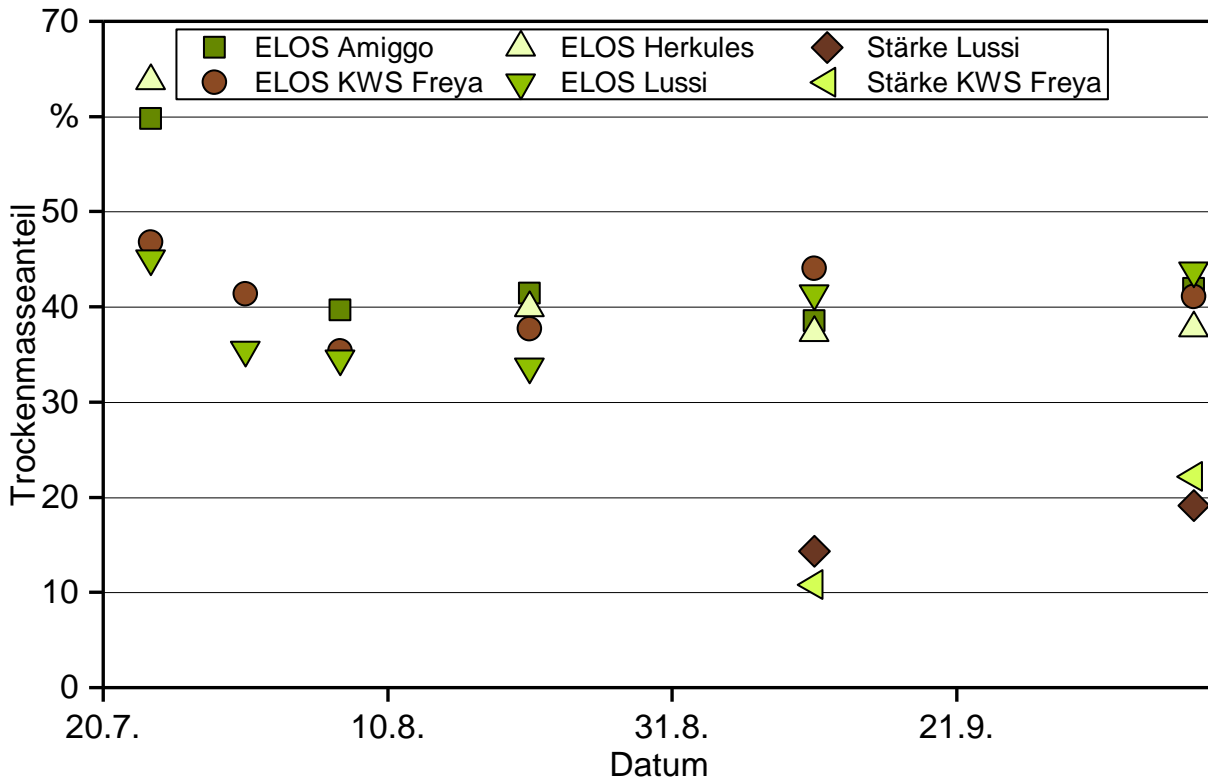


Abbildung 19: Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe im Probenahmezeitraum 2014

Trägt man auch für das Jahr 2014 die Verdaulichkeit über den BBCH-Stadien auf, ergibt sich zunächst ein sehr einheitliches Bild (Abbildung 20). Die Entwicklung der Bestände sowie der ELOS-Gehalte aller vier Sorten verlaufen nahezu parallel. Ursache dafür ist die exakte Probenahme nach BBCH-Stadium. Somit wird für jede Sorte die Verdaulichkeit im selben BBCH-Stadium abgebildet. Es zeigt sich, dass die vier Sorten in der Entwicklung der Verdaulichkeit, wenn sie auf die Pflanzenentwicklung bezogen wird, deutlich weniger voneinander abweichen als in den Vorjahren vermutet.

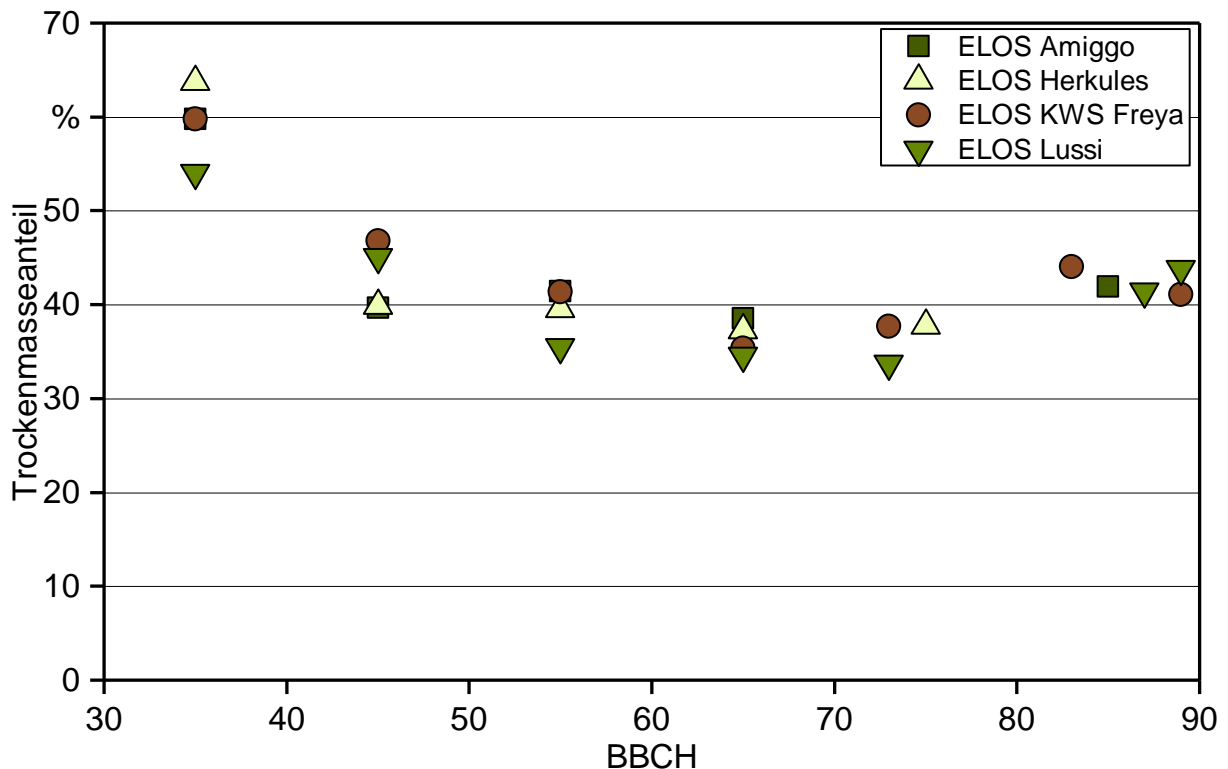


Abbildung 20: Entwicklung der ELOS-Gehalte in Abhängigkeit vom BBCH-Stadium in 2014

6.1.3.3 Entwicklung der Methanausbeute im Zeitverlauf

Neben der Entwicklung des Trockensubstanzgehalts und der inhaltsstofflichen Zusammensetzung spielt vor allem die Veränderung der Methanausbeute im Lauf der Vegetationszeit eine Rolle. Aus diesem Grund wurde im Versuchsjahr 2013 die Methanausbeute zu allen acht Schnittzeitpunkten der Sorte Amiggo ermittelt.

Es zeigte sich, dass sich die Methanausbeute parallel zur Verdaulichkeit, ausgedrückt als ELOS, entwickelt. Je besser die Verdaulichkeit des Substrats, desto höher war auch die Methanausbeute. Bereits bei der Untersuchung der inhaltsstofflichen Zusammensetzung stellte sich heraus, dass die Verdaulichkeit im Spätstadium der Jugendentwicklung aufgrund der Ausbildung von Stützstrukturen, wie Lignocellulose, abnimmt. Erst zum Stadium der Fruchtentwicklung ab BBCH 70 stieg die Verdaulichkeit wieder an, bevor sie durch die zunehmende Verholzung der Pflanzen wieder absank. Dementsprechend steuerte auch die Methanausbeute ab dem Stadium der Fruchtentwicklung auf ihr Maximum zu. Wie Abbildung 21 zeigt, wies der Zuckergehalt einen dazu beinahe parallelen Kurvenverlauf auf. Ein hoher Zuckergehalt in den Pflanzen trug demnach zu einer guten Verdaulichkeit und einer hohen Methanausbeute bei. Das Maximum erreichte er zur Kornfüllung hin, danach erfolgte der Umbau zu Stärke in den Körnern, falls die Pflanzen entsprechend weit abreifen konnten.

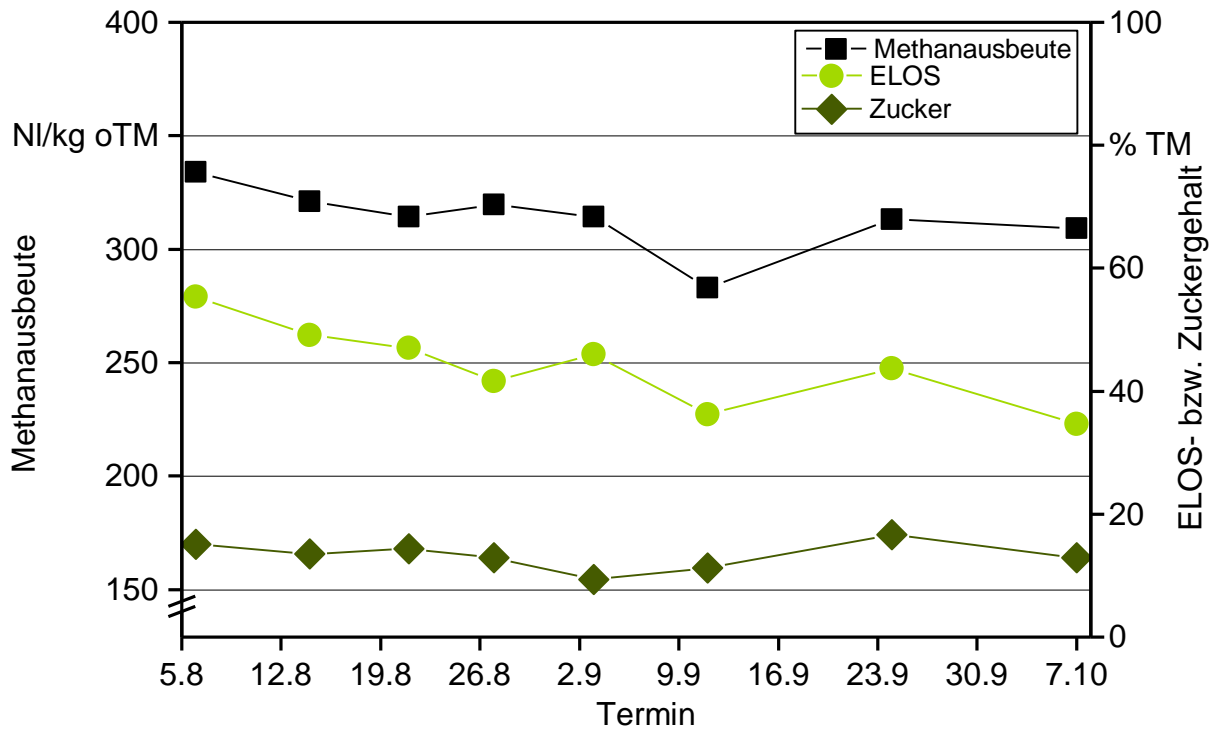


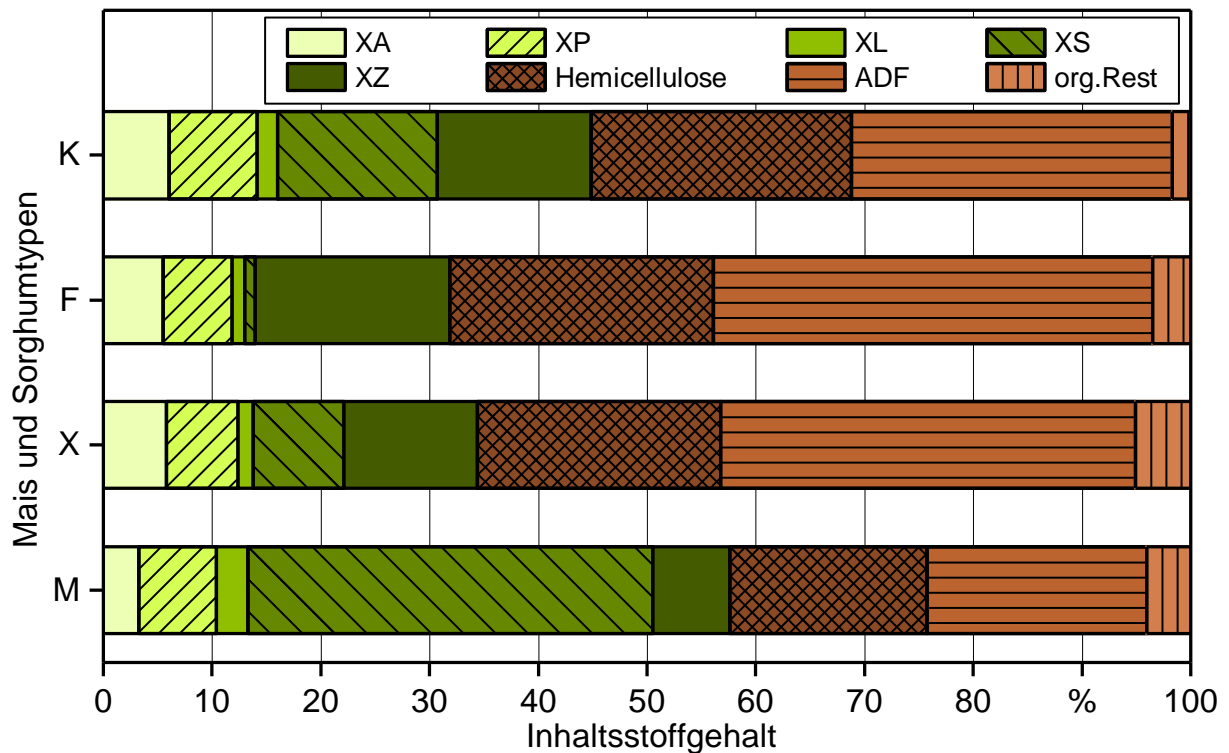
Abbildung 21: Veränderung der Methanausbeute sowie ELOS- und Zucker-Gehalte der Sorte Amiggo im Probenahmezeitraum 2013

6.1.4 Biogasausbeute und Inhaltsstoffanalysen

Für alle in den Versuchsjahren 2012 bis 2014 geprüften Sorghumgenotypen wurde mittels Hohenheimer Biogasertragstests das Methanbildungspotenzial ermittelt (siehe Tabelle 53 bis Tabelle 55 im Anhang). Gleichzeitig wurden die Inhaltsstoffe nach dem Weender Verfahren ermittelt und anschließend die Kohlenhydrate nach van Soest differenziert. Zudem erfolgte die Prüfung der Verdaulichkeit mit der Feststellung des ELOS-Gehalts in der Trockensubstanz.

6.1.4.1 Inhaltsstoffe

In Abbildung 22 und Tabelle 21 sind die Inhaltsstoffe im Mittel der Versuchsjahre und Sorten innerhalb der Genotypen vergleichend aufgeführt, Tabelle 21 verdeutlicht zusätzlich die signifikanten Unterschiede. In beiden Darstellungsformen ist das Prüfmaterial jeweils zu folgenden Gruppen zusammengefasst: Sorghum-Körnersorten (K), Sorghum-Futtersorten (F), *S. bicolor* x *S. sudanense* (X) und Maissorten (M). Untersucht wurden die Anteile von Rohasche (XA), Rohfaser (XF), Rohprotein (XP), Rohfett (XL), Stärke (XS), Zucker (XZ), Hemicellulose, Säure-Detergenz-Faser (ADF = *acid detergent fiber*) und organischem Rest sowie Stickstoff-freie Extraktstoffe (NfE), Säure-Detergenz-Lignin (ADL = *acid detergent lignin*) und Neutral-Detergenz-Faser (NDF).



K: *S. bicolor* Körner, n = 38; F: *S. bicolor* Futter, n = 65; X: *S. bicolor* x *S. sudanense*, n = 40; M: Mais, n = 6

Abbildung 22: Erweiterte Pflanzeninhaltsstoffanalyse nach Weender und van Soest für die Sorghumgruppen und Mais über drei Jahre

Zwischen den Gruppen ließen sich signifikante Unterschiede in der inhaltsstofflichen Zusammensetzung erkennen. Am deutlichsten variierten die mittleren Rohfaser-, Stärke- und Zuckergehalte zwischen den vier Gruppen. So besaß Mais mit 37 % vor Körnersorghum (15 %) den signifikant höchsten Stärkegehalt sowie mit 7 % den signifikant geringsten Zuckergehalt. Umgekehrt wies die Gruppe F den höchsten Zucker- (18 %) bei geringstem Stärkegehalt (1 %) auf. Eine wesentliche Ursache für diesen Unterschied besteht darin, dass die ausgebildeten Körner in Mais und Sorghum hauptsächlich aus Stärke bestehen und der Zucker in der Restpflanze eingelagert ist. Gerade die später reifenden Futtersorten von *S. bicolor* erreichten durch ihre späte Blüte und teilweise unterbliebene Kornfüllung keine nennenswerten Stärkegehalte.

Außerdem fielen die deutlichen Differenzen zwischen Mais und den Sorghumgruppen in den Gehalten schwer verdaulicher und damit schwer vergärbare Substanzen wie Rohfaser, ADF und NDF auf. Diese Inhaltsstoffe kamen im Mais in weitaus geringerer Konzentration als in Sorghum vor, aber auch zwischen den Sorghumgruppen gab es teilweise signifikante Unterschiede. Demnach ließe sich vermuten, dass Mais im Vergleich zu Sorghum durch seinen höheren Stärke- sowie geringen Asche- und Fasergehalt eine höhere Verdaulichkeit aufweist, was sich in den bekanntermaßen hohen Methanausbeuten von Mais widerspiegelt (siehe dazu auch Tabelle 23). Die Sorten von *S. bicolor* x *S. sudanense* besaßen erwartungsgemäß aufgrund ihrer relativen Frühreife mittlere Stärke- und Zuckergehalte und hohe Gehalte an ADF.

Tabelle 21: Vergleich zwischen den Gehalten wertgebender Inhaltsstoffe im Sortenscreening von 2012 bis 2014, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede je Zeile

	M n = 6		X n = 40		F n = 65		K n = 38	
Inhaltsstoffe in % TM								
XA	3,26	c	5,78	ab	5,48	b	6,07	a
XF	10,02	d	31,45	b	33,54	a	25,11	c
XP	7,16	ab	8,11	a	6,39	b	8,11	a
XL	2,90	a	1,10	c	1,11	d	1,82	b
NfE	70,67	a	54,76	c	53,51	c	58,89	b
ADF	20,20	b	38,17	a	40,37	a	38,17	a
ADL	2,23	c	5,87	a	6,00	a	4,02	b
NDF	38,31	c	60,54	b	64,63	a	60,54	b
XZ	7,07	c	12,26	bc	17,86	a	14,20	b
XS	37,25	a	8,34	c	1,01	d	14,69	b
ELOS	69,85	a	45,87	c	44,50	c	56,53	b
EULOS	26,89	c	48,35	a	50,02	a	37,41	b

Neben den einzelnen Inhaltsstoffen wurde mit dem ELOS-Gehalt auch die Verdaulichkeit der Pflanze als Substrat in der Biogasanlage untersucht. Für diese Analyse wird das zu untersuchende Substrat mit Verdauungsenzymen behandelt und somit seine Abbaubarkeit im Verdauungstrakt eines Wiederkäuers simuliert. Je höher der Wert ausfällt, umso höher ist die Verdaulichkeit für den Wiederkäuer und entsprechend in der Biogasanlage. Tabelle 21 zeigt die ELOS-Werte der drei Sorghumgruppen vergleichend zum Mais. Wie bereits beim Vergleich der Inhaltsstoffe erwartet, war die Verdaulichkeit von Mais signifikant höher als bei Sorghum, wobei die Körnersorghumgruppe eine gute Mittelstellung einnahm. Abbildung 23 zeigt die ELOS-Werte der Sorghumgruppen über die Versuchsjahre 2012, 2013 und 2014. Körnersorghum wies in allen Jahren die höchste Verdaulichkeit auf. Die Futtersorten von *S. bicolor* hatten mit durchschnittlich 45 % den niedrigsten ELOS-Gehalt. Begründen lässt sich das durch den hohen Wuchstyp mit mehr Stängel- und Blattmasse bei den *S. bicolor*-Futtersorten, der ein schlechteres Verhältnis von Rispen- bzw. Korn- zu Restpflanzenmasse als bei den Körnersorten bedingt.

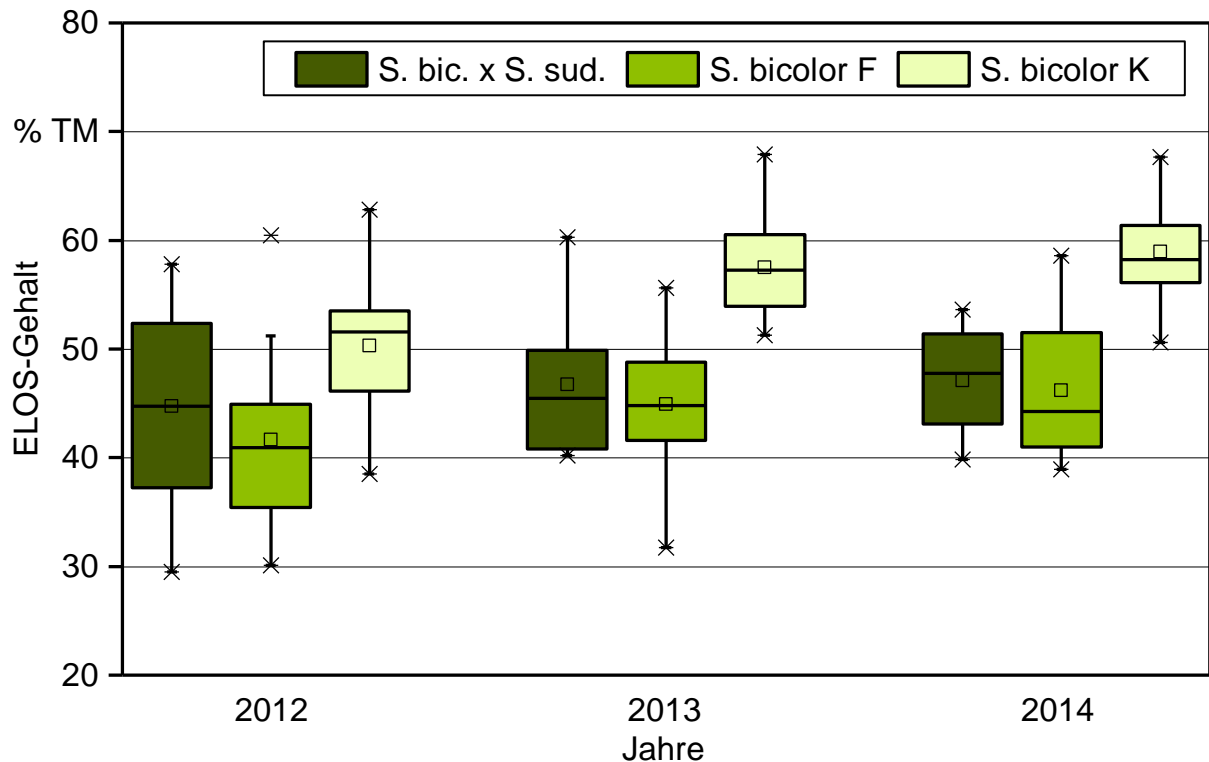


Abbildung 23: ELOS-Gehalte der verschiedenen Sorghumtypen über die Versuchsjahre 2012 bis 2014 am Standort Straubing

Tabelle 22 enthält die Korrelationen zwischen ausgewählten Inhaltsstoffgehalten sowie dem BBCH-Stadium und dem ELOS-Gehalt zum Zeitpunkt der Sorghumernte. In jeder Zelle sind oben die Korrelationskoeffizienten nach Pearson eingetragen sowie unten kursiv das Signifikanzniveau (p). Rohasche und Zucker wurden nicht in der Tabelle mit aufgenommen, da sie in keinerlei signifikanter Beziehung zu der Verdaulichkeit, anderen Inhaltsstoffen oder dem BBCH-Stadium standen. Der NfE-Gehalt wurde ebenfalls nicht betrachtet, da es sich um einen errechneten Wert handelt. Erwartungsgemäß trugen Rohprotein, Rohfett und Stärke positiv zur Verdaulichkeit (ELOS) bei. Allerdings kamen diese Fraktionen in Sorghum nur in verhältnismäßig geringen Konzentrationen vor (siehe Tabelle 21). Streng negative Beziehungen gab es erwartungsgemäß zwischen dem ELOS-Gehalt und den Gerüstsubstanzen ausgedrückt in den Parametern Rohfaser, ADF und NDF.

Weitere signifikant negative Korrelationen ließen sich zwischen den Rohfaser- und NDF-Gehalten und dem BBCH-Stadium feststellen. Es bestand ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen BBCH-Stadium und Rohfett sowie Stärke, der mit der Abreife und der damit verbundenen Bildung und Einlagerung von Fett und Stärke im Korn leicht erklärbar ist. Kein gesicherter Zusammenhang ließ sich zwischen der Verdaulichkeit und dem BBCH-Stadium nachweisen.

Tabelle 22: Korrelation zwischen den Gehalten wertgebender Inhaltsstoffe sowie BBCH und ELOS im Sortenscreening in den Jahren 2012 bis 2014, $n = 149$, obere Zahl: Korrelationskoeffizient nach Pearson, untere Zahl Signifikanzniveau

	XF	XP	XL	ADF	NDF	ADL	XS	BBCH	ELOS
XF		-0,51	-0,65	0,93	0,90	0,39	-0,76	-0,41	-0,85
XF		0,00	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,02	< 0,0001	0,01	< 0,0001
XP	-0,51		0,46	-0,55	-0,39	-0,42	0,31	-0,04	0,61
XP	0,00		0,00	0,00	0,02	0,01	0,09	0,82	< 0,0001
XL	-0,65	0,46		-0,63	-0,78	-0,14	0,83	0,51	0,65
XL	< 0,0001	0,00		< 0,0001	< 0,0001	0,41	< 0,0001	0,00	< 0,0001
ADF	0,93	-0,55	-0,63		0,87	0,48	-0,73	-0,28	-0,86
ADF	< 0,0001	0,00	< 0,0001		< 0,0001	0,00	< 0,0001	0,09	< 0,0001
NDF	0,90	-0,39	-0,78	0,87		0,28	-0,87	-0,55	-0,79
NDF	< 0,0001	0,02	< 0,0001	< 0,0001		0,09	< 0,0001	0,00	< 0,0001
ADL	0,39	-0,42	-0,14	0,48	0,28		-0,25	0,29	-0,56
ADL	0,02	0,01	0,41	0,00	0,09		0,17	0,08	0,00
XS	-0,76	0,31	0,83	-0,73	-0,87	-0,25		0,68	0,69
XS	< 0,0001	0,09	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,17		< 0,0001	< 0,0001
BBCH	-0,41	-0,04	0,51	-0,28	-0,55	0,29	0,68		0,11
BBCH	0,01	0,82	0,00	0,09	0,00	0,08	< 0,0001		0,51
ELOS	-0,85	0,61	0,65	-0,86	-0,79	-0,56	0,69	0,11	
ELOS	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,00	< 0,0001	0,51	

6.1.4.2 Methanausbeute und Methanertrag

Die Ergebnisse des Hohenheimer Biogasertragstests (HBT) an allen Genotypen des Sortenscreenings sind in Abbildung 24 dargestellt. Die Methanausbeute lag 2012 in einem Bereich von 290 bis 340 NI/kg oTM. Die Körnersorten lieferten mit durchschnittlich 322 NI/kg oTM die höchsten Methanausbeuten, gefolgt von den Sorten von *S. bicolor* x *S. sudanense* mit 308 NI/kg oTM und den massewüchsigen Futtersorten mit durchschnittlich 307 NI/kg oTM. Umgerechnet auf den Methanertrag ergibt sich ein komplett anderes Bild. Aufgrund des hohen Trockenmasseertrags der *S. bicolor*-Futtersorten erzielten diese mit einem Durchschnitt von 7.047 Nm³/ha in 2012 die höchsten Methanerträge. Die Genotypen von *S. bicolor* x *S. sudanense* lagen mit 5.762 Nm³/ha im Mittelfeld, wobei die ertragreichste Sorte auch hier über 7.000 Nm³/ha erreichte. Trotz einer hohen Methanausbeute fiel der flächenbezogene Methanertrag der kurzstrohigen Kör-

nersorten mit durchschnittlich 5.080 m³/ha gering aus. Insgesamt erzielten die Sorghumgenotypen im günstigen Jahr 2012 Methanerträge zwischen 3.000 und 8.500 Nm³/ha.

Auch 2013 bewegten sich die Ergebnisse des HBT auf einem relativ hohen Niveau von 280 bis 330 NI/kg oTM (Abbildung 24). Allerdings fielen die Methanhektarerträge deutlich geringer aus als im Vorjahr, sodass die beste Variante lediglich 5.800 Nm³/ha erreichte. Ursache für den Abfall waren die niedrigen Trockenmasseerträge in 2013. Die höchsten Methanausbeuten erzielten mit durchschnittlich 317 NI/kg oTM erneut die Körnersorten. Anders als im Vorjahr schnitten die *S. bicolor*-Futtersorten bezüglich der Methanausbeute tendenziell besser ab als die Sorten von *S. bicolor* x *S. sudanense* und führten bei den Methanerträgen mit einem Durchschnitt von 4.499 Nm³/ha.

Wie in Abbildung 24 ersichtlich wurde im Versuchsjahr 2014 eine große Streuung der Methanausbeuten beobachtet. Die Ergebnisse bewegten sich in einem Bereich zwischen 240 und 330 NI/kg oTM. Vor allem bei den Futtersorten von *S. bicolor* und *S. bicolor* x *S. sudanense* zeigte sich im Vergleich zu den Vorjahren ein deutlicher Abfall der Methanausbeuten mit einem Großteil der Werte im Bereich von nur 250 bis 290 NI/kg oTM. Lediglich vier Genotypen des *S. bicolor*-Futtersortiments konnten die 300 NI/kg oTM überschreiten. Dementsprechend fiel auch der Methanertrag der massewüchsigen Sorten mit Werten zwischen 1.100 und 5.600 Nm³/ha verhalten aus, sodass im Durchschnitt aller Genotypen die Körnersorten mit einem Methanertrag von 4.422 Nm³/ha führten.

Diese Ergebnisse zeigen, dass der mit Sorghum erzielbare Methanertrag starken witterungsbedingten Schwankungen unterliegt. Von den getesteten Sorghumtypen wiesen die Körnersorten die geringste Schwankung auf vergleichsweise geringem Niveau auf, wenn die Jahreswitterung ein erfolgreiches Abblühen und Einkörnen erlaubte. Bei feuchtkühlen Bedingungen während der Blüte werden keine Pollen gebildet, sodass Befruchtung und demnach auch Einkörnung ausfallen, wie von ZEISE und FRITZ im Jahr 2010 in Straubing beobachtet [61]. Dies schmälert schließlich die Biomassequalität und damit die Methanausbeute gravierend.

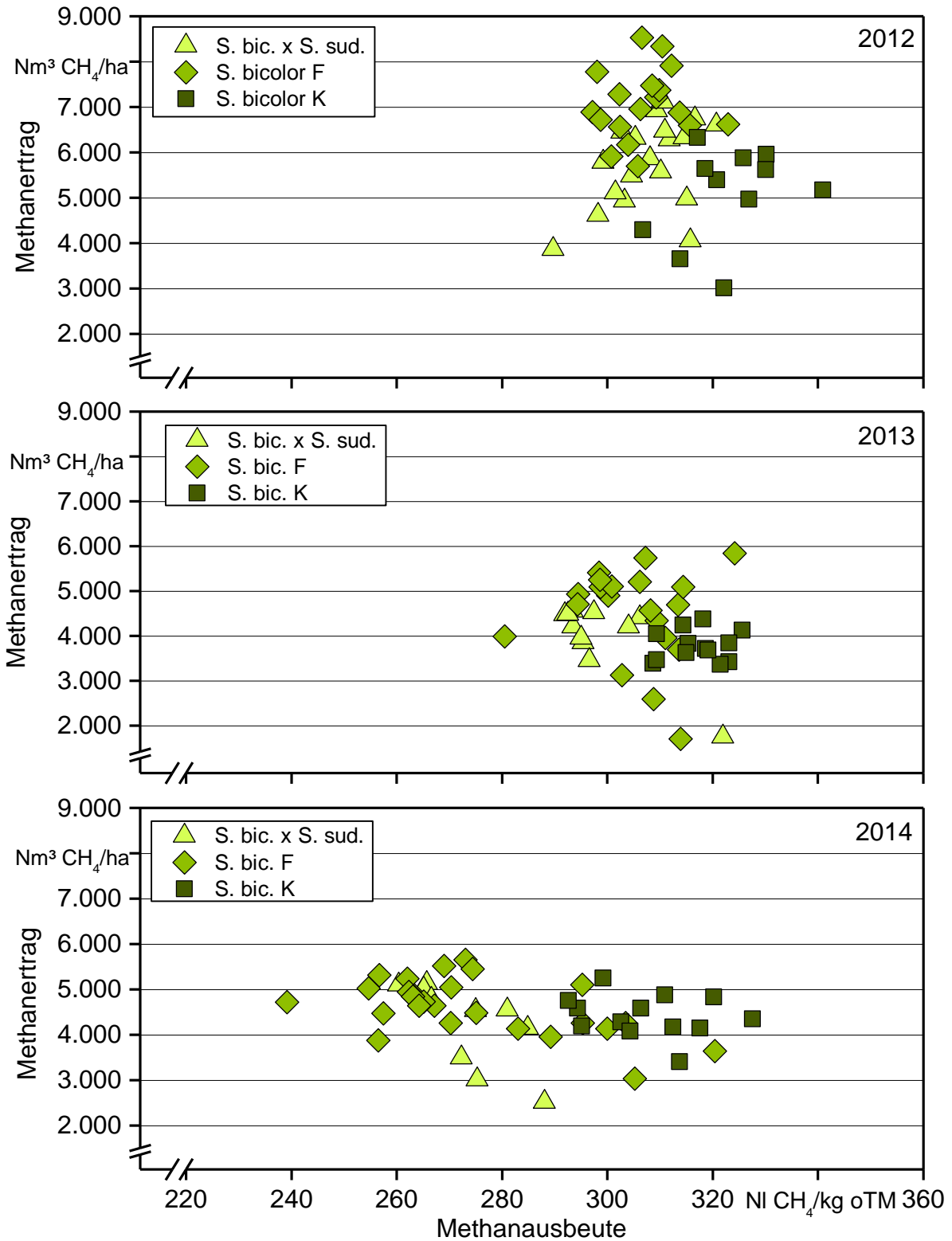


Abbildung 24: Methanausbeute und Methanertrag der geprüften Sorghumgenotypen in den Jahren 2012 bis 2014

Der vorher beschriebene Einfluss der Jahreswitterung auf die Methanerträge ließ sich auch für die Methanausbeuten allein beobachten (Tabelle 23). Im günstigen Jahr 2012 wurden über alle Sorghumgenotypen sowie zwei Maissorten mittels HBT eine Methanausbeute von 312,8 NI CH₄/kg oTM gemessen, während es im eher ungünstigen Jahr 2014 nur 285,7 NI CH₄/kg oTM waren. Auffällig ist, dass die Berechnung mittels der Weißbach-Formeln XF (siehe Abschnitt 5.1.7, Formeln (5.1) und (5.2)) die Methanausbeute in 2012 deutlich unterschätzt, während sie die Werte für 2014 eher überschätzt. Bis auf 2014 schien für die hier zusammengestellten Daten die Weißbach-XF-Formel besser geeignet als die Weißbach-EULOS-Formel. Trotz der auf den ersten Blick recht guten Annäherung der berechneten an die gemessenen Werte wurde festgestellt, dass gerade *S. bicolor*-Futtersorten bei der Berechnung der Methanausbeuten unterschätzt wurden. Auch bei der leider einzigen *S. sudanense*-Sorte Piper wurde 2012 ein sehr großer Unterschied zwischen gemessener und berechneter Methanausbeute beobachtet. Außerdem wurden beim Vergleich der Einzeldaten unerklärliche Abweichungen im Größenbereich von bis zu 30 % zwischen Messung und Berechnung festgestellt.

Tabelle 23: Gemessene (Hohenheimer Biogasertragstest, HBT) und berechnete (Weißbach XF und Weißbach EULOS) Methanausbeuten für Sorghumgenotypen und Mais getrennt nach Jahren 2012 bis 2014

Jahr	Typ und Datenanzahl	HBT in NI CH ₄ /kg oTM	Weißbach XF in NI CH ₄ /kg oTM	Weißbach XF relativ zu HBT	Weißbach EULOS in NI CH ₄ /kg oTM	Weißbach EULOS relativ zu HBT
2012		312,8	297,4	95,0	262,4	83,8
	F n = 18	306,9	278,8	90,8	246,1	80,1
	K n = 11	323,0	319,2	98,8	282,3	87,4
	S n = 1	315,7	279,3	88,5	213,1	67,5
	X n = 18	307,4	296,0	96,4	261,1	85,1
	M n = 2	356,8	367,6	103,1	336,0	94,2
2013		309,0	308,7	99,9	276,2	89,2
	F n = 21	305,3	293,4	96,1	258,8	84,7
	K n = 13	317,0	328,2	103,6	303,4	95,7
	X n = 11	298,9	303,6	101,6	265,7	88,8
	M n = 2	350,8	370,5	105,6	340,0	96,9
2014		285,7	311,9	109,3	280,6	98,1
	F n = 28	276,0	295,0	107,0	263,0	95,3
	K n = 16	304,2	337,0	111,0	310,9	102,3
	X n = 10	273,4	307,7	112,6	268,2	98,0
	M n = 2	334,1	368,0	110,1	345,7	103,5

F: *S. bicolor* Futter; K: *S. bicolor* Körner; S: *S. sudanense*; X: *S. bicolor* x *S. sudanense*; M: Mais

In Abbildung 25 sind Methanausbeute und Methanertrag von vier Sorghumsorten aufgeführt, die den Reifegruppen früh, mittelfrüh, mittelspät und spät angehören. Die Sorten Lussi, KWS Freya und Jumbo zählen zu der Art *S. bicolor* x *S. sudanense*, Aristos zum *S. bicolor*-Futtertyp. Es zeigte sich, dass die Methanausbeute der vier Sorten starken Schwankungen zwischen den drei Jahren unterlag. Während die Sorte Lussi in den ersten beiden Jahren eine Ausbeute von über 300 NI/kg oTM erreichte, betrug sie 2014 lediglich 266 NI/kg oTM. Auch bei KWS Freya schwankte die jährliche Methanausbeute in einem Bereich von 265 bis 310 NI/kg oTM. Dasselbe Bild zeigt sich bei Aristos, Jumbo und vielen weiteren im Sortenscreening getesteten Sorten. Eine sichere Prognose zur Methanausbeute einzelner Sorten stellt sich damit als sehr schwierig dar. Vielmehr scheint die Methanausbeute vom jeweiligen Aufwuchsjahr und damit von den Witterungsbedingungen, der Bestandsentwicklung und der Abreife abzuhängen.

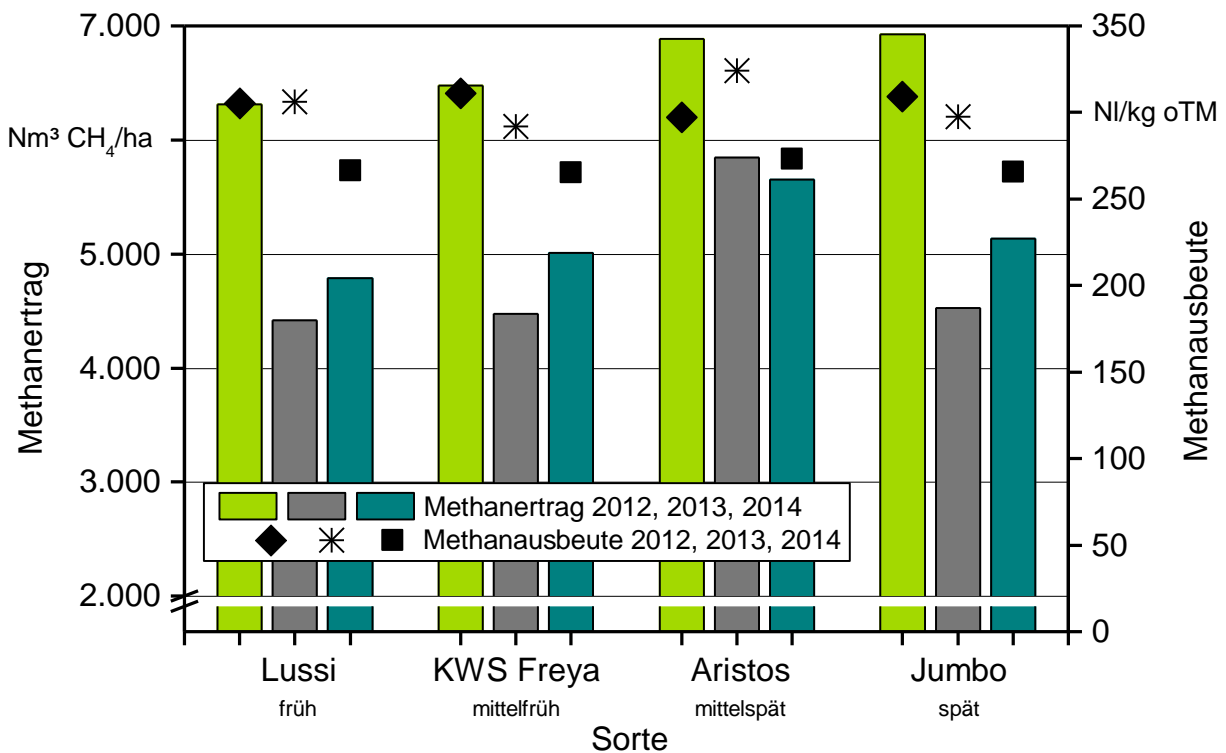


Abbildung 25: Methanausbeute und Methanertrag von vier Referenzsorten in den Jahren 2012 bis 2014

Vor diesem Hintergrund sind auch die großen Unterschiede im jährlichen Methanertrag nicht ungewöhnlich, zumal dieser neben der Methanausbeute vom variierenden Trockenmasseertrag abhängt. Der Methanertrag aller vier Sorten fiel 2012 am höchsten aus. 2013 sank er mit Ausnahme der Sorte Aristos aufgrund der geringen Trockenmasseerträge auf ein relativ geringes Niveau und 2014 stieg er trotz vergleichsweise niedriger Methanausbeuten erneut leicht an.

Für die Körnersorte GK Emese wurden 2013 zur Ernte verschiedene Pflanzenproben erstellt, mit denen der Anteil der gut körnergefüllten Rispe an der Methanausbeute unter-

sucht werden sollte. Dazu wurden Ganzpflanzen beerntet und in Körner und Restpflanze fraktioniert, die dann in veränderlichen Anteilen zusammengemischt wurden. Die Ergebnisse der Inhaltsstoff- und Methanausbeuteanalysen (nach HBT) illustriert Abbildung 26.

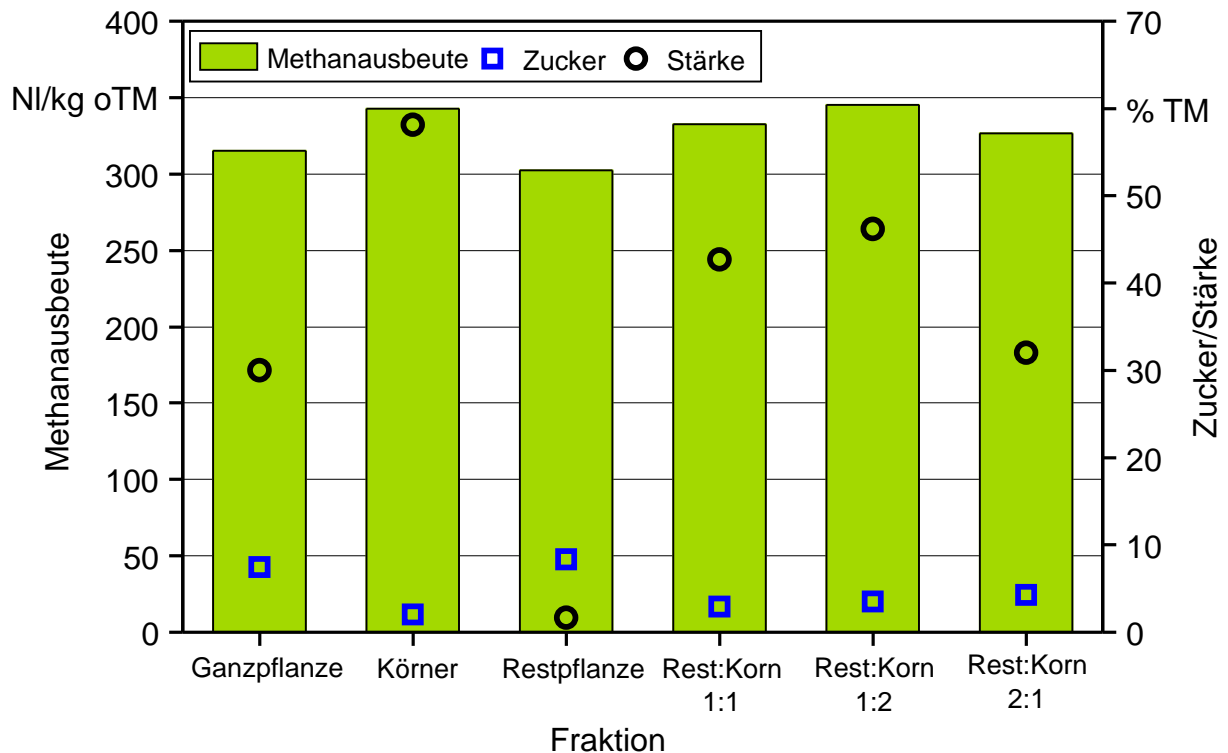


Abbildung 26: Methanausbeute sowie Zucker- und Stärkegehalte an fraktionierten Proben der Körnersorte GK Emese

Wie zu erwarten war, enthielten die reinen Körner mit 58,1 % in der TM einen sehr hohen Stärkeanteil, während in dieser Fraktion kaum Zucker nachgewiesen wurde. In der Restpflanze hingegen lag der Stärkegehalt nahe null, während der Zuckergehalt mit 8,3 % in der TM am höchsten von allen Proben war. Die Qualitätsdaten der Ganzpflanze und der künstlichen Mischungen lagen im Mittelfeld zwischen diesen beiden Extremen (Tabelle 24). Die enzymlösliche Substanz (ELOS) ließ hohe Unterschiede in der Methanausbeute zwischen Korn und Restpflanze bzw. den diversen Mischungen erwarten. Jedoch lagen die mittels HBT gemessenen Methanausbeuten (siehe Tabelle 24) in einem unerwartet engen Bereich von 302 NI/kg oTM für die Restpflanze bis 345 NI/kg oTM für die Mischung Rest : Korn 1 : 2. Die qualitätsbedingt unerwartet schmale Spanne der Methanausbeuten könnte auf eine vergleichsweise gute Verdaulichkeit der Körnersorghum-Restpflanze hindeuten, allerdings ist diese einjährige und nur an einer Sorte durchgeführte Analyse eine zu dünne Datenbasis für die Entwicklung solcher Hypothesen, vor allem da die analysierten Proben aus dem Jahr 2013 stammen, in dem die Methanausbeuten der Körnersorghumsorten generell nur eine geringe Streuung aufwiesen (vergleiche Abbildung 24). Für die Erzielung hoher Methanerträge je Hektar wird weiterhin auch der Trockenmasseertrag eine hohe Bedeutung haben.

Tabelle 24: Ausgewählte Daten der Inhaltsstoffanalysen an fraktionierten Proben der Körnersorte GK Emese

Pflanzenteil	NfE in % TM	NDF in % TM	ADF in % TM	ADL in % TM	ELOS in % TM
Ganzpflanze	64,9	40,8	21,2	3,8	67,9
Korn	77,1	22,6	12,4	3,0	83,4
Restpflanze	49,9	66,0	36,3	4,2	41,1
Rest : Korn 1 : 1	68,7	35,5	19,6	3,9	70,3
Rest : Korn 1 : 2	71,3	32,1	16,7	3,3	75,8
Rest : Korn 2 : 1	65,6	44,4	23,0	3,9	65,2

6.1.5 Ergebnisse der Blausäureuntersuchungen

Die Blausäureuntersuchungen wurden durchgeführt, um die prinzipielle Eignung unter hiesigen Bedingungen erzeugten Sorghums als Raufutter zu beurteilen. Während Blausäure in Sorghum für Biogas keine Rolle spielt, schreibt die Futtermittelverordnung (FuttermV) in Verbindung mit Anhang I der Richtlinie 2002/32/EG für Alleinfuttermittel einen Grenzwert von 55 ppm bezogen auf 88 % TS-Gehalt vor [8] [20]. Eine ausführliche Literaturübersicht über die Gefährdung von Wiederkäuern durch Blausäure in Sorghum, unterschiedlich in Alter, Gewebe (Blätter, Halme, Körner) und Art, findet sich in [61].

Im ersten Versuchsjahr 2012 wurde in vier Referenzsorten zu insgesamt sechs Terminen eine Blausäureuntersuchung durchgeführt (Abbildung 27). Erwartungsgemäß überstiegen die Gehalte zum ersten Probenahmezeitpunkt am 2. Juli 2012 den Grenzwert erheblich, im Falle der Sorte Herkules sogar um das 17-Fache. Bereits zum zweiten Termin am 26. Juli 2012 hatten sich die Konzentrationen jedoch dem Grenzwert genähert. Obwohl die Sorte Lussi dem Entwicklungsstadium nach ab dem zweiten Probenahmetermin der Gefährdung längst hätte entwachsen sein sollen, wurden hier drastisch erhöhte Werte gemessen.

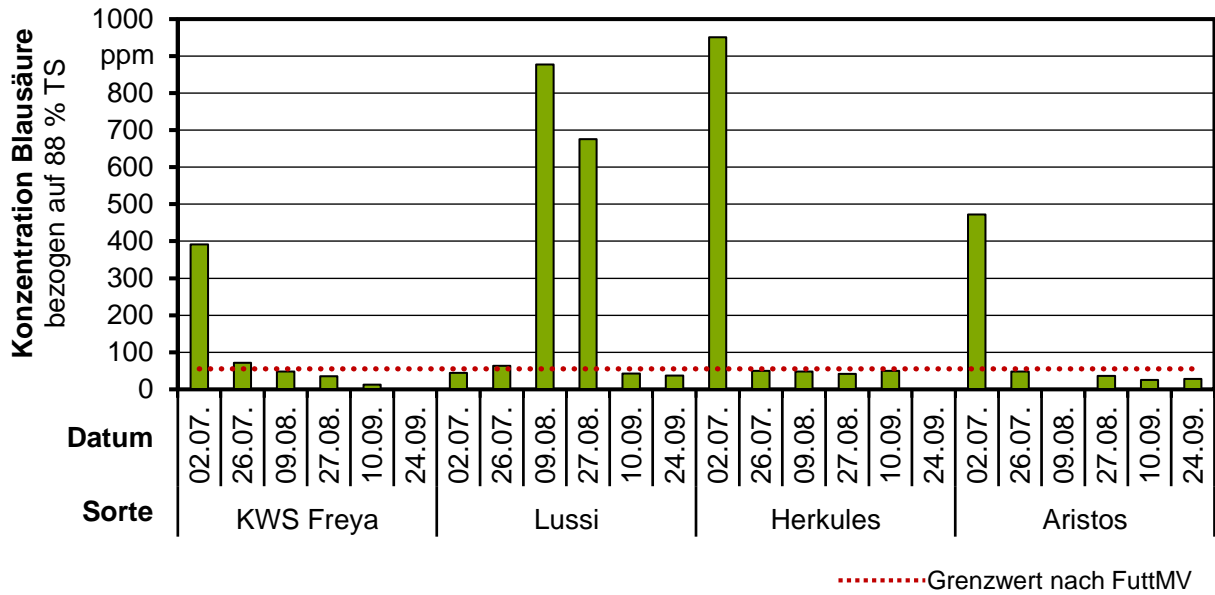


Abbildung 27: Blausäuregehalte von Referenzsorten zu den Probenahmeterminen des Schnittzeitversuchs 2012

Dasselbe Bild zeigte sich auch im Jahr 2013, in dem zu insgesamt drei Terminen eine Bestimmung erfolgte (Abbildung 28). Die Blausäuregehalte der Sorte Lussi zur zweiten Probenahme am 14. August 2013 und der Sorte Amiggo zur dritten Probenahme am 7. Oktober 2013 waren drastisch erhöht. Die nach der Quellenanalyse einzige Erklärung dafür wäre eine massive Seitentrieb(neu)bildung infolge des extrem wüchsigen Wetters in diesem Zeitraum, die allerdings nicht mittels Bestandsbonituren erfasst worden war. Amerikanischen Wissenschaftlern nach bringen Phasen kräftigen Aus- bzw. Wiederaustriebs stets eine erhöhte Blausäureakkumulation mit sich [32] [43] [47] [51]. Tatsächlich ist von den Prüfsorten nur die Sorte Lussi ausgesprochen bestockungsfreudig. Bei der zweiten Sorte der Art *S. bicolor* x *S. sudanense*, der KWS Freya, ist dieses Merkmal wesentlich schwächer ausgeprägt.

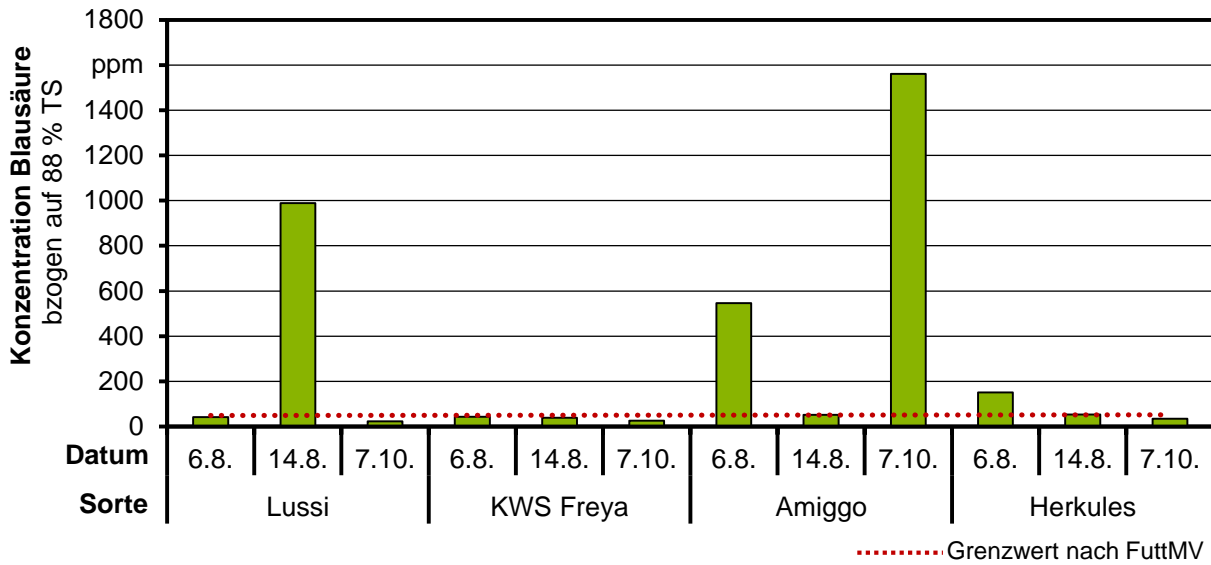


Abbildung 28: Blausäuregehalte von Referenzsorten zu den Probenahmetermeninen des Schnittzeitversuchs 2013

Im Versuchsjahr 2014 wurden insgesamt 31 Proben der Sorten Amiggo, Biomass 150, Joggy, KWS Freya, KWS Tarzan und Lussi auf ihren Blausäuregehalt untersucht. Das Pflanzenmaterial wurde zu sieben Terminen im Zeitraum 17. Juli bis 9. Oktober 2014 gezielt in den BBCH-Stadien 35 bis 85 geschnitten. Von allen untersuchten Pflanzenproben überschritten nur drei Proben den Grenzwert. So lagen die Sorten KWS Freya mit 85 ppm zum ersten Probenahmetermin am 17. Juli 2014, die Sorte Joggy mit 180 ppm zur vierten Probenahme am 11. September 2014 und die Seitentriebe der Sorte KWS Tarzan mit 431 ppm zur letzten Probenahme am 9. Oktober 2014 darüber. Der erhöhte Gehalt der Sorte KWS Freya entspricht den Erfahrungen der Vorjahre. Demnach weisen vor allem junge Pflanzenteile, wie sie zur ersten Probenahme vorliegen, höhere Blausäurekonzentrationen auf, die sich bis zur Ernte jedoch relativieren. Die Überschreitung des Grenzwerts der Sorte Joggy scheint auf den ersten Blick unerklärlich. Wie bereits in den Jahren zuvor ist auch hier die einzige Erklärung eine massive Seitentriebneubildung infolge wüchsigen Wetters. Tatsächlich konnte im Versuchsjahr 2014 ein deutlich erhöhter Blausäuregehalt in jungen Seitentrieben nachgewiesen werden. So wurde bei der Sorte KWS Tarzan in Probenmaterial aus den Seitentrieben wie oben beschrieben eine Menge von 431 ppm Blausäure ermittelt, während im Pflanzenmaterial aus der Ganzpflanze keine Blausäure nachgewiesen werden konnte. Insgesamt bestätigen die Versuche eine erhöhte Blausäureakkumulation in jungen Pflanzenteilen, wie sie zu Vegetationsbeginn und bei wüchsiger Witterung vorliegt. Vor allem eine überraschende Seitentriebneubildung gegen Ende der Vegetationsphase kann zu Blausäureakkumulation führen und macht eine Prognose zum Gefährdungspotenzial von Blausäure in Sorghumpflanzen schwierig.

Neben der Blausäurekonzentration im frischen Erntematerial wurde auch die Veränderung des Gehalts durch Silierung untersucht. Wie Abbildung 29 zeigt, konnte im Ver-

suchsjahr 2012 eindeutig belegt werden, dass die Blausäurekonzentration durch den Prozess der Silierung um etwa die Hälfte reduziert wurde. Je nach Höhe der Ausgangskonzentration wurde mit dieser Abnahme der zulässige Grenzwert allerdings nicht unterschritten.

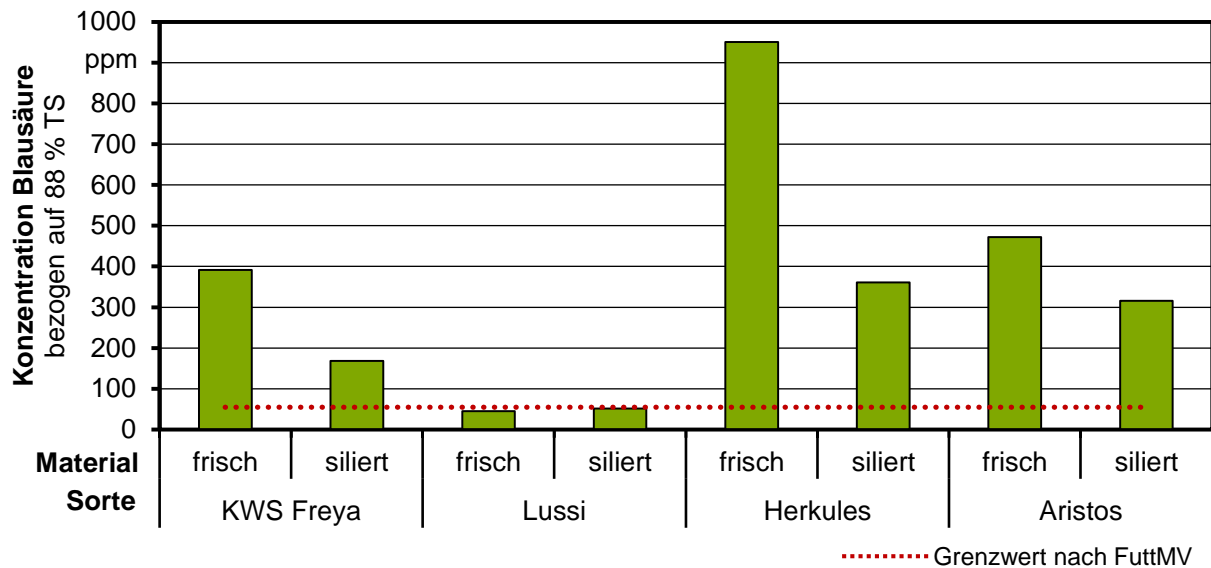


Abbildung 29: Veränderung der Blausäurekonzentration in Sorghum durch Silierung im Jahr 2012

Im Jahr 2013 war stattdessen eine Steigerung der Konzentration in der Silage verglichen zum frischen, tiefgefrorenen Häckselgut feststellbar (Tabelle 25). Da sich diese Erhöhung auf alle Varianten (Sorten) bezog, muss jedoch von einem systematischen Fehler ausgegangen werden.

Tabelle 25: Veränderung der Blausäurekonzentration in Sorghum durch Silierung im Jahr 2013

Sorte	Probenaufbereitung	Blausäurekonzentration in der Frischmasse in ppm*	TS-Gehalt in %	Blausäurekonzentration bei 88 % TS in ppm	Übersteigen des Grenzwerts als x-Faches
Lussi	tiefgefroren	< LOD	21,4	< 50	1
KWS Freya	tiefgefroren	< LOD	20,1	< 50	1
Amiggo	tiefgefroren	108	17,4	546	10
Herkules	tiefgefroren	27	15,7	151	3
Lussi	siliert	< LOD	19,8	< 50	1
KWS Freya	siliert	27	19,4	122	2
Amiggo	siliert	41	15,6	654	4
Herkules	siliert	101	13,6	231	12

* < LOD heißt, die Konzentration lag unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ppm

Blausäure liegt in der intakten Pflanze glycosidisch gebunden als Dhurrin vor, das seinerseits völlig harmlos ist [21] [48] [51]. Erst durch den enzymatischen Abbau des Dhurrins wird die toxische Blausäure freigesetzt. So ist neben der übermäßigen Anreicherung von Glycosiden in sehr jungen Blättern [51] auch die Aufhebung der räumlichen Trennung von Dhurrin (in der Epidermis) und Enzym (im Mesophyll) durch Zerstörung von Gewebe (etwa durch Herbizide, Schnitt, Tritt, Fraß, Frost, Hagel) für hohe Blausäurekonzentrationen verantwortlich [21] [48].

Für die Praxis lässt sich daraus ableiten, dass besonders nach den oben genannten Stressereignissen oder unter sehr wüchsigen Bedingungen mit hoher Seitentriebbildung im Sorghumbestand das Risiko erhöht ist, zu hohe Blausäuregehalte im Pflanzenmaterial zu erhalten. Nicht alle ermittelten Blausäurewerte über dem Grenzwert konnten allerdings mit solchen Erklärungen in Zusammenhang gebracht werden. Eine Nutzung von Sorghumbiomasse oder Sorghumsilage als Futtermittel kann daher nur nach entsprechender Analyse und genauer Bemessung der Futtermittelration angeraten werden.

6.1.6 Ergebnisse der Futterwertanalysen

Die massebetonten Futtersorten von Sorghum werden in Deutschland nahezu ausschließlich als Biogassubstrat eingesetzt. Im Rahmen der Anbauberatung des TFZ berichten aber auch Landwirte, dass sie die Verfütterung von Sorghum an Wiederkäuer nicht nur erwägen, sondern schon durchführen. Bekanntermaßen ist eine Grobfutternutzung von Sorghumsilage in anderen Ländern, insbesondere in den USA und in Australien, absolut gebräuchlich und auch in Deutschland nicht per se ausgeschlossen. Aller-

dings ist hierzulande das Risiko einer Blausäureanreicherung in Sorghumpflanzen deutlich höher als in wärmeren Klimaten (vergleiche Abschnitt 6.1.5).

Die Untersuchungen zum Futterwert wurden 2012 und 2013 durchgeführt. Im Jahr 2012 beschränkten sich die Erhebungen auf eine kleine Auswahl von drei Sorghumsorten, die fest am Markt etabliert sind und in ihrer Zusammenstellung unterschiedliche Arten und Reifegruppen repräsentieren. Im Einzelnen wurden die mittelspäte *S. bicolor*-Sorte Herkules sowie die mittelfrühe bzw. frühe Sorte KWS Freya bzw. Lussi aus dem Sortiment von *S. bicolor* x *S. sudanense* betrachtet. Mit Fokus auf eine möglicherweise bessere Verdaulichkeit und für die Wiederkäuerfütterung anzustrebende höhere Energiegehalte wurde das Sortenspektrum im Jahr 2013 in Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierernährung (ITE) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) am Standort Grub um zahlreiche kurzstrohige Körnersorten erweitert. Im Sortiment der Futtertypen wurde ferner die Sorte KWS Freya durch die Sorte KWS Santos (*S. bicolor*, mittelfrüh) ersetzt. Die Gesamtheit der betrachteten Sorten inklusive Art, Reifegruppe und weiteren für die Siliereigenschaften und den Futterwert relevanten Parametern ist Tabelle 56 im Anhang zu entnehmen. Als Referenz dienten im Jahr 2012 die Maissorte Saludo (S 210) und im Jahr 2013 die Maissorte Ronaldinio (S 240). Die hier vorgelegten Ergebnisse basieren auf Siliversuchen im Labormaßstab [31], die Futtermittelanalysen wurden vom Zentrallabor der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub durchgeführt.

6.1.6.1 Siliereigenschaften von Sorghum

Sorghum lässt sich bestens silieren, sofern sein TS-Gehalt zur Ernte ausreichend hoch ist (im Bereich 28 % bis 35 % TS). Sowohl nach organoleptischen als auch nach inhaltstofflichen Kriterien (Gehalt an Essig-, Milch- und Buttersäure) konnten die Versuchssilagen nach DLG-Bewertungsschlüssel [15] fast ausnahmslos als sehr gut eingestuft werden, lediglich eine Sorte des Körnertyps (ASM B7B) wurde infolge eines leicht erhöhten Buttersäuregehalts mit der Note gut bewertet. Signifikante Unterschiede zur Maisreferenz ergaben sich damit nicht (vgl. Tabelle 57 im Anhang).

6.1.6.2 Inhaltsstoffliche Zusammensetzung und Futterwert

Merkliche Differenzen zwischen Mais und Sorghum liegen jedoch bei der inhaltstofflichen Zusammensetzung vor (Tabelle 58 im Anhang). Für qualitativ hochwertige Maissilagen gelten als Orientierungswerte Gehalte (jeweils in % i. d. TM) an Rohfaser (XF) zwischen 18 und 20, an NDF zwischen 35 und 40, an ADF zwischen 21 und 25 und an ELOS über 67 [36]. Im Gehalt an enzymlösbarer organischer Substanz (ELOS) spiegelt sich insbesondere bei Mais der hohe Anteil an Körnern mit entsprechendem Stärkeanteil wider, auch für stark kornbetonte Sorghumsorten des Körnertyps (vgl. Sorte GK Emese, Tabelle 58 im Anhang) konnte dieser Zusammenhang nachgewiesen werden. Während bei Mais und den bezeichneten Körnertypen aus dem Gehalt an ELOS auch ein direkter Rückschluss auf den Abreifegrad und die damit verbundene Kornfüllung gezogen werden konnte, war dies bei den Futtertypen nicht möglich (vgl. Abschnitt 6.1.3.2). Dort sanken die Verdaulichkeiten vieler Genotypen im Verlauf der späten Jugendentwicklung zu-

nächst ab, bevor sie mit Beginn der Fruchtentwicklung erneut anstiegen; es ergab sich folglich kein linearer Verlauf. Auch eine Aussage zur umsetzbaren Energie ließ sich aus dem Gehalt an ELOS zwar tendenziell, jedoch nicht abschließend treffen. Die Ermittlung des Energiegehalts sollte deshalb immer unter Einfluss mehrerer Parameter mit der vorgestellten Gleichung [25] durchgeführt werden.

Auf dieser Basis wurden die Zielvorgaben von der Referenzsilage aus Mais im Jahr 2012 vollständig erfüllt, die für die Rationsgestaltung von Rindern anzustrebende umsetzbare Energie mit Mindestgehalten von 11 MJ ME/kg TM bzw. 6,6 MJ NEL/kg TM konnte aufgebracht werden. Im Gegensatz dazu wurden von keiner der im Jahr 2012 betrachteten Sorghumsorten, die ausschließlich dem Futtertyp zuzurechnen sind, die anzustrebenden Werte erreicht. Die erhöhten Gehalte schwer verdaulichen Gerüstsubstanzen gingen zulasten des Gehalts verdaulicher Substanz, die Energiegehalte der bezeichneten Silagen waren folglich zu gering. Im Folgejahr konnten auch von der Referenzsilage aus Mais die gesetzten Richtwerte nicht mehr vollständig eingehalten werden, die Ergebnisse lagen jedoch noch im akzeptablen Bereich. Erfreulicherweise reichten auch die stark kornbetonten Sorghumsorten, die sich bereits mit vergleichsweise hohen ELOS-Gehalten an die Spitze der betrachteten Sorten gesetzt hatten (vgl. oben), an die Energiewerte der Referenz-Maissilage heran (vgl. Tabelle 58 im Anhang).



Abbildung 30: Blattbetonte, hochwüchsige Sorghumsorte des *S. bicolor*-Futtertyps (links) neben deutlich kürzere Sorghumsorte des Körnertyps mit ausgeprägter Rispenbildung (rechts)

Wie sich der modellhaft unterstellte (wiewohl nicht realistische) vollständige Austausch von Mais- gegen Sorghumsilage auf den Kraftfutterbedarf und letztlich die Betriebsökonomie auswirken würde, wurde mit dem Softwaretool „LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten – Milchkuhhaltung“ (<https://www.stmelf.bybn.de/idb/milchkuhhaltung.html>) [15] [16] betrachtet. Als Grundlage dienten für die Futtertysen die im Jahr 2012, für die Körnertypen eine Auswahl der im Jahr 2013 erhobenen Daten. Als Rahmenbedingungen wurden die Einstellungen für die Rasse Fleckvieh mit einer jährlichen Milchleistung von 7.137 kg Milch pro Kuh und Jahr gewählt, woraus sich ein jährlicher Gesamtenergiebedarf von 38.852 MJ NEL pro Kuh ergab. Der dafür aus dem Grobfutter bereitgestellte Anteil wurde aus den realen, vom Labor Grub ermittelten Energiegehalten der Silagen und einer mittleren täglichen Futteraufnahme von 11,5 kg je Tag und Kuh berechnet. Das Softwaretool legt die komplette Abdeckung des Erhaltungsbedarfs über das Grobfutter zugrunde. Das darüber hinaus gehende Nährstoffangebot aus dem Grobfutter steht zur Leistungsbildung, also zur Milchproduktion, zur Verfügung.

Tabelle 26: Bewertung der Grobfutterleistung von Sorghumsorten des Futtertyps im Vergleich zu Maissilage 2012

Futterart		Mais	Sorghum	Sorghum	Sorghum
Sorte	Einheit	Saludo	Herkules	Lussi	KWS Freya
Umsetzbare Energie (ME)	MJ/kg TM	11,1	8,9	9,1	9,2
Nettoenergie-Laktationen (NEL)	MJ/kg TM	6,7	5,2	5,3	5,4
TM-Ertrag	dt/ha	244,0	253,0	219,0	222,0
Grobfutterleistung*	kg Milch/Kuh a	3.906,3	1.918,5	2.098,3	2.178,0
Flächenbedarf**	ha/Kuh	0,20	0,20	0,23	0,22
Krafftutterbedarf*	dt/Kuh	16,5	27,0	26,1	25,6
Krafftutterkosten*	€/Kuh a	429,0	702,0	678,6	665,6

* nach „Lfl-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten – Milchkuhhaltung“, Grundeinstellungen, bei mittlerer Grobfutteraufnahme von 11,5 kg/Tag und Kuh und einem Krafftutterpreis von 26,00 €/dt, <https://www.stmelf.bayern.de/idb/milchkuhhaltung.html>, Zugriff am 27.07.2015; * Flächenbedarf in ha unter Berücksichtigung von 15 % Silierverlusten

Tabelle 27: Bewertung der Grobfutterleistung von Sorghumsorten des Körnertyps im Vergleich zu Maissilage 2013

Futterart		Mais	Sorghum	Sorghum
Sorte	Einheit	Ronaldinio	GK Emese	Capello
Umsetzbare Energie (ME)	MJ/kg TM	10,7	10,4	10,2
Nettoenergie-Laktationen (NEL)	MJ/kg TM	6,4	6,2	6,1
TM-Ertrag	dt/ha	179,0	121,4	116,0
Grobfutterleistung*	kg Milch/Kuh a	3.530,7	3.289,0	3.149,0
Flächenbedarf**	ha/Kuh	0,27	0,40	0,42
Krafftutterbedarf*	dt/Kuh	19,0	20,3	21,0
Krafftutterkosten*	€/Kuh a	493,5	526,6	545,7

* nach „Lfl-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten – Milchkuhhaltung“, Grundeinstellungen, bei mittlerer Grobfutteraufnahme von 11,5 kg/Tag und Kuh und einem Krafftutterpreis von 26,00 €/dt, <https://www.stmelf.bayern.de/idb/milchkuhhaltung.html>, Zugriff am 27.07.2015; * Flächenbedarf in ha unter Berücksichtigung von 15 % Silierverlusten

Im Jahr 2012 konnte die Maissilage der Sorte Saludo bei einem Energiegehalt von 6,7 MJ NEL/kg TM und einer mittleren Futteraufnahme der Tiere zu 3.906 kg Milch pro Kuh und Jahr veredelt werden (siehe Tabelle 26). Unter der Voraussetzung etwas geringerer Energiegehalte erbrachte die Sorte Ronaldinio im Jahr 2013 noch eine Grobfutterleistung von 3.531 kg Milch pro Kuh und Jahr. Die im Jahr 2012 betrachteten Sorghum-Futtersorten blieben weit hinter diesen Ergebnissen zurück: So erzielte die Sorghumsila-

ge der Sorte Herkules mit 1.919 kg Milch pro Kuh und Jahr nur noch in etwa die Hälfte der von Mais erbrachten Grobfutterleistung. Da die Energiegehalte der im Jahr 2013 betrachteten Futtersorten noch unter den in 2012 realisierten Ergebnissen lagen, wurde von einer näheren Betrachtung an dieser Stelle abgesehen. Ausgewählte Körnersorten hingegen reichten mit Energiegehalten von 6,2 (GK Emese) und 6,1 MJ NEL/kg TM nahe an die von Mais erzielte Grobfutterleistung heran. Laut Softwaretool ist schließlich der verbleibende, noch ungedeckte Nährstoffbedarf für die unterstellte Gesamtjahresleistung mit Saft- und Krafffutter abzudecken. Im vorliegenden Rechenbeispiel wurde die Lücke nur mit Krafffutter aufgefüllt und daraus der Krafffutterbedarf in Dezitonnen pro Kuh und Jahr ermittelt. Die Krafffutterkosten waren im Softwaretool mit 26,00 €/dt (Stand 27.07.2015) hinterlegt. Neben den Mehraufwendungen für Krafffutterkosten ist auch der höhere Flächenbedarf für den Anbau von Sorghum anstelle von Mais zu berücksichtigen. Dieser Aspekt kommt insbesondere bei Körnersorten zum Tragen, für deren Anbau über 50 % mehr Fläche als für Mais benötigt werden, um die gleiche Menge an Grobfutter bereitstellen zu können (vgl. Tabelle 27).

Als Fazit lässt sich festhalten, dass sich die geprüften Sorghumsilagen aus Sorten des Futtertyps aufgrund der niedrigen Verdaulichkeiten und Energiegehalte nur schwer in Rationen für hoch leistende Rinder einbinden lassen. Sie sind allenfalls zu sehr geringen Anteilen in Milchviehrationen verwertbar und auch eine Verfütterung im Trockensteher- und Jungviehbereich scheint nur bedingt möglich. Im Gegensatz zu anderen Grobfuttern mit ähnlich niedrigem Energiegehalt liefert Sorghum auch keinen nennenswerten Beitrag zur Proteinversorgung. Positive Sondereffekte auf die Futteraufnahme sind für Sorghum ebenfalls nicht bekannt. Der Versuch, die niedrigen Energiegehalte über steigende Krafffuttergaben auszugleichen, birgt die Gefahr, dass die Gehalte leicht löslicher Kohlenhydrate in der Ration über die empfohlenen Vorgaben steigen, wodurch sich das Acidoserisiko erhöht [62].

Ein Einsatz der höher energetischen Körnersorten scheint zwar aus ernährungsphysiologischen Gesichtspunkten möglich, würde jedoch zu einem beträchtlichen Mehrbedarf an Anbaufläche führen. Unter ökonomischen Gesichtspunkten stellt daher auch der Einsatz von Sorghumsilagen des Körnertyps keine vertretbare Alternative zu Maissilage dar.

6.2 Gewächshausversuch zur Ermittlung der Kühletoleranz

Im ersten Versuchsjahr war die Saatgutqualität der im Gewächshaus auf Kühletoleranz geprüften 46 Genotypen vergleichsweise hoch. Die Keimfähigkeit betrug im Mittel 89 %, nur einige wenige Stämme keimten deutlich schlechter (Minimum 54 %). 43 der Genotypen wiesen eine Keimfähigkeit von mehr als 80 % und immerhin noch 29 von über 90 % auf. Der unter den beschriebenen Bedingungen realisierte Feldaufgang war wesentlich schlechter und schwankte in einem Bereich von 13 bis 98 %. Bei drei der Genotypen lag er unter 50 %, bei zwölf unter 60 % und bei 22 unter 70 %. Nur bei fünf Genotypen wurde ein Feldaufgang von über 90 % ermittelt. Der bei den Wärmesummen 50 °C und 100 °C und zum Versuchsende erreichte Feldaufgang floss deshalb mit einer höheren

Gewichtung (Faktor 2) in die Gesamtboniturnote ein. Zudem wurden die Merkmale Pflanzenlänge (als Mittel je Wiederholung) und Frischmasse (als Summe je Wiederholung) in der Gesamtbewertung berücksichtigt (Tabelle 4). Die Ergebnisse des Kühletoleranztests 2012 sind Tabelle 59 im Anhang zu entnehmen.

Abbildung 31 zeigt exemplarisch den 2012 ermittelten Temperaturanspruch zweier Genotypen für die Keimung. Folgende Werte sind abgebildet:

- Über dem Datum (x-Achse) sind als grüne Rauten bzw. Dreiecke aufgetragen die Feldaufgänge der schnellsten (Lussi) und einer der langsamsten Sorten (Bovital).
- Die roten Kreuze geben die absoluten mittleren Tagestemperaturen wieder und die blauen Kreuze die Wärmesumme, wobei für Letztere die Werte der y-Achse mit zehn zu multiplizieren sind (Wärmesumme \times 10).
- Am Kurvenverlauf der mittleren Tagestemperaturen sind außerdem die eingestellten Tag/Nacht-Temperaturen entsprechend Tabelle 3 vermerkt.

In der ersten Versuchsphase kam es trotz einer Tagestemperatur von 12 °C zu keiner Keimung der Sorghumpflanzen. Ursache dafür war augenscheinlich die Nachtabsenkung auf eine Temperatur von 8 °C. Solange die mittleren Tagestemperaturen 10 °C nicht überschritten (Tagestemperaturwert gleich null), keimte keine der Sorten aus. Erst mit Eintritt in die zweite Versuchsphase und mittleren Tagestemperaturwerten von über 10 °C setzte die Keimung ein. Am schnellsten erwies sich dabei die Sorte Lussi, bei der mit Erreichen einer Wärmesumme von 50 °C nahezu alle Pflanzen spitzten. Bei der Sorte Bovital liefen die Pflanzen dagegen zeitlich versetzt auf, sodass trotz früher Erstaufläufer ein akzeptabler Feldaufgang von über 80 % erst bei deutlich höheren Temperaturwerten erreicht wurde.

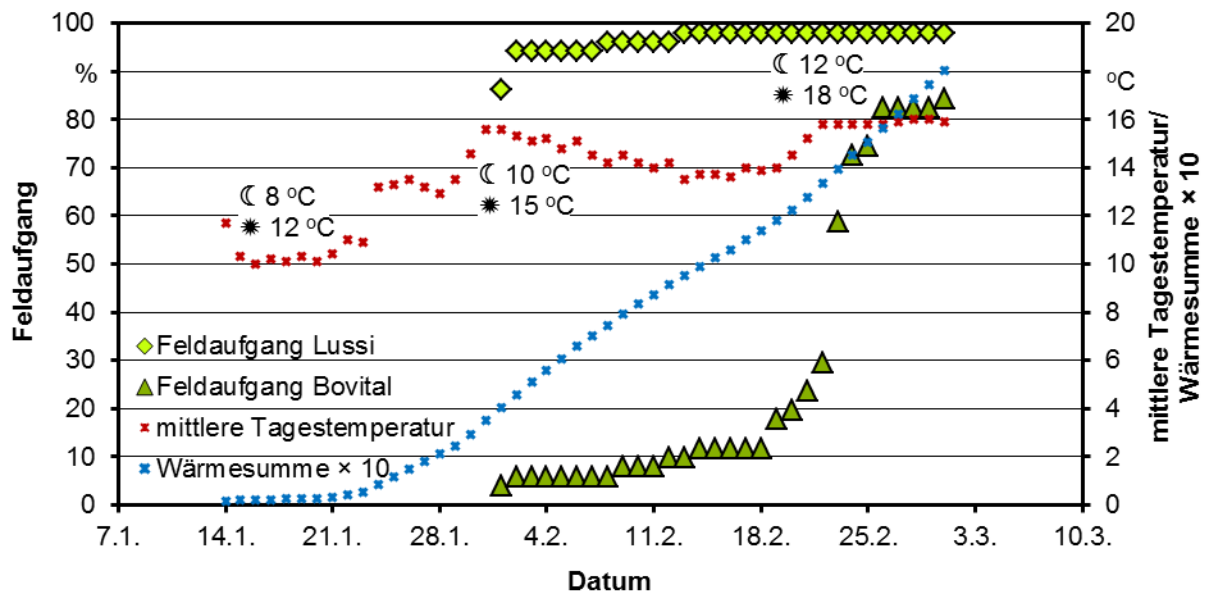


Abbildung 31: Abhängigkeit der Feldaufgänge unterschiedlich kühletoleranter Genotypen von der Umgebungstemperatur

Im Versuchsverlauf 2012 stellte sich heraus, dass es schwierig war, die eingestellte Temperatur im Gewächshaus aufgrund der zeitweise sehr hohen Sonneneinstrahlung konstant zu halten. Außerdem hatte die Tag-Nacht-Absenkung keinerlei Auswirkungen auf die Keimung der Pflanzen, da lediglich die mittlere Tagestemperatur entscheidend zu sein schien. Dies hatte zur Folge, dass bei der Versuchsauswertung lediglich die Sorten untereinander verglichen werden konnten. Eine definitive Mindestkeimtemperatur konnte jedoch nicht abgelesen und eine Einteilung in verschiedene Temperaturklassen nicht vorgenommen werden. Im zweiten Versuchsjahr wurden deshalb die Schattenschirme durchgehend geschlossen gehalten und das Temperaturregime wie in Unterkapitel 5.2 beschrieben angepasst.

Im Jahr 2013 wurden insgesamt 50 Genotypen hinsichtlich ihrer Kühletoleranz geprüft (Tabelle 60, Anhang). Die Saatgutqualität war in 2013 außerordentlich gut. Die Keimfähigkeit betrug im Mittel 89 %, bei 22 Genotypen lag sie darunter, jedoch wiesen nur sechs davon eine Keimfähigkeit von unter 80 % auf. Das Minimum betrug 66 %. Ohne Korrektur um die Keimfähigkeit sank der Feldaufgang unter den kühlen Gewächshausbedingungen auf einen Durchschnitt von 76 %, die schwächste Sorte schaffte gerade 33 %. Mit Korrektur um die Keimfähigkeit betrug der Feldaufgang immerhin durchschnittlich 83 % mit einem Minimum von 51 %. Für die Betrachtung der Ergebnisse ist es adäquat, die schon ohne Kälteexposition bestehenden multifaktoriell bedingten Schwächen eines Genotyps in der Keimfähigkeit herauszurechnen. Danach zeigte sich, dass der Vorgang des Auflaufens nur wenig von den niedrigen Temperaturen beeinflusst war. Offenbar hatte das in 2013 gewählte Temperaturregime mit einem Mittel um 12 °C und nur geringen Tag-Nacht-Schwankungen die Mindestanforderungen von Sorghum für das Keimen und Auflaufen erfüllt, die gemäß BANGNALL (1979) um 10 °C liegen [1]. Zu einem ähnlichen Schluss kamen GAUDET und MAJOR (1986) in ihren Studien über die Einfluss-

faktoren auf das Auflaufen von Sorghum [23]. Auch sie fanden kaum Unterschiede zwischen den Temperaturvarianten 30/20 °C versus 15/5 °C in einem autoklavierten Ackerboden. Die deutlich größeren Unterschiede bei nicht autoklaviertem Boden führten sie auf die höhere Pathogenität diverser bodenbürtiger Schadpilze bei niedrigeren Temperaturen zurück.

Die aufgelaufenen Sorghumpflanzen der meisten Genotypen hatten unter den kühlen Bedingungen um 12 °C ein auffällig chlorotisches Erscheinungsbild (Abbildung 32), das in der Literatur häufig mit Kältestress in Verbindung gebracht wird [28]. BAGNALL etwa fand in *S. bicolor* kaum nennenswerte Chlorophyllgehalte in Blättern, die ab dem Aussetzen der Pflanzen in konstante Temperaturen von 11 bzw. 13 °C gebildet worden waren [1]. ERCOLI et al. (2004) vermuteten, dass das Pflanzenwachstum von Sorghum durch kühle Bedingungen weniger stark beeinflusst wird als die Stickstoffaufnahme, so dass sich ein Verdünnungseffekt einstellt. Ferner schlussfolgerten sie, dass die Photosynthese- mehr als die Atmungsrate beeinträchtigt wird [19]. Im vorliegenden Fall kam es in 16 der geprüften Genotypen nach einer dreißigtägigen Exposition bei durchschnittlich 12 °C zu einem Totalausfall, der in der Abschlussbewertung zu Versuchsende mit Boniturnoten von 8 und 9 bewertet worden ist (Tabelle 60, Anhang). Dabei waren die abgestorbenen Pflänzchen nicht über das Stadium BBCH 11/12 hinausgekommen, d. h., sie waren unmittelbar von der chlorotischen in die nekrotische Phase übergegangen.



Abbildung 32: Chlorotische Sorghumpflänzchen im BBCH 11 bei konstanter Exposition in kühlen Bedingungen um 12 °C

ERCOLI et al. (2004) beziehen Kühletoleranz nicht nur auf die Fähigkeit, Stress durch niedrige Temperaturen auszuhalten, sondern auch auf die einer Regeneration nach Unterbrechung oder Aufhebung des Stresses [19]. Nach dem moderaten Anheben der Gewächshaus Temperaturen im vorliegenden Gewächshausversuch stellte sich tatsächlich

ein mehr oder weniger ausgeprägter Erholungseffekt ein, der im unterschiedlichen Anteil vitaler Pflanzen (besser als Boniturnote 8 bewertet) seinen Niederschlag fand (Tabelle 60, Anhang; Abbildung 33).

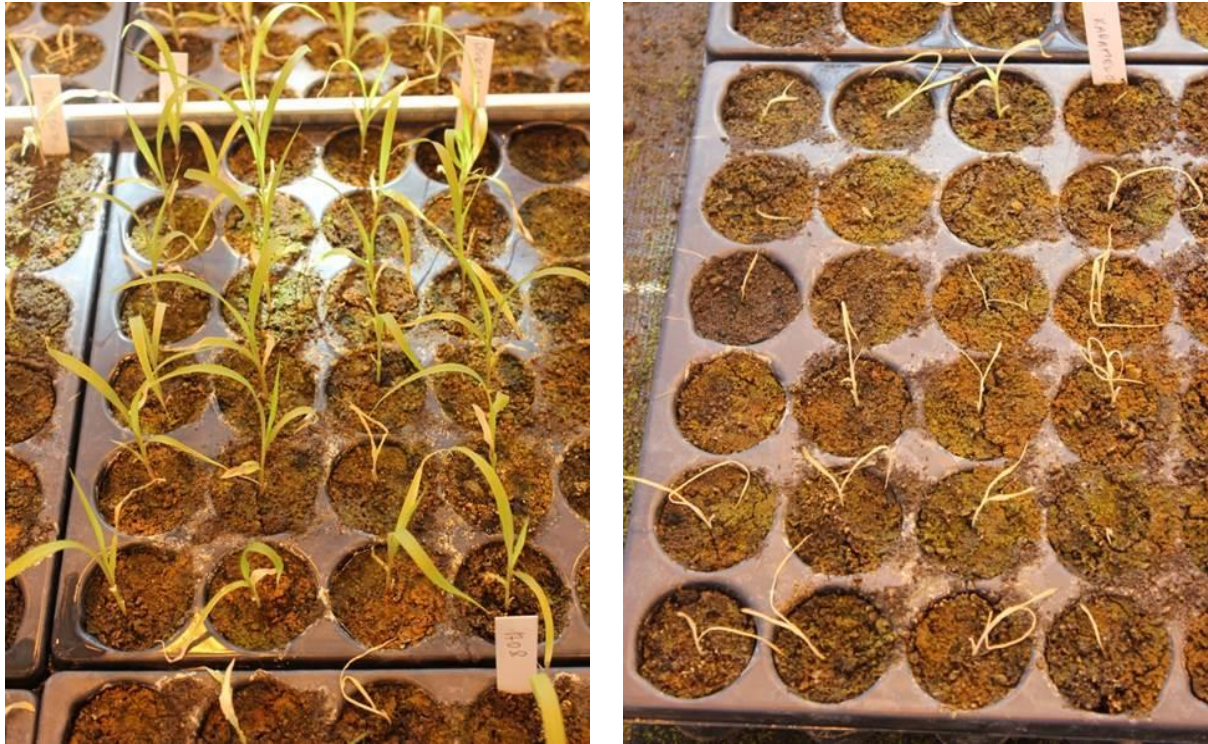


Abbildung 33: Starke Ausprägung der Sortenunterschiede von Sorghum im Kälte-toleranztest 2013

Im zweiten Versuchsjahr 2013 hatten die eingestellten Versuchsbedingungen die Überlebensfähigkeit von Sorghum ausgereizt und somit zu einer guten Differenzierung der Genotypen im Merkmal Kälte-toleranz geführt. Nach dem gewählten Schlüssel gemäß Tabelle 60 im Anhang wurden von den 50 Genotypen 25 als schwach, 23 als mittel und nur zwei als gut kälte-tolerant bewertet.

Nichtsdestotrotz wurde der Versuch für eine exaktere Abklärung der Regenerationsfähigkeit der einzelnen Genotypen im Jahr 2014 erneut angepasst. Die insgesamt 40 Genotypen wurden, wie in Unterkapitel 5.2 beschrieben, unter vier verschiedenen Temperaturregimen (Varianten A, B, C, D) kultiviert (siehe Tabelle 61, Anhang). Ähnlich den Vorjahren war die Saatgutqualität auch 2014 als gut einzustufen. Die Keimfähigkeit betrug im Mittel 87 %. Bei 15 Genotypen lag sie unter dem Mittelwert, jedoch wiesen nur sieben eine Keimfähigkeit von weniger als 80 % auf. Das Minimum betrug 50 %. Wie im Jahr 2013 wurde der Feldaufgang mit der Keimfähigkeit korrigiert. In der Variante A, die die optimalen Keim- und Wachstumsbedingungen bot, stieg der Feldaufgang durch die Korrektur auf einen Durchschnitt von 95 % mit einem Minimum von 67 %. Variante B erreichte 90 %, Variante C 85 % und Variante D 83 %, wobei der Feldaufgang hier mit einem Minimum von 25 % und einem Maximum von 100 %, vermutlich aufgrund größerer

Ausfälle durch die kühlen Bedingungen, am stärksten schwankte. Diese Ergebnisse bestätigen, dass eine Temperatur von 12 °C mit geringen Tag-Nacht-Schwankungen ausreicht, um die Keimung und das Auflaufen von Sorghum auszulösen.

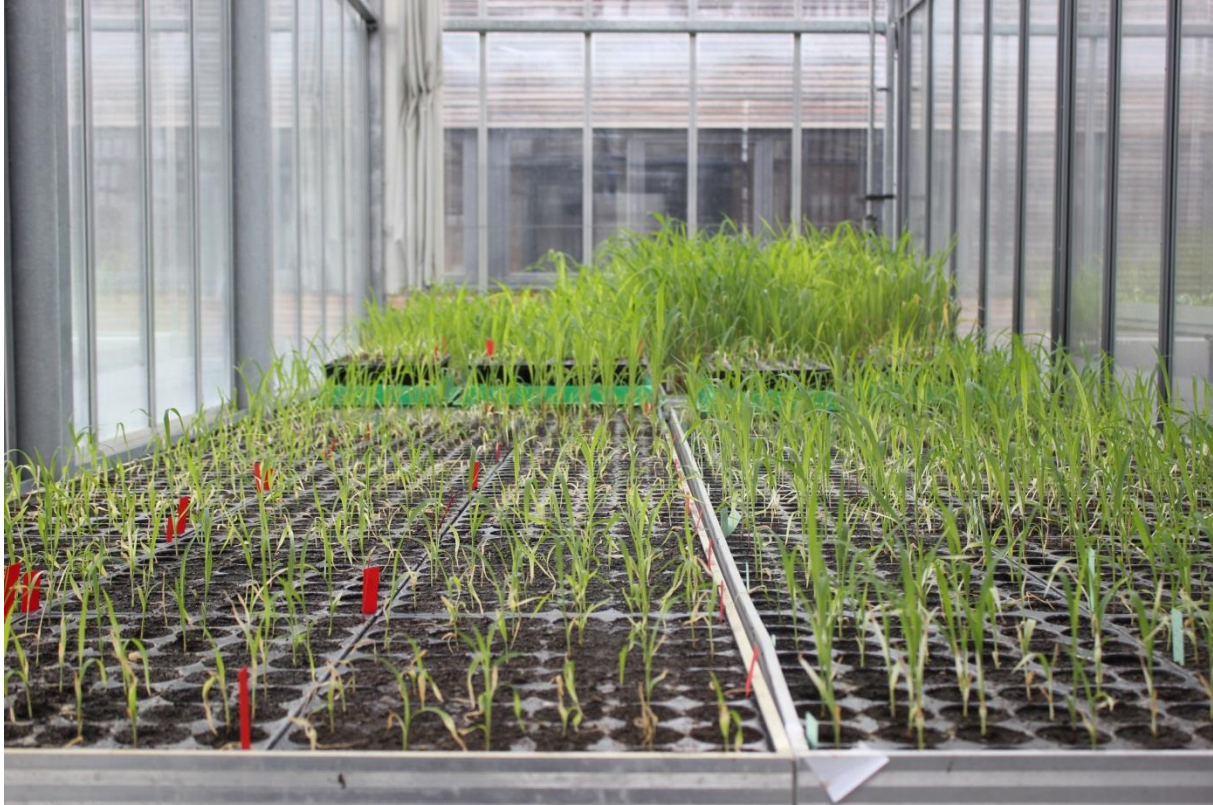


Abbildung 34: Gewächshausversuch zur Ermittlung der Kühletoleranz 2014; Variante A hinten rechts, Variante B hinten links, Variante C vorne rechts, Variante D vorne links

Abbildung 34 gibt einen Überblick über den Gewächshausversuch zur Kühletoleranz 2014, die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten sind deutlich erkennbar. Die Pflanzen der Variante A, die dauerhaft bei 22 °C inkubiert waren, erzielten wie erwartet die besten Ergebnisse mit Boniturnoten von 1 und 2, d. h., es wurden keine Schäden festgestellt. Zur Ernte erreichten sie das BBCH-Stadium 15 und waren im Schnitt 49 cm hoch (Tabelle 61, Anhang). In der Variante B wurden 38 der insgesamt 40 Genotypen mit Boniturnoten von 1, 2 oder 3 bewertet. Lediglich zwei Genotypen erhielten die Boniturnote 4. Dieses Ergebnis spiegelt den Erholungseffekt der Sorghumpflanzen wider, der sich bereits bei den Versuchen im Vorjahr angedeutet hatte. Trotz einer 26-tägigen Exposition bei 12 °C konnten sich anscheinend alle Pflanzen von den Kälteschäden erholen und weiterentwickeln. Zum Zeitpunkt der Ernte hatten die Pflanzen der Variante B im Durchschnitt das BBCH-Stadium 14 und waren 32 cm hoch. In Variante C fiel das Ergebnis deutlich schlechter aus. Lediglich 23 Genotypen erreichten eine Boniturnote von 1 bis 3. Die restlichen 16 lagen im Bereich mittlerer Boniturnoten und ein Genotyp erhielt nur Boniturnote 7. Der Rückschlag durch die 34-tägige Kühlphase zeigte sich auch im

Entwicklungsstadium, das durchschnittlich bei BBCH 13 lag, und in der Pflanzenlänge, die im Schnitt 19 cm betrug. In der Variante D stieg die Anzahl der Genotypen mit Kälteschäden und hoher Boniturnote von 1 auf 13, wobei hier erstmals auch die Boniturnoten 8 und 9 vergeben wurden. Die Hälfte der Genotypen lag im Mittelfeld. Immerhin wurden sieben Sorten, trotz der langen kühlen Phase von 41 Tagen, mit den Boniturnoten 1 bis 3 bewertet.

Bereits 2013 hatte die Mehrheit der aufgelaufenen Sorghumpflanzen unter den kühlen Bedingungen um 12 °C ein chlorotisches Erscheinungsbild (Abbildung 32), das mit Ausnahme der Variante A auch 2014 wieder auftrat. Während es 2013 nach einer dreißigtägigen Exposition bei durchschnittlich 12 °C und einer Erholungsphase bei 15 °C bei 16 der insgesamt 50 Genotypen zu einem Totalausfall (Boniturnote 8 oder 9) kam, konnten unter den Versuchsbedingungen 2014 lediglich in Variante D (41 kühle Tage) Ausfälle beobachtet werden. In Variante B (26 kühle Tage) und Variante C (34 kühle Tage) wurden alle Genotypen mit Boniturnoten besser als 8 bewertet. Dies bekräftigt die Beobachtung, dass sich die Sorghumpflänzchen durch die höhere Temperatur der Erholungsphase von 22 °C bis zum Versuchsende wieder erholten, und bestätigt damit ebenfalls die Vermutungen aus dem Vorjahr. In Variante D konnten sich nicht alle Pflanzen von den Schäden der langen Kältephase regenerieren, sodass es in acht der insgesamt 40 Genotypen zum Totalausfall kam. Offen bleibt die Frage, ob sich durch eine Verlängerung der Erholungsphase der Variante D noch mehr Pflanzen von den Kälteschäden erholen hätten.

Insgesamt können auf Basis des Gewächshausversuchs 2014 sieben Genotypen als ausgesprochen kühltolerant eingestuft werden. Sie erzielten aufgrund eines hohen Feldaufgangs und geringen Kälteschäden in allen vier Varianten gute Boniturnoten. Damit sind sie vor allem in spätfrostgefährdeten und kälteren Lagen für den Anbau geeignet. Besonders auffallend war der Genotyp ASM 7-018, der unter allen Temperaturregimen mit der Boniturnote 1 bewertet wurde. Selbst mit einer langen kühlen Phase von 41 Tagen erzielte er einen Feldaufgang von 100 % und eine Boniturnote für die Schwere der Stresssymptome von 1,8. Damit scheint er eine außerordentlich gute Kühltoleranz aufzuweisen, die gerade in spätfrostgefährdeten oder kälteren Lagen sehr gefragt ist. Auch die Sorte RGT Guepard erzielte in den Varianten A, B und C beste Ergebnisse. Erst nach einer länger anhaltenden Kälte wie in Variante D verschlechterte sich ihre Konstitution. Im Gegensatz dazu wurden in den Versuchen jedoch auch Sorten ermittelt, die in allen vier Anlagen nur schlecht mit den kühlen Bedingungen zurechtkamen und letztendlich unter den Bedingungen der Variante D ausfielen.

6.3 Gewächshausversuch zur Ermittlung der Anfälligkeit gegenüber *Rhizoctonia solani*

Rhizoctonia solani ist ein ubiquitär verbreiteter Pilz, der an zahlreichen Wirtspflanzen unterschiedliche Krankheitssymptome verursachen kann [46]. Die Wirtsspezifität von Isolaten deckt sich im Wesentlichen mit deren Zugehörigkeit zu Anastomosegruppen

(AG), wobei im Fall von Sorghum laut Literatur AG 1-IA und AG 2-2IIIB relevant sind. AG 1-IA wird als Verursacher der „sheath blight“ u. a. an Sorghum beschrieben [22] [41], die in Deutschland bislang noch nicht beobachtet worden ist. Für bayerische Anbaubedingungen von Belang ist die AG 2-2IIIB, die u. a. die Späte Rübenfäule an Zuckerrüben verursacht, aber auch an Maiswurzeln schädigen kann [64]. In einem Projekt an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) werden ackerbauliche Maßnahmen im Hinblick auf die Populationsdynamik des bodenbürtigen Erregers der Späten Rübenfäule untersucht, wobei auch der Einfluss von Mais und Sorghum auf das Erregerpotenzial innerhalb einer Fruchtfolge mit Zuckerrübe betrachtet wird [5] [Dr. Barbara Boine, LfL, mündliche Mitteilung].



Abbildung 35: Parasitäres Lager von Mais nach künstlicher Inokulation mit *R. solani* AG2-2IIIB auf einer Versuchsfläche der LfL

Auf einem Versuchsfeld der LfL bei Plattling ist mit zusätzlicher Bodeninokulation von AG 2-2IIIB gearbeitet und das Erscheinungsbild der Späten Rübenfäule in Zuckerrüben sowie des parasitären Lagers in Mais und Sorghum bonitiert worden. Es wurde im Mais nesterweise Lager beobachtet (Abbildung 35), das auf extrem geschädigte Wurzeln mit den klassischen *Rhizoctonia*-Symptomen zurückgeführt werden konnte (Abbildung 36). Das Lager in Sorghum war nicht immer zweifelsfrei einem Erregerbefall zuzuordnen, jedoch konnte in den Beständen mit Wurzelfäule eindeutig *Rhizoctonia* als Verursacher ermittelt werden. Die Wurzelverbräunungen waren abgesehen von einigen wenigen Exemplaren (Abbildung 36) weniger intensiv als beim Mais, jedoch wurden im nächsten Versuchsjahr 2014 gleich hohe Befallswerte von Sorghum wie bei Mais festgestellt [Anne-Catherine Renner, LfL, mündliche Mitteilung].



Abbildung 36: Stark durch *Rhizoctonia* geschädigte Wurzel von Mais (links) und Sorghum (rechts)

Auf dem TFZ-Versuchsstandort im Zuckerrübenanbaugebiet des Straubinger Gäus konnte ein eindeutig durch *Rhizoctonia* induziertes Lager an Sorghum noch nicht beobachtet werden. Im Jahr 2007 wurden vom Lehrstuhl für Phytopathologie der Technischen Universität München 270 Wurzelproben aus lagernden Sorghumbeständen von den Standorten Euerhausen und Straubing, beide in Gebieten mit einem hohen Anteil an Zuckerrüben in der Fruchtfolge, untersucht. Der Erreger konnte nur aus einer Probe isoliert werden [44]. Es ließen sich keine Hinweise darauf finden, ob die Proben gezielt von Pflanzen mit sichtbaren Wurzelverbräunungen genommen worden sind bzw. welcher AG der einzelne *Rhizoctonia*-Fund zuzuordnen war.

2012 wurde erstmals von schwerem parasitären Lager in sonst standfesten kurzen Körnersorghumsorten aus dem Schwarzwald berichtet [29]. Im Befallsjahr war es in dieser Region überdurchschnittlich nass, es hatten sich Schübe von viel Regen und Wärme abgewechselt. Auf Nachfrage bei Raphael Maurath, Landwirtschaftsamt Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald, kam der Befall auf etlichen Praxisschlägen vor. Teilweise hatte es Befallsnester gegeben, in schweren Fällen waren ganze Felder mit bis zu 95 % der Pflanzen betroffen. Die umgefallenen Pflanzen wiesen schwarze Wurzeln auf und Dr. Jan Hinrichs-Berger, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart, konnte von den eingeschickten Proben *Rhizoctonia* isolieren. Maurath zufolge zeichneten sich Sortenunterschiede ab, was sich allerdings aufgrund der geringen Anzahl an angebauten Sorten nicht schlussendlich bestätigen oder widerlegen ließ. An der LfL wurden 2013 Befallsproben aus dieser Region untersucht. Mit einer Ausnahme konnte auf allen Pflanzenproben *Rhizoctonia* nachgewiesen werden. Daneben wurde eine Reihe weiterer pilzlicher, bodenbürtiger Schaderreger isoliert [Dr. Barbara Boine, LfL, mündliche Mitteilung].

Vor diesem Hintergrund wurde ein kleiner Gewächshausversuch zur Abklärung der mutmaßlichen Sortenunterschiede in der Anfälligkeit gegen *Rhizoctonia* in enger Kooperation mit Dr. Barbara Boine, LfL, durchgeführt. Dabei hat das TFZ auf Saatgutproben der Jahre 2007 bis 2013 genetisch extrem weit gefächerten Sorghummaterials zurückgegriffen, die LfL lieferte das erforderliche Inokulum eines Isolats der AG2-2IIIB. Die Virulenz der Pilzanzucht für diesen Versuch ist an der Zuckerrübe bestätigt worden. Mit der angegebenen Dosis wurde an 100 % der mit *Rhizoctonia* inokulierten Rübenpflänzchen das „damping off“ induziert (Abbildung 37).



Abbildung 37: Bestätigung der Virulenz des verwendeten Isolats der AG2-2IIIB an Zuckerrübe; links: gesunde Kontrollpflanzen, rechts: abgestorbene inokulierte Pflanzen mit den für *Rhizoctonia* typischen Wurzelhalseinschnürungen

An Sorghum war die Reaktion auf die *Rhizoctonia*-Inokulation unerwartet schwach. Während die gleiche Dosis an Zuckerrüben zu 100 % letal war, zeigte Sorghum eine vergleichsweise unauffällige Reduktion der oberirdischen Biomasse und mehr oder weniger ausgeprägte Wurzelverbräunungen, die jedoch in der Regel durch das weit verzweigte Wurzelsystem recht gut kompensiert werden konnten. Letalität an Sorghum kam nicht vor. Im Grad der Verbräunung der Wurzeln und in der Durchwurzelungsintensität des Ballens zeichneten sich zwischen den Arten und Nutzungstypen geringfügige Unterschiede ab, wobei die Durchwurzelung bei den nicht inokulierten Kontrollpflanzen eine ähnliche Rangfolge wie in Tabelle 28 ergab.

Danach zeigten die *S. bicolor*-Futtersorten die geringste Verbräunung bei intensivster Durchwurzelung. Am schwächsten waren die Wurzelsysteme bei den Körner- und den Zuckersorten von *S. bicolor* ausgeprägt, was ein geringeres Kompensationsvermögen im Falle von Wurzelschädigungen suggeriert. Stark durchwurzelt, jedoch auch am stärksten mit Verbräunung auf die Inokulation reagierend zeigten sich die Sorten der Art *S. bicolor* x *S. sudanense*. Wurzeln von bmr-Sorten verbräunten intensiver als von Nicht-bmr-Sorten, Unterschiede in der Durchwurzelung von bmr- zu Nicht-bmr-Material ließen sich indes nicht erkennen. In der Einzelbetrachtung der Genotypen ergibt sich ein nicht so klares Bild (Tabelle 62, Anhang). Zunächst ließen sich auch hier keine prinzipiellen, sondern allenfalls tendenzielle Unterschiede in der *Rhizoctonia*-Anfälligkeit erkennen. Dabei

gab es in jedem Sortiment Genotypen, die etwas weniger, und solche, die etwas stärker auf die Inokulation reagierten. Als vergleichsweise tolerant sind beispielhaft die Sorten KWS Santos (F), Fuego (K), Della (Z), Bovital (X) und BM R201 (bmr, X) zu nennen. Als weniger tolerant erwiesen sich beispielsweise Biomass 150 (F), Farmsugro 180 (K), Black Gold (Z), Lider (X) und Pampa Centurion (bmr, K). Dabei korrelierte die Schwere der Wurzelsymptome nicht immer mit der Beeinflussung der oberirdischen Biomasse. So wies die Sorte Gigant im Vergleich zu anderen zwar eine geringe Verbräunung der Wurzeln bei überdurchschnittlicher Durchwurzelung auf, doch war die Reaktion der oberirdischen Pflanzenteile auf die Inokulation hoch signifikant. Anders herum zeigte die Sorte Trudan Headless eine intensive Verbräunung mit unterdurchschnittlicher Durchwurzelung (Abbildung 38) ohne merklichen Einfluss auf die oberirdischen Wachstumsparameter.

Tabelle 28: Unterschiede in der Anfälligkeit gegen Rhizoctonia zwischen den Arten und Nutzungstypen von Sorghum; unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorghumarten bzw. -nutzungstypen

Arten und Nutzungstypen	Merkmal			
	Verbräunung in %		Durchwurzelung 1–5	
<i>S. bicolor</i> Futter (F)	43	a	3,7	c
<i>S. bicolor</i> Körner (K)	50	b	2,6	a
<i>S. bicolor</i> Zucker (Z)	52	bc	2,4	a
<i>S. bic.</i> x <i>S. sud.</i> (X)	56	c	3,5	b
bmr	57	a	3,1	a
nicht bmr	49	b	3,2	a

Als Schlussfolgerungen aus diesem einjährigen Gewächshausversuch sind abzuleiten: Parasitäres Lager durch Rhizoctonia in Sorghum kann auftreten, jedoch offenbar nur bei besonderer Prädisposition von Sorghum durch abiotische Faktoren oder/und durch ein Zusammenspiel mit anderen Schaderregern. Sorghum in Zuckerrübenfruchtfolgen sollte sicherheitshalber wie der Mais, aber keinesfalls strenger als dieser gehandhabt werden. Die existierenden Sortenunterschiede bieten eine gute Ausgangslage, sollte sich die Notwendigkeit einer Resistenzzüchtung ergeben. Das methodische Vorgehen zur Prüfung der Anfälligkeit hat sich bewährt, müsste jedoch noch justiert werden.

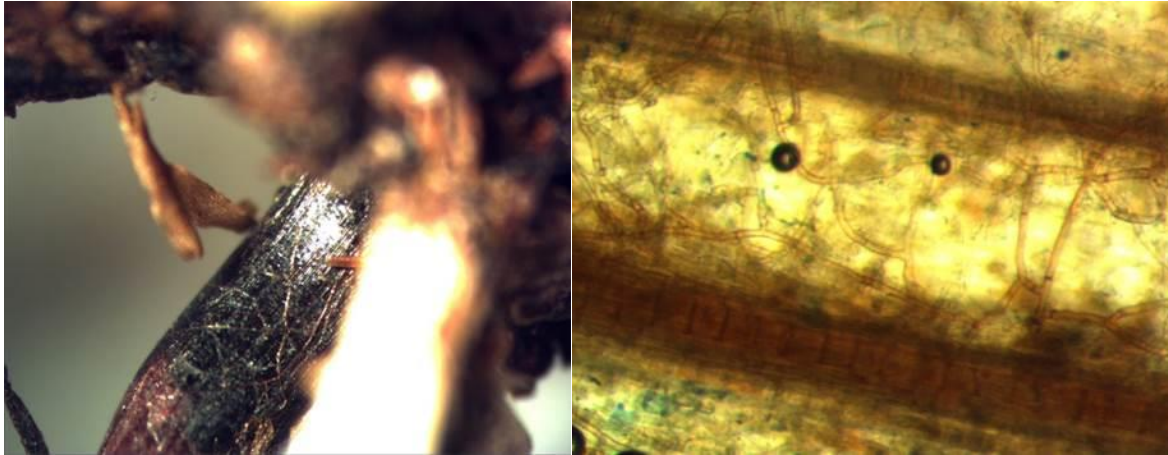


Abbildung 38: Wurzelverbräunung durch Rhizoctonia; links: makroskopische Aufnahme des Pilzmyzels, rechts: mikroskopische Aufnahme eines Quetschpräparats der Wurzelrinde mit den sich rechtwinklig verzweigenden Rhizoctonia-Hyphen

6.4 Ergebnisse des bayernweiten Sortenvergleichs

Der Versuch zur bayernweiten Anbaueignung verschiedener Sorghumsorten wird bereits seit 2007 vom TFZ durchgeführt, wobei Standorte und Sorten häufig wechseln. Im Jahr 2012 wurde der Versuch an den Standorten Euerhausen, NeuhoF, Straubing, AholFing und Haibach angelegt. Im Jahr 2013 kam der Standort Grub hinzu und das Sortenspektrum wurde von zehn auf zwölf Sorten erhöht. Dieser Umfang wurde auch 2014 beibehalten.

6.4.1 Ergebnisse 2012

Im Jahr 2012 wurden an den Standorten Euerhausen, Straubing, NeuhoF, AholFing und Haibach insgesamt zehn Sorghumsorten geprüft. Die Einzelergebnisse sind Tabelle 63 bis Tabelle 67 im Anhang zu entnehmen. An allen fünf Standorten wurde eine außerordentlich frühe Sorghumaussaat in der ersten Maidekade realisiert. Die zweite Maidekade war ausgesprochen kühl. Im Wärmesummenmodell stagnierten die Anstiege und so haben auch Wachstum und Entwicklung von Sorghum innegehalten. Bleibende Kälteschäden traten jedoch nicht auf. Ab Ende der zweiten Maidekade stiegen die Wärmesummen bis Ende August linear an und zusammen mit den gut verteilten Niederschlägen ergaben sich sehr gute Voraussetzungen für ertragreiche Sorghumbestände. Bereits mit dem Ende der ersten Septemberdekade verringerte sich der Anstieg der Wärmesummen, weniger drastisch im warmen Euerhausen, dafür umso deutlicher im kühlen Haibach. Hier fand ab der zweiten Oktoberdekade gar kein Anstieg mehr statt. Dementsprechend gab es auch kaum noch Bewegung in der Abreife der Pflanzen.

Von Februar bis Ende Mai war es in Euerhausen zu trocken. Der Feldaufgang des Anfang Mai gesäten Versuchs war deshalb ungleichmäßig, doch aufgrund der Ende Mai einsetzenden Niederschläge entwickelten sich die geschlossenen Bestände ohne sicht-

bare Mängel. Die Erntearbeiten fanden Ende September unter guten Bedingungen statt. Trotz des trockenen Frühjahrs war der Aufgang in Neuhoﬀ sehr gleichmäßig. Es wurden im gesamten Versuchsverlauf keine Mängel in der Entwicklung festgestellt. Die Aussaat in Straubing erfolgte unter optimalen Bedingungen. Die Bodenfeuchte war trotz der Trockenheit im Frühjahr ausreichend für einen guten Feldaufgang und die Ende Mai einsetzende wüchsige Witterung sorgte für eine zügige Pflanzenentwicklung. Es traten keine Mängel auf und auch die Ernte verlief problemlos. In Aholﬂing gab es weder bei der Aussaat noch beim Feldaufgang, der Jugendentwicklung oder der Abreife der Bestände Probleme. Lager trat in nur sehr geringem Umfang auf. In Haibach war der Auﬂauf zunächst ungleichmäßig, doch schon zum Ende des Schossens hatten sich die Unterschiede weitgehend verwachsen. Trotz der sehr langen Standzeit des Versuchs trat nahezu kein Lager auf. In einigen wenigen Parzellen hatten Wildschweine Tritts Spuren hinterlassen.

Insgesamt waren die Witterungsbedingungen im Jahr 2012 für Sorghum nahezu optimal. Es wuchsen an allen Standorten gute bis massige Bestände heran, die ohne große Verluste geborgen werden konnten. Selbst im kühlen Haibach im Vorderen Bayerischen Wald wurde zumindest im Durchschnitt der Prüfsorten der angestrebte TS-Gehalt von 28 % erreicht (Abbildung 39).

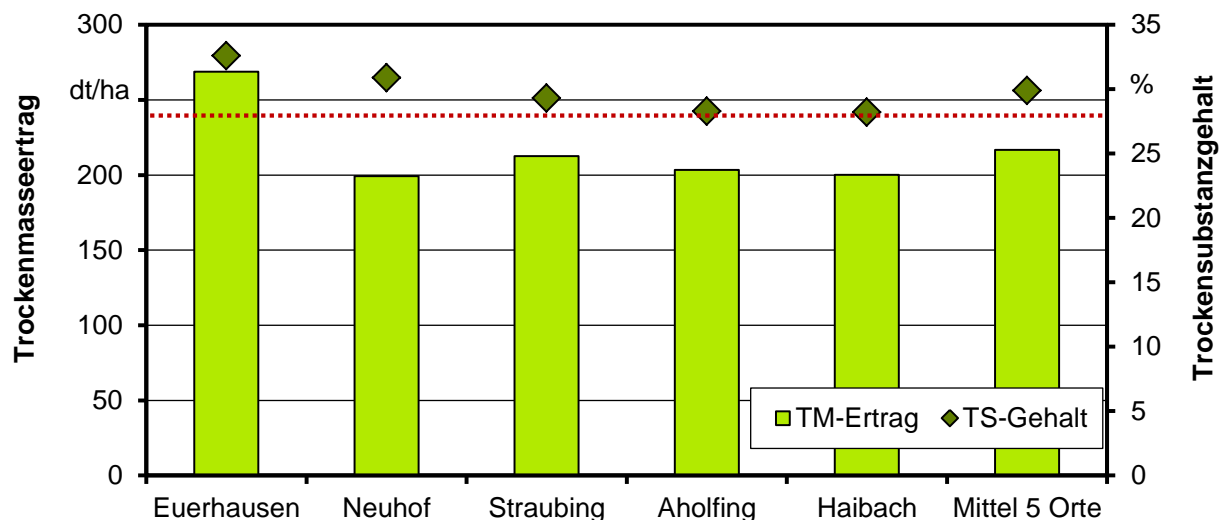


Abbildung 39: Bayernweiter Sortenvergleich – Standortmittel 2012

Die Sorten in Abbildung 40 und Abbildung 41 sind aufsteigend nach ihrem Abreifeverhalten sortiert. Abbildung 40 verdeutlicht, dass die früheren Sorten ertragsschwächer sind als die später reifenden. An vier Standorten lagen die Trockenmasseerträge der Prüfsorten nahe beieinander. In Euerhausen war das Ertragsniveau signifikant höher. Die Sortenunterschiede im Trockenmasseertrag (Mittel der 5 Orte als graue Säulen) konnten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % statistisch abgesichert werden.

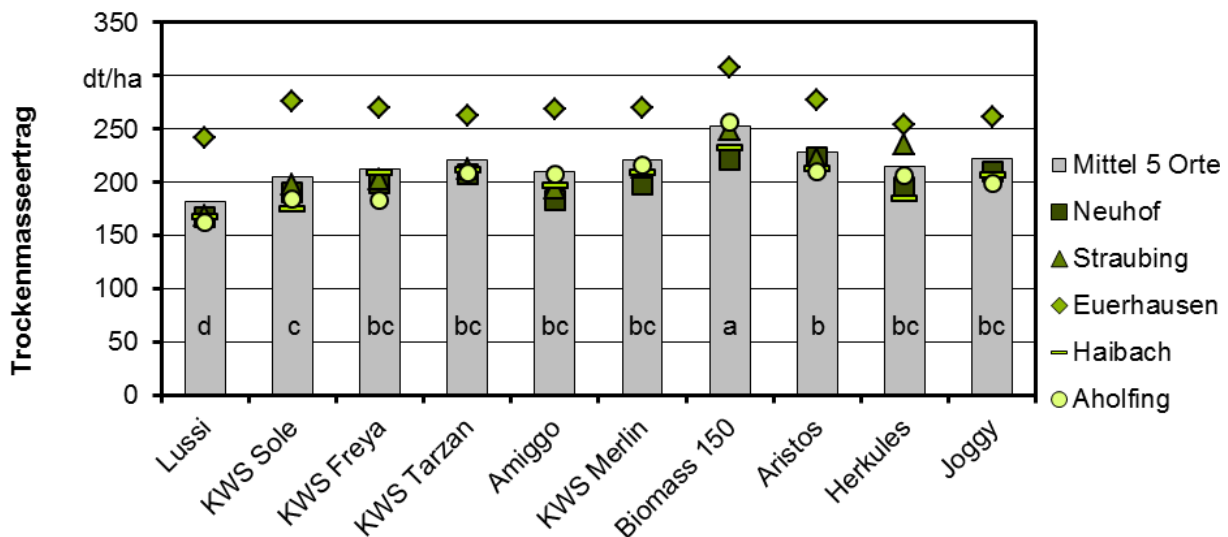


Abbildung 40: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockenmasseerträge 2012

Auch die Sortenunterschiede im Merkmal Trockensubstanzgehalt zur Ernte sind hoch signifikant (Abbildung 41). Sie spiegeln perfekt die Reifegruppenzugehörigkeit wider. Die mittelspäten Sorten erreichten nicht an allen Standorten den angestrebten TS-Gehalt von 28 %.

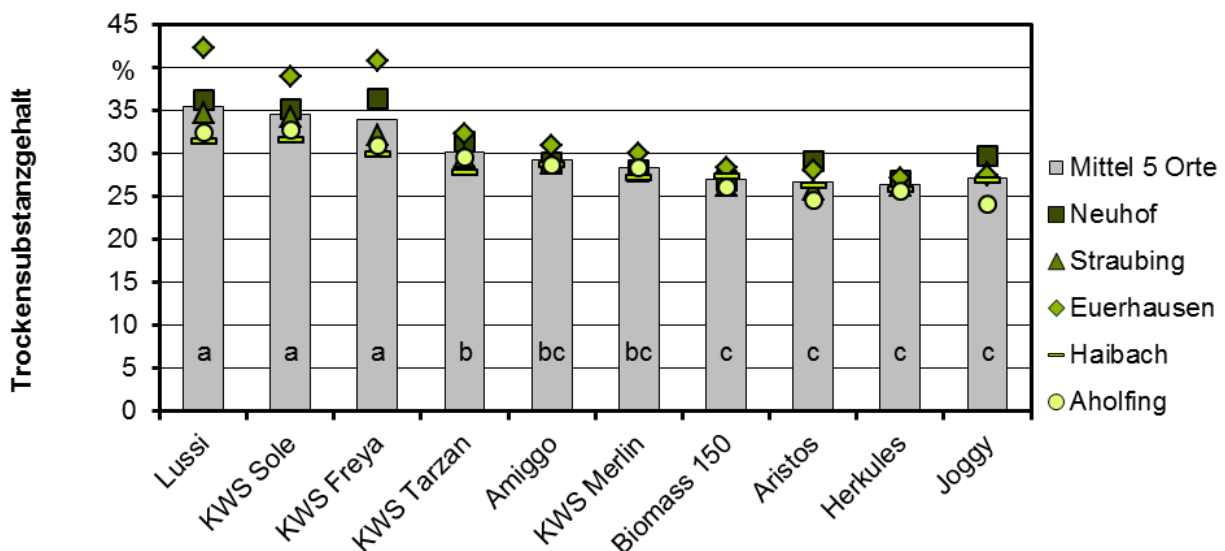


Abbildung 41: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockensubstanzgehalte 2012

Die Ertragsstabilität wird dargestellt als relativer Trockenmasseertrag jeder Prüfsorte zum jeweiligen mehrjährigen Standortmittel (Bezugsbasis = 100 %). Dabei lässt sich die Ertragsstärke durch die Lage möglichst weit oberhalb des 100-%-Niveaus identifizieren. Darüber hinaus ist eine Sorte in ihrer Ertragsleistung umso zuverlässiger, je geringer die Streuung zwischen den Versuchsstandorten ausfällt.

Die bereits in den Vorjahren führende Sorte Biomass 150 lag an allen Standorten deutlich über dem Mittel der Prüfsorten. Auch der neue Stamm EUR 221F erwies sich als ertragsstark. Im Ertragsniveau dicht beieinander und nahe der Bezugsbasis von 100 % lagen die Sorten KWS Tarzan und KWS Merlin sowie Stamm RSH 1192. Etwas stärker gestreut haben die Sorten KWS Sole, KWS Freya und Herkules. Die mit Abstand am frühesten reifende Sorte Lussi erreichte 2012 einen Durchschnittsertrag von 80 bis 90 % der Standortmittel (Abbildung 42).

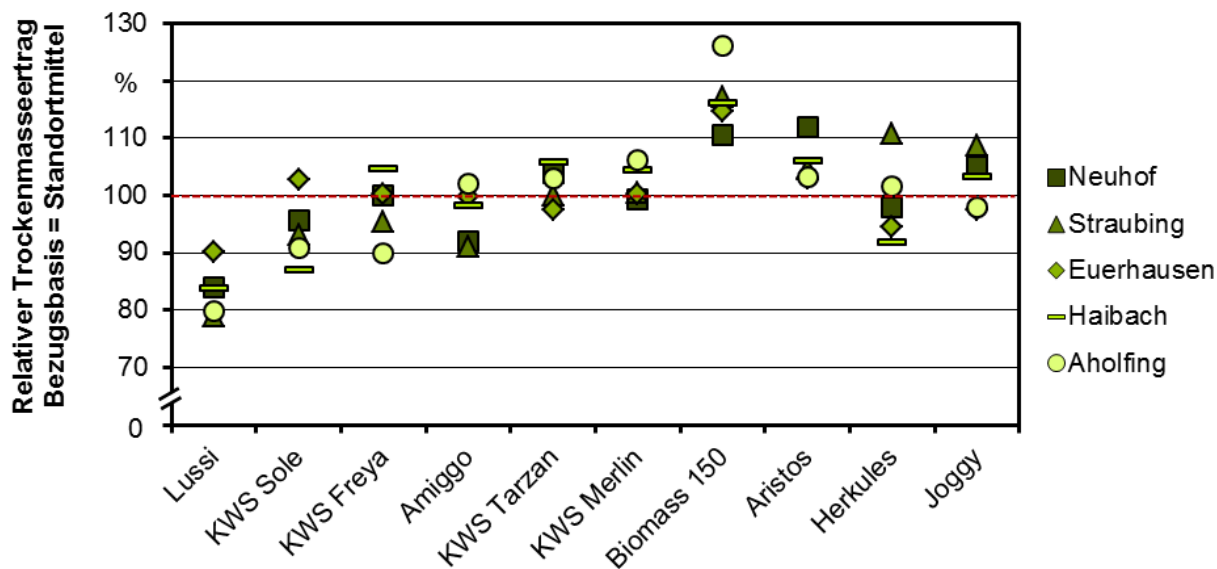


Abbildung 42: Bayernweiter Sortenvergleich – relative Trockenmasseerträge 2012

6.4.2 Ergebnisse 2013

Im Versuchsjahr 2013 kam der Standort Grub mit seinen flachgründigen, kiesigen Böden hinzu und das Sortenspektrum wurde auf zwölf Sorten ausgedehnt. Die Aussaat der Versuche erfolgte in Euerhausen und Neuhof bereits in der ersten Maidekade. Unter den herrschenden nasskalten Bedingungen waren Feldaufgang und Jugendentwicklung so zögerlich, dass kurzzeitig sogar Umbruch und Neuansaat erwogen wurden. Die Aussaat in Straubing, Aholting und Grub fand etwa eine Woche später statt. Allerdings war an den fünf Standorten bis zum 5. Juni immer noch so gut wie kein Anstieg der Wärmesumme oberhalb der für das Wachstum von Sorghum erforderlichen Basistemperatur zu verzeichnen, sodass die Pflanzen, gerade aufgelaufen, drei bis vier Wochen lang im BBCH 11 bis 13 verharren.

Der Feldaufgang wurde an vier der sechs Standorte erhoben (Tabelle 29). Er war besonders schwach in Straubing und Aholting. Das im Vergleich dazu recht gute Abschneiden der Sorten in Haibach ist auf die an diesem Standort erfolgte späte Saat in einer ausgesprochen wüchsigen Periode zurückzuführen. Besonders positiv ist im Mittel über die Standorte die Sorte Aristos aufgefallen und am schwächsten schnitt Herkules, gefolgt von KWS Sole ab. Die jungen Pflanzen der Sorte KWS Freya zeigten unter allen Keim-

bedingungen eine mehr oder weniger intensive violette Färbung, die keine Reaktion auf Stress, sondern ein Sortenmerkmal ist. Die Färbung kann bis BBCH 13 bis 15 sichtbar bleiben, bis sie schließlich nachlässt und verschwindet.

Tabelle 29: *Feldaufgang an den Standorten Aholting, Straubing, Haibach und Grub 2013*

Sorte	Feldaufgang in %			
	Aholting	Straubing	Haibach	Grub
Lussi	56	54	82	77
KWS Freya	47	55	78	65
KWS Sole	50	47	70	70
KWS Santos	61	51	70	78
KWS Tarzan	63	74	70	72
Amiggo	72	61	95	68
KWS Merlin	55	71	79	73
Biomass 150	72	74	98	70
Aristos	83	72	97	76
Herkules	55	56	64	57
Joggy	63	77	81	87
PR823F	74	65	83	68
Standortmittel	63	63	81	72

Mit Ausnahme von Euerhausen gab es im Juni noch einmal eine kurze Periode mit mehr oder weniger ausgeprägten Niederschlägen, ansonsten war es bis in die erste Augustdekade viel zu trocken. Die Trockenheit war von hohen Temperaturen begleitet. Bereits in der ersten Septemberdekade verringerte sich überall der Anstieg der Wärmesumme und die Abreife der Pflanzen verlangsamte sich. In dieser Zeit war an allen Standorten ein massives Auftreten von Blattflecken zu beobachten. Am Institut für Pflanzenschutz der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurde aus diesen Blattflecken der bakterielle Erreger *Pseudomonas syringae* isoliert. Die Versuche in Straubing und Aholting wurden unmittelbar vor dem Eintritt der ersten Nachtfröste am 1. Oktober geerntet. An den anderen Standorten konnte erst in der zweiten Oktoberdekade geerntet werden.

Insgesamt waren die Bedingungen für Sorghum im Versuchsjahr 2013 an allen Standorten denkbar ungünstig. Auch wenn die Böden zur Aussaat im frühen Mai gerade so befahrbar waren, führten die andauernden Niederschläge zum Verschlämmen der Saat, was große Lücken im Bestand hinterließ (Euerhausen, Neuhof). In der trockenheißen Phase von Mitte Juni bis in die erste Augustdekade kam es auf den leichten Standorten zu einer unzureichenden Verfügbarkeit des ausgebrachten N-Düngers und damit zu schweren Mangelsymptomen. Der in dieser Zeit steile Anstieg der Wärmesumme konnte infolge akuten Wassermangels nicht für eine entsprechende Biomasseproduktion genutzt werden. Sowohl die erreichten Pflanzenhöhen als auch die Erträge blieben auf den

drei leichten Standorten unterdurchschnittlich (Aholting, Grub, Haibach). Das Vegetationsjahr begann für Sorghum sehr spät und fand durch den schon Anfang Oktober mit Nachtfrösten hereingebrochenen Herbst ein frühes Ende. An allen Standorten blieb die Wärmesumme deutlich unter den für die Siloreife der mittelspäten Sorten erforderlichen 1000 °C. Die Einzelergebnisse sind Tabelle 68 bis Tabelle 73 im Anhang zu entnehmen.

Das erreichte Ertragsniveau differierte zwischen den Standorten erheblich (Abbildung 43). Besonders auf den leichten bzw. wenig tiefgründigen Böden in Aholting, Grub und Haibach fehlte das Wasser in der wärmsten Phase des Sommers, sodass die vegetative Entwicklung trotz ausreichender Temperaturen ungewöhnlich langsam verlief. Hier wurden die Grenzen der Trockenheitstoleranz von Sorghum deutlich. Es verwelkte zwar nicht, legte aber im wahrsten Sinne des Wortes einen Wachstumsstopp ein. Einen Anteil an den geringen Erträgen auf diesen Standorten dürfte auch die Unterversorgung mit Stickstoff gehabt haben, die auf die schlechte Nährstoffverfügbarkeit infolge der Trockenheit zurückzuführen war.

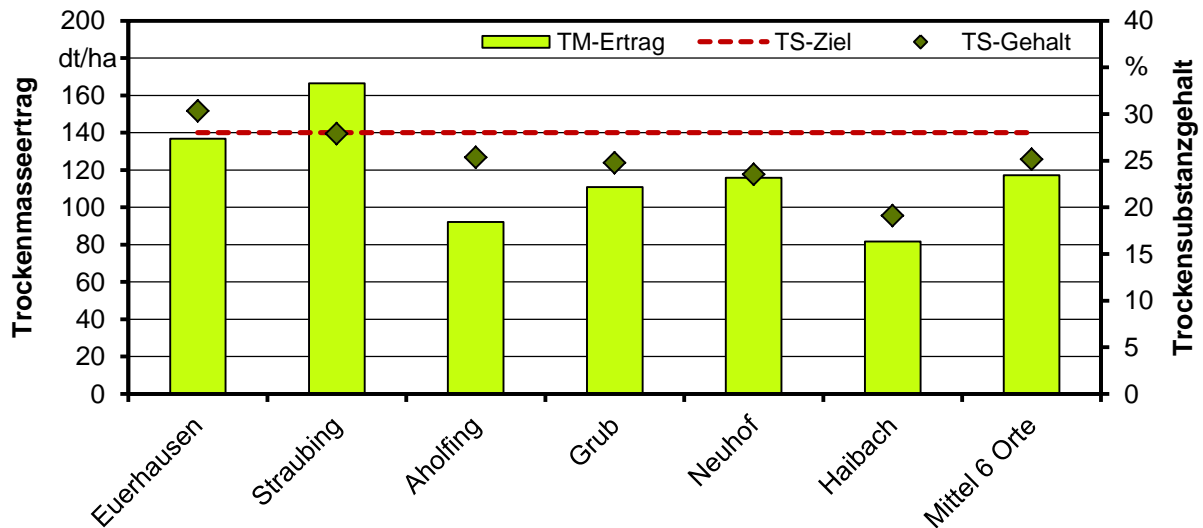


Abbildung 43: Bayernweiter Sortenvergleich – Standortmittel 2013

Die Sorten in Abbildung 44 sind aufsteigend nach ihrem Abreifeverhalten sortiert. Anders als im Vorjahr lagen die Erträge an den einzelnen Standorten weit auseinander, in Straubing und Euerhausen war das Ertragsniveau signifikant höher. Die Sortenunterschiede im Trockenmasseertrag (Mittel der 6 Orte als graue Säulen) konnten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % statistisch abgesichert werden.

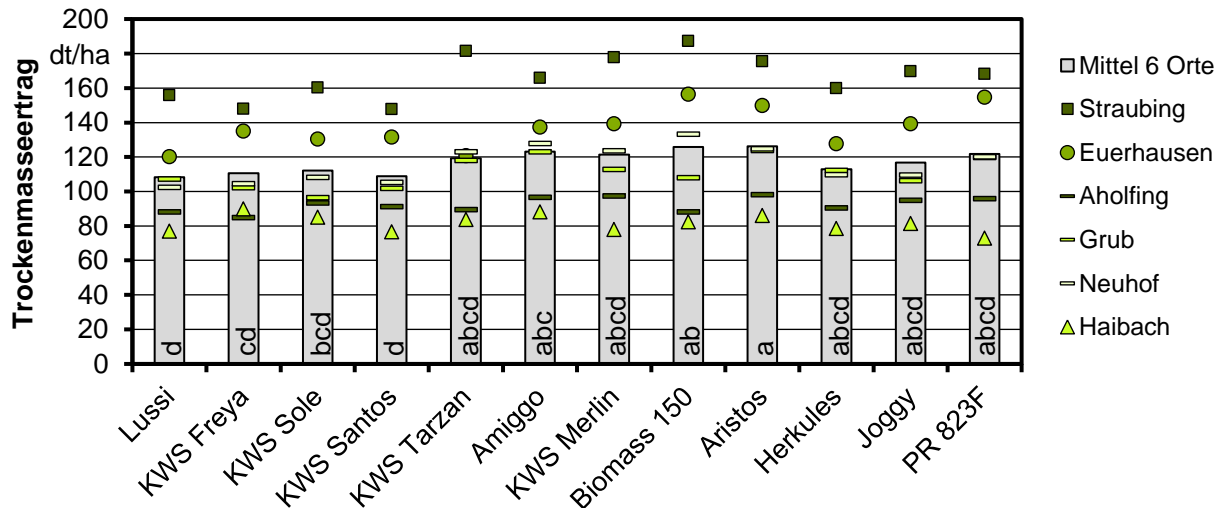


Abbildung 44: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockenmasseerträge 2013

Die Sortenunterschiede im Merkmal Trockensubstanzgehalt zur Ernte sind dagegen hoch signifikant (Abbildung 45). Danach ist Lussi immer noch die früheste Sorte in der Reifegruppe 1. KWS Sole war im Jahr zuvor etwas früher als KWS Freya eingeschätzt worden. In 2013 zeigten beide Sorten ein ähnliches Abreifeverhalten. KWS Santos war nach dem ersten Anbau im Jahr 2012 in Straubing als mittelfrüh angesprochen worden, nach den ab 2013 vorliegenden mehrortigen Ergebnissen unterschied sie sich jedoch signifikant von RG 3, dagegen nicht von den Sorten KWS Tarzan und Amiggo aus RG 4. Auch der RG 4 zugehörig ist KWS Merlin, die sich nicht signifikant von Amiggo und KWS Tarzan, jedoch signifikant von KWS Santos unterschied. Die Sorten der RG 5 bildeten ein statisch klar abgegrenztes Cluster. An allen Standorten war die Wärmesumme für die ertragsstarken Sorten der RG 5 nicht ausreichend zum Erreichen von mindestens 28 % TS-Gehalt. Dass diese Sorten in Euerhausen diese Grenze dennoch fast erreichten, mag an der drei Wochen dauernden Standzeit des Versuchs nach dem ersten Frostergebnis gelegen haben. Der Frost hatte bei Sorghum massive Schädigungen des Pflanzengewebes hinterlassen.

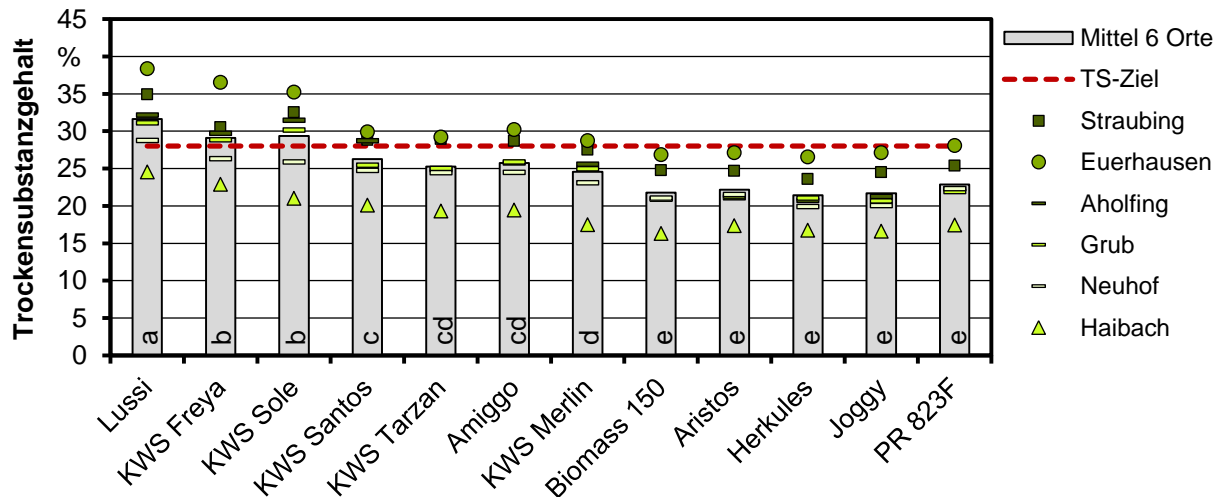


Abbildung 45: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockensubstanzgehalte 2013

Die Streuung der meisten Sorten war im Jahr 2013 erheblich (Abbildung 46). Mit einer geringen Schwankung und deutlich über der 100-%-Linie an allen Standorten stach nur die Sorte Aristos hervor, gefolgt von Amiggo. Die leistungsstarke Biomass 150 konnte dagegen nur auf den besseren Standorten ihr Ertragspotenzial entfalten, auf den leichteren Böden kam sie weniger gut zurecht. Joggy war in den frühen Stadien bis etwa zum BBCH 35 auffallend langsam. Dennoch erreichte sie an fast allen Standorten die 100-%-Linie und wurde als gut standfest bonitiert. Nur am Standort Haibach fiel auch die mittelspäte Sorte PR823F durch eine sehr langsame Jugendentwicklung auf und konnte diese den Verzug in der kurzen verbleibenden Zeit offensichtlich nicht mehr aufholen. Auch nur in Haibach zeigten sich die mittelfrühen Sorten KWS Freya und KWS Sole den mittelspäten leicht überlegen. Die frühe Sorte Lussi hat dort als einzige Sorte stark gelagert und entsprechend hoch waren die Ernteverluste. Eine Erklärung für ihr Umfallen konnte nicht gefunden werden. KWS Santos als derzeit früheste reine *S. bicolor*-Sorte bestach an allen Standorten durch eine gute Standfestigkeit, konnte aber ertraglich nicht überzeugen. Allerdings wird sie im Gegensatz zu den anderen frühen und mittelfrühen Sorten, die alle der Art *S. bicolor* x *S. sudanense* angehören, empfehlungsgemäß mit einer niedrigeren Saatstärke als diese angebaut, was sich nicht unwesentlich auf den potenziellen Ertrag auswirken dürfte. In den meisten Fällen waren die großen Streuungen der Sorten auf den schlechten Feldaufgang und unterschiedlich stark ausgeprägtes Lager zurückzuführen.

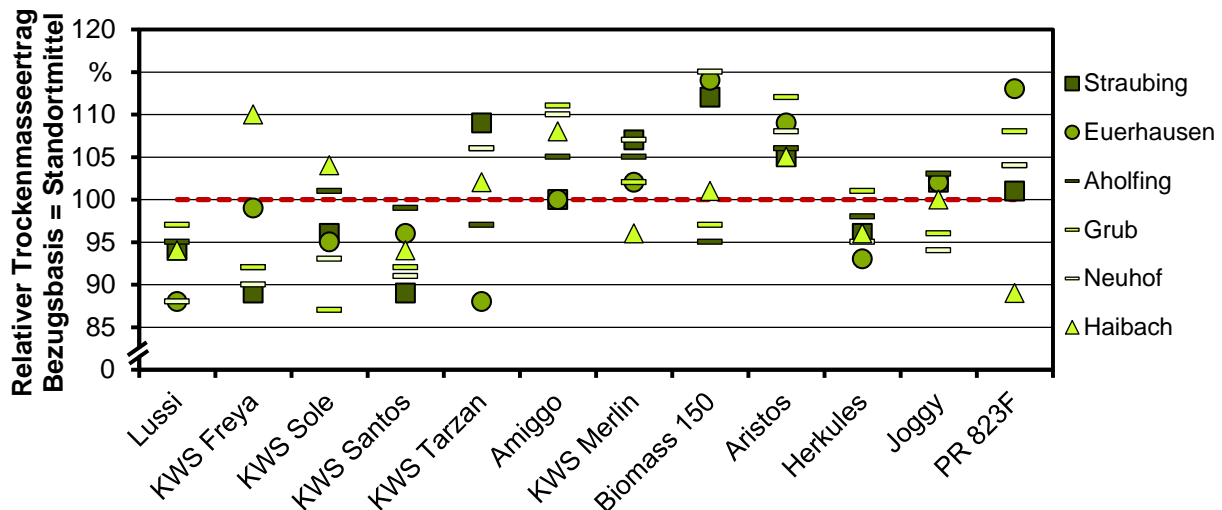


Abbildung 46: Bayernweiter Sortenvergleich – relative Trockenmasseerträge 2013

6.4.3 Ergebnisse 2014

Im Versuchsjahr 2014 wurde der Sortenversuch in Euerhausen und Neuhof zwar fristgerecht angelegt, doch konnte seine Auswertung nicht erfolgen. In Euerhausen war bereits der Feldaufgang so schwach, dass eine Umbruchentscheidung getroffen werden musste. Für eine Neuansaat war die Zeit bereits zu weit vorangeschritten. In Neuhof hatte ein Starkniederschlag im Oktober den gesamten Versuch so stark ins Lager gedrückt, dass die Ergebnisse der unter hohen Verlusten eingebrachten Ernte nicht wertbar waren. In Aholting wurde am 15. Mai ausgesät. In BBCH 12 trat jedoch ein Schaden durch Drahtwürmer auf, sodass nach Umbruch eine Neuansaat am 12. Juni 2014 erfolgte. Dadurch war die Standzeit des Versuchs hier auf lediglich 106 Tage begrenzt.

Der Feldaufgang ergab in der Kombination Sorte x Standort kein sehr einheitliches Bild. Insgesamt schlecht war er in der Neuansaat am Standort Aholting. Werden nur die Durchschnitte für die fristgerechten Saaten an den Standorten Grub, Straubing und Haibach betrachtet, zeichnete sich die Sorte Biomass 150 mit einem Feldaufgang von knapp über 80 % aus (Tabelle 30). Über 70 % erreichten Herkules, Lussi, KWS Freya, KWS Merlin, Aristos und Joggy. Im Bereich über 60 bis fast 70 % lagen Amiggo, KWS Sole und KWS Tarzan, KWS Santos blieb unter 60 %. Die jungen Pflanzen der Sorte KWS Freya zeigten unter allen Keimbedingungen eine mehr oder weniger intensive violette Färbung, die keine Reaktion auf Stress, sondern ein Sortenmerkmal ist. Die Färbung kann bis BBCH 13 bis 15 sichtbar bleiben, bis sie nachlässt und verschwindet.

Tabelle 30: *Feldaufgang an den Standorten Aholfing, Straubing, Haibach und Grub 2014*

Sorte	Feldaufgang in %			
	Aholfing	Straubing	Haibach	Grub
Lussi	51	82	73	72
KWS Freya	47	66	67	80
KWS Sole	47	54	83	58
KWS Santos	38	59	51	60
KWS Tarzan	56	66	50	72
Amiggo	50	89	56	61
KWS Merlin	55	78	77	66
Biomass 150	48	84	61	97
Aristos	54	86	63	71
Herkules	57	84	75	74
Joggy	59	93	61	69
PR823F	47	73	71	69
Standortmittel	51	76	66	71

Das Frühjahr 2014 begann zwar mild und trocken, doch im Mai lagen die Temperaturen unter und die Niederschläge weit über dem mehrjährigen Durchschnitt der Standorte. Der frühen Aussaat in Straubing am 8. Mai folgten sehr kühle Tage, an denen die Basistemperatur für Sorghum kaum überschritten wurde. Der Auflauf erfolgte dadurch leicht verzögert, doch recht gleichmäßig. Unmittelbar nach den Saaten Mitte Mai in Haibach und Grub setzte eine wärmere Phase ein, sodass der Auflauf hier zügig vonstattenging. Nach einer kurzen kühlen Woche mit ergiebigen Niederschlägen Ende Mai kam das Streckungswachstum in der nachfolgenden Wärme Anfang Juni an allen Standorten zunächst gut in Schwung. Abgebremst wurde es durch die langanhaltende Trockenheit bis in die erste Juliwoche hinein, in der zwar die Temperaturen, nicht aber das Wasserangebot für einen üppigen Massezuwachs gegeben waren. Einem ausgesprochen kühlen und nassen August folgte ein langer milder Herbst. Weil im Einflussbereich der Donau an den Standorten Aholfing und Straubing bereits früh im Herbst mit ganztägig tropfnassen Beständen infolge anhaltend dichten Nebels gerechnet werden muss, wurde hier die Ernte bereits für Ende September anberaumt. Die Versuche in Haibach und Grub blieben bis in den Oktober hinein stehen und konnten so noch vom Anstieg der Temperatursumme um weitere 40 bis 50 Gradeinheiten profitieren. Die Witterungsbedingungen zur Ernte waren an allen Standorten gut.

Die Einzelergebnisse sind Tabelle 74 bis Tabelle 77 im Anhang zu entnehmen. Am Standort Straubing ließ sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Reifegruppenzugehörigkeit der Sorten und ihren TM-Erträgen erkennen. Ganz klar überragten die Vertreter der RG 5, wie Biomass 150, Joggy, Herkules und Aristos, die Ertragsleistung von Lussi, KWS Sole, KWS Freya und KWS Santos aus den RG 1 bis 3. Umgekehrt warteten Letztere mit hohen TS-Gehalten weit oberhalb von 28 % auf. Auch die Sorten der RG 4 Amiggo, KWS Tarzan und KWS Merlin erreichten den TS-Gehalt von 28 %. Lager

trat nicht auf. Die Sorten Lussi und KWS Freya waren lediglich etwas stärker geneigt, ohne jedoch die Erntearbeiten zu beeinträchtigen.

Aufgrund der extrem kurzen Standzeit des Versuchs in Aholting von nur 106 Tagen mit einer Wärmesumme von Aussaat bis Ernte von 720 °C konnten sich keine nennenswerten Ertragsunterschiede zwischen den Sorten herauskristallisieren. Auch die TS-Gehalte blieben unterdurchschnittlich. Lediglich Lussi aus RG 1 kam dem angestrebten TS-Gehalt nahe. Trotz der z. T. hohen Lagerboniturnoten verlief die Ernte ohne Stockungen und nahezu verlustfrei.

Auch in Grub waren die Unterschiede der Reifegruppen im TM-Ertrag nicht so markant ausgeprägt, wohl aber im TS-Gehalt. Offenbar begrenzten die spezifischen Standortfaktoren (flachgründige, sorptionsschwache Böden mit geringem Stickstoffnachlieferungsvermögen) das Ertragsniveau der leistungsstarken Sorten höherer Reifegruppen. Die unterdurchschnittlichen Leistungen von KWS Tarzan in den Merkmalen TM-Ertrag und TS-Gehalt waren auf frühes und starkes Lager infolge von „Green Snapping“ (Abknicken der Halme an den Nodien) durch einen Starkregen mit Sturmböen am 2. August zurückzuführen. Angebrochene Halme wuchsen zwar zum Teil wieder zusammen, ein ausgeprägter Knick blieb aber erhalten, was die Erntearbeiten erschwerte.

Die Versuchsbedingungen in Haibach (frühe Aussaat, lange Standzeit im Herbst und eine mit Straubing vergleichbare Wärmesumme) ermöglichten ein für den leichten Boden ausgesprochen gutes Leistungsniveau von Sorghum. Ähnlich wie in Straubing ergab sich eine gute Korrelation zwischen der Reifegruppenzugehörigkeit der Sorten und ihren TM-Erträgen. Alle Sorten der RG 1 bis 4 erreichten 28 % TS-Gehalt, die Sorten der RG 1 bis 3 lagen sogar deutlich darüber.

Das mittlere Ertragsniveau differierte zwischen den Orten zwar nicht so stark wie im Vorjahr, doch ließen sich auch 2014 die Standortunterschiede ausmachen (Abbildung 47). In guter Gäulage am Standort Straubing wurden erwartungsgemäß die höchsten Erträge erreicht. Aber auch auf dem leichten Standort Haibach im Vorderen Bayerischen Wald konnten sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Trotz ähnlich langer Standzeit des Versuchs wie in Haibach lag das Ertragsniveau in Grub leicht darunter. Limitierend schienen hier neben der Sorptionsschwäche des flachgründigen Bodens die deutlich geringeren Summen an Wärme und Sonnenstunden zu sein. Die unterdurchschnittlichen Ergebnisse am Standort Aholting lassen sich mit der kurzen Standzeit des Versuchs infolge von Umbruch und Neuansaat erklären.

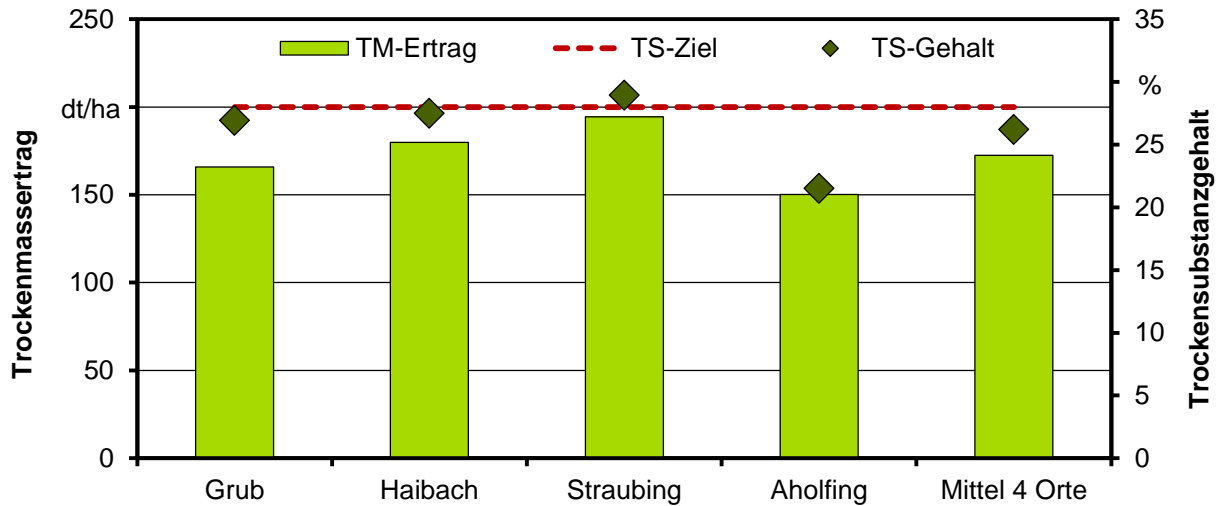


Abbildung 47: Bayernweiter Sortenvergleich – Standortmittel 2014

Die Sortenmittel über die vier Orte ließen keine signifikanten Unterschiede im Merkmal TM-Ertrag erkennen (Abbildung 48, graue Säulen). Es ließ sich lediglich die Tendenz eines Anstiegs von der Sorte Lussi (RG 1) über KWS Sole (RG 3) und Amiggo (RG 4) bis hin zu den Vertretern der RG 5, wie Biomass 150, Aristos, Herkules und Joggy, ausmachen. Die gute Korrelation zwischen Reifegruppe und TM-Ertrag an zwei der Standorte (Straubing, Haibach) wurde durch die fehlende Ausdifferenzierung des Ertragsniveaus der Reifegruppen an den zwei anderen Standorten (Grub, Aholfing) verwässert.

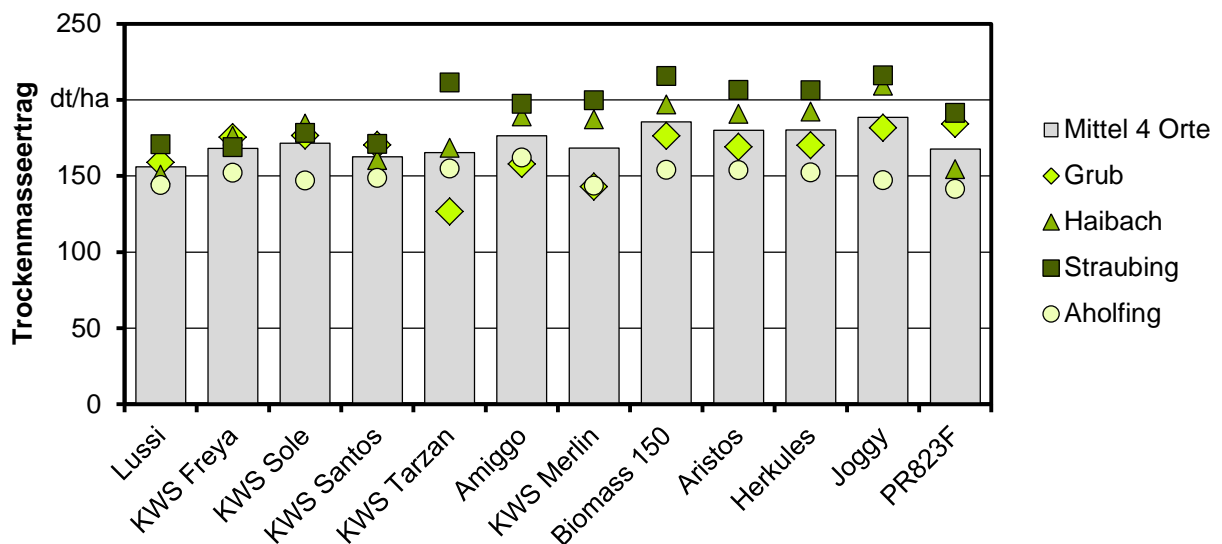


Abbildung 48: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockenmasseerträge 2014

Die Sortenunterschiede im Merkmal TS-Gehalt zur Ernte waren dagegen hoch signifikant (Abbildung 49). Danach ist Lussi immer noch die früheste Sorte und die einzige in RG 1.

KWS Sole war 2014 etwas früher als KWS Freya, was jedoch ihre gemeinsame Zuordnung zu RG 3 nicht infrage stellt. KWS Santos ist dagegen nach nunmehr zweijährigen mehrortigen Vergleichen eher der RG 4 als der RG 3 zuzuordnen. Auch die anderen Vertreter der RG 4, wie KWS Tarzan, Amiggo und KWS Merlin, grenzten sich in ihrem Abreifeverhalten signifikant nach unten zur RG 3 und nach oben zur RG 5, bestehend aus Biomass 150, Aristos, Herkules, Joggy und PR823F, ab.

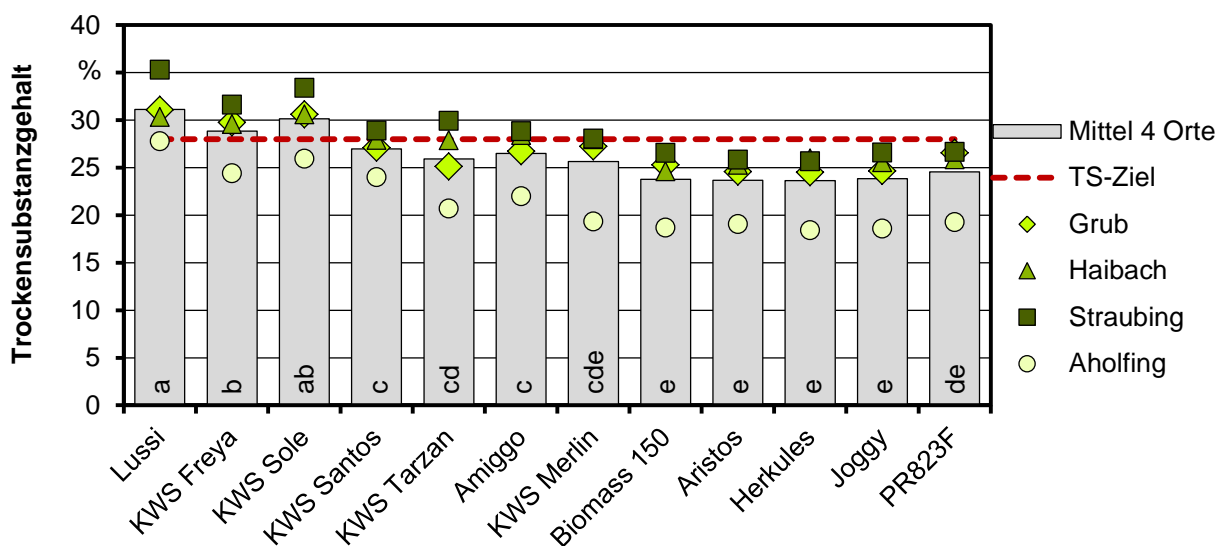


Abbildung 49: Bayernweiter Sortenvergleich – Trockensubstanzgehalte 2014

Die Ertragsstabilität wird dargestellt als relativer TM-Ertrag jeder Prüfsorte zum jeweiligen Standortmittel (Bezugsbasis = 100 %). Dabei lässt sich die Ertragsstärke durch die Lage möglichst weit oberhalb des 100-%-Niveaus identifizieren. Darüber hinaus ist eine Sorte in ihrer Ertragsleistung umso zuverlässiger, je geringer die Streuung zwischen den Versuchsstandorten ausfällt (Abbildung 50).

Infolge der guten Ausdifferenzierung des unterschiedlichen Ertragsniveaus der Reifegruppen am Standort Straubing lagen die relativen Erträge der frühen Sorten (RG 1 bis 3) unterhalb und die der späteren (RG 4 und 5) oberhalb des Standortmittels. Diese klare Tendenz war aus den oben bereits dargelegten Gründen an keinem der anderen Standorte erkennbar. Die geringere Ertragsdifferenzierung zwischen den Reifegruppen an drei der vier Standorte erklärt auch die hohe Streuung bei den früheren Sorten. Sehr wenig gestreut haben die Vertreter der RG 5 Biomass 150, Aristos und Herkules mit einer Lage knapp oberhalb des Sortenmittels an den Standorten. Auch die Sorte Joggy zeigte sich sehr ertragsstark. Ihr Ausschlagen am Standort Aholting liegt in ihrer langsameren Jungendentwicklung und der kurzen Standzeit des Versuchs begründet; Joggy konnte unter diesen Umständen ihr Ertragspotenzial nicht entfalten. Die größte Streuung wies KWS Tarzan auf, die insbesondere am Standort Grub auf einen Starkniederschlag am heftigsten mit „Green Snapping“ und Lager reagierte.

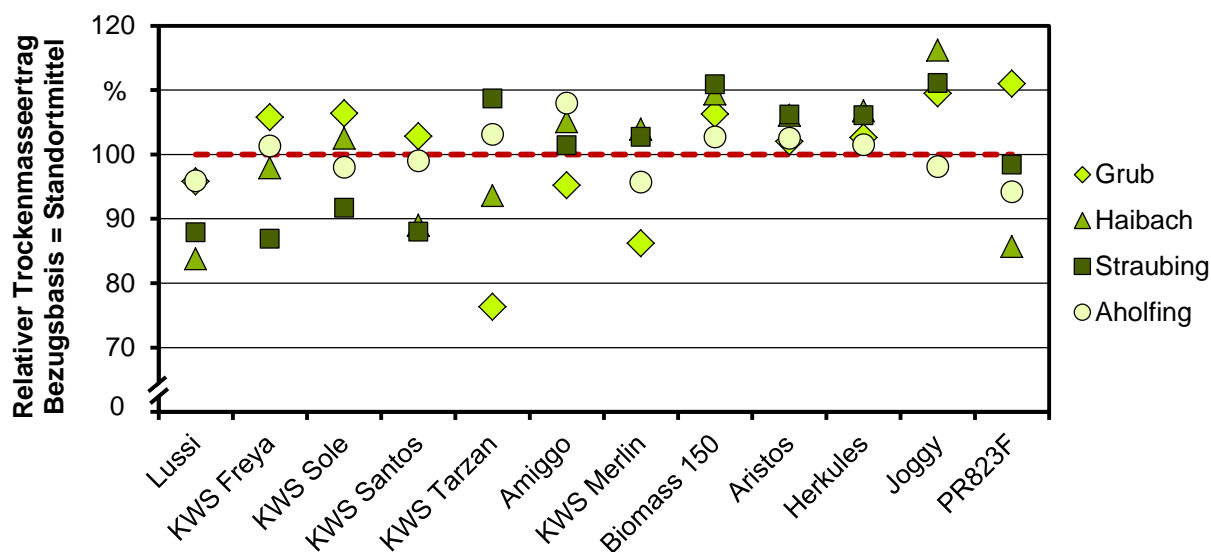


Abbildung 50: Bayernweiter Sortenvergleich – relative Trockenmasseerträge 2014

6.4.4 Mehrjährige Ergebnisse

In die mehrjährigen Ergebnisse flossen die Versuchsjahre 2012 bis 2014 ein. Im Jahr 2012 stand der Versuch in Euerhausen, Neuhofer, Straubing, Aholting und Haibach. Im Jahr 2013 kam der Standort Grub mit seinen flachgründigen, kiesigen Böden hinzu. Im Jahr 2014 konnten die Versuche in Euerhausen und Neuhofer nicht ausgewertet werden, sodass nur die Ergebnisse aus Grub, Straubing, Aholting und Haibach zur Verfügung standen. Somit wurden in der Summe über die drei Jahre 15 Orte ausgewertet.

Das Ergebnis der dreijährigen Prüfung kann als endgültig und das der zweijährigen als vorläufig gewertet werden.

Die gestrichelte Trendlinie in Abbildung 51 spiegelt den Zusammenhang zwischen der Frühreife der Sorten, ausgedrückt als TS-Gehalt zur Ernte, und ihrem TM-Ertrag wider. Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,8 sehr gut statistisch abgesichert. Mit der größten Abweichung von der Trendlinie nach oben weist die Biomass 150 aus der RG 5 das höchste Ertragsniveau im mehrjährigen mehrortigen Mittel auf. Ihr folgen Aristos und Joggy. Letztere Sorte ist etwas langsamer in der Jugend, sodass sie in der begrenzt verfügbaren Vegetationszeit auf bayerischen Standorten möglicherweise ihr volles Potenzial nicht entfalten kann. Ebenso wie Joggy verhältnismäßig standfest, aber ertragsschwächer ist die früheste *S. bicolor*-Futtersorte KWS Santos. KWS Freya und KWS Sole aus dem Sortiment von *S. bicolor* x *S. sudanense* sind bei guter Frühreife mit ihrer Lage oberhalb der Trendlinie auch verhältnismäßig ertragsstark.

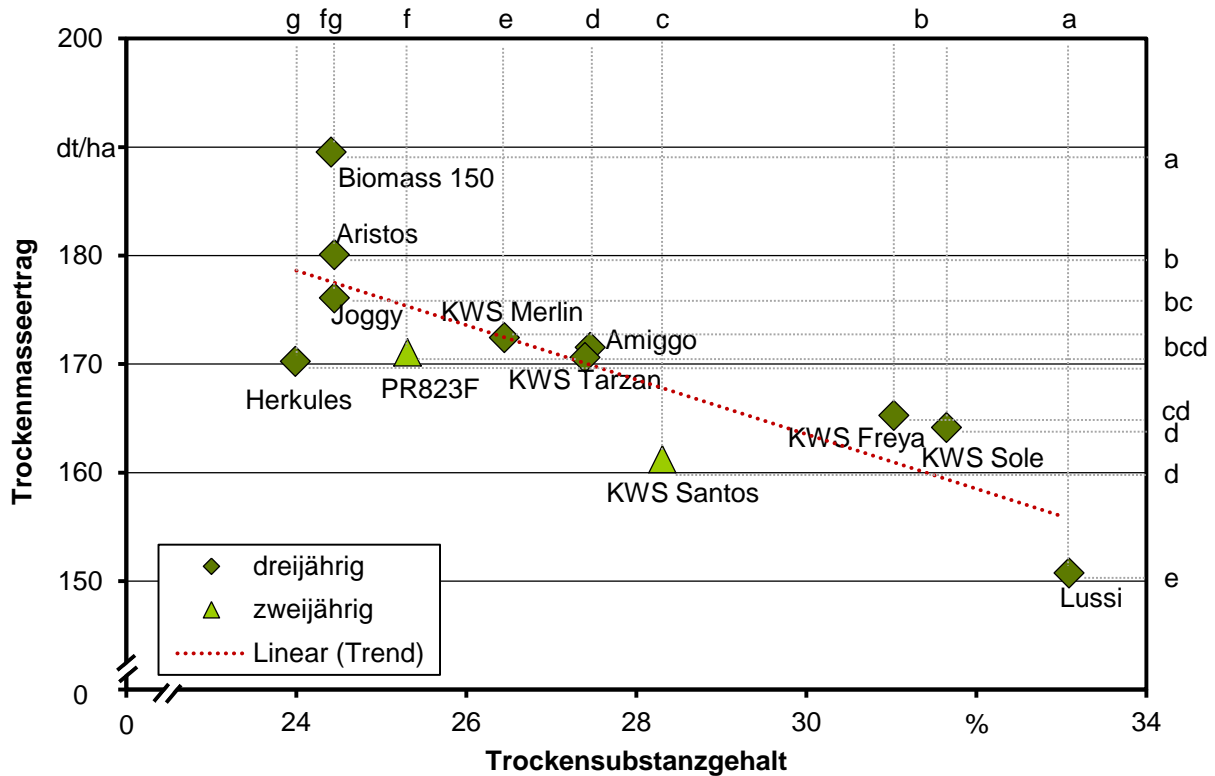


Abbildung 51: Bayernweiter Sortenvergleich – mehrjährige Ergebnisse

Mittlerweile stehen sowohl für den Haupt- als auch für den Zwischenfruchtanbau unter hiesigen Bedingungen geeignete Sorten unterschiedlicher Reifegruppen zur Verfügung. Zwischen der Reifegruppenzugehörigkeit und dem Ertragspotenzial besteht ein statistisch abgesicherter Zusammenhang. Danach erreichen die mittelspäten Sorten der RG 5 höhere Erträge als die früher reifenden der RG 1 bis 3. In den kühleren Regionen mit kürzerer Vegetationszeit ist allerdings der ertragliche Vorteil der mittelspäten Sorten im Vergleich zu den frühen und mittelfrühen kaum noch nachweisbar. Mit Blick auf hohe Trockensubstanzgehalte ist hier der Griff zu ausreichend frühen Sorten ratsam.

6.5 Produktionstechnische Versuche

6.5.1 Saatbettbereitung

Die Etablierung eines leistungsstarken Sorghumbestands steht und fällt mit der Güte der Saatbettbereitung. Das feinkörnige Saatgut verlangt einen feinkrümligen, gut abgesetzten Boden mit Anschluss des Saathorizonts an das kapillare Bodenwasser. Für eine etwa 4 cm tiefe Ablage sollte der Boden demzufolge nicht zu tief gelockert bzw. ausreichend rückverdichtet sein. Zu fein geackter Boden neigt zur Verschlämzung, die unzureichende Feldaufgänge von Sorghum nach sich ziehen kann. Während in den Feldversuchen des TFZ die Saatbettbereitung mit Grubber und Kreiselegge nach Winter-schwarzbrache oder einer abfrierenden Winterzwischenfrucht (Senf) stets unproblematisch war, erwies sich dieser Geräteinsatz nach Grünroggen als nicht immer zulänglich.

Die Ertragseinbußen in Sorghum nach Grünroggen im Vergleich zu Schwarzbrache oder Senf als Vorfrucht ließen sich nur teilweise mit der stärkeren Beanspruchung des Nährstoff- und Wasserhaushalts und des Bodengefüges erklären. In erster Linie waren sie auf die schlechtere Qualität des Saatbetts zurückzuführen [61]. Da in der Praxis Sorghum eher als Zweit- denn als Hauptfrucht nachgefragt wird, werden dringend Informationen zu den Vor- und Nachteilen von Verfahren der Saatbettbereitung nach Winterzwischenfrüchten benötigt. Im Rahmen von Energiefruchtfolgen werden Sorghum in der Regel früh räumende GPS-Getreidearten (Gerste, Roggen) vorangestellt. Zudem taucht immer häufiger die Frage nach der Eignung von Weidelgras als Vorfrucht mit einer Schnittnutzung im Frühjahr auf. Bei Welschem Weidelgras werden eine dichtere Narbe, schwerer zu handhabende Wurzelrückstände und ein höheres Wiederaustriebsvermögen als bei Grünroggen erwartet.

Im Jahr 2012 erfolgte die Saatbettbereitung bei besten Bedingungen. Ausgiebige Niederschläge führten dann jedoch zu einer Zwangspause von drei Tagen bis zur Aussaat und verursachten eine sichtliche Verschlechterung der Saatbettqualität. Entsprechend zögerlich verliefen Feldaufgang und Jugendentwicklung. Dennoch konnten im Verlaufe der Vegetationszeit und zur Ernte sehr markante Unterschiede zwischen den Kombinationen Vorfrucht/Saatbettbereitungsverfahren ermittelt werden. Bereits bei der Deckungsgradbonitur 52 Tage nach der Saat wurde das extrem hohe Durchwuchsvermögen in nahezu allen Weidelgrasvarianten sichtbar. Allein durch den Pflugeinsatz wurde hier der Folgefrucht Sorghum ausreichend Raum für die Etablierung eines sauberen Bestands geschaffen (Tabelle 31). In der Variante Direktsaat ohne Herbizideinsatz kam nach Weidelgras gar kein Sorghum zur Entwicklung, sie wurde deshalb von der Ertragsbewertung ausgeschlossen.

Tabelle 31: Saatbettbereitung 2012: Deckungsgradbonitur in BBCH 17/18

Deckungsgrad in %	Pflug	Grubber	Fräse	Direktsaat mit HERBA	Direktsaat ohne HERBA
Nach Vorfrucht (VF) Grünroggen					
gesamt	22	27	33	16	18
Sorghum	22	27	33	9	13
Durchwuchs VF	< 1	< 1	< 1	5	5
Unkräuter	< 1	< 1	< 1	2	<1
Nach Vorfrucht (VF) Weidelgras					
gesamt	41	46	51	50	84
Sorghum	38	17	11	5	< 1
Durchwuchs VF	3	29	40	45	84
Unkräuter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Ertraglich schnitt im Jahr 2012 nach Grünroggen die Kombination Sorte Amiggo x Pflug am besten ab (Abbildung 52). Auch KWS Sole zeigte nach dem Pflugeinsatz die höchsten Erträge, allerdings waren die Ertragsunterschiede dieser Kombination zu KWS Sole x Grubber bzw. Fräse nicht signifikant. Des Weiteren ließ sich bei KWS Sole die Variante Direktsaat mit Herbizideinsatz trotz ihrer sehr schüttereren Sorghum-Deckungsgrade in der Jugend nicht signifikant von den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung abheben. Signifikant am ertragsschwächsten war bei KWS Sole allein die Variante Direktsaat ohne Herbizideinsatz. Die Ertragsdifferenz zwischen der besten Variante (Pflug) und der schlechtesten (Direktsaat ohne Herbizideinsatz) machte bei KWS Sole etwa 9 % aus (Tabelle 32). An Amiggo ließ sich 2012 sehr viel deutlicher als an KWS Sole der Einfluss unterschiedlicher Varianten der Saatbettbereitung auf den Ertrag erkennen. Hier betrug die Differenz von der Pflugvariante zur nächstbesten (Direktsaat mit Herbizideinsatz) bereits 8 % und zur schlechtesten (Direktsaat ohne Herbizideinsatz) immerhin 22 %.

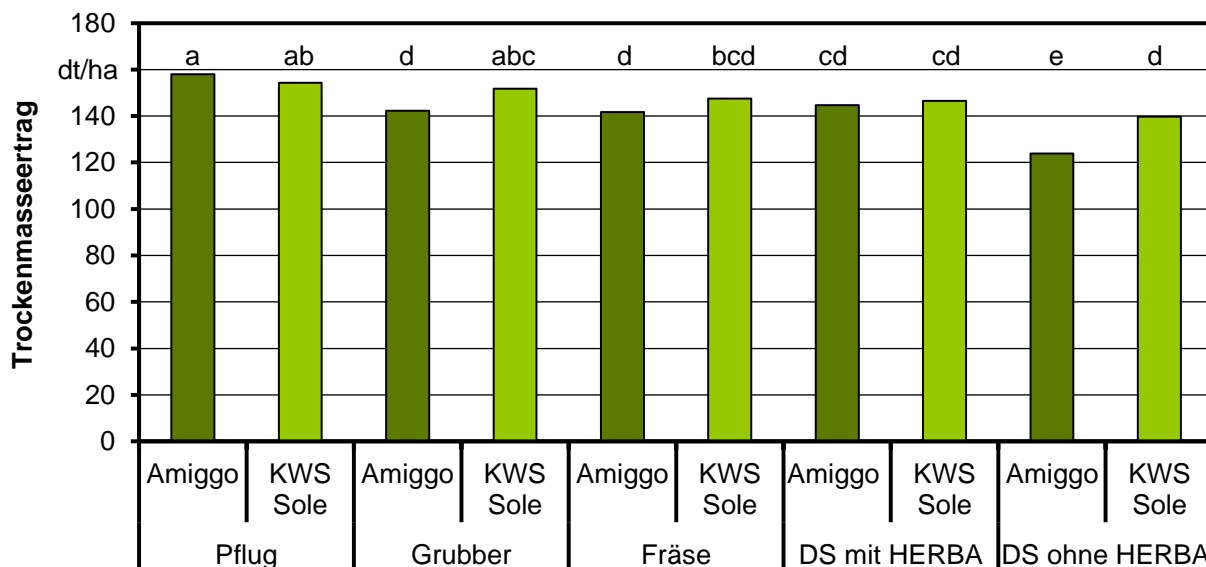


Abbildung 52: Saatbettbereitung 2012 nach Grünroggen: Trockenmasseerträge

Tabelle 32: Saatbettbereitung 2012 nach Grünroggen: absolute und relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten

Amiggo			KWS Sole		
Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %	Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %
Pflug	158	0	Pflug	154	0
DS mit HERBA	145	8	Grubber	152	1
Grubber	142	10	Fräse	148	4
Fräse	142	10	DS mit HERBA	147	5
DS ohne HERBA	124	22	DS ohne HERBA	140	9

Auch nach Weidelgras konnte sich die Sorte KWS Sole insgesamt besser durchsetzen als Amiggo. Beide Sorten schnitten in der Variante Pflug mit Abstand am besten ab (Abbildung 53). Ganz klar waren nach Weidelgras nicht nur die Direktsaaten gescheitert, sondern auch alle Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung (Tabelle 33). Infolge des hohen Konkurrenzdrucks durch den Weidelgrasdurchwuchs blieb Sorghum sowohl in den reduzierten als auch den Minimalvarianten bis zur Ernte in seiner Entwicklung zurück, was sich in geringeren Trockensubstanzgehalten verglichen mit der Pflugvariante niederschlug (Werte nicht dargestellt).

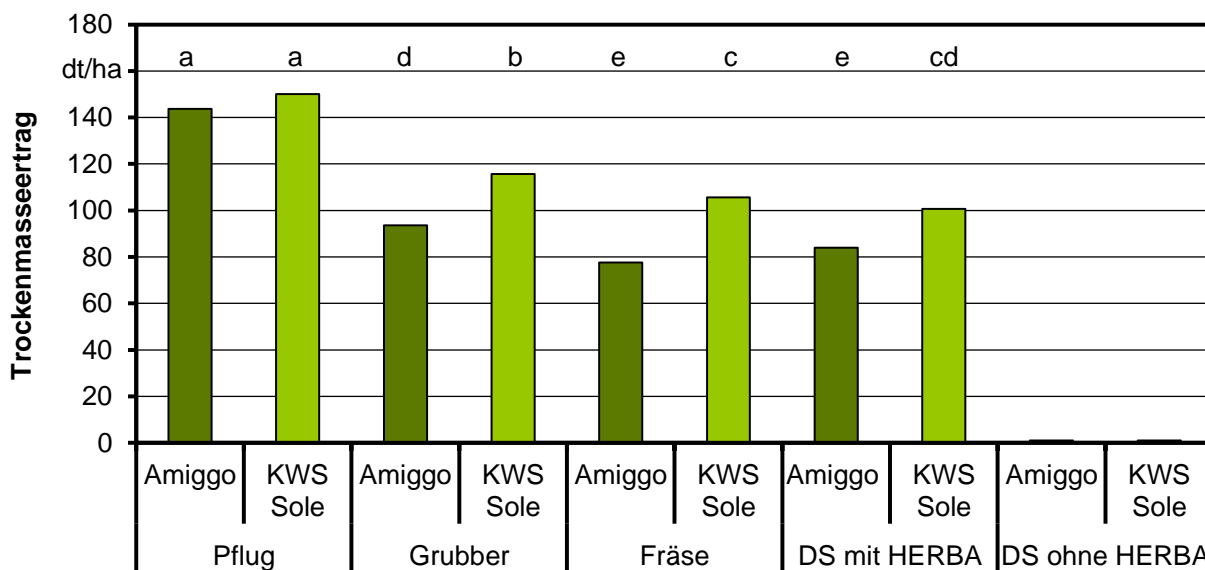


Abbildung 53: Saatbettbereitung 2012 nach Weidelgras: Trockenmasseerträge

Tabelle 33: Saatbettbereitung 2012 nach Weidelgras: absolute und relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten

Amiggo			KWS Sole		
Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %	Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %
Pflug	144	0	Pflug	150	0
Grubber	94	35	Grubber	116	23
DS mit HERBA	84	42	Fräse	106	30
Fräse	78	46	DS mit HERBA	101	33
DS ohne HERBA	0	100	DS ohne HERBA	0	100

Im Jahr 2013 hat das extrem nasse und kühle Frühjahr die Mahd der Vorfrüchte bis zum 23. Mai verzögert. Unmittelbar nach dem Schwaden setzten anhaltend starke Niederschläge ein, die eine endgültige Bergung der Vorfrüchte erst am 8. Juni ermöglichten. Die Bodenbearbeitung fand schließlich am 18. Juni statt. Für die Pflugvariante war der Boden im Untergrund immer noch zu feucht. Unter diesen Bedingungen blieb das Saatbett auch nach dem Einsatz der Kreiselegge grobklutig. Dabei war das Pflugbild nach Grünroggen noch schlechter als nach Weidelgras. Für die Direktsaatverfahren mit und ohne Herbizideinsatz (DS mit HERBA und ohne HERBA) war die unmittelbare Bodenoberfläche so hart und verkrustet, dass die Säschare kaum ausreichend tiefe Rillen für eine ordnungsgemäße Ablage und Abdeckung der Samen zu ziehen vermochte. Über die gesamte Versuchsfläche hat die bei der Abfuhr der Vorfrüchte eingesetzte schwere Technik Strukturschäden hinterlassen, die sich lange Zeit in einem unruhigen, streifigen Bestandsbild quer zur Bearbeitungs- bzw. längs zur Saatrichtung wiederfanden. Zu guter

Letzt brach bereits am 3. Oktober ein strenger Nachtfrost herein, der die Bestände stark in Mitleidenschaft zog. Diese ungünstigen Bedingungen erklären das deutlich geringere Ertragsniveau des Saatbettbereitungsversuchs aus dem Jahr 2013 verglichen mit dem aus 2012.

Nach Grünroggen als Vorfrucht haben sich nach Pflug, Grubber und Fräse saubere Sorghumbestände mit wenig Fremdbesatz oder Durchwuchs der Vorfrucht etabliert (Tabelle 34). Die Direktsaaten mit und ohne Herbizidanwendung durch ein Totalherbizid im Voraufbau lagen in den Kulturdeckungsgraden weit hinter den Varianten mit Bodenbearbeitung zurück, unterschieden sich untereinander aber nur unwesentlich. Allerdings wurden erwartungsgemäß in den Varianten Direktsaat ohne Herbizid wesentlich höhere Deckungsgrade insgesamt und durch die Vorfrucht ermittelt. Nach Weidelgras konnte sich im Direktsaatverfahren ohne Herbizid überhaupt kein Sorghum durchsetzen. Auch der Grubber hinterließ offenbar viele Grasballen, die wieder angewachsen sind und in Konkurrenz zu Sorghum traten.

Tabelle 34: Saatbettbereitung 2013: Deckungsgradbonitur in BBCH 31/32

Deckungsgrad in %	Pflug	Grubber	Fräse	DS mit HERBA	DS ohne HERBA
nach Vorfrucht (VF) Grünroggen					
Gesamt	60	56	55	18	37
Sorghum	60	56	55	18	17
Durchwuchs VF	< 1	< 1	< 1	< 1	10
Unkräuter	< 1	< 1	< 1	< 1	10
nach Vorfrucht (VF) Weidelgras					
Gesamt	40	33	40	22	25
Sorghum	40	15	30	20	0
Durchwuchs VF	< 1	18	10	2	25
Unkräuter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Aus ertraglicher Sicht lag unter den besonderen Bedingungen des Jahres 2013 nach Grünroggen die Variante Fräse vorn (Abbildung 54). Nur sie hat den Oberboden ausreichend feinkrümelig hinterlassen und mit ihrer Arbeitstiefe von 6 bis 8 cm offenbar den besten Saathorizont mit Anschluss an das kapillare Bodenwasser geschaffen. Vergleichbar mit der Variante Fräse bei beiden Sorten war nur noch die Kombination Grubber x Sorte Amiggo. Die Direktsaatvarianten mit Herbizidbehandlung hatten bei beiden Sorten ca. 25 % Ertragseinbußen (bezogen auf die jeweils beste Variante) zur Folge, die Direktsaaten ohne Herbizidbehandlung weit über 50 % (Tabelle 35).

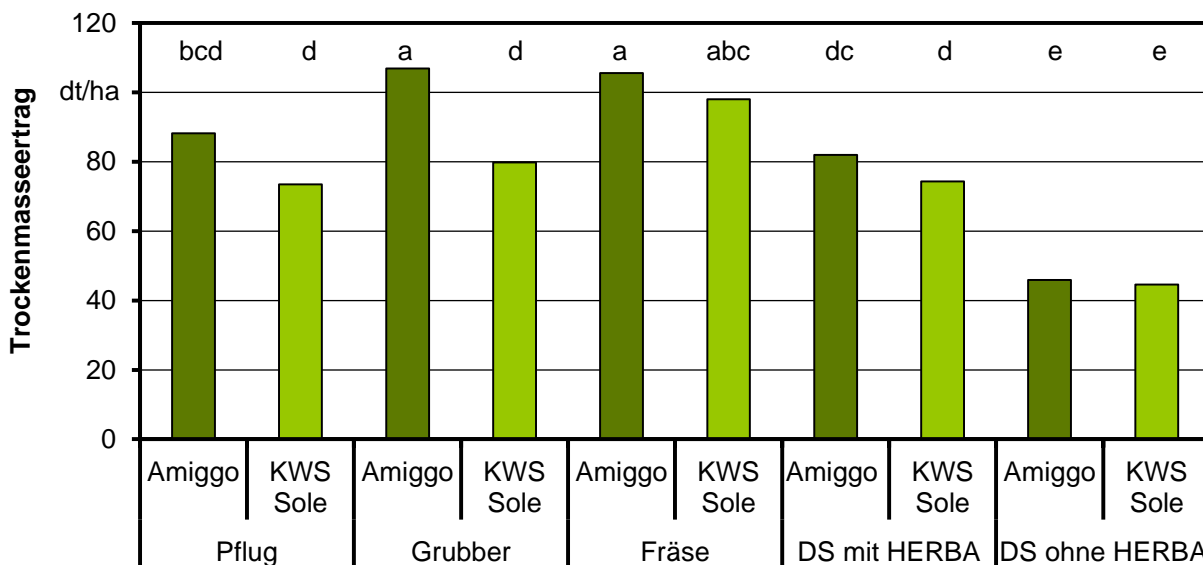


Abbildung 54: Saatbettbereitung 2013 nach Grünroggen: Trockenmasseerträge

Tabelle 35: Saatbettbereitung 2013 nach Grünroggen: absolute relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten

Amiggo			KWS Sole		
Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %	Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %
Grubber	107	0	Fräse	98	0
Fräse	106	1	Grubber	80	19
Pflug	88	17	DS mit HERBA	74	24
DS mit HERBA	82	23	Pflug	73	25
DS ohne HERBA	46	57	DS ohne HERBA	45	55

Nach Weidelgras als Vorfrucht schnitten die Varianten Pflug und Fräse ertraglich am besten ab (Abbildung 55). Im Direktsaatverfahren mit Herbizid haben sich allerdings trotz des sehr krustigen und harten Oberbodens und der Schwierigkeiten bei der Einbettung der Saat auch noch gute Sorghumbestände herausgebildet (Tabelle 36). Ertraglich weit abgeschlagen war die Grubbervariante. Hier deuteten schon die Deckungsgradbonituren ein Wiederanwachsen der bei der Grundbodenbearbeitung herausgezogenen Grasballen an. Der massive Konkurrenzdruck durch den Grasdurchwuchs blieb über die gesamte Vegetationszeit bestehen und schlug sich in erschwerten Erntebedingungen und einem geringen Flächenertrag nieder.

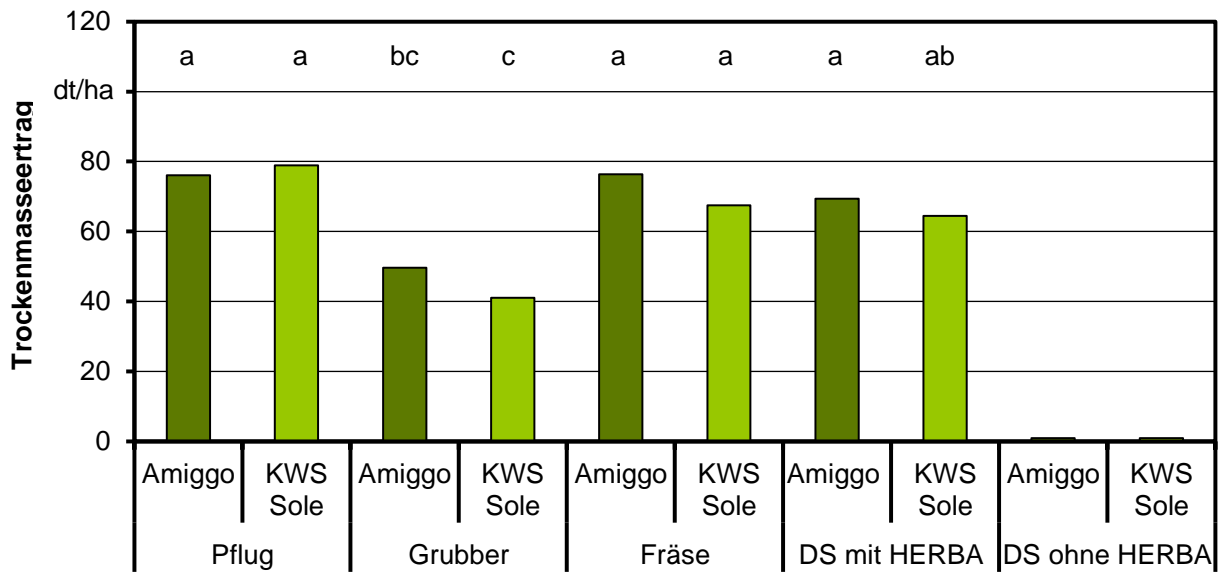


Abbildung 55: Saatbettbereitung 2013 nach Weidelgras: Trockenmasseerträge

Tabelle 36: Saatbettbereitung 2013 nach Weidelgras: absolute und relative Trockenmasseerträge in den Varianten nach Sorten

Amiggo			KWS Sole		
Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %	Variante (absteigend sortiert)	TM-Ertrag in dt/ha	relativer Minderertrag zur besten Variante in %
Fräse	76	0	Pflug	79	0
Pflug	76	0	Fräse	67	14
DS mit HERBA	69	9	DS mit HERBA	64	18
Grubber	50	35	Grubber	41	48
DS ohne HERBA	0	100	DS ohne HERBA	0	100

Damit bestätigen sich im Wesentlichen die Ergebnisse des Vorjahrs, die unter nahezu entgegengesetzten Witterungsbedingungen zustande gekommen waren. Von den beiden Vorfrüchten ist dem Grünroggen der Vorzug zu geben. Wenn das Weidelgras eine Option sein muss, dann kommt nur das Pflügen zur Saatbettbereitung infrage. Dagegen können nach Grünroggen auch Varianten der reduzierten oder sogar der Minimalbodenbearbeitung ausreichen, wenn die Ernte der Vorfrucht bei besten Bedingungen erfolgen konnte und damit keine Strukturschäden im Boden hinterlassen hat. Die Auswahl einer solchen Variante muss stets mit Blick auf die konkreten Boden- und Witterungsverhältnissen erfolgen.

6.5.2 Aussaattechnik

Als Grundlage für die Beurteilung der verschiedenen Saattechnikvarianten wurden mehrere Parameter herangezogen, die über die gesamte Dauer des Anbauzeitraums erhoben wurden – von der unmittelbaren Aussaat bis zur Ertragserhebung bei Ernte. Die jeweils erzielten Ergebnisse sind Tabelle 37 zu entnehmen.

Tabelle 37: Saattechnikversuch 2014

Variante	abgelegte keimfähige Körner/m ²	Nachaufläufer in %	Feldaufgang in %	Anzahl Pflanzen/m ²	Lager vor Ernte	Trockenmasseertrag in dt/ha
1	27	15	56	15	1,3	166
2	n. b.	10	n. b.	22	1,5	181
3	n. b.	5	n. b.	23	1,7	171
4	51	5	81	41	7,3	137
5	52	4	79	41	7,2	166
6	18	9	52	9	2,0	156
7	29	13	67	20	2,3	159
8	24	8	79	19	2,2	163
9	28	15	59	17	1,8	153
10	30	48	57	17	2,4	165

n. b. – Funktionsstörung an zwei Säaggregaten des achtreihigen Geräts: deutlich überhöhter Saatgutverbrauch, daher Anzahl abgelegter keimfähiger Körner und Feldaufgang nicht bestimmbar

Erstes Beurteilungskriterium bildete die exakte Einhaltung der angestrebten Saatstärke von 25 keimfähigen Körnern/m². Eine zu geringe Saatedichte sollte ebenso vermieden werden wie ein unnötiger zusätzlicher Saatgutverbrauch.

Die höchste Genauigkeit bei der Saatgutablage wurde mit den Varianten 1 und 8 jeweils von einer Drillmaschine mit Scheibenschar bei einem Reihenabstand von 37,5 cm erzielt. Kein befriedigendes Ergebnis brachte die Aussaat mit dem Rüben-Einzelkornsäugerät Kverneland Unicorn (Varianten 4 und 5). Die deutlich zu hohe Ablagedichte (vgl. Tabelle 37) war auf die auffällig häufige Doppel- und Dreifachbelegung zurückzuführen (siehe Abbildung 73 im Anhang). Allerdings bestachen diese Varianten durch einen sehr gleichmäßigen Feldaufgang. Sollen, wie hier erfolgt, Säscheiben für Rüben für die Sorghumsaat verwendet werden, ließe sich aus dieser Erfahrung heraus Abhilfe durch die Vergrößerung des Ablageabstands in der Reihe auf das Zwei- bis Zweieinhalbfache schaffen. Das Problem der häufigen Doppel- und Dreifachbelegungen würde dadurch allerdings nicht gelöst. Andernfalls müssten an die Größe der Sorghumsamen angepasste Säscheiben bereitgestellt werden. Der extrem überhöhte Saatgutverbrauch in den Varianten 2 und 3 konnte auf eine Funktionsstörung an zwei Säaggregaten des achtreihigen Mais-Einzelkornsäugeräts Accord Optima zurückgeführt

werden, folglich konnten die Anzahl abgelegter Körner und der Feldaufgang nicht sicher ermittelt werden. Von den weiteren Bonituren und der Ernte wurden die betroffenen viel zu dicht gesäten Reihen ausgenommen.

Die besten Auflaufquoten wurden von den Varianten 4 und 5 (Rüben-Einzelkornsägerät) und der Variante 8 (mechanische Drillmaschine mit Scheibenschar) realisiert. Ein Verzicht auf die Rückverfestigung des Saatbetts führte zu einem deutlichen Rückgang des Feldaufgangs, wie der Vergleich der Varianten 8 und 9 belegt (Accord m-drill, Reihenabstand 37,5 cm mit Andruckrolle versus ohne Rückverfestigung). Auf Basis der erzielten Ergebnisse konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Auflaufquoten bei Einzelkornablage und bei Drillsaat nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 37). Eine auffällig hohe Anzahl an Nachaufläufern war in der Versuchsvariante 10 zu verzeichnen (vgl. Tabelle 37). Als Ursache wird in diesem Fall eine nicht ausreichende Rückverdichtung des Saatbetts mit folglich mangelndem Anschluss an das kapillare Bodenwasser vermutet (siehe Abbildung 74 im Anhang).

Neben den Kennwerten zum Feldaufgang wurde die Ertragsleistung der verschiedenen Versuchsvarianten als Beurteilungskriterium für die eingesetzte Aussaattechnik herangezogen. Eine Lagerbonitur vor Ernte wurde aus gegebenem Anlass wegen starker Lagerbildung in den Varianten 4 und 5 durchgeführt. Dieses Ereignis war auf die zu dichten Bestände durch die Doppel- und Dreifachbelegungen in den betroffenen Versuchspartellen zurückzuführen.

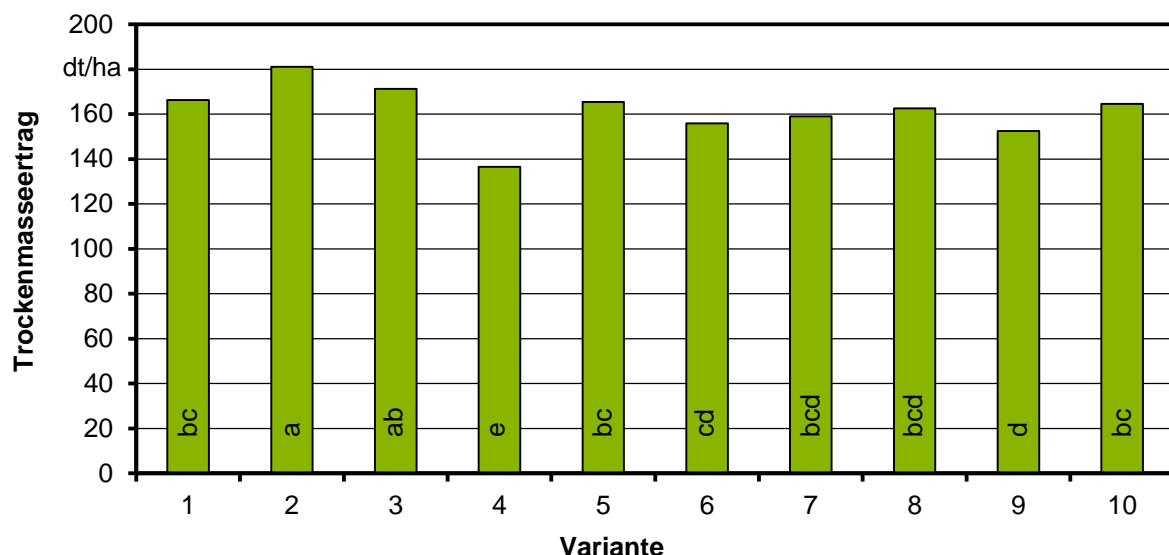


Abbildung 56: Saattechnikversuch 2014: Trockenmasseerträge

Die signifikant höchsten Ertragsleistungen wurden im Versuch von den Varianten 2 und 3 unter Einsatz des Mais-Einzelkornsägers Accord Optima HD realisiert. Doch auch die mit Drilltechnik zur Aussaat gebrachten Varianten reichten durchaus an dieses Ertragsniveau heran. Unter der Voraussetzung einer ordnungsgemäßen Einbettung der Samen

in gut rückverfestigte Saatgutreihen kann Sorghum die in gedrillten Beständen ungleichmäßigere Längs- und Querverteilung durch seine Bestockungsfähigkeit ausreichend kompensieren.

Sowohl bei Einzelkornablage als auch unter Einsatz von Drilltechnik waren keine signifikanten Unterschiede der Ertragsleistung in Abhängigkeit des Reihenabstands erkennbar (Einzelkornablage: Variante 3, Mais-Einzelkornsäugerät Accord Optima HD, Reihenabstand 75 cm versus Variante 10, Mais-Einzelkornsäugerät Accord Optima HD, Reihenabstand 37,5 cm sowie Drillsaat: Variante 7, Drillmaschine Accord m-drill, Reihenabstand 25 cm versus Variante 8, Drillmaschine Accord m-drill, Reihenabstand 37,5 cm). Der extrem dünne Bestand von nur 9 Pflanzen/m² in der Variante 6 (Drillmaschine Accord m-drill, Reihenabstand 50 cm) könnte durch allgemeine Unwägbarkeiten bei der Einstellung der Drillmaschine zustande gekommen sein. Dennoch erwuchs trotz dieser unterdurchschnittlichen Bestandsdichte noch ein überraschend guter Ertrag. Engere Reihen sorgten jedoch für einen zügigeren Reihenschluss.

Die zusätzliche Applikation einer Unterfußdüngung in Variante 2 führte zwar absolut betrachtet zum Spitzenertrag, eine signifikante Ertragssteigerung im Vergleich zur Referenzvariante ohne Unterfußdüngung (Variante 3) konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Überlegungen aus der Praxis, eine phosphatbetonte Unterfußdüngung standardmäßig zu verabreichen, sollten deshalb kritisch hinterfragt und für den Einzelfall je nach Phosphat-Versorgungsstufe geprüft werden.

Die auffallend schwache Ertragsleistung der Versuchsvariante 4 ist auf die schlechte Beerntbarkeit des stark lagernden Bestands zurückzuführen. Die deutliche Differenz zur nachweislich höheren Ertragsleistung der ebenfalls stark lagernden Versuchsvariante 5 lässt sich durch die Lagerrichtung erklären. Die langen liegenden Pflanzen wurden durch die nebenstehende aufrechte Variante offenbar ausreichend abgestützt, um sie vergleichsweise verlustärmer bergen zu können. Der visuelle Vergleich der Stoppelbilder der Varianten 4 und 5 unterstützte diese Vermutung: In der Variante 4 ist viel mehr durch den Häcksler nicht zu bergendes Material auf der Fläche liegen geblieben. Ob sich das sichtbar mechanisch beanspruchte, da abgedrehte Saatgut der Variante 5 nicht doch in einem etwas dünneren Bestand niederschlug, konnte nicht geklärt werden. Die Ermittlung der Pflanzenzahl zur dritten Bonitur war in den zu dichten Beständen der beiden Varianten 4 und 5 leider nicht mehr möglich.

6.5.3 Mehrschnittnutzung

Die Sorten Lussi, Ludan, Lurabo Luzar und KWS Inka gehören der Art *S. bicolor* x *S. sudanense* an und ähneln alle sehr stark dem *S. sudanense*-Elter. Sie repräsentieren die Reifegruppen früh (Lussi RG 1, Ludan, Lurabo und Luzar RG 2) und mittelspät (KWS Inka, RG 5). Piper (RG 2) und Trudan Headless sind *S. sudanense*-Sorten, wobei Letztere ein pps-Typ (pps = *photoperiod sensitive*) ist, der unter hiesigen Bedingungen nur selten die generative Phase erreicht und deshalb als sehr spät reifend (oberhalb RG 7) einzuschätzen ist.

Im Mehrschnittregime wurde nur der jeweils letzte Aufwuchs aus dem Stand gehäckselt. Die früheren Aufwüchse in der Zwei- und Dreischnittnutzung wurden gemäht, im lockeren Schwad abgelegt, einer Anwelkphase in Abhängigkeit von den natürlichen Trocknungsbedingungen ausgesetzt und schließlich mit einem Pick-up aufgenommen und gehäckselt.

Im Jahr 2012 fiel der erste Schnitt der Dreischnittnutzung in eine extrem ungünstige Witterungsperiode. Tägliche, wenn auch kurze Niederschläge während der Anwelkphase ließen eine TS-Erhöhung von durchschnittlich 15 % um lediglich 4,5 % zu, sodass von keiner Sorte silierfähiges Material gewonnen werden konnte (Tabelle 38). Eine Ausdehnung des Anwelkens war angesichts des prognostizierten Witterungsverlaufs nicht sinnvoll. Wegen der immer noch deutlich zu geringen TS-Gehalte konnte der Großhäcksler nicht eingesetzt werden. Deshalb musste das Material manuell geschwadet und parzellenweise aufgenommen werden (Abbildung 75, Anhang), um die Erträge schließlich mittels einer Sackwaage bestimmen zu können. Die durch Schnitt-, Anwelk- und Werbungsbedingungen extrem schlechte Qualität des Ernteguts kam über den Abfall der ELOS-Werte zwischen dem frischen und dem angewelkten Material zum Ausdruck. Die Gehalte enzymlösbarer organischer Substanz (ELOS) waren in den frischen Ernteproben zwischen fast 6 % (Trudan Headless) und 15 % (Piper) höher als in den angewelkten, stark verschmutzten Proben (Tabelle 39). Der zweite Schnitt konnte sehr viel besser abtrocknen, sodass innerhalb der dreitägigen Anwelkphase eine deutliche Erhöhung des TS-Gehalts erzielt werden konnte. Dabei kamen die frühen Sorten Lussi und Piper von 19 % auf deutlich über 30 % TS, bei den späteren Sorten konnten die TS-Gehalte um 5 % auf knapp über 20 % angehoben werden. Im ELOS-Gehalt gab es nahezu keine Unterschiede zwischen dem frisch geschnittenen und dem angewelkten Material. Der letzte Aufwuchs war für einen dritten Schnitt zu dürrftig und hätte allenfalls einer Gründüngung dienen können. Im Zweischnittregime reichte nach der ersten Mahd das dreitägige Anwelken auf dem Feld aus, um die frühen Sorten mit TS-Gehalten über der gewünschten 28%-Marke zu werben. Im zweiten, aus dem Stand gehäckselten Aufwuchs kam keine Sorte mehr über 25 % TS-Gehalt. Der aus dem Stand gehäckselte Aufwuchs des Einschnittregimes erreichte ebenfalls nur bei den frühen Sorten TS-Gehalte über 28 % (Tabelle 38).

Tabelle 38: Trockensubstanzgehalte im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2012

Regime	Schnitt	Sorte	Datum	Datum	TS in %	TS in %	
			Schnitt	Werbung	Schnitt	Werbung	
Dreischnitt	1	Schwad	Piper	10.07.	13.07.	15,8	21,0
	1	Schwad	Lussi	10.07.	13.07.	14,6	19,5
	1	Schwad	KWS Inka	10.07.	13.07.	14,8	18,1
	1	Schwad	Tr. Headless	10.07.	13.07.	15,3	19,9
	2	Schwad	Piper	03.09.	06.09.	19,7	35,9
	2	Schwad	Lussi	03.09.	06.09.	19,4	31,1
	2	Schwad	KWS Inka	03.09.	06.09.	14,5	20,9
	2	Schwad	Tr. Headless	03.09.	06.09.	16,3	21,4
	3	Stand	alle Sorten	keine Ernte		–	
	Zweischnitt	1	Schwad	Piper	23.07.	30.07.	20,9
1		Schwad	Lussi	23.07.	30.07.	19,8	31,6
1		Schwad	KWS Inka	23.07.	03.07.	16,0	24,6
1		Schwad	Tr. Headless	23.07.	03.07.	15,8	25,2
2		Stand	Piper	28.09.		25,4	
2		Stand	Lussi	28.09.		24,6	
2		Stand	KWS Inka	28.09.		18,6	
2		Stand	Tr. Headless	28.09.		19,6	
Einschnitt	1	Stand	Piper	28.09.		32,5	
	1	Stand	Lussi	28.09.		38,2	
	1	Stand	KWS Inka	28.09.		24,2	
	1	Stand	Tr. Headless	28.09.		25,3	

An frischem Material des ersten Aufwuchses im Dreischnittregime durchgeführte Blausäureanalysen zeigten deutlich zu hohe Werte bei KWS Inka (1.555 ppm bezogen auf 88 % TS) und erhöhte Werte bei Lussi (100 ppm bezogen auf 88 % TS). In letzterem Fall kann von einer Reduktion unter den gesetzlichen Grenzwert von 55 ppm bezogen auf 88 % TS [8] [20] durch Anwelken und Silierung ausgegangen werden, d. h., dieses Material wäre für eine Verfütterung wahrscheinlich sicher. Eine unter den beschriebenen Bedingungen bereitete und für die Verfütterung vorgesehene Silage sollte nach Entnahme aus dem Silostapel zur Absicherung stets auf Blausäure untersucht werden. Für die Nutzungsrichtung Biogas spielen Blausäuregehalte keine Rolle.

Tabelle 39: Qualität des Ernteguts im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2012

Regime	Schnitt	Sorte	ELOS in %		
			frisch	angewelkt	
Dreischnitt	1*	Schwad	Piper	61,6	46,5
	1*	Schwad	Lussi	52,5	45,8
	1*	Schwad	KWS Inka	59,7	50,3
	1*	Schwad	Trudan Headless	56,9	51,4
	2	Schwad	Piper	35,6	35,3
	2	Schwad	Lussi	32,6	33,1
	2	Schwad	KWS Inka	37,0	38,5
	2	Schwad	Trudan Headless	38,1	38,1
Einschnitt	1	Stand	Piper	36,9	
	1	Stand	Lussi	29,8	
	1	Stand	KWS Inka	41,0	
	1	Stand	Trudan Headless	37,0	

* Manuelle Werbung unter extrem ungünstigen Bedingungen

In der Ertragsleistung der Schnittregime gab es eine recht klare Abhängigkeit zum Abreifeverhalten der Sorten (Abbildung 57). Während bei den frühen Sorten das Zweitschnittregime wenigstens tendenziell die höheren Erträge brachte, lag bei den späteren Sorten die Einschnittnutzung vorn. Allerdings erreichten die späten Sorten selbst in der Einschnittnutzung nicht die angestrebten TS-Gehalte bei der Ernte aus dem Stand.

Für den letzten Aufwuchs einer Dreischchnittnutzung wird unter hiesigen Bedingungen wohl nie genügend Zeit zur Ausbildung erntewürdiger Bestände bleiben. Hier könnten allenfalls ein zusätzlicher Gülleapplikationstermin nach dem zweiten zum dritten Aufwuchs und die Anreicherung organischer (Gründungs-)Substanz durch die Einarbeitung des dritten Aufwuchses von Interesse sein.

Die im ersten Versuchsjahr des Mehrschnittversuchs offenbarten methodischen Unzulänglichkeiten wurden im zweiten Versuchsjahr wie folgt berücksichtigt: Der bei Sorghum normalerweise empfohlene Reihenabstand von 37,5 cm war für diesen Zweck viel zu weit. Das Schnittgut fiel zwischen die Reihen und gelangte in unmittelbaren Bodenkontakt, sodass ein Regenguss in der Anwelkphase das Pflanzenmaterial regelrecht einschlämte (Abbildung 76). Deshalb wurde für den Versuch in 2013 ein Reihenabstand von 24 cm gewählt. Außerdem erschien die für eine Einschnittnutzung empfohlene Aussaatstärke von 40 Körnern/m² bei *S. sudanense* bzw. *S. bicolor* x *S. sudanense* für eine Mehrfachnutzung zu gering. Um den Verbleib des geschwadeten Materials auf den Stoppeln zu gewährleisten, wurde die Stoppeldichte in 2013 durch eine Aussaatstärke von 60 Körnern/m² erhöht.

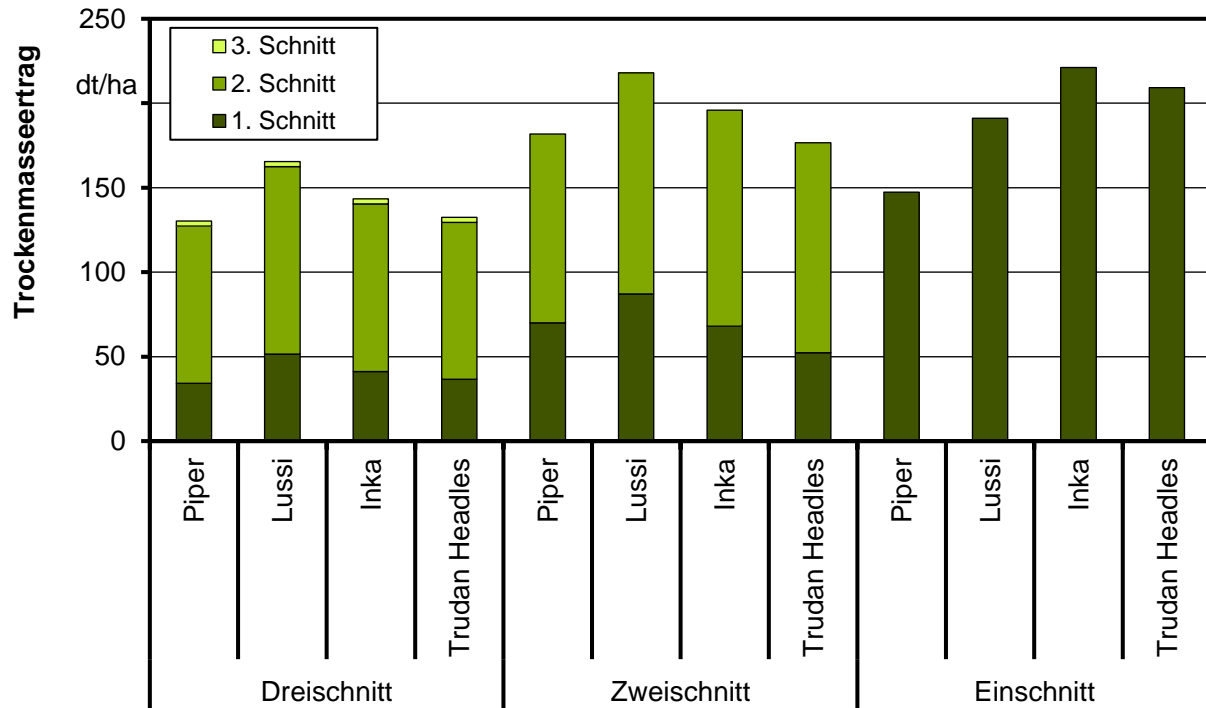


Abbildung 57: Trockenmasseerträge im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2012

2013 konnte die Dreischnittnutzung aufgrund des extrem späten und kühlen Frühjahrs nicht realisiert werden. Der erste Schnitt der Zweischnittnutzung wurde erst Anfang August durchgeführt. Nach nur einem Tag Schwad Trocknung unter besten Bedingungen stieg der TS-Gehalt von ca. 20 % um über 10 bis 17 % an (Tabelle 40). In der Summe ihrer beiden Aufwüchse blieb die Zweischnittnutzung der Einschnittnutzung jedoch deutlich unterlegen (Abbildung 58). In der Einschnittnutzung erreichten alle Sorten bei Ernte aus dem Stand TS-Gehalte weit über der Mindestgrenze von 28 %.

Eine Blausäureanalyse wurde an Material des zweiten Aufwuchses im Zweischnittregime durchgeführt. Sowohl in frischem als auch in silierem Material aller vier Sorten wurde die methodische Nachweisgrenze von 10 ppm in der Frischmasse nicht erreicht.

Tabelle 40: Trockensubstanzgehalte im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2013

Regime	Schnitt	Sorte	Datum		TS in %		
			Schnitt	Werbung	Schnitt	Werbung	
Zweischnitt	1	Schwad	Lussi	05.08.	06.08.	20,0	30,8
	1	Schwad	Ludan	05.08.	06.08.	21,1	38,1
	1	Schwad	Lurabo	05.08.	06.08.	20,7	32,4
	1	Schwad	Luzar	05.08.	06.08.	19,5	30,5
	2	Stand	Lussi	01.10.		18,6	
	2	Stand	Ludan	01.10.		20,3	
	2	Stand	Lurabo	01.10.		19,1	
	2	Stand	Luzar	01.10.		19,0	
Einschnitt	1	Stand	Lussi	01.10.		37,1	
	1	Stand	Ludan	01.10.		40,5	
	1	Stand	Lurabo	01.10.		36,7	
	1	Stand	Luzar	01.10.		37,5	

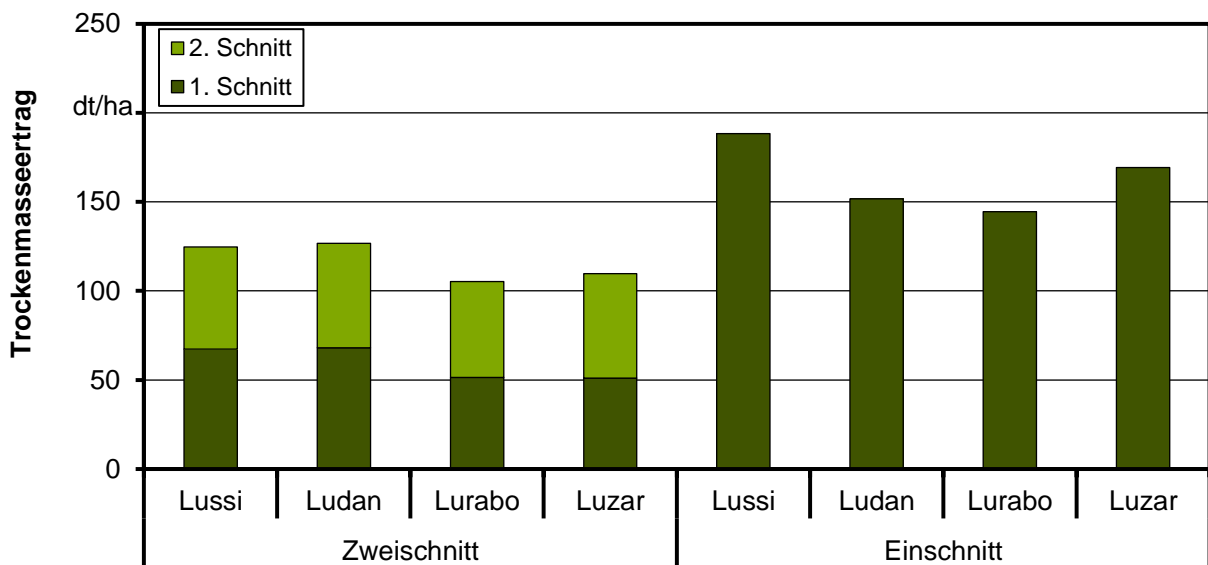


Abbildung 58: Trockenmasseerträge im Versuch zur Mehrschnittnutzung 2013

6.5.4 Düngung

Sorghum wird allgemein eine hohe Nährstoffeffizienz unterstellt. Verglichen mit Mais reagiert Sorghum weit weniger sensitiv auf eine Unterversorgung mit Stickstoff [35]. Nach LEMAIRE et al. [35] ist das Biomassepotenzial von Sorghum zwar geringer, doch ermöglichen seine Anpassung an Grenzstandorte hinsichtlich Trockenheit und Nährstoffversorgung extensive Anbauverfahren. Die Daten bisheriger eigener Versuche zum Stickstoffbedarf von Sorghum waren statistisch nicht abzusichern, weshalb das Versuchsdesign für dieses Projekt gründlich überarbeitet worden ist. Um Nachbarschafts- und Randeffek-

te bei so hochwachsenden und tiefwurzelnden Pflanzen wie Sorghum weitgehend auszuschließen, sind Einfach- und Doppelparzellen unzureichend. Abhilfe wurde durch eine einfache Blockanlage mit extrabreiten Parzellen (fünffach) und 1,5 m tiefen Stirnrändern geschaffen. Der Gäuboden am Versuchsstandort zeichnet sich durch eine hohe Stickstoffversorgung und -nachlieferung aus. Ausreichend gut verteilte Niederschläge sorgen überdies für seine nahezu stetige N-Vorlage in gelöster Form. Unter diesen Bedingungen mussten Stickstoffmangelsymptome provoziert werden, indem als unmittelbare Vorfrucht ungedüngter Grünroggen angebaut worden ist. Zur Absicherung der Ergebnisse und zur Einschätzung des Standorteinflusses (hohes und niedriges N-Nachlieferungsvermögen des Bodens) wurde der Versuch in der guten Gäulage Straubing und auf dem sandigen, ertragsschwächeren Standort Aholting angebaut. Nach statistischer Auswertung ergab sich ein signifikanter Einfluss des Ortes, des Jahrs und teilweise auch der Sorte. Deshalb erfolgten Auswertung und Darstellung im Folgenden nach Ort, Jahr und Sorte getrennt.



Abbildung 59: Düngeversuch am Standort Aholting in 2014

6.5.4.1 Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt

Tabelle 41 zeigt die relativen Trockenmasseerträge des Düngeversuchs für alle Versuchsjahre. Bereits mit einer geringen N-Menge von 25 kg/ha ließ sich der TM-Ertrag in den meisten Fällen um 25 bis 40 % im Vergleich zur Nullvariante steigern. Mit der maximalen Stickstoffdüngung von 200 kg/ha konnten Ertragssteigerungen von 60 bis 80 % erreicht werden. Eine Steigerung um 144 % bei der Sorte Aristos im Jahr 2014 in Aholting im Vergleich zur Nullvariante bildete die Ausnahme. Die absoluten Ertragswerte sowie die Ausweisung signifikanter Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten sind in Tabelle 78, Tabelle 80 und Tabelle 82 im Anhang dargestellt.

Tabelle 41: Relativer Trockenmasseertrag im Düngeversuch

Ort	Jahr	TM-Ertrag in % der Sorte Aristos bei unterschiedlichen N-Düngemengen							TM-Ertrag in % der Sorte KWS Freya bei unterschiedlichen N-Düngemengen						
		N-Menge	0	25	50	75	100	150	200	0	25	50	75	100	150
Aholfing	2012	100	129	156	160	172	182	180	100	124	131	158	146	163	164
	2013	100	128	146	155	141	180	169	100	125	126	137	133	155	149
	2014	100	149	212	244	228	278	244	100	138	151	157	170	198	177
Straubing	2012	100	139	147	155	162	174	164	100	129	145	145	156	162	161
	2013	100	128	139	154	153	160	159	100	99	102	141	128	124	133
	2014	100	115	135	151	157	156	159	100	117	118	137	171	169	167

Wesentliche Parameter der erstellten Stickstoffertragsfunktionen (siehe Abbildung 60 bis Abbildung 63) sind Tabelle 42 zu entnehmen. Die zwischen 0,33 und 0,92 variierenden Bestimmtheitsmaße zeigten, dass sich je nach Jahr und Sorte der Faktor TM-Ertrag unterschiedlich gut über die eingesetzte Stickstoffmenge beschreiben ließ. Ebenso schwankte die Stickstoffmenge, bei der der maximale Ertrag erreicht wurde, zwischen 145 und 182 kg je nach Jahr, Standort oder Sorte. Dies erklärt sich zum Teil durch die unterschiedlichen Bedingungen zwischen den Jahren und Standorten hinsichtlich Niederschlag, Temperatur und Boden (siehe Abschnitt 5.1.1).

Tabelle 42: Signifikanz des Regressionsmodells sowie Maxima der unabhängigen Variablen der Stickstoffertragsfunktion ($y = \text{Achsenabschnitt} + B1 \times N + B2 \times N^2$)

Standort	Jahr	Sorte Aristos			Sorte KWS Freya		
		P-Wert Modell	r ²	N bei TM _{max}	P-Wert Modell	r ²	N bei TM _{max}
Aholfing	2012	< 0,0001	0,83	156,0	< 0,0001	0,70	167,6
	2013	< 0,0001	0,67	176,8	< 0,0001	0,69	181,5
	2014	< 0,0001	0,61	144,7	< 0,0001	0,64	161,4
Straubing	2012	< 0,0001	0,80	145,0	< 0,0001	0,77	152,6
	2013	< 0,0001	0,63	149,6	< 0,0001	0,33	159,8
	2014	< 0,0001	0,92	152,9	< 0,0001	0,64	179,6

Die Stickstoffertragskurven in Abbildung 60 bis Abbildung 63 zeigen die ansteigende Biomasseproduktion bei zunehmender N-Menge. Auf eine Darstellung der Ertragskurven

für das Jahr 2013 wurde aufgrund der schwierigen Versuchsbedingungen (Trockenheit und damit schlechte Stickstoffverfügbarkeit) verzichtet.

Die größte Ertragssteigerung zeigte sich bei N-Mengen zwischen 25 und 75 kg/ha. Darüber hinaus wurden nur noch geringe Ertragszuwächse erreicht. Dies bestätigen auch die Ergebnisse der Varianzanalyse (Tabelle 78, Tabelle 80 und Tabelle 82 im Anhang). Sie zeigen, dass ab 50 bzw. 75 kg N/ha keine signifikanten Unterschiede im Ertrag zwischen den Versuchsvarianten mehr bestanden, auch wenn der maximale Ertrag erst bei deutlich höheren Düngemengen von 150 kg/ha und mehr erreicht wurde. Berücksichtigt man die im Versuch durchschnittlich ermittelte Stickstoffverfügbarkeit durch den Boden (N_{\min} -Ergebnisse siehe Abschnitt 5.5.4, Bodentiefe 0 bis 60 cm) von 54 kg N/ha, so ist davon auszugehen, dass ein Stickstoffbedarf von Sorghum aus Düngung und Bodennstickstoff mit etwa 100 bis 130 kg/ha gedeckt war. Darüber hinaus konnten zwar im vorliegenden Versuch höhere Erträge erzielt werden, der Mehrertrag ließ sich jedoch nicht mehr statistisch absichern. Zudem müssen die zusätzlichen Mehrkosten für den Stickstoffdünger bei höheren Düngemengen berücksichtigt werden. Andere Autoren ermittelten in ihren Untersuchungen ähnliche Zahlen. MOESER [38] hält für Sorghum eine Düngung von über 120 kg N/ha nicht für sinnvoll. Leider wird in dieser Quelle die im Versuch verfügbare Bodennstickstoffmenge nicht angerechnet oder definiert. HARTMANN et al. [27] gehen mit 150 kg N/ha inklusive N_{\min} von einem etwas höheren Bedarf aus. In dieser Quelle wird jedoch auch berichtet, dass in einigen Fällen schon ab 100 kg N/ha keine statistisch signifikante Erhöhung des Ertrags mehr erzielt werden konnte. Der Bodennstickstoff war hierbei bereits berücksichtigt.

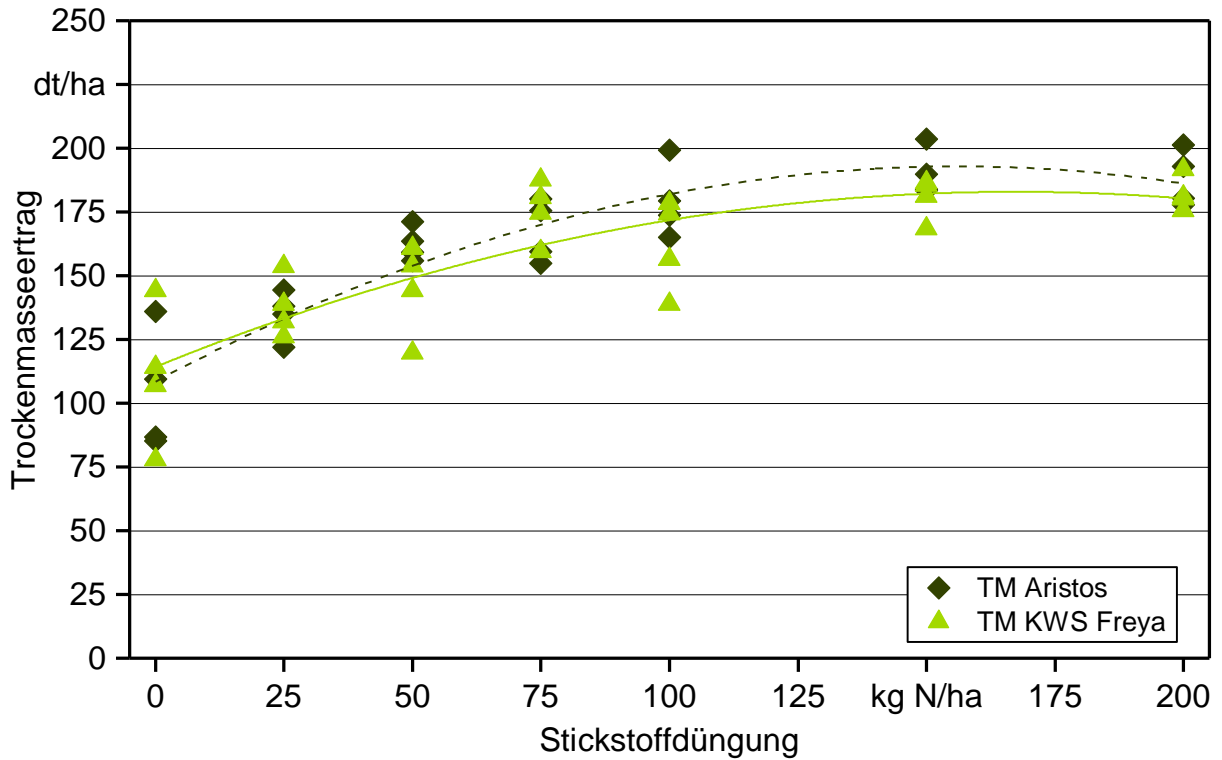


Abbildung 60: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Aholting, Versuchsjahr 2012

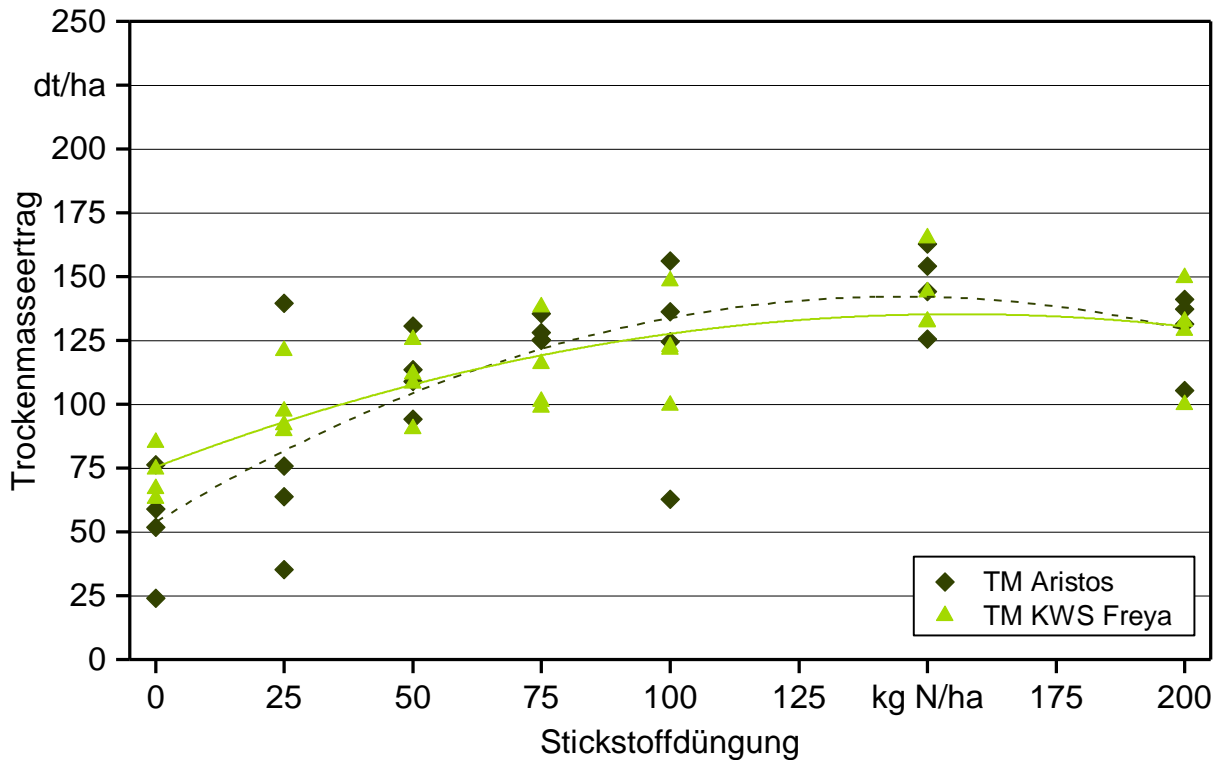


Abbildung 61: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Aholting, Versuchsjahr 2014

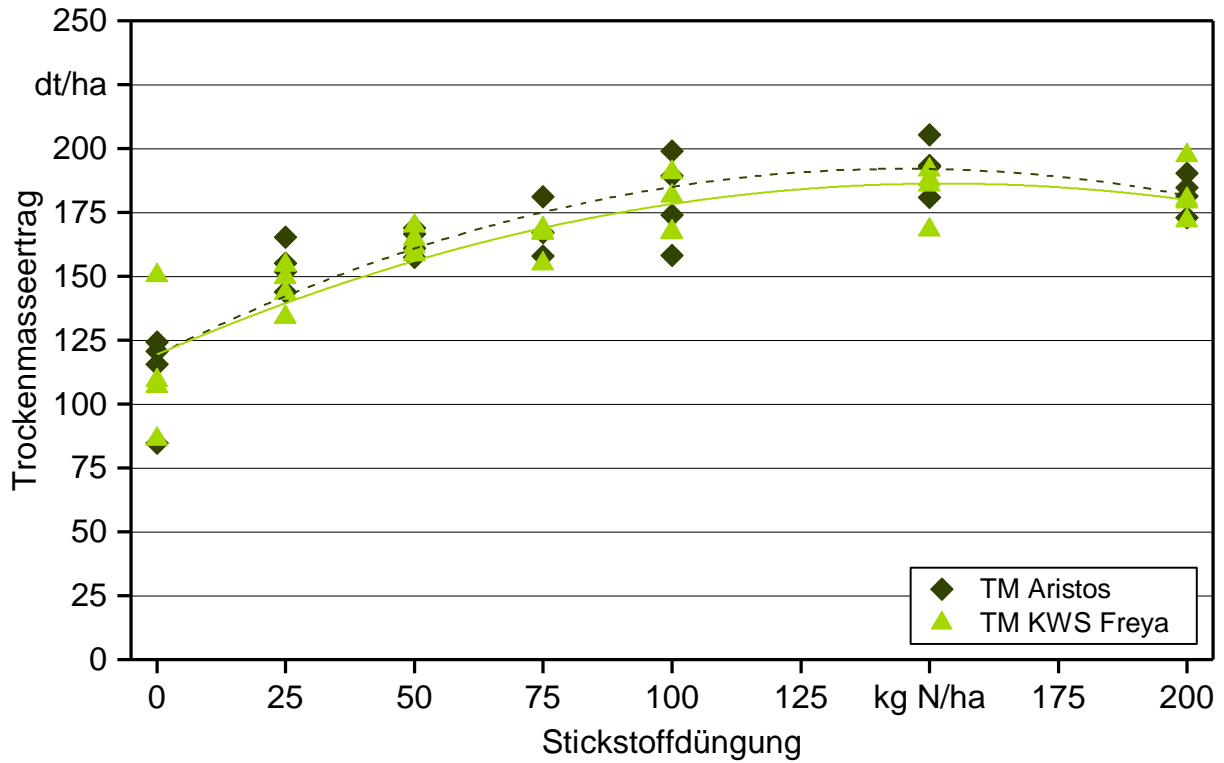


Abbildung 62: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Straubing, Versuchsjahr 2012

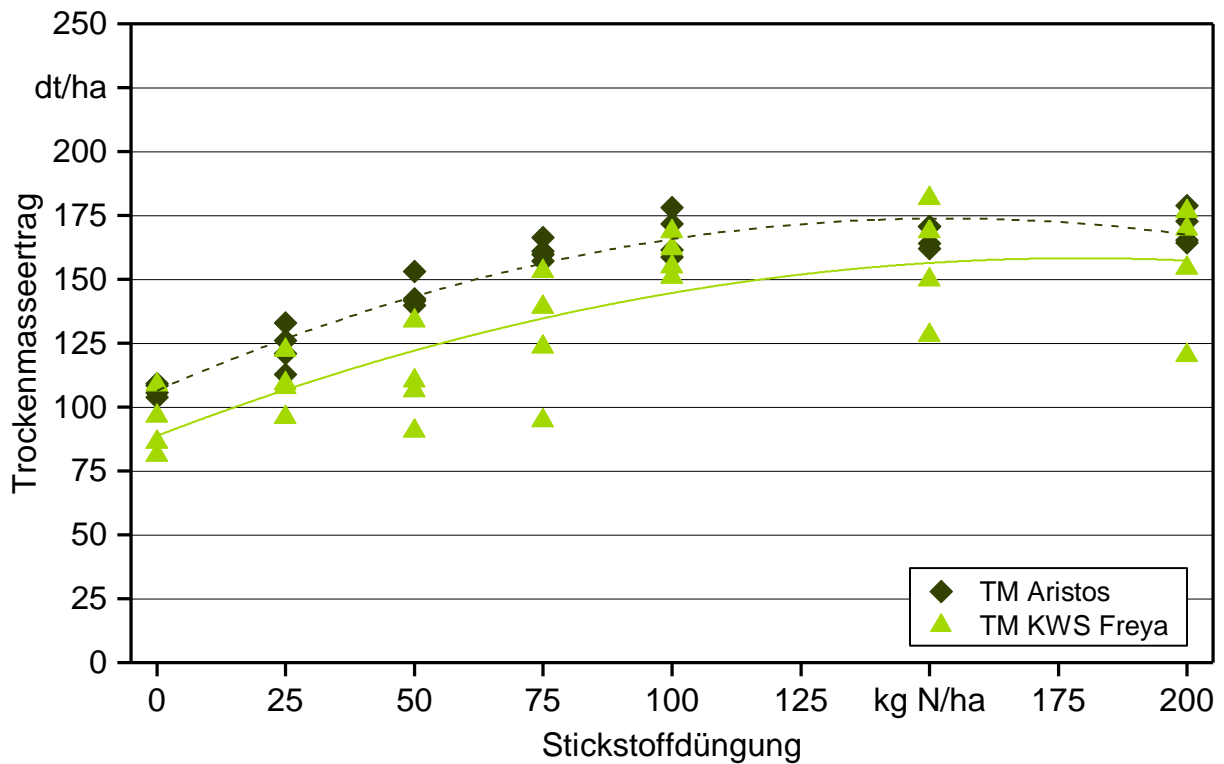


Abbildung 63: Stickstoffertragsfunktion mittels quadratischer Regression am Standort Straubing, Versuchsjahr 2014

In den Versuchen war Sorghum sehr gut in der Lage, sich den verfügbaren Stickstoff aus dem Boden zu erschließen, damit reagierte diese Pflanze nicht in dem Maße auf hohe N-Düngegaben wie andere Kulturen. Zudem unterschieden sich die Versuchsstandorte der Untersuchungen in Boden- und Klimaverhältnissen. Die erzielten Ergebnisse bestätigen jedoch die Meinung aller in diesem Kapitel bereits genannten Autoren, die den N-Bedarf von Sorghum als eher mäßig einschätzen. Düngeempfehlungen, die für andere Biogaskulturen wie z. B. den Mais gelten, sind für Sorghum sicherlich nicht zutreffend. Die Ergebnisse der hier beschriebenen Untersuchungen zeigen, dass mit einer Stickstoffversorgung von etwa 130 kg N/ha (inklusive N_{\min}) bereits sehr gute Sorghumerträge zu erzielen sind. Auf sehr ertragreichen Standorten und bei Anbau entsprechend leistungsstarker Sorten könnte es sinnvoll sein, die N-Düngung etwas zu erhöhen bzw. Abschlüsse für sehr ertragsschwache Standorte vorzunehmen.

Der TS-Gehalt wurde in den vorliegenden Untersuchungen nur geringfügig von der N-Gabe beeinflusst (Tabelle 43). In den meisten Fällen stieg der TS-Gehalt zur Ernte mit zunehmender N-Düngung zunächst an. Ab 100 bzw. 150 kg N/ha nahm der TS-Gehalt dann aber wieder ab. Von anderen Kulturen ist bekannt, dass hohe N-Gaben die Reife verzögern können, was auf eine Verlängerung der vegetativen Wachstumsphase zurückzuführen ist [55]. Die niedrigeren TS-Gehalte der Varianten ohne oder mit nur wenig Stickstoffdüngung sind wahrscheinlich ebenfalls auf verlangsamtes Wachstum durch Nährstoffmangel und damit auch auf eine verzögerte Entwicklung zurückzuführen. Die bonitierten BBCH-Stadien zur Ernte bestätigen diese Vermutung aber nur teilweise (Tabelle 84 im Anhang).

Tabelle 43: Relativer TS-Gehalt zur Ernte im Düngeversuch

Ort	Jahr	TS-Gehalt in % der Sorte Aristos bei unterschiedlichen N-Düngemengen							TS-Gehalt in % der Sorte KWS Freya bei unterschiedlichen N-Düngemengen						
		N-Menge	0	25	50	75	100	150	200	0	25	50	75	100	150
Aholfing	2012	100	104	104	104	103	102	101	100	103	103	105	101	102	99
	2013	100	94	91	91	88	89	86	100	101	99	100	99	98	99
	2014	100	101	100	102	100	97	94	100	105	104	106	105	104	101
Straubing	2012	100	107	106	107	107	106	102	100	105	107	108	107	104	103
	2013	100	102	105	103	111	110	110	100	106	110	108	106	104	107
	2014	100	103	106	104	104	99	99	100	103	113	108	115	112	112

6.5.4.2 N-Mangel, Lager, Nitrat

Die Lagerneigung speziell massewüchsiger Fittersorghumtypen ist bekannt [61]. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass hohe N-Gaben die Lagerneigung verstärken können. Der Zusammenhang zwischen Lager und Stickstoffdüngung bei Sorghum wurde

deshalb ebenfalls untersucht. Abbildung 64 zeigt die Lagerboniturnoten zur Ernte in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung für die beiden Standorte Aholfing und Straubing. Am Standort Straubing war bei keiner der Sorten ein Zusammenhang zu erkennen. Am Standort Aholfing hatten die niedrigen Düngestufen tendenziell eine höhere Lagerneigung. Abbildung 65 zeigt die sehr dünnen und gelben Stängel der Variante ohne N-Düngung und liefert damit eventuell eine Erklärung für dieses Ergebnis. Eine Bestätigung der Annahme, dass durch hohe N-Düngung die Lagerneigung von Sorghum verstärkt wird, kann nach diesen Ergebnissen nicht erfolgen.

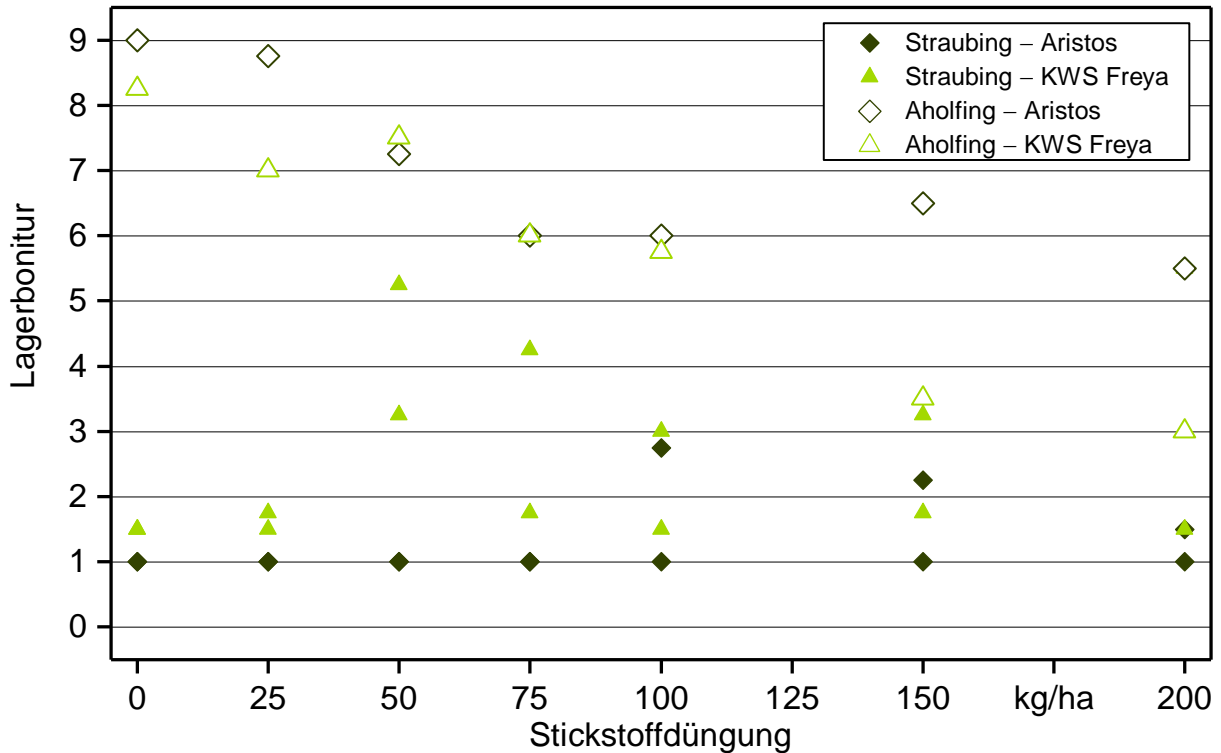


Abbildung 64: Lagerbonitur zur Ernte im Düngeversuch an den Standorten Straubing (2013 und 2014) sowie Aholfing (2014)



Abbildung 65: *Düngerexperiment am Standort Straubing 2014*

Der funktionale Zusammenhang zwischen Nitratgehalt und Stickstoffdüngung wird aus Abbildung 66 ersichtlich. Danach wurde bei hoher N-Düngung der Stickstoff nicht mehr nur als Protein, sondern auch in seiner verwertungstechnisch unproduktivsten Form, als Nitrat, akkumuliert. Im Gegensatz zur Tierfütterung, wo ein Gehalt von 0,5 % in der TM als Toleranzgrenze angesehen wird [40], spielt der Nitratgehalt für den Einsatz in der Biogasanlage eine untergeordnete Rolle. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass bereits ab einer Düngung von 75 kg N/ha der Stickstoff unproduktiv als Nitrat eingelagert wurde, und bestätigen damit die Schlussfolgerung, dass hohe N-Sollwerte für Sorghum nicht erforderlich sind. Die große Streuung der Werte kann durch unterschiedliche Bedingungen in den Versuchsjahren bzw. zwischen den Standorten verursacht worden sein. FJELL et al. [21] beschreiben beispielsweise eine erhöhte Nitratakkumulation in wärmeliebendem Sorghum u. a. durch eine bei Temperaturen unter 55 °F, entspricht 12,8 °C, gehemmte Fotosynthese. Auch eine unterschiedliche Einkörnung bzw. ein unterschiedliches Entwicklungsstadium zur Ernte (Assimilations- und Eiweißsenke Korn) können eine Rolle spielen. Dies ist auch als Grund für die niedrigeren Nitratgehalte der Sorte KWS Freya anzusehen, da diese früher abreifende Sorte zur Ernte schon eingekörnt hatte, was bei der späteren Sorte Aristos nicht der Fall war.

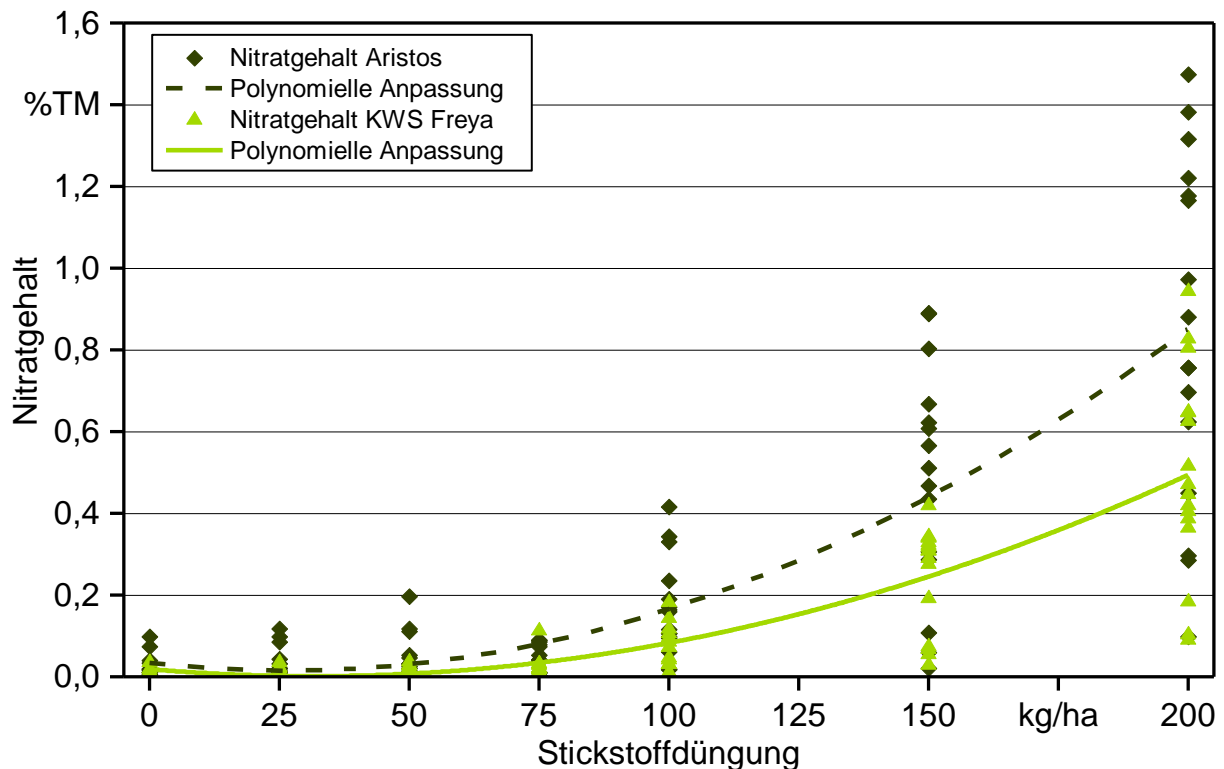


Abbildung 66: Nitratgehalte im Erntegut des Düngerversuchs in Aholting sowie Straubing, jeweils in den Jahren 2012 und 2014

6.5.4.3 N-Bilanz und Bodenstickstoff nach Ernte

Untersuchungen zum Bodenstickstoff und zur N-Bilanz sollen Aufschluss darüber geben, ob es zu einem Stickstoffüberhang kommen kann, der – von den Pflanzen ungenutzt – als Nitrat ins Grundwasser gelangen könnte. Abbildung 67 bis Abbildung 69 zeigen die für den Versuch ermittelten N-Bilanzen (N_{\min} + N-Düngung abzüglich N-Entzug über das Erntegut) sowie die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen nach Ernte der Sorghumpflanzen. Für das Versuchsjahr 2013 und in Straubing 2014 liegen keine Bodenuntersuchungsergebnisse vor.

Am Standort Aholting war die N-Bilanz 2012 deutlich negativ, während 2014 in der höchsten Düngestufe ein N-Überhangs von 120 kg N/ha ermittelt wurde. Der Grund dafür waren die hohen TM-Erträge im Jahr 2012 und die niedrigen TM-Erträge von weniger als 150 dt TM/ha im Jahr 2014. Am Standort Straubing war die N-Bilanz sowohl 2012 als auch 2014 negativ. Von einem N-Austrag ins Grundwasser musste daher nicht ausgegangen werden.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung bis 60 cm Tiefe zeigten niedrige N_{\min} -Werte zur Ernte, die fast alle unterhalb von 40 kg N/ha lagen. BUCHHOLTZ [7] gibt als tolerierbaren N_{\min} -Wert im Herbst für lehmige Böden 40 kg N/ha an. Die Werte am Standort Straubing stellen also keine erhöhte Auswaschungsgefahr dar. Auf sandigen Böden wie in Aholting hingegen sollten nicht mehr als 20 kg N/ha im Boden im Herbst enthalten sein. Dieser Richtwert wurde in den Versuchen teilweise überschritten.

Ein Zusammenhang zwischen der Dünge­stufe und N_{\min} nach der Ernte war nicht zu erkennen. Dies spricht dafür, dass Sorghum sehr gut in der Lage ist, sich den Bodenstickstoff anzueignen und auch über den Bedarf hinaus Stickstoff einzulagern. Die Ergebnisse der Nitratuntersuchung (Abbildung 66) untermauern dies.

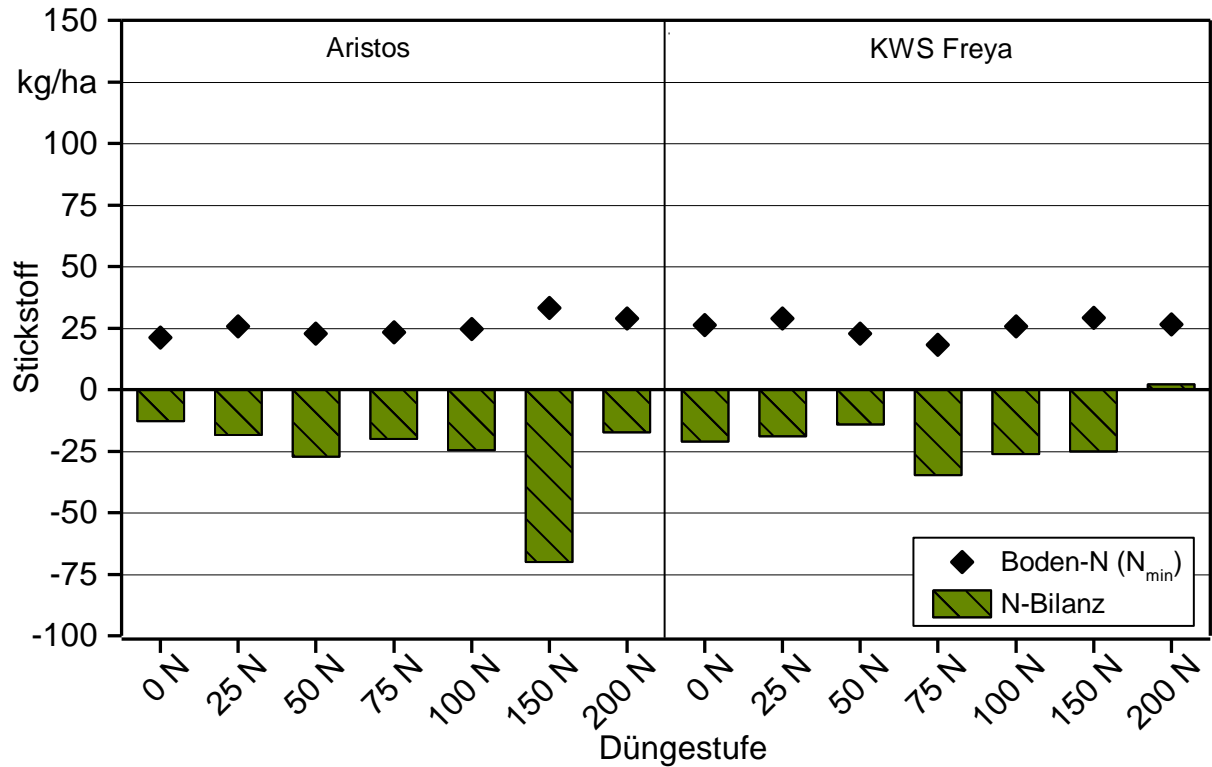


Abbildung 67: Stickstoffbilanz und Bodenstickstoff (0–60 cm) am Standort Aholting im Jahr 2012

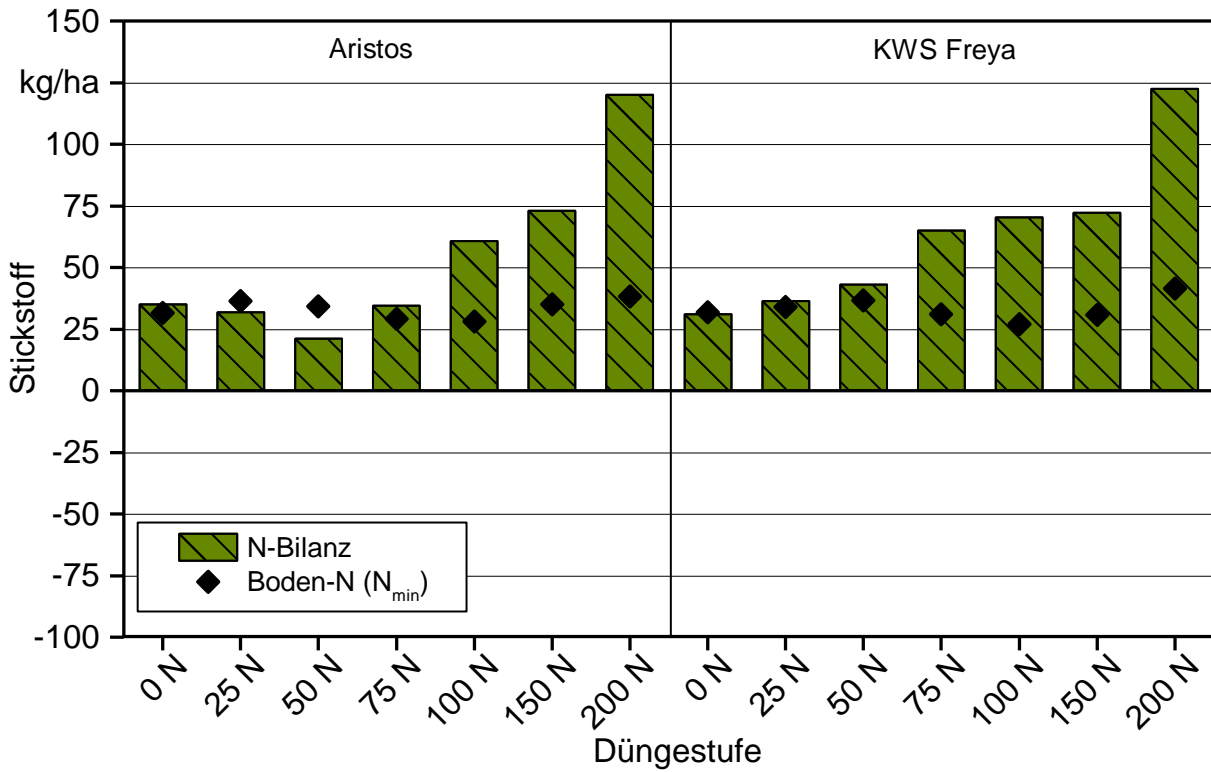


Abbildung 68: Stickstoffbilanz und Bodenstickstoff (0–60 cm) am Standort Aholfing im Jahr 2014

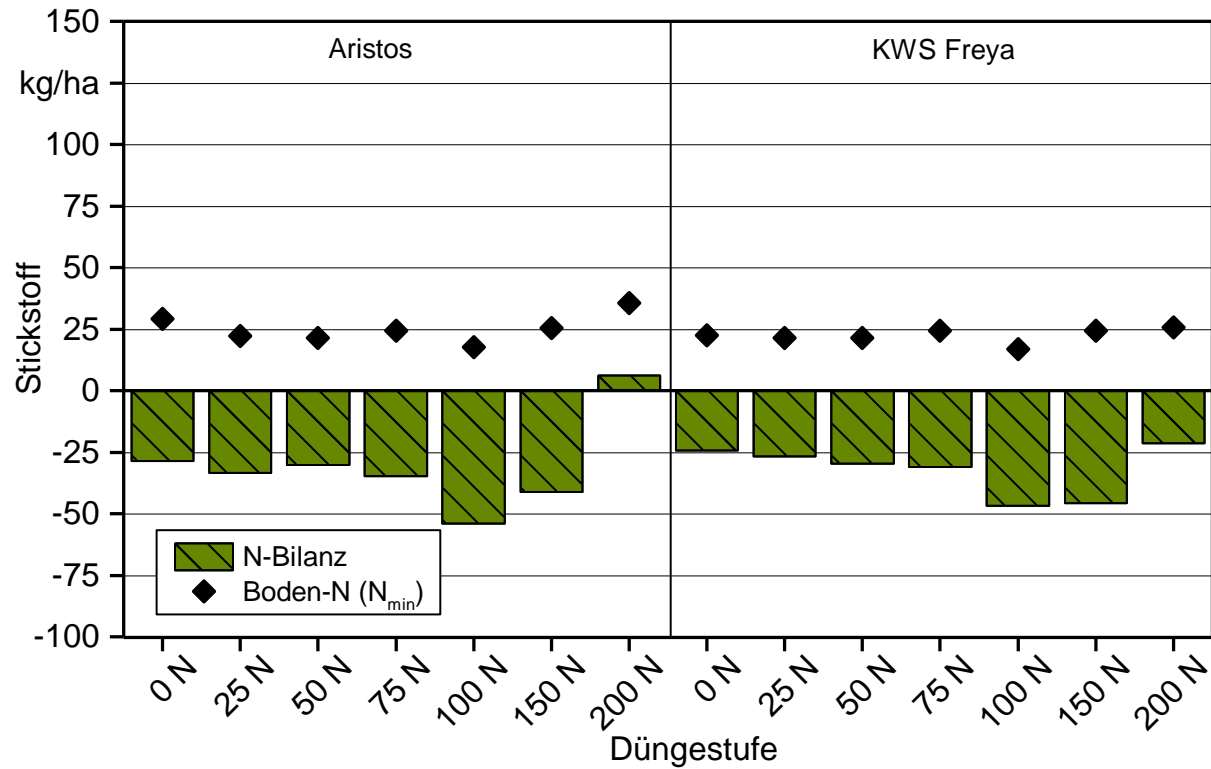


Abbildung 69: Stickstoffbilanz und Bodenstickstoff (0–60 cm) am Standort Straubing im Jahr 2012

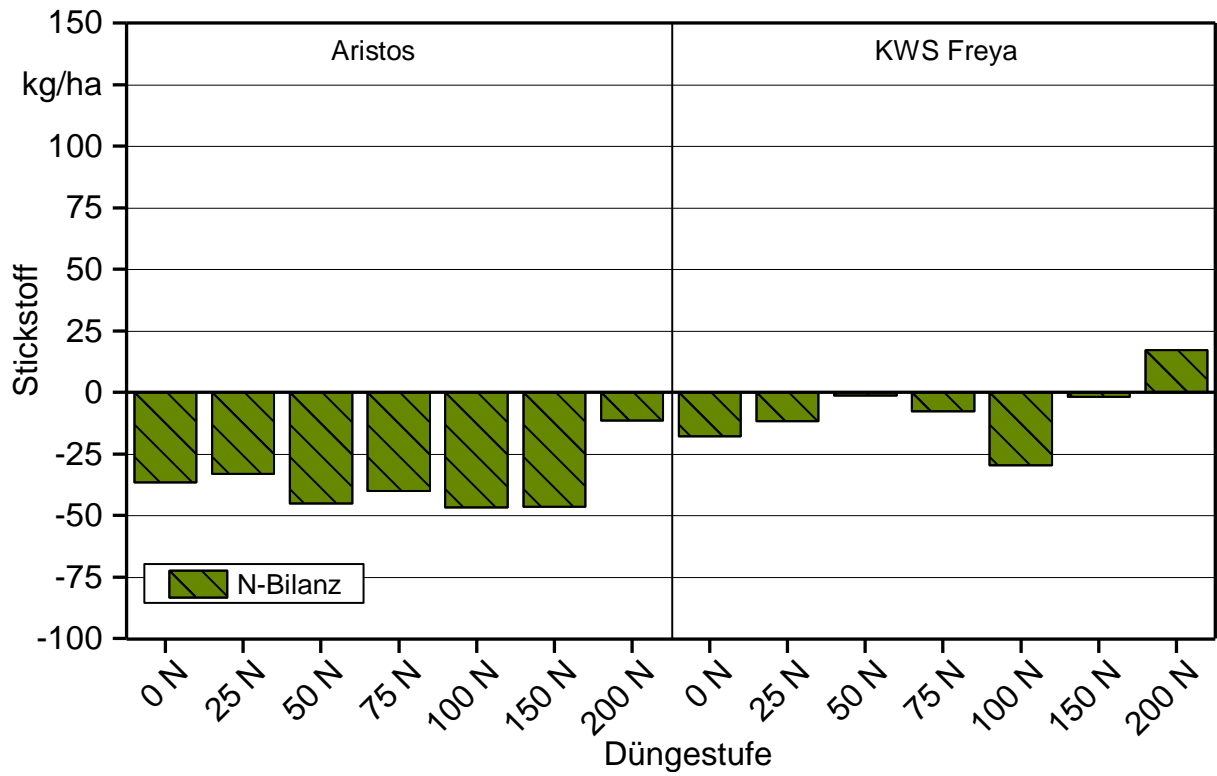


Abbildung 70: Stickstoffbilanz am Standort Straubing im Jahr 2014

Zusammenfassung

Ertragsleistung der Genotypen im Sortenscreening

In den Jahren 2012 bis 2014 wurde am TFZ eine Auswahl von jährlich etwa 50 Sorghumgenotypen auf die Merkmale Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt im Vergleich zu je sechs frühreifenden und spätreifenden Maissorten geprüft. Die etablierten Sorten und Zuchtstämme deckten dabei sowohl die wirtschaftlich wichtigen Arten *S. bicolor* und *S. sudanense* x *S. bicolor* als auch verschiedene Reifegruppen ab.

Das Jahr 2012 war ein ausgesprochen günstiges Sorghumjahr, was sich in den überraschenden TM-Erträgen und den verhältnismäßig hohen TS-Gehalten widerspiegelte. Die mittelspäten Sorghumsorten erreichten mit Erträgen von über 250 dt TM/ha das Ertragsniveau von Mais und die Zielmarke von 28 % TS-Gehalt. Die frühen und mittelfrühen Sorten gelangten aufgrund der günstigen Bedingungen bis zur physiologischen Reife und sogar die kurzstrohigen Körnersorten erzielten überdurchschnittliche Erträge.

Im zweiten Versuchsjahr 2013 waren die Bedingungen außerordentlich schwierig. Die Saat erfolgte verspätet, die Ernte aufgrund frühen Frosts verfrüht, sodass die Sorghumbestände nur eine Vegetationszeit von 118 Tagen zur Verfügung hatten. Die gewünschten TS-Gehalte von 28 % erzielten deshalb nur die Sorten von *S. bicolor* x *S. sudanense* der Reifegruppen früh (RG 1) bis mittelfrüh (RG 3). Vier davon erzielten Erträge von über 150 dt TM/ha, der Rest lag darunter oder erreichte den angestrebten TS-Gehalt nicht.

Obwohl 2014 die meisten Futtersorten und einige aus dem Sortiment *S. bicolor* x *S. sudanense* ertraglich mit dem Mais gleichauf lagen, fiel das Gros der Genotypen im TS-Gehalt zurück. Lediglich zwölf Sorten lagen im optimalen Bereich mit TS-Gehalten über 28 % und Erträgen über 150 dt TM/ha.

Insgesamt ergab die Prüfung der verschiedenen Sorten und Stämme eine eindeutige Korrelation zwischen TM-Ertrag und TS-Gehalt: je spätreifer eine Sorte, desto höher der TM-Ertrag, desto niedriger jedoch der TS-Gehalt. Auffällig ist zudem, dass sich die früheren Reifegruppen bislang ausschließlich aus Sorten der Art *S. bicolor* x *S. sudanense* zusammensetzen.

Reifegruppen

Das bisherige Verfahren zur Einordnung der Sorghumsorten in Reifegruppen konnte bestätigt und weiter verfeinert werden. Mittlerweile ist es möglich, zwischen insgesamt fein abgestuften Reifegruppen von früh (RG 1) bis spät (RG 7) zu unterscheiden. Innerhalb der dicht mit *S. bicolor*-Sorten besetzten mittelspäten Reifegruppe ist nun auch eine Differenzierung in leicht frühere mittelspäte (RG 4–5) und normal mittelspäte Sorten (RG 5) möglich.

Reifeprognose

Der Schnittzeitversuch ist angelegt worden, um das am TFZ entwickelte Modell der Reifeprognose zu validieren. Mit der Reifeprognose soll dem Landwirt eine einfache Methode zur Bestimmung der Siloreife seiner Sorghumbestände an die Hand gegeben werden. Neben der Wärmesummenmethode ist die Siloreife auch anhand des Entwicklungsstadiums eindeutig bestimmbar und mit der Fruchtentwicklung bei BBCH 73 bis 75 sicher erreicht.

Die inhaltsstoffliche Zusammensetzung der Pflanzen ändert sich mit der Pflanzenentwicklung. Im Schnittzeitversuch wurde deshalb in allen drei Versuchsjahren der Gehalt wertgebender Inhaltsstoffe im Vegetationsverlauf betrachtet. Demnach nimmt der Gehalt enzymlösbarer organischer Substanz (ELOS) in der Pflanze erst ab und zum Erntetermin hin wieder zu. In der Wachstumsphase baut die Pflanze zur Stabilisierung einen höheren Rohfasergehalt auf, in der Reifephase werden dann zusätzlich Rohzucker und Rohstärke gebildet, die die Verdaulichkeit positiv beeinflussen. Neben der inhaltsstofflichen Zusammensetzung spielt vor allem die Veränderung der Methanausbeute im Lauf der Vegetationszeit eine Rolle. Aus diesem Grund wurde im Versuchsjahr 2013 die Methanausbeute zu allen acht Schnittzeitpunkten ermittelt. Es zeigt sich, dass sich die Methanausbeute parallel zur Verdaulichkeit, ausgedrückt als ELOS, entwickelt. Je besser die Verdaulichkeit des Substrats ist, desto höher fällt folglich die Methanausbeute aus.

Inhaltsstoffanalysen und Methanausbeute

Zur Bestimmung der Inhaltsstoffe wurden Pflanzenproben der untersuchten Sorghum- und Maissorten nach Weender Verfahren und Van-Soest-Methode analysiert. Um erweiterte Kenntnisse zur Methanbildung zu erlangen, wurden zusätzlich Stärke-, Zucker- und ELOS-Gehalt ermittelt. Die Körnersorten wiesen unter allen Sorghumtypen den höchsten Stärkegehalt und auch die höchste Verdaulichkeit auf.

Mais und Sorghum unterscheiden sich besonders stark im Rohfaser-, Stärke- und Zuckergehalt. Mais weist markant weniger Rohfaser und bedeutend mehr an Stärke in seiner pflanzlichen Zusammensetzung auf. Diese Komponenten führen auch zu höheren Verdaulichkeitswerten und damit zur höheren Vergärbarkeit, was sich in dem höheren ELOS-Wert und der höheren Methanausbeute wiederfindet. Die Differenzen im Rohasche-, Rohprotein- und Rohfettgehalt hingegen sind deutlich geringer. Ein gesicherter Zusammenhang zwischen der Verdaulichkeit und dem BBCH-Stadium ließ sich nicht festmachen.

Futterwertanalysen und Blausäuregehalte

Sorghum lässt sich bestens silieren und als Futtermittel konservieren. Eine Bewertung der Versuchssilagen nach dem DLG-Bewertungsschlüssel führte ausnahmslos zu guten bis sehr guten Ergebnissen, die sich nicht von der Maisreferenz unterschieden. Defizite lagen jedoch bei der inhaltsstofflichen Zusammensetzung vor. Insbesondere von den blattbetonten Sorghum-Futtertypen konnten die für die Wiederkäuerfütterung anzustrebenden Gehalte umsetzbarer Energie nicht annähernd erreicht werden. Die im Versuch

betrachteten Körnertypen wiesen zwar eine höhere Energiedichte auf, das geringere Trockenmasseertragspotenzial führt jedoch zu einem unverhältnismäßig hohen Mehraufwand an Fläche, der den vollständigen oder auch nur teilweisen Ersatz von Mais durch Sorghumsilage in der Milchviehfütterung unrentabel macht.

Zudem bleibt zu beachten, dass in unserer Region angebautes und zur Fütterung vorgesehenes Sorghum stets auf Blausäure untersucht werden sollte, auch wenn der Pflanzenbestand bereits die blattreiche vegetative Phase verlassen und die generative Phase erreicht hat. Selbst ordnungsgemäß siliertem Material kann nicht mit absoluter Gewissheit ein Blausäuregehalt unter dem Grenzwert nach FuttMV (50 ppm bezogen auf 88 % TS) unterstellt werden. Dieser gilt zwingend bei einem Verkauf von Silage als Viehfutter, nicht jedoch für eine hofeigene Verwendung der Silage auf eigenes Risiko.

Kühletoleranz der Sorten

Sorghum zeigt im Vergleich zu vielen anderen Kulturen vor allem während der Jugendentwicklung eine geringe Kühletoleranz. In allen drei Versuchsjahren wurden deshalb die im Sortenscreening geprüften Genotypen in einem Gewächshausversuch hinsichtlich ihrer Kühletoleranz untersucht. Die Vorgehensweise wurde dabei jährlich angepasst, um sich schließlich einer geeigneten Bestimmungsmethodik anzunähern. Die Versuche ergaben, dass die Keimung der Sorghumpflanzen, unabhängig von der Größe der Tag-Nacht-Schwankungen, erst bei einer mittleren Tagestemperatur von mindestens 10 °C einsetzt. Des Weiteren stellte sich heraus, dass die Pflanzen während einer Kühlphase mit einer mittleren Temperatur von 12 °C ein chlorotisches Erscheinungsbild entwickeln. Dieses fiel umso schlimmer aus, je länger die Stressphase andauerte. Es zeigte sich allerdings auch, dass sich diese Schäden nach einer Erholungsphase bei einer mittleren Temperatur von 22 °C wieder verwachsen. Lediglich bei der Extremvariante mit einer Stressphase von mehr als fünf Wochen konnten bei einzelnen Sorten Totalausfälle beobachtet werden. Insgesamt konnte mit der im Jahr 2014 verwendeten Methodik die Kühletoleranz jedes Genotyps ermittelt werden.

Anfälligkeit gegenüber *Rhizoctonia solani*

Im zweiten Versuchsjahr wurde in einem weiteren Gewächshausversuch die Anfälligkeit von Sorghum gegenüber dem bodenbürtigen Schaderreger *Rhizoctonia solani* geprüft. Insgesamt wurden 76 Genotypen künstlich mit einem Isolat der AG2-2IIIB inokuliert. Es stellte sich heraus, dass parasitäres Lager durch *Rhizoctonia* auftreten kann, jedoch offenbar nur bei gleichzeitiger Schwächung durch abiotische Faktoren oder andere Schaderreger. Sorghum in Zuckerrübenfruchtfolgen sollte deshalb wie der Mais, aber keinesfalls strenger gehandhabt werden. Die existierenden Sortenunterschiede, die sich vor allem zwischen den Arten zeigen, bieten eine gute Ausgangslage für eine eventuelle Resistenzzüchtung.

Bayernweiter Sortenvergleich

In den Jahren 2012 bis 2014 wurden an den Standorten Euerhausen, Neuhoﬀ, Straubing, Aholﬂing, Haibach und Grub (nur 2013 und 2014) je zwölﬀ Sorghumsorten hinsichtlich ertragsrelevanter Merkmale, Lager, Entwicklungsstadium und Abweichungen zum Standortmittel untersucht. Es zeigte sich, dass sowohl für den Haupt- als auch für den Zwischenfruchtanbau für die hiesigen Bedingungen geeignete Sorten unterschiedlicher Reifegruppen zur Verfügung stehen. Zwischen der Reifegruppenzugehörigkeit und dem Ertragspotenzial besteht ein statistisch abgesicherter Zusammenhang. Danach erreichen die mittelspäten Sorten der RG 5 höhere Erträge als die früher reifenden der RG 1 bis 3. In den kühleren Regionen mit kürzerer Vegetationszeit ist allerdings der ertragliche Vorteil der mittelspäten Sorten im Vergleich zu den frühen und mittelfrühen kaum noch nachweisbar. Mit Blick auf ausreichend hohe Trockensubstanzgehalte ist hier der Griff zu ausreichend frühen Sorten ratsam. Züchterische Schwerpunktthemen werden weiterhin Standfestigkeit, Frühreife und Kühletoleranz sein.

Saatbettbereitung und Aussaattechnik

Die Etablierung eines leistungsstarken Sorghumbestands steht und fällt mit optimalen Aussaatbedingungen – sowohl bei der Saatbettbereitung als auch beim Saatvorgang selbst sind zahlreiche Parameter zu berücksichtigen. Ziel muss es sein, für das kleinkörnige Saatgut ein feinkrümliges, gut abgesetztes Saatbett mit Anschluss an das kapillare Bodenwasser zu schaffen.

Hinsichtlich der vorbereitenden Bodenbearbeitung kann keine allgemeingültige Empfehlung ausgesprochen werden. Das Verfahren ist stets in Abhängigkeit der konkreten Boden- und Witterungsverhältnisse sowie der Vorfrucht und des damit verbundenen Durchwuchsriskos zu wählen. Während bei guter Bodenstruktur und unproblematischer Vorfrucht (z. B. Grünroggen) bereits Varianten der reduzierten oder sogar der Minimalbodenbearbeitung ausreichen, stellt bei vorangegangenem Weidelgras nur das Pflügen eine tragfähige Option zur Saatbettbereitung dar.

Zur unmittelbaren Aussaat eignet sich der Einsatz sowohl von Einzelkorn- als auch von Drilltechnik. Die in gedrillten Beständen ungleichmäßigere Längs- und Querverteilung kann Sorghum durch seine Bestockungsfähigkeit ausreichend kompensieren. Bei beiden Saatverfahren konnten keine signifikanten Unterschiede der Ertragsleistung in Abhängigkeit des Reihenabstands nachgewiesen werden. Die zusätzliche Applikation einer Unterfußdüngung führte im einjährigen Versuch zwar absolut betrachtet zum Spitzenertrag, eine statistisch abgesicherte Ertragssteigerung konnte jedoch nicht belegt werden.

Mehrschnittnutzung

In einem Feldversuch mit den Sorghumsorten Lussi (RG 1), Ludan, Lurabo, Luzar, Piper (RG 2), KWS Inka (RG 5) und Trudan-Headless (RG 7) wurde die Möglichkeit einer Mehrschnittnutzung von Sorghum geprüft.

Für eine Mehrschnittnutzung sollte die Aussaatstärke auf 60 Körner/m² erhöht werden und die Reihenweite höchstens 24 cm betragen, um eine ausreichende Stoppeldichte für die Bergung des Schwads zu gewährleisten.

In der Ertragsleistung der Schnittregime gab es eine recht klare Abhängigkeit zum Abreifeverhalten der Sorten. Während bei den frühen Sorten das Zweitschnittregime tendenziell die höheren Erträge brachte, lag bei den späteren Sorten die Einschnittnutzung vorn. Allerdings erreichten die späten Sorten selbst in der Einschnittnutzung nicht die angestrebten TS-Gehalte bei der Ernte aus dem Stand. Für den letzten Aufwuchs einer Dreischnittnutzung bleibt unter bayerischen Bedingungen nicht genügend Zeit zur Ausbildung erntewürdiger Bestände, sodass diese nur zur Gründüngung genutzt werden könnten. Insgesamt erwies sich das Erreichen der für die Silierung notwendigen TS-Gehalte selbst mit Schwadlegung und Anwelken als unsicher und es wurden keine Ertragsvorteile durch die Mehrschnittnutzung nachgewiesen.

Stickstoffdüngung

Sorghum wird allgemein eine sehr gute Nährstoffeffizienz unterstellt. Verglichen mit Mais reagiert Sorghum weit weniger sensitiv auf eine Unterversorgung mit Stickstoff. In einem Stickstoffsteigerungsversuch auf N-Mangel-Flächen zweier Standorte wurden Untersuchungen zum Zusammenhang von N-Düngung und Trockenmasseertrag sowie weiterer relevanter Parameter durchgeführt.

Der maximale Ertrag wurde – je nach Jahr, Standort oder Sorte – mit unterschiedlichen Stickstoffmengen zwischen 145 und 182 kg erreicht, wobei sich ab 50 bzw. 75 kg N/ha die Ertragssteigerung nicht mehr statistisch absichern ließ. Untersuchungen zum Nitratgehalt im Erntegut ergaben, dass bereits ab einer Düngung von 75 kg N/ha ein Teil des Stickstoffs unproduktiv als Nitrat eingelagert wird. Dies bestätigt damit die Schlussfolgerung, dass bei Berücksichtigung des N_{\min} -Vorrats im Boden höhere Düngemengen für Sorghum nicht erforderlich sind. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass mit einer Gesamt-Stickstoffversorgung (Düngung inkl. Boden- N_{\min}) von etwa 130 kg N/ha gute Sorghumerträge zu erzielen sind. Auf ertragreichen Standorten mit hoher Ertragserwartung kann es sinnvoll sein, die N-Düngung etwas zu erhöhen bzw. Abschläge für sehr ertragsschwache Standorte vorzunehmen.

Die Untersuchungen des Bodenstickstoffgehalts im Herbst nach der Ernte ließen keinen Zusammenhang zwischen N-Düngung und N_{\min} erkennen. Dies spricht dafür, dass Sorghum sehr gut in der Lage ist, sich den Bodenstickstoff anzueignen, und auch über den Bedarf hinaus Stickstoff einlagern kann.

Abstract

Yield performance of sorghum genotypes in the variety screening

In 2012 to 2014, a selection of about 50 sorghum genotypes was tested at TFZ concerning dry matter yield (DM) and dry matter content (DM %) in comparison to six early and six late maturing maize cultivars. The sorghum cultivars and breeding lines covered the economically important species *S. bicolor* and *S. bicolor* x *S. sudanense* as well as various maturity groups (Reifegruppen, RG).

2012 offered favourable growing conditions for sorghum, resulting in outstanding DM yields and comparatively high DM contents. Medium-late sorghum varieties reached the yield level of maize exceeding 250 dt DM/ha and the target of 28 % DM or above. Early and medium-early cultivars accomplished physiological maturity. Even the grain varieties with their small plant height achieved above-average yields.

In 2013, the second year of the trial, the weather conditions were exceptionally poor. The sowing had to be delayed and the harvest had to be performed premature due to an early frost event. This resulted in a growing period of only 118 days for the sorghum crop. Therefore, only the early (RG 1) and medium-early (RG 3) cultivars of *S. bicolor* x *S. sudanense* reached the target of 28 % DM. Four of these cultivars produced yields of more than 150 dt DM/ha, while the others were below or did not achieve the intended DM content.

In 2014, most of the fodder sorghum varieties and a few cultivars of the assortment of *S. bicolor* x *S. sudanense* were equal to maize in terms of DM yield. Concerning DM content, most of the tested genotypes did not perform as well, thus resulting in only twelve varieties within the optimum range (more than 28 % DM and DM yield above 150 dt/ha).

In total, the screening of the various cultivars and breeding lines revealed a distinct correlation between DM yield and DM content: a later maturing variety has a higher yield potential but will reach a lower than optimal DM content. In addition it is notable that the early and medium-early maturity groups are so far composed exclusively of *S. bicolor* x *S. sudanense* species.

Maturity groups

The currently available procedure for classifying the sorghum cultivars in maturity groups could be validated and improved. It is now possible to distinguish between the graded maturity groups from early (RG 1) to late (RG 7). Within the medium-late maturity group that mostly consists of *S. bicolor* varieties, it is now possible to differentiate between the slightly earlier medium-late (RG 4–5) and normal medium-late (RG 5) varieties.

Prognosis of maturity

The harvest date trial was set up to validate the maturity model prediction. This prognosis was developed at TFZ to offer farmers a simple way to determine ensiling maturity of their sorghum crops. It can either be achieved by calculating the temperature sum of the growing period or by identification of the development stage. The ensiling maturity is definitely reached at early grain filling stage, BBCH 73 to 75.

The composition of the plant ingredients changes during crop development. Therefore, the contents of methane-contributing ingredients were observed in the harvest date trial during the vegetation period in all three years. The content of enzyme-soluble organic matter (enzymlösbar organische Substanz, ELOS) decreases during crop development and increases again as the crop approaches grain development. During growth phase, crops need higher crude fibre contents for stabilisation. In the ripening phase, raw sugar and raw starch are additionally stored, which have a positive effect on digestibility. Along the composition of ingredients, the change in methane yield during vegetation period and crop development is notable. Accordingly, the methane yield was determined on all eight harvest dates in the trial season 2013. It is apparent that methane yield develops parallel to digestibility, as measured by ELOS. A higher digestibility of plant biomass, results in a higher methane yield.

Ingredient analysis and methane yield

To determine the composition of plant ingredients, samples of all sorghum and maize genotypes were analysed according to the Weender and van Soest method. To gain further information about methane yield, raw sugar, raw starch and ELOS contents were analysed as well. Among all sorghum types, the grain sorghum varieties showed the highest raw starch content and the highest digestibility.

Maize and sorghum differ particularly in contents of crude fibre, raw starch and raw sugar. Maize is composed of distinctively less crude fibre and significantly more raw starch. These components lead to higher digestibility and better fermentability, thus resulting in higher ELOS content and higher methane yield for maize compared to sorghum. The differences in crude ash, crude protein and crude fat contents between both crops are considerably smaller. It was not possible to demonstrate a correlation between digestibility and development stage (BBCH).

Feed value analysis and hydrocyanic acid content

Sorghum has excellent qualities for ensiling and preserving as animal fodder. A rating of test silages according to the DLG evaluation scale led to results equal to the maize reference, ranging from good to very good without exception. There were drawbacks, however, in the composition of ingredients. Particularly the leaf-rich sorghum fodder types did not reach the content of metabolisable energy needed for ruminant feed by far. The grain sorghum varieties examined in the trial demonstrated a higher energy density in the silage, but their lower DM yield potential leads to a disproportionally high amount of additionally needed crop area. Therefore, the complete or partly replacement of maize silage with sorghum silage in the feeding of dairy cattle is unprofitable.

Furthermore, testing for hydrocyanic acid should be taken into consideration when sorghum is cultivated in our region and fodder use is intended, even when the crop has reached the generative phase. It cannot be assumed with absolute certainty that properly ensiled material has a hydrocyanic acid content below the threshold value (50 ppm in relation to 88 % DM) set by the German Feed Regulation (Futtermittelverordnung, FuttmV). This value is compulsory for the sale of sorghum silage as fodder but not for private use at one's own risk.

Cold tolerance of the varieties

In comparison to many other crops, sorghum displays a low cold tolerance, particularly during early development stages. Therefore, genotypes tested in the variety screening were also tested concerning cold tolerance in greenhouse experiments. The procedure was adapted every year to eventually establish a suitable determination method. The experiments showed that the germination of sorghum begins at an average daytime temperature of at least 10 °C, irrespective of temperature fluctuations between day and night. It further became apparent that the sorghum plants developed a chlorotic appearance during cool phases with a mean temperature of 12 °C. The chlorosis got worse the longer the cool stress phase lasted. However, these damages did grow out after a recovery phase with an average temperature of 22 °C. Merely for the extreme variant with a stress phase of more than five weeks at 12 °C, total failure were observed for some individual varieties. The procedure developed in 2014 can be used as standard method to determine cold tolerance in sorghum genotypes.

Susceptibility to *Rhizoctonia solani*

In 2013, a greenhouse trial testing the susceptibility of sorghum to the soil-borne pathogen *Rhizoctonia solani* was performed. A total of 76 sorghum genotypes were artificially inoculated with an AG2-2IIIB isolate. It turned out that parasitic laying down of the sorghum crops can occur through *Rhizoctonia*, but apparently only with a simultaneous weakening of the crop due to abiotic factors or other pathogens. Sorghum in sugar beet crop rotations should therefore be handled equal to maize but on no account more harshly. The existing differences in susceptibility between the varieties that were detected mostly between the species, offer a good starting position for resistance breeding.

Bavaria-wide variety comparison

In 2012 to 2014, twelve sorghum varieties were tested concerning yield-relevant attributes, tendency to lodging, development stage and deviation from the location average at the trial locations Euerhausen, Neuhof, Straubing, Aholting and Grub (only 2013 and 2014). It could be shown that suitable varieties of different maturity groups are available for local growing conditions, whether as main crop or as catch crop. A statistically confirmed correlation exists between the maturity group of a variety and its yield potential. Accordingly, the medium-late cultivars in RG 5 achieve higher DM yields than the earlier maturing cultivars in RG 1 to 3. But this yield benefit of medium-late varieties is barely verifiable compared to earlier maturing varieties in cooler regions with consequently shorter vegetation period. It is advisable to choose earlier maturing cultivars in those regions in order to achieve adequate DM contents for ensiling. Early maturity, cold tolerance and resistance to lodging continue to be the key issues for sorghum breeding.

Seedbed preparation and sowing technique

Establishing a high-performing sorghum stand requires optimum sowing conditions: both during preparation of the seedbed and the sowing process itself, numerous parameters have to be considered. The objective is to create a finely crumbly, well-settled seedbed to provide a connection to the capillary soil water for the small-grained sorghum seeds.

Regarding the preparatory tillage, no general recommendation can be made. The method should be chosen depending on the specific soil and weather conditions, the previous crop and the associated risk of secondary growth. Provided that a good soil structure and unproblematic previous crops, e.g. forage rye exist, reduced or minimum tillage options are sufficient. With preceding ryegrass, ploughing is the only viable option prior to preparing the seedbed.

The use of both single-seed and drill seeding technique are suitable. Sorghum can adequately compensate the longitudinal and transverse distribution of plants in drilled crop stands being more uneven due to its good tillering ability. For both sowing techniques, no significant difference in yield performance depending on row spacing could be proven. An additional application of root fertilisation in a single trial year led to the highest yield for this variant, but it was not statistically verified.

Multiple harvesting regimes

The practicability of multiple harvests in sorghum was tested in field trials (2012 and 2013) with the sorghum cultivars Lussi (RG 1), Ludan, Lurabo, Luzar, Piper (all RG 2), KWS Inka (RG 5) and Trudan Headless (RG 7). For multiple harvesting, the seed rate should be increased to 60 grains/m² and the row spacing should not exceed 24 cm to guarantee a sufficient stubble density for retrieving the swathe.

The yield performance of harvesting regimes showed a distinct dependence on the maturity group of the sorghum variety. While early maturing varieties tended to have higher yields in a two harvests regime, single harvesting achieved better results with late maturing sorghum varieties. However, all varieties did not reach the aimed for DM content of 28 % easily. Even windrowing and wilting could not ensure the necessary DM content for ensiling. Under growing conditions in Bavaria, a triple harvest regime does not offer enough time for the regrowth of the third plant stand. It can therefore only be used for green manuring.

Nitrogen fertilisation

Sorghum is assumed to have a very good nutrient efficiency. Compared to maize, sorghum reacts considerably less sensitively to an undersupply of nitrogen (N). In a nitrogen fertilisation trial at two sites with N shortage, the correlation between N supply and DM yield as well as other relevant parameters were examined.

The maximum yield – for a particular year, location or variety – was achieved with varying quantities of N between 145 and 182 kg, although the yield increase of 50 respectively 75 kg N or more could not be statistically verified. Analysis of nitrate content in the harvested crops revealed that with a fertilisation of 75 kg N and above, part of the nitrogen was stored in the plant unproductively as nitrate. It can therefore be confirmed, that sorghum does not require higher quantities of N – if the soil mineral N supply is considered when planning the N fertilisation. Overall, a total N supply (fertilisation plus soil N_{min}) of about 130 kg N/ha is sufficient for good sorghum yields. At fertile locations with high yield expectations, it can make sense to increase the N fertilisation; whereas at low-yielding sites a reduced N supply can be adequate.

The analysis of soil's nitrogen content in autumn after harvest did not reveal any correlation between N fertilisation and residual Nmin. That indicates sorghum is well adapted to acquire soil Nmin and can store nitrogen in excess of demand.

Quellenverzeichnis

- [1] BAGNALL, D. (1979): Low temperature responses of three sorghum species. In: LYONS, J. M.; GRAHAM, D.; RAISON, J. K. (Hrsg.): Low temperature stress in crop plant – The role of the membrane, New York: Academic Press, S. 67-80, ISBN 0-12-460560-5
- [2] BASERGA, U. (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen. Biogas aus organischen Reststoffen und Energiegras. FAT-Berichte, Nr. 512, Tänikon: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), 12 Seiten
- [3] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL): Agrarmeteorologie Bayern. Frei verfügbare Daten des agrarmeteorologischen Messnetzes der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL), URL: <http://www.lfl.bayern.de/service/agrarwetter/>, Stand: 14.01.2015
- [4] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL): Hinweise zum Mais-Reifeproggnosemodell nach AGPM, URL: <http://www.lfl.bayern.de/ipz/mais/027541/>, Stand: 18.02.2015
- [5] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) (2012): Jahresbericht 2012. Redaktion: Abteilung Information und Wissensmanagement. 1. Aufl. Freising: ES-Druck, 121 Seiten ISSN 1861-1788
- [6] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (StMELF); BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (StMUV) (2013): Cross Compliance 2014. Einhaltung der anderweitigen Verpflichtungen. München: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF), 122 Seiten
- [7] BUCHHOLTZ, J. (2012): Zu viel gedüngt? Erfolgsparameter Herbst-N_{min}. Gewässer-schutzberatung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Hrsg. v. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, Kiel. Faltblatt vom 10.10.2012. URL: http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/G/grundwasser/Downloads/Erfolgsparameter.pdf?__blob=publicationFile&v=1 Stand: 09.11.2015
- [8] BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL) (2015): Futtermittelverordnung. Bekanntmachung der Neufassung der Futtermittelverordnung vom 15. Oktober 2015, in der vom 7. Oktober 2015 an geltenden Fassung. Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 39 vom 20. Oktober, S. 1687–1716
- [9] BUNDESSORTENAMT (BSA) (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Hannover: Landbuch-Verlags-Ges., 348 Seiten, ISSN 1431-1089
- [10] BUNDESSORTENAMT (BSA) (2012): Bekanntmachung Nr. 21/12 des Bundessortenamtes über Bestimmungen für den Beginn des Prüfungsanbaues und die Vorlage des Vermehrungsmaterials vom 1. November 2012. Hannover: Bundessortenamt, 14 Seiten
- [11] CASLER, M. D.; PEDERSEN, J. F.; UNDERSANDER, D. J. (2003): Forage yield and economic losses associated with the brown-midrib trait in sudangrass. Crop Science, Jg. 43, Nr. 3, S. 782–798

- [12] DEUTSCHER BUNDESTAG (2014): Gesetz zur grundlegenden Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechts. Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energie (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2014) vom 21. Juli 2014. EEG. Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 33, vom 24. Juli, S. 1066-1132
- [13] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (DIN) (1985): DIN 38414-8:1985-06, Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Schlamm und Sedimente (Gruppe S), Bestimmung des Faulverhaltens (S8), Juni 1985, Berlin: Beuth, 12 Seiten
- [14] DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (DLG) (1997): DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer. Universität Hohenheim, Dokumentationsstelle (Hrsg.), unter Mitwirkung des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie u. d. Bundesanstalt für Landwirtschaft Gumpenstein. 7., erw. u. überarb. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verlag, 212 Seiten, ISBN 3-7690-0547-3
- [15] DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (DLG) (2006): Grobfutterbewertung. Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG, Ausschuss für Futterkonservierung (Hrsg.), URL: http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grob_futterbewertung_B.pdf, Stand: 23.07.2015
- [16] DORFNER, G.; FRANK, J (2014): LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten – Milchkuhhaltung, Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, URL: <https://www.stmelf.bybn.de/idb/milchkuhhaltung.html>, Stand: 22.04.2014
- [17] DURST, L.; EBERLEIN, M. (2010): Bereitung hochwertiger Silage – die Grundlage für hohen Biogasertrag, Arbeitsgruppe Substratbereitstellung im „BIOGAS FORUM BAYERN“, Nr. II – 7/2010, URL: http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Bereitung_hochwertiger_Silage.pdf, Stand: 12.01.2015
- [18] EDER, J.; ZIEGLTRUM, A.; EIBLMEIER, P. (2011): Das Mais-Reifeproggnosemodell nach AGPM. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, URL: <http://www.lfl.bayern.de/ipz/mais/08509/>, Stand: 01.04.2011
- [19] ERCOLI, L.; MARIOTTI, M.; MASONI, A.; ARDUINI, I. (2004): Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure. European Journal of Agronomy, Jg. 21, Nr. 1, S. 93-103
- [20] EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2002): Richtlinie 2002/32/EG vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung. Zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EU) 2015/186 vom 06.02.2015 (ABI. Nr. L 31 S. 11), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Jg. 45, Nr. L 140 vom 30. Mai, S. 10-22
- [21] FJELL, D.; BLASI, D.; TOWNE, G. (1991): Nitrate and Prussic Acid Toxicity in Forage – Causes, Prevention, and Feeding Management. November 1991. Manhattan, KS: Kansas State University Cooperative Extension Service, Departments of Agronomy & Animal Sciences; U.S. Department of Agriculture Cooperating, Richard D. Wootton. Forage Toxicity, MF-1018, 4 Seiten
- [22] FREDRIKSEN, R. A.; ODVODY, G. N. (2000): Compendium of sorghum diseases. 2nd edition. Disease compendium series. St. Paul, Minnesota: APS Press, 78 Seiten, ISBN 0-89054-240-6

- [23] GAUDET, D. A.; MAJOR, D. J. (1986): Factors affecting seedling emergence of Sorghum for short-season areas. *Plant Disease*, Jg. 70, Nr. 6, S. 572–575
- [24] GERIK, T.; BEAN, B.; VANDERLIP, R. (2003): Sorghum growth and development. Temple, TX; Amarillo, TX, USA: The Texas A & M University System; Texas Cooperative Extension, Nr. B-6137 7-03, 8 Seiten
- [25] Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) (2008): Neue Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie für Wiederkäuer von Gras- und Maisprodukten - New Equations for Predicting Metabolisable Energy of Grass and Maize Products for Ruminants. *Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, Nr. 17, S. 191-198
- [26] HART, S. P. (1990): Effects of altering the grain content of sorghum silage on its nutritive value. *Journal of Animal Science*, Jg. 68, Nr. 11, S. 3832-3842
- [27] HARTMANN, A.; FRITZ, M. (2014): Saatzeiten, Düngung. Teilvorhaben 2; FKZ: 22006810. In: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (Hrsg.): Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Bewertung von Sorghumarten und -hybriden als Energiepflanzen. Abschlussbericht. Laufzeit 01.05.2011 bis 30.04.2014. Dresden: LfULG, S. 35-74
- [28] HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. (2013): Extreme Temperature Responses, Oxidative Stress and Antioxidant Defense in Plants. Chapter 6. In: VAHDATI, K.; LESLIE, C. (Hrsg.): Abiotic Stress – Plant Responses and Applications in Agriculture. Rijeka, Croatia: In Tech Europe, Agricultural and Biological Sciences, S. 169-205, ISBN 978-953-51-1024-8, URL: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/43317.pdf>, Stand: 27.03.2014
- [29] HEITZ, V. (2013): Körnerhirse: Kultur mit Zukunft. *Acker-Plus*, Nr. 3, S. 35-39
- [30] HENNEBERG, W.; STOHMANN, F. (1864): Über die Ausnutzung der Futterstoffe durch das volljährige Rind und über Fleischbildung im Körper desselben. Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer – Praktisch-landwirtschaftliche und chemische-physiologische Untersuchungen, Heft 2. Braunschweig: Schwetschke und Sohn (M. Bruhn), 456 Seiten
- [31] HOEDTKE, S.; ZEYNER, A. (2011): Comparative evaluation of laboratory-scale silages using standard glass jar silages or vacuum-packed model silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Jg. 91, Heft 5, S. 841-849
- [32] JENNINGS, J.; GADBERRY, S. (2006): Prussic Acid. University of Arkansas, Division of Agriculture, Department of Animal Science, Agriculture and Natural Resources. Little Rock: University of Arkansas Cooperative Extension Service Printing Services, Nr. FSA 3069-PD-1-12RV, 2 Seiten
- [33] KEYMER, U.; SCHILCHER, A. (1999): Überlegungen zur Errechnung theoretischer Gasausbeuten vergärbare Substrate in Biogasanlagen. In: INSTITUT FÜR LANDTECHNIK, WEIHENSTEPHAN; DEHL, W.; MITTERLEITNER, H. (Hrsg.): Biogas – Menge und Qualität. Berechnung, Messmethoden, Optimierung. *Landtechnik-Bericht*, Nr. 32. Freising: Landtechnik Weihenstephan, 48 Seiten
- [34] KEYMER, U.; SCHILCHER, A. (2003): Biogasanlagen: Berechnung der Gasausbeute von Kosubstraten. München: Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik, URL: <http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/03029/>, Stand 12.01.2015

- [35] LEMAIRE, G.; CHARRIER, X.; HEBERT, Y. (1996): Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions. *Agronomie*, Jg. 16, Nr. 4, S. 231-246
- [36] MAHLKOW-NERGE, K. (2010): Neue Energiebewertung von Mais und Konsequenzen für die Milchviehfütterung. *R.A.G.T. – Mais Information*, Nr. 1-2010, S. 4-5
- [37] MEIER, U.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; FELLER, C.; HACK, H.; HEß, M.; LANCASHIRE, P. D.; SCHNOCK, U.; STAUSS, R.; BOOM, T. V. D.; WEBER, E.; ZWERGER, P. (2009): The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. *Journal für Kulturpflanzen*, Jg. 61, Nr. 2, S. 41-52
- [38] MOESER, J. (2012): N-Düngung nicht überschätzen. *Praxisnah*, Nr.1, S. 114-115
- [39] MOYER, J. L.; FRITZ, J. O.; HIGGINS, J. J. (2003): Relationships among forage yield and quality factors of hay-type Sorghums. *Crop Management – Peer Reviewed. Journal of Applied Crop Science*, Nr. 12, DOI:10.1094/CM-2003-1209-01-RS
- [40] NUSSBAUM, H. (2013): Gute Silage braucht Nitrat zur Gärung. Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, URL: http://www.lazbw.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lazbw_gl/Futterkonservierung/Nitrat_Silage.pdf?attachment=true, Stand 09.11.2015
- [41] PASCUAL, C. B.; RAYMUNDO, A. D.; HYAKUMACHI, M. (2000): Resistance of Sorghum Line CS 621 to *Rhizoctonia solani* AG1-IA and Other Sorghum Pathogens. *Journal of General Plant Pathology*, Jg. 66, Nr. 1, S. 23-29
- [42] REICH, J. M. (2005): Utilizing the bmr trait in sudangrass and sorghums. In: UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DEPARTMENT OF AGRONOMY AND RANGE SCIENCE EXTENSION (Hrsg.): 35th California Alfalfa and Forage Symposium, 12.-14. Dezember 2005, Visalia, Kalifornien, Proceedings. Monterey, CA, USA: University of California, URL: <http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2005/05-159.pdf>, Stand: 12.01.2015
- [43] ROBSON, S. (2007): Prussic Acid Poisoning in livestock. New South Wales (NSW) Department of Primary Industries. Primefacts – profitable & sustainable primary industries, Job Number 7296, Februar, Nr. 417, 3 Seiten, ISSN 1832-6668
- [44] ROLLER, A.; BLOCH, D.; STICKSEL, E; FRITZ, M. (2012): Sorghumhirse als nachwachsender Rohstoff – Sortenscreening und Anbauszenarien. *Berichte aus dem TFZ*, Nr. 28. Straubing: Technologie- und Förderzentrums (TFZ) im Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe, 158 Seiten, ISSN 1614-1008
- [45] ROßBERG, D.; MICHEL, V.; GRAF, R.; NEUKAMPF, R. (2007): Definition von Bodenklima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, Jg. 59, Nr. 7, S. 155-161
- [46] SNEH, B.; BURPEE, L.; OGOSHI, A. (1991): Identification of *Rhizoctonia* species. St. Paul, MN: APS Press, 133 Seiten, ISBN 9780890541234
- [47] STICHLER, C.; REAGOR, J. C. (2001): Nitrate and Prussic Acid Poisoning. Amarillo, TX, USA: The Texas A & M University System, Texas Agricultural Extension Service, Nr. L-5231 06-01, 4 Seiten

- [48] STRICKLAND, G.; SELK, G.; ZHANG, H.; STEP, D. L. (2009): Prussic Acid Poisoning. Stillwater, OK: Oklahoma State University, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma Cooperative Extension Service, Fact Sheet, Nr. PSS-2904, 2 Seiten
- [49] VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Jg. 74, Nr. 10, S. 3583-3597
- [50] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E. V. (VDI) (2006): VDI-Richtlinie 4630, Vergärung organischer Stoffe, Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche, April 2006, Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e. V., 19 Seiten
- [51] VOUGH, L. R.; CASSEL, E. K. (2006): Prussic Acid Poisoning of Livestock: Causes and Prevention. Aberdeen, SD, USA: South Dakota State University Cooperative Extension Service (SDSU), Extension Extra (ExEx), Nr. 4016 Dairy Science, 4 Seiten
- [52] WALTER, H.; LIETH, H. (1967): Klimadiagramm-Weltatlas. Jena: Gustav Fischer Verlag, 256 Blätter
- [53] WEIßBACH, F. (2008): Zur Bewertung des Gasbildungspotenzials von nachwachsenden Rohstoffen. *Landtechnik*, Jg. 63, Nr. 6, S. 356-358a
- [54] WEIßBACH, F. (2009): Die Bewertung des Gasbildungspotenzials von nachwachsenden Rohstoffen. In: BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL) (Hrsg.): Internationale Wissenschaftstagung Biogas Science, Band 3 – Poster. LfL-Schriftenreihe, Nr. 17, S. 517-526, ISSN 1611-4159
- [55] WENDLAND, M. (2014): Pflanzenernährung und Düngung. In: VERBAND DER BAYERISCHEN LEHR- UND BERATUNGSKRÄFTE - ERNÄHRUNG, LÄNDLICHER RAUM, AGRARWIRTSCHAFT E.V (VELA) (Hrsg.): Die Landwirtschaft. Band 1: Landwirtschaftlicher Pflanzenbau: Grundlagen des Acker- und Pflanzenbaus, der guten fachlichen Praxis, der Verfahrenstechnik sowie der Agrarmeteorologie und des Klimawandels – Produktions- und Verfahrenstechnik der Kulturpflanzen – Dauergrünland – Sonderkulturen – Nachwachsende Rohstoffe – Ökologischer Landbau – Naturschutz und Landschaftspflege – Feldversuchswesen – Waldbewirtschaftung. 13. Aufl. München: BLV Buchverlag, S. 195-303, ISBN 978-3-8354-0716-9
- [56] WITZENBERGER, A.; HACK, H.; BOOM, T. v. D. (1989): Erläuterungen zum BBCH Dezimal-Code für die Entwicklungsstadien des Getreides – mit Abbildungen. *Gesunde Pflanzen – Pflanzenschutz, Verbraucherschutz, Umweltschutz*, Jg. 41, Nr. 11, S. 384-388
- [57] WRIGHT, T.; WHEELER, B.; MCKINLAY, J. (1998): Forage sorghum – Sudan grass. Ontario Ministry of Agriculture and Food, Canada, Factsheet, ISSN 1198-712X Agdex# 126 order# 98-043, URL: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-043.htm>, Stand 19.02.2015
- [58] YARA GmbH & Co. KG (2013): N-Tester - N-Düngung fest im Griff. URL: <http://www.n-tester.de>, Stand: 19.02.2015
- [59] ZEISE, K. (2011): Reifegruppenmodell für Sorghum. *Schule und Beratung*, Nr. 11/12, S. III-8 - III-11

- [60] ZEISE, K. (2012): Sorghum für Biogas. Mehrjährige Versuchsergebnisse aus Bayern. In: NELLES, M. (Hrsg.): 6. Rostocker Bioenergieforum. Tagungsband. Rostock, 14. und 15. Juni. Schriftenreihe Umweltingenieurwesen, Nr. 32. Putbus: Wissenschaftsverlag Putbus, S. 491-494, ISBN 978-3-940364-27-2
- [61] ZEISE, K.; FRITZ, M. (2012): Sorghum als Energiepflanze – Optimierung der Produktionstechnik. Berichte aus dem TFZ, Nr. 29. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 118 Seiten, ISSN 1614-1008
- [62] ZEISE, K.; ETTLE, T. (2013): Sorghum, ein Maisersatz? Untersuchungen zum Futtermwert. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, Jg. 203, Nr. 32, S. 29-30
- [63] ZENK, A.; MICHEL, V. (2006): Verfahren zur Auswertung von Feldversuchen mit Methoden der Geoinformatik und Geostatistik, Komplex: Biostatistik. Abschlussbericht Januar 2006. Forschungsbericht, Nr. 6/03. Gülzow: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, SG Biostatistik und Sortenprüfwesen, 33 Seiten
- [64] ZENS, I.; STEINER, U.; DEHNE, H.-W. (2002): Auftreten, Charakterisierung und Kontrolle des Erregers der Rübenfäule, *Rhizoctonia solani*, in Nordrhein-Westfalen. Bonn: Universität Bonn; Landwirtschaftliche Fakultät, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 91, 99 Seiten, ISSN 1610-2460

Anhang

Tabelle 44: Geprüfte Sorghumgenotypen in den Jahren 2012 bis 2014

Sorte/Stamm	RG ¹⁾	bmr ²⁾	2012	2013	2014	Sorghumart	Typ	Züchter
Amiggo	4	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	R.A.G.T.
Aristos	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Euralis
Biomass 150	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Euralis
DP 2	5	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	GLRefinery
DSV 1213062	5	-		x		<i>S. bicolor</i>	Futter	DSV
DSV 1213066	5	-		x		<i>S. bicolor</i>	Futter	DSV
EUG341F	7	-		x		<i>S. bicolor</i>	Futter	Euralis
EUG444F	7	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	EURALIS
RGT Gguepard	5	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	R.A.G.T.
Gigant	7	-	x	x		<i>S. bicolor</i>	Futter	Saaten-Union
GK Aron		-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Agrisem
Goliath	5	-	x	x		<i>S. bicolor</i>	Futter	Saaten-Union
Herkules	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Saaten-Union
Joggy	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	R.A.G.T.
Karamelo	5	-		x		<i>S. bicolor</i>	Futter	BSV
KWS Hannibal	4	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	KWS
KWS Merlin	4	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	KWS
KWS Perun	4	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	KWS
KWS Santos	4	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	KWS
KWS Tarzan	4	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	KWS
KWS Titus	4	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	KWS
KWS Zerberus	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	KWS
MMR400x36bmr	7	+			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
MMR400x38bmr	7	+			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
MMR400x82bmr	5	+			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
Monster	7	-	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Saaten-Union
N52/2274	5	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Nordsaat
N52K1009	5	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Nordsaat
NPZ-UG-01	4	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	NPZ
NPZ-UG-02	5	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	NPZ

Sorte/Stamm	RG ¹⁾	bmr ²⁾	2012	2013	2014	Sorghumart	Typ	Züchter
NUS BB01	5	-	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
NUS BB02	5	-	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
NUS BB03	5	-	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
NUS BB06	4	-	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
NUS BB07	7	+	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Nuseed
PR817F	5	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Pioneer
PR823F	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Pioneer
PR830F	4	-		x		<i>S. bicolor</i>	Futter	Pioneer
PR849F		-	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Pioneer
Tanol	7	-	x			<i>S. bicolor</i>	Futter	Feldmeier
Tanol F1 3691	7	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Feldmeier
Tanol F1 5491	7	-			x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Feldmeier
Zeus	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Futter	Euralis
ABS 4240	5	-	x	x		<i>S. bicolor</i>	Körner	Feldmeier
Alaska	4	+			x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Nuseed
Alföldi	4	-	x			<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
Arbatax	4	-	x	x		<i>S. bicolor</i>	Körner	Euralis
ASM 1209	4	-	x			<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
ASM 126550	5	-	x			<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
ASM 7018	5	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
ASM 71-99	7	-	x			<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
ASM B7B-2	7	+	x	x		<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
Balto	2	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Caussade
Capello	3	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Caussade
ES Harmattan	7	-		x		<i>S. bicolor</i>	Körner	Euralis
Express	4	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
Farmsugro 180	4	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Feldmeier
Fuego	4	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Caussade
GK Emese	3	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
KSH 2G03	4	-		x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	KWS
MMR366x58	5	-			x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Nuseed
Nutrigrain	5	+		x		<i>S. bicolor</i>	Körner	GLRefinery
Pampa Centurion	5	+	x			<i>S. bicolor</i>	Körner	Feldmeier
PR84G62		-	x			<i>S. bicolor</i>	Körner	Pioneer

Sorte/Stamm	RG ^{*)}	bmr ^{**)}	2012	2013	2014	Sorghumart	Typ	Züchter
PRO4236 White	4	-			x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Feldmeier
PRO4336 Red	5	-			x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Feldmeier
Silo 700D	7	-			x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Nuseed
Silo 700D bmr	7	+			x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Nuseed
Sweet Caroline	5	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
Sweet Susana	4	-	x	x	x	<i>S. bicolor</i>	Körner	Agrisem
Aneto	7	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Saaten-Union
Bovital	5	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Saaten-Union
DSV 1213087	3	-		x		<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	DSV
DSV 13107	4	-			x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	DSV
Gardavan	3	-	x	x	x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Saaten-Union
GK Csaba		-			x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Agrisem
Jumbo	7	-	x	x	x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Caussade
KWS Freya	3	-	x	x	x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	KWS
KWS Inka	7	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	KWS
KWS Sole	3	-	x	x	x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	KWS
Lider	5	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Saaten-Union
Ludan	2	-	x	x		<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Feldmeier
Lurabo	2	-	x	x		<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Caussade
Lussi	1	-	x	x	x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Caussade
Luzar	2	-	x	x		<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Feldmeier
Nectar	7	-		x	x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	GLRefinery
Niagara II	7	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	DSV
Nicol	6	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Pioneer
NUS TFZ 03	6	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Nuseed
Nutri Honey	7	-	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	DSV
Nutritop Plus	8	-			x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Caussade
Nutritop Star	7	+		x		<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	GLRefinery
Octane bmr	7	+			x	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Caussade
Pampa Triunfo	7	+	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Feldmeier
Pampa Verde	7	+	x			<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter	Feldmeier
Piper	5	-	x			<i>S. sudanense</i>	Futter	Andreae

*) RG = Reifegruppe nach dem TFZ-Modell

**) bmr = brown midrip = braune Blattmittelrippe, phänotypisches Merkmal für genetisch verankerten geringeren Ligningehalt

Tabelle 45: Referenz-Maissorten in den Jahren 2012 bis 2014

Sorte	Kategorie	Reifegruppe	2012	2013	2014	Züchter
Saludo	frühreif	S210	x	x	x	R.A.G.T.
Amagrano	frühreif	S220	x			Agromais
Ambrosini	frühreif	S220	x	x	x	Agromais
Ayrro	frühreif	S220	x	x	x	Saaten-Union
Hobbit	frühreif	S220	x	x	x	DSV
Laurino	frühreif	S220	x	x	x	R.A.G.T.
Salgado	frühreif	S220		x	x	KWS
Ronaldinio	spätreif	S240		x		KWS
Fernandez	spätreif	S250	x	x	x	KWS
PR38H20	spätreif	S260	x	x	x	Pioneer
Agro Gas	spätreif	S280	x	x	x	Agromais
Palmer	spätreif	S290	x	x	x	DSV
ES Boomer	spätreif	S300	x		x	Euralis
Cannavaro	spätreif	S310	x	x	x	KWS

Tabelle 46: BBCH-Code Sorghum, angepasst [61]

Code Definition	
0	Keimung
0	Trockener Samen
1	Beginn der Samenquellung
3	Ende der Samenquellung
5	Keimwurzel aus dem Samen ausgetreten
7	Keimscheide (Koleoptile) aus dem Samen ausgetreten
9	Auflaufen: Keimscheide durchbricht Bodenoberfläche, Blatt an der Spitze der Koleoptile gerade sichtbar
1	Blattentwicklung
10	Keimblatt aus der Koleoptile ausgetreten
11	1-Blatt-Stadium: 1. Laubblatt entfaltet (Blatthäutchen ist sichtbar, nachfolgende Blätter spitzen)
12	2-Blatt-Stadium: 2. Laubblatt entfaltet (Blatthäutchen ist sichtbar, nachfolgende Blätter spitzen)
13	3-Blatt-Stadium: 3. Laubblatt entfaltet (Blatthäutchen ist sichtbar, nachfolgende Blätter spitzen), Stadien fortlaufend ...
19	9 und mehr Laubblätter entfaltet, Bestockung kann ab BBCH 13 erfolgen, dann nach 21 wechseln
2	Bestockung
21	1. Bestockungstrieb sichtbar
22	2. Bestockungstrieb sichtbar
23	3. Bestockungstrieb sichtbar Stadien fortlaufend bis ...
29	9 und mehr Bestockungstriebe sichtbar; Schossen kann früher einsetzen; dann nach 30 wechseln
3	Schossen (Haupttrieb)
30	Beginn des Schossens: Haupttrieb und Bestockungstriebe beginnen sich zu strecken, Vegetationskegel des Haupttriebs mindestens 1 cm vom Basisknoten entfernt
31	1-Knoten-Stadium: 1. Knoten wahrnehmbar; mindestens 1 cm vom Basisknoten entfernt
32	2-Knoten-Stadium: 2. Knoten wahrnehmbar, mindestens 2 cm vom ersten Knoten entfernt
33	3-Knoten-Stadium: 3. Knoten mindestens 2 cm vom 2. Knoten entfernt
34	4-Knoten-Stadium: 4. Knoten mindestens 2 cm vom 3. Knoten entfernt, Stadien fortlaufend
37	Erscheinen des Fahnenblatts; Fahnenblatt noch eingerollt
39	Fahnenblatt voll entwickelt, Blatthäutchen des Fahnenblatts sichtbar

Code Definition

4 Rispschwellen

- 41 Blattscheide des Fahnenblatts beginnt sich zu verlängern
- 43 Blattscheide des Fahnenblatts verlängert sich und beginnt anzuschwellen (ca. 5 cm sichtbar)
- 45 Blattscheide des Fahnenblatts ist mindestens eine Handbreit lang und geschwollen
- 49 Blattscheide des Fahnenblatts öffnet sich

5 Rispschieben

- 51 Beginn des Rispschiebens: Die Spitze der Rispe tritt heraus oder drängt seitlich aus der Blattscheide
- 55 Mitte des Rispschiebens: Basis der Rispe noch in der Blattscheide
- 59 Ende des Rispschiebens: Rispe vollständig sichtbar

6 Blüte

- 61 Beginn der Blüte: Erste gelbe Staubbeutel werden sichtbar
- 65 Mitte der Blüte: 30 % gelbe Staubbeutel
- 69 Ende der Blüte; gelbe Staubbeutel über die gesamte Länge der Rispe entwickelt

7 Fruchtbildung

- 71 Über die gesamte Länge der Rispe sind allenfalls noch abgestorbene (braune) Staubbeutel sichtbar; Korninhalt kaum merklich entwickelt
- 73 Körner haben erst wenig wässrigen Inhalt, der sich nur schwer herausquetschen lässt
- 75 Körner sind deutlich sichtbar gefüllt; der Inhalt ist milchig
- 77 Die Körner sind ausgewachsen, ihr Inhalt hoch viskos; Samenschale mit braunen Bäckchen (außer bei hellsamigen Sorten)

8 Samenreife

- 83 Frühe Teigreife
- 85 Teigreife: Korninhalt noch weich, aber trocken; Fingernageleindruck reversibel
- 87 Gelbreife: Fingernageleindruck irreversibel
- 89 Physiologische oder Vollreife: schwarzer Fleck (*black layer*) unmittelbar oberhalb des Nabels (Hilum) sichtbar

9 Absterben

- 92 Totreife: druschfähig
- 99 Erntegut
-

Tabelle 47: Sortenscreening Straubing: Ertragsleistung der Sorghumsorten 2012

Art	Sorte	Auflauf	Krankheiten	Pflanzenlänge	Lager	TS-Gehalt	TM-Ertrag
Code ¹⁾		%	% Blattfläche	cm	BN	%	dt/ha
F	Amiggo	59	3	423	2	30,3	214,6
F	Biomass 150	85	3	475	2	29,2	273,0
F	Zeus	93	4	455	2	28,6	282,6
F	Aristos	94	3	458	2	27,3	246,2
F	Gigant	77	4	350	2	23,2	222,6
F	Goliath	92	3	433	2	28,7	247,4
F	Herkules	73	3	440	2	28,5	253,0
F	KWS Hannibal	86	3	408	1	29,6	248,4
F	KWS Merlin	75	3	415	2	29,9	248,6
F	KWS Santos	88	3	350	2	31,7	224,3
F	KWS Tarzan	91	3	428	2	29,7	256,9
F	KWS Zerberus	91	3	398	1	29,2	229,4
F	Kylie	81	3	450	2	26,2	242,5
F	Monster	91	3	350	3	22,2	211,6
F	PR823F	93	3	430	2	30,8	267,7
F	PR849F	89	2	303	2	22,5	200,1
F	Joggy	88	3	440	2	28,3	253,8
F	Tanol	85	2	365	3	23,6	216,7
K	Alföldi	92	2	169	1	30,4	193,1
K	Arbatax	69	2	249	1	32,6	188,7
K	Emese	74	2	160	1	29,6	181,9
K	Pampa Centurion	84	2	214	9	27,4	101,1
K	Sweet Susana	59	2	180	1	28,7	214,1
K	Sweet Carolina	42	2	176	1	26,7	194,2
S	Piper	69	3	280	5	29,3	138,8
X	Aneto	70	3	328	2	24,3	220,9
X	Bovital	86	3	288	5	27,7	215,9
X	Gardavan	94	4	320	4	35,8	191,4
X	Gardavan X	79	3	325	4	32,0	212,7
X	Jumbo	85	3	350	3	21,3	241,8
X	KWS Freya	71	4	355	4	32,4	222,0

Art	Sorte	Auflauf	Krank- heiten	Pflanzen- länge	Lager	TS-Gehalt	TM-Ertrag
Code ¹⁾		%	% Blatt- fläche	cm	BN	%	dt/ha
X	KWS Inka	68	2	335	2	23,6	227,6
X	KWS Sole	82	3	348	3	32,7	243,8
X	Lider	73	3	283	4	26,2	207,8
X	Ludan	79	4	260	7	31,8	143,3
X	Lurano	79	4	278	7	34,1	168,9
X	Lussi	76	3	330	3	35,8	218,6
X	Luzar	62	4	305	7	34,0	173,1
X	Niagara II	74	3	300	4	22,5	203,1
X	Nicol	77	3	298	6	25,2	217,1
X	Nutri Honey	82	3	298	4	24,3	182,0
X	Pampa Triunfo	67	2	320	1	24,2	193,1
X	Pampa Verde	69	2	298	2	20,5	170,7

¹⁾ Code für die Art:

F *S. bicolor* Futtertyp
K *S. bicolor* Körnertyp
X *S. bicolor* x *S. sudanense*
S *S. sudanense*

Tabelle 48: Sortenscreening Straubing: Ertragsleistung der Sorghumsorten 2013

Art	Sorte	Auflauf	Krankheiten	Pflanzenlänge	Lager	TS-Gehalt	TM-Ertrag
Code ¹⁾		%	% Blattfläche	cm	BN	%	dt/ha
F	Amiggo	95	5	360	4	27,6	172,6
F	Aristos	100	5	340	5	24,9	189,6
F	Biomass 150	100	6	370	3	24,2	196,3
F	DP 2	83	2	270	6	22,3	135,2
F	Gigant	88	7	320	5	19,6	148,7
F	Goliath	100	4	350	7	24,6	157,8
F	Herkules	88	3	360	3	23,8	191,1
F	Joggy	100	5	360	1	23,2	180,8
F	Karamelo	84	5	260	9	22,4	124,7
F	KWS Hannibal	93	4	340	4	26,2	157,1
F	KWS Merlin	82	4	350	3	26,7	170,7
F	KWS Perun	88	5	360	5	26,4	157,7
F	KWS Santos	93	3	310	1	28,2	150,0
F	KWS Tarzan	76	3	350	2	28,0	179,1
F	KWS Titus	100	4	360	4	27,3	170,6
F	KWS Zerberus	95	2	340	4	27,4	175,3
F	PR823F	93	3	350	1	24,6	179,3
F	PR830F	100	3	350	5	27,6	167,8
F	Tanol	78	1	310	1	18,8	152,6
F	Zeus	100	6	370	2	23,8	185,4
K	Arbatax	77	1	220	1	28,2	137,0
K	Balto	89	11	90	1	32,2	67,2
K	Capello	84	5	120	1	30,6	116,0
K	ES Harmattan	89	1	200	1	20,9	143,0
K	Express	63	3	120	1	26,0	111,0
K	Farmsorgho	86	3	140	1	27,4	128,1
K	Fuego	76	4	135	1	27,2	121,7
K	GK Emese	81	7	110	1	34,9	121,4
K	Nutrigrain	84	2	170	1	21,7	127,1
K	Sweet Caroline	94	3	190	1	25,4	145,2
K	Sweet Susana	50	2	160	1	26,4	118,9

Art	Sorte	Auflauf	Krankheiten	Pflanzenlänge	Lager	TS-Gehalt	TM-Ertrag
Code ¹⁾		%	% Blattfläche	cm	BN	%	dt/ha
X	Gardavan	92	6	320	2	31,9	150,0
X	Jumbo	87	11	310	1	19,4	163,2
X	KWS Freya	75	6	330	3	30,9	160,7
X	KWS Sole	83	5	320	3	30,9	161,4
X	Ludan	82	13	270	3	36,9	136,7
X	Lurabo	80	4	250	5	32,2	140,8
X	Lussi	70	16	330	5	34,0	152,3
X	Luzar	80	9	290	6	32,5	123,9
X	Nectar	96	2	240	1	19,9	146,7
X	Nutritop Star	79	25	220	9	19,6	58,5

1) Code für die Art:

- F *S. bicolor* Futtertyp
- K *S. bicolor* Körnertyp
- X *S. bicolor* x *S. sudanense*
- S *S. sudanense*

Tabelle 49: Sortenscreening Straubing: Ertragsleistung der Sorghumsorten 2014

Art	Sorte	Auflauf	Krankheiten	Pflanzenlänge	Lager	TS-Gehalt	TM-Ertrag
Code ¹⁾		%	% Blattfläche	cm	BN	%	dt/ha
F	Amiggo	78	5	360	2	28,5	198,0
F	Biomass 150	81	1	400	2	25,2	209,4
F	DP 2	69	1	290	2	25,8	183,3
F	Zeus	90	3	400	3	25,3	217,2
F	Aristos	80	3	380	3	26,3	219,2
F	RGT Guepard	81	6	390	5	25,9	209,4
F	GK Aron	92	1	260	9	22,6	105,9
F	Herkules	79	3	380	3	25,3	211,1
F	Joggy	79	3	370	2	24,9	213,2
F	KWS Hannibal	69	1	350	1	27,2	185,0
F	KWS Merlin	85	3	370	1	27,6	200,0
F	KWS Perun	63	1	370	2	27,7	184,4
F	KWS Santos	66	3	330	1	28,4	160,2
F	KWS Tarzan	82	1	360	1	28,3	189,1
F	KWS Titus	51	1	340	1	27,5	167,5
F	KWS Zerberus	89	1	330	2	25,8	173,4
F	PR817F	76	1	360	1	26,6	196,0
F	PR823F	81	3	380	2	26,6	186,6
K	Balto	62	3	125	1	32,3	116,1
K	Capello	72	3	140	1	33,3	159,7
K	Express	70	1	128	1	30,0	141,4
K	Farmsugro180	72	1	183	1	28,0	165,0
K	Fuego	73	1	150	1	29,1	158,9
K	GK Emese	74	3	159	1	33,2	166,3
K	Silo 700D	75	5	183	1	21,8	122,1
K	Alaska	69	1	128	1	29,1	140,5
K	Silo 700D bmr	77	5	178	1	20,2	114,8
K	PRO4236White S	64	1	115	1	29,7	138,9
K	PRO4336Red S	76	5	118	1	26,8	143,1
K	Sweet Caroline	89	3	196	1	25,8	185,2
K	Sweet Susana	58	3	183	1	28,0	172,2

Art	Sorte	Auflauf	Krank- heiten	Pflanzen- länge	Lager	TS-Gehalt	TM-Ertrag
Code ¹⁾		%	% Blatt- fläche	cm	BN	%	dt/ha
X	Gardavan	76	5	310	3	33,1	175,3
X	GK Csaba	76	5	245	7	26,3	117,3
X	Jumbo	76	5	320	3	20,5	207,6
X	KWS Freya	85	5	335	5	32,1	199,6
X	KWS Sole	72	3	350	3	33,9	207,2
X	Lussi	82	10	310	4	36,7	189,0
X	Nectar	77	1	270	6	19,7	174,3
X	Nutritop Plus	87	10	275	9	17,2	95,8
X	Octane bmr	72	5	260	8	21,1	156,6

1) Code für die Art:

- F *S. bicolor* Futtertyp
K *S. bicolor* Körnertyp
X *S. bicolor* x *S. sudanense*
S *S. sudanense*

Tabelle 50: Inhaltsstoffgehalte der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2012

Sorte	Inhaltsstoffe in % TM										
	XA	XF	XP	XL	NfE	ADF	NDF	ADL	XZ	XS	ELOS
ABS 4240	6,5	26,0	7,1	1,1	59,2	29,3	56,3	4,0	4,8	16,1	51,4
Alföldi	5,9	24,4	7,2	1,4	61,1	27,8	49,9	4,3	13,5	16,0	56,0
Amiggo	4,4	39,2	3,9	0,7	51,8	46,5	69,5	7,5	16,7	0,1	33,6
Aneto	5,6	34,5	4,8	0,9	54,3	40,8	58,7	6,5	16,4	2,2	41,6
Arbatax	5,0	35,5	4,3	1,4	53,8	42,7	66,2	6,0	12,0	2,5	38,5
Aristos	6,4	33,9	6,2	0,9	52,5	39,8	68,6	5,8	19,7	0,1	44,6
ASM 1209	6,9	33,1	6,8	1,3	51,9	41,4	63,0	5,4	4,8	10,1	41,1
ASM 126550	6,9	26,6	8,1	1,7	56,8	29,6	57,0	4,3	5,6	14,6	53,1
ASM 71-99	6,9	26,6	8,0	1,4	57,1	29,1	51,5	3,2	21,2	0,1	53,4
ASM B7B-2	7,6	28,7	7,6	1,3	54,8	37,4	62,4	3,7	14,8	0,1	53,6
Biomass 150	5,1	36,8	4,9	0,9	52,3	43,1	65,2	6,5	15,8	0,1	38,5
Bovital	5,5	33,0	6,3	1,2	54,0	40,8	61,6	7,1	6,5	10,7	41,5
EUG 121 F	6,1	32,1	5,8	1,2	54,9	49,0	66,8	5,1	20,1	0,1	51,0
Gardavan	6,2	31,4	7,1	1,6	53,7	34,7	58,4	5,9	6,3	14,6	51,0
Gigant	5,3	33,6	4,2	0,6	56,4	50,8	61,3	6,2	13,3	0,1	44,9
GK Emese	7,5	17,2	8,7	2,5	64,1	20,0	39,2	2,7	8,8	28,6	62,9
Goliath	6,2	31,5	5,9	1,3	55,1	36,3	57,2	5,2	26,4	0,1	49,1
Herkules	5,4	35,6	5,3	1,0	52,8	40,7	63,7	6,2	18,9	0,1	38,3
Jumbo	6,0	37,7	4,5	0,6	51,2	42,9	66,3	6,5	16,2	0,1	37,2
KWS Freya	5,1	37,5	4,0	0,9	52,5	54,9	66,8	7,8	7,9	6,9	29,5
KWS Hannibal	4,9	37,4	4,0	0,6	53,1	43,6	69,8	7,3	13,8	0,1	34,5
KWS Inka	6,0	33,5	6,6	0,9	53,0	37,9	59,1	6,1	20,0	0,1	54,4
KWS Merlin	4,5	38,3	4,1	0,1	53,2	47,3	71,9	8,2	12,0	0,1	33,3
KWS Santos	5,0	36,3	3,9	0,3	54,6	43,8	65,4	7,5	11,6	3,7	36,9
KWS Sole	4,7	33,9	5,2	1,4	54,8	41,7	68,0	9,0	3,6	15,8	31,7
KWS Tarzan	4,6	39,0	4,1	0,7	51,7	47,4	71,0	7,3	12,6	0,1	35,4
KWS Zerberus	6,5	30,3	6,2	1,3	55,8	47,2	59,3	4,7	20,5	0,1	51,2
Kylie	5,1	39,0	4,3	0,6	51,0	47,3	70,5	6,9	12,8	0,1	40,8
Lider	6,9	23,2	7,7	1,9	60,3	29,1	49,2	4,7	11,9	16,1	57,8
Ludan	5,7	30,3	5,8	1,7	56,5	38,4	63,4	6,9	6,6	11,9	52,3

Sorte	Inhaltsstoffe in % TM										
	XA	XF	XP	XL	NFE	ADF	NDF	ADL	XZ	XS	ELOS
Lurano	5,0	27,8	4,5	1,7	61,0	37,7	59,3	7,0	6,2	16,8	51,2
Lussi	4,5	38,7	5,0	0,8	51,0	47,5	68,6	7,9	4,4	10,5	36,6
Luzar	5,0	34,3	4,9	1,2	54,7	51,6	70,2	7,6	5,9	9,1	43,7
Monster	5,5	37,6	4,8	0,8	51,3	44,9	66,7	6,3	15,8	0,1	37,6
Niagara II	6,3	28,3	7,3	1,5	56,6	33,7	52,7	5,3	14,1	11,2	55,0
Nicol	6,4	32,2	4,9	1,1	55,4	40,4	61,3	6,9	10,1	9,1	44,8
NUS BB 02	5,3	38,9	4,1	0,2	51,5	45,5	67,2	7,1	13,8	0,1	43,2
NUS BB 03	4,5	39,8	3,7	0,1	52,0	46,9	72,3	7,0	13,4	0,1	41,1
NUS BB 06	4,4	39,0	3,9	0,1	52,7	57,8	69,7	7,1	14,1	0,1	30,1
NUS F 15	6,1	35,3	5,1	1,3	52,2	38,4	64,1	3,0	16,5	0,1	44,2
NUS TFZ 03	5,9	31,8	4,8	1,5	56,0	35,7	56,6	5,9	22,5	2,7	43,4
Nutri Honey	6,1	30,0	5,5	1,7	56,7	40,7	59,8	6,7	10,2	10,3	45,4
Pampa Centuri-	6,7	25,6	7,1	1,7	58,9	32,4	53,6	3,5	10,9	11,1	51,7
Pampa Triunfo	5,2	34,8	4,9	1,2	53,8	45,6	64,2	4,6	18,2	0,1	47,5
Pampa Verde	8,5	29,4	7,1	1,6	53,4	35,8	58,9	3,3	18,2	0,1	52,5
Piper	6,6	35,4	6,2	1,4	50,4	41,8	62,4	6,2	3,4	9,7	32,4
PR823F	4,6	38,5	4,1	0,6	52,3	46,7	73,2	8,6	13,6	0,1	32,5
PR849F	6,6	33,4	6,3	0,8	52,9	38,1	65,8	5,7	16,4	1,5	43,7
PR84G62	7,7	31,5	8,5	1,0	51,3	48,0	62,8	4,7	13,8	0,1	47,9
RHS 1192	4,7	40,0	3,8	0,6	50,7	47,8	71,3	7,6	20,9	0,1	33,1
SC 25-05-05	6,2	28,0	6,2	1,2	58,4	37,1	58,0	5,3	5,6	15,0	49,5
SC 57-82-60	10,0	28,1	5,8	1,1	55,1	33,2	58,4	5,4	14,0	2,3	44,4
Tanol	5,7	25,1	6,1	1,2	61,9	32,4	53,7	4,2	28,6	0,1	60,5

XF – Rohfaser, XP – Rohprotein, XL – Rohfett, NFE – N-freie Extraktstoffe, ADF – Cellulose + Lignin, NDF – Cellulose + Lignin + Hemicellulose, ADL – Lignin, XZ – Zucker, XS – Stärke, ELOS – enzymlösliche organische Substanz

Tabelle 51: Inhaltsstoffgehalte der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2013

Sorte	Inhaltsstoffe in % TM										
	XA	XF	XP	XL	NIE	ADF	NDF	ADL	XZ	XS	ELOS
Aristos	4,8	33,4	6,8	1,1	53,9	39,9	67,5	5,5	18,7	0,1	43,8
Amiggo	5,5	34,0	6,5	1,3	52,7	40,5	68,6	6,2	17,7	0,1	43,3
Biomass 150	5,2	31,5	6,6	1,6	55,1	39,4	67,0	5,1	19,0	0,1	44,8
DP 2	5,8	29,6	7,8	1,3	55,5	35,0	64,1	4,3	22,0	0,1	48,9
DSV 1213062	6,0	26,4	8,4	1,2	58,1	33,2	57,2	3,8	23,4	0,1	48,8
DSV 1213066	5,5	28,9	7,6	1,0	57,0	35,5	61,9	4,8	17,0	2,3	46,0
EUG 121F	5,0	35,0	6,4	1,2	52,5	42,6	68,3	5,9	18,3	0,1	41,6
EUG 341F	5,8	28,0	9,4	1,8	54,9	31,7	57,7	3,5	23,5	0,1	55,6
Gigant	6,1	30,6	7,3	1,5	54,6	34,0	58,2	4,1	24,0	0,1	53,1
Goliath	5,4	32,4	6,8	1,0	54,5	37,7	65,6	5,0	19,1	0,1	46,8
Herkules	5,2	34,7	6,9	1,5	51,8	39,4	67,2	5,3	18,4	0,1	47,1
Joggy	5,6	39,8	4,5	1,1	49,0	42,3	67,3	6,3	14,5	0,1	31,7
KSH 1708	5,4	34,8	7,2	1,1	51,5	39,3	66,1	5,7	18,3	0,1	47,0
KSH 1711	5,3	36,4	6,7	1,1	50,5	41,1	69,2	6,1	17,4	0,1	42,2
KWS Hannibal	5,7	33,8	7,2	1,4	51,8	39,5	66,4	5,6	18,3	0,1	42,7
KWS Merlin	5,4	33,1	7,2	1,0	53,3	40,2	66,1	5,9	18,5	0,1	45,1
KWS Santos	5,1	35,5	5,9	1,0	52,5	39,4	66,7	5,8	20,6	0,1	43,5
KWS Tarzan	4,3	38,6	5,7	1,2	50,2	44,6	73,9	6,8	15,3	0,1	35,4
KWS Zerberus	4,9	34,9	5,7	0,9	53,6	40,2	69,4	5,9	17,5	0,1	40,3
Karamelo	5,6	30,5	7,0	1,1	55,9	33,2	59,3	3,9	23,5	0,1	52,5
PR823F	5,5	36,8	6,5	1,1	50,1	40,6	71,7	5,3	16,9	0,1	40,6
PR830F	5,1	37,4	6,4	0,9	50,3	41,5	72,1	6,3	15,0	0,1	37,7
ABS 4240	5,9	26,6	10,0	1,5	56,1	29,6	60,3	3,7	20,5	0,1	54,3
ASM 7018	6,3	26,4	8,5	1,4	57,4	29,7	58,4	3,6	22,7	0,7	54,0
ASM-B7B	5,9	23,1	8,4	1,5	61,1	27,7	56,2	2,6	28,9	0,1	60,8
Arbatax	4,7	31,9	7,3	1,4	54,6	36,7	63,4	4,8	20,6	0,1	51,6
Capello	5,2	23,1	7,8	1,8	62,1	28,6	50,7	4,2	13,8	13,4	60,2
ES Harmattan	5,8	28,9	7,1	1,6	56,7	33,0	59,5	3,8	24,3	0,1	53,3
Express	6,0	23,3	9,5	1,5	59,7	28,0	59,1	3,3	21,1	3,7	57,3
Farmsorgho	5,1	26,0	8,0	1,4	59,5	30,0	55,3	4,9	16,1	9,8	54,1

Sorte	Inhaltsstoffe in % TM										
	XA	XF	XP	XL	NfE	ADF	NDF	ADL	XZ	XS	ELOS
Fuego	5,3	25,8	8,5	1,6	58,8	28,9	56,4	3,6	18,5	6,7	60,6
GK Emese	5,3	17,9	9,6	2,3	64,9	21,2	40,8	3,8	7,4	30,0	67,9
KSH 2G03	5,7	23,0	9,2	2,0	60,1	28,0	55,1	3,9	14,8	9,6	59,5
Nutrigrain	6,0	27,4	7,4	1,3	57,8	29,5	55,3	2,3	24,9	0,1	62,8
Sweet Caroline	5,4	28,3	7,2	1,1	58,0	30,7	60,6	3,7	25,1	0,1	51,3
Sweet Susana	5,8	25,1	8,5	1,4	59,3	29,2	57,9	4,2	19,7	5,1	54,8
DSV 1213087	5,0	32,1	6,9	1,1	54,9	37,5	67,7	6,2	11,3	3,5	40,8
Gardavan	5,0	32,6	7,8	1,7	52,9	36,9	60,7	5,4	11,0	6,5	45,7
Jumbo	6,7	31,4	6,7	1,3	54,0	38,1	63,2	5,0	19,9	0,1	47,9
KWS Freya	5,3	33,8	7,7	1,2	51,9	37,3	67,1	5,6	13,7	2,2	45,5
KWS Sole	5,0	34,2	6,8	1,2	52,7	39,3	66,0	5,8	11,1	3,7	40,2
Ludan	5,0	27,8	8,6	2,0	56,6	33,1	57,0	5,7	5,9	15,1	45,0
Lurabo	5,1	27,8	8,2	2,0	56,8	31,2	54,3	5,3	10,7	12,1	49,9
Lussi	4,8	35,8	6,4	1,0	52,0	37,5	68,1	6,6	9,8	4,7	40,6
Luzar	5,5	29,6	8,1	1,8	55,0	34,4	60,4	4,7	13,9	4,9	43,0
Nectar	5,9	29,0	6,8	0,8	57,5	31,9	53,4	4,0	26,8	0,1	55,4
Nutritop Star	7,1	26,3	8,4	1,4	56,9	29,0	52,9	2,6	22,7	1,3	60,3
Tanol*	5,6	27,4	7,0	1,3	58,6	32,1	57,3	3,3	29,3	0,1	54,9

XF – Rohfaser, XP – Rohprotein, XL – Rohfett, NfE – N freie Extraktstoffe, ADF – Cellulose + Lignin, NDF – Cellulose + Lignin + Hemicellulose, ADL – Lignin, XZ – Zucker, XS – Stärke, ELOS – enzymlösliche organische Substanz

Tanol stand 2013 in zwei Wiederholungen, nicht zur Ertragsprüfung, sondern für die Verifizierung der in 2012 festgestellten guten Verdaulichkeit.

Tabelle 52: Inhaltsstoffgehalte der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2014

Sorte	Inhaltsstoffe in % TM										
	XA	XF	XP	XL	NIE	ADF	NDF	ADL	XZ	XS	ELOS
Amiggo	5,1	36,3	6,7	0,9	51,0	44,9	67,5	12,3	13,8	1,2	39,8
Aristos	4,6	39,2	5,4	1,2	49,6	44,2	65,8	6,1	15,2	0,5	43,4
Biomass 150	5,2	36,0	6,2	1,1	51,4	43,2	66,9	6,5	14,2	0,1	39,2
DP 2	5,3	24,5	6,7	1,2	62,3	29,2	50,4	4,6	26,7	4,6	58,6
EUG444F	5,5	26,2	7,7	1,2	59,3	32,0	51,3	4,2	28,8	0,1	55,7
RGT Gguepard	6,7	36,4	6,7	0,9	49,4	43,3	67,2	7,8	12,8	0,1	47,7
GK Aron	5,6	28,7	8,5	1,7	55,5	33,1	55,5	5,0	21,3	2,3	52,9
Herkules	5,3	34,5	7,1	1,2	51,9	38,6	66,1	7,0	15,0	0,1	41,2
Joggy	5,9	34,5	6,9	1,2	51,5	42,1	67,7	5,8	11,8	0,1	40,8
KWS Hannibal	5,7	33,4	7,6	0,9	52,4	39,6	76,0	6,5	15,5	1,7	45,9
KWS Merlin	5,4	32,5	6,4	0,9	54,8	41,5	65,4	6,6	14,2	0,1	38,9
KWS Perun	5,5	33,9	6,1	0,8	53,7	40,2	65,1	7,3	15,8	0,1	42,2
KWS Santos	5,4	34,2	7,6	1,0	51,7	38,8	64,5	6,9	13,7	2,3	42,5
KWS Tarzan	5,2	34,7	6,5	1,0	52,6	42,3	64,5	7,6	15,6	0,1	44,2
KWS Titus	6,0	31,9	7,7	1,0	53,4	40,2	63,8	6,5	16,0	0,9	43,1
KWS Zerberus	5,9	32,3	7,4	1,5	53,0	38,0	63,5	6,3	15,2	0,1	46,0
MMR400x36bmr	7,1	28,9	7,4	1,0	55,6	34,5	56,6	3,0	23,8	0,8	55,3
MMR400x38bmr	6,0	27,4	6,2	1,5	58,9	34,5	56,9	4,2	24,1	1,7	56,9
MMR400x82bmr	5,9	25,9	6,3	1,4	60,5	32,3	55,8	3,3	24,6	2,2	57,0
N52/2274	5,3	35,2	6,4	1,1	52,0	42,4	65,7	8,5	16,4	0,1	43,0
N52K1009	5,7	36,4	6,4	1,3	50,1	44,7	68,6	8,1	12,7	0,1	41,0
NPZ-UG-01	5,6	30,6	7,4	1,5	54,8	37,6	61,1	5,9	15,2	4,4	45,2
NPZ-UG-02	5,6	31,0	8,1	1,7	53,6	36,9	60,6	6,6	18,6	1,4	45,4
PR 817F	5,1	36,1	7,2	1,1	50,6	43,6	66,6	7,0	14,7	1,4	39,5
PR 823F	5,3	35,3	7,2	1,1	51,0	42,9	67,3	7,0	13,9	0,1	40,3
Tanol F1 3691	6,3	31,3	7,9	1,6	52,9	34,8	59,2	4,8	20,1	0,1	49,2
Tanol F1 5491	5,9	28,6	6,7	1,5	57,2	35,9	56,4	5,2	22,7	0,1	51,5
Zeus	5,0	36,2	6,5	0,6	51,7	42,4	67,5	6,5	14,8	0,1	40,9
ASM 7-018	6,6	24,4	8,0	1,5	59,4	29,4	53,1	3,9	15,0	9,1	56,6
Balto	6,8	22,0	8,2	2,6	60,5	24,2	47,1	4,1	5,9	25,0	57,5

Sorte	Inhaltsstoffe in % TM										
	XA	XF	XP	XL	NFE	ADF	NDF	ADL	XZ	XS	ELOS
Capello	5,2	21,7	8,3	2,5	62,4	24,5	41,9	3,4	4,8	32,8	62,5
Express	6,0	21,1	8,9	2,5	61,5	29,2	48,5	4,2	8,0	20,4	61,8
Farmsugro 180	5,5	22,5	8,3	2,0	61,7	27,5	46,5	4,4	10,1	22,0	60,7
Fuego	5,7	22,3	8,1	2,4	61,6	26,9	48,1	4,7	8,9	23,3	57,8
GK Emese	5,2	16,9	8,1	3,0	66,8	20,9	41,2	4,5	3,9	35,7	67,2
KSH 2G03	6,2	22,6	9,4	2,9	58,9	25,2	47,4	3,6	6,5	23,1	61,0
MMR310x45	7,1	27,6	9,4	1,4	54,6	34,6	56,9	5,9	20,5	1,3	50,6
MMR341x22	6,3	25,4	8,9	2,7	56,8	30,4	52,1	3,5	9,2	20,4	58,6
MMR366x58	6,5	28,2	7,7	1,8	55,9	31,8	55,2	4,3	21,3	3,8	54,6
MMR392x105bmr	7,5	27,7	10,5	2,2	52,1	31,4	55,9	2,8	21,4	0,1	59,1
PRO4236White Sorgh	5,8	19,5	9,5	2,7	62,6	23,1	42,7	3,4	6,3	27,2	67,6
PRO4336 Red Sorgh	6,8	28,6	8,1	2,3	54,2	30,2	55,2	5,5	9,3	13,7	56,0
Sweet Caroline	5,3	23,9	6,4	1,3	63,1	31,2	55,4	4,7	18,1	9,4	55,7
Sweet Susana	5,4	22,4	8,2	1,8	62,2	27,5	49,4	4,2	10,1	19,2	56,2
DSV13107	5,8	35,8	8,5	1,9	48,0	45,9	64,1	5,5	5,4	10,2	39,8
Gardavan	5,4	27,7	8,2	2,2	56,5	35,1	58,3	5,5	8,7	12,3	46,9
GK Csaba	6,1	27,2	7,9	2,1	56,6	30,5	51,8	4,8	13,4	13,5	48,7
Jumbo	6,3	36,3	5,8	1,1	50,5	46,5	65,3	7,8	15,3	0,1	39,9
KWS Freya	5,2	30,8	6,8	1,3	55,9	37,9	60,6	6,8	9,2	9,4	45,6
KWS Sole	5,1	28,7	7,6	1,6	57,0	36,0	58,2	6,8	7,3	13,2	49,1
Lussi	4,5	27,8	7,9	2,2	57,7	33,1	58,1	6,0	5,9	19,2	43,1
Nectar	6,4	27,5	7,8	1,0	57,3	32,8	53,8	4,9	23,3	0,1	51,4
Nutritop Plus	8,2	29,7	7,6	1,3	53,3	35,1	57,4	3,5	17,9	0,1	52,9
Octane bmr	6,6	28,2	7,0	1,2	57,0	35,6	57,6	4,5	18,7	2,1	53,7

XF – Rohfaser, XP – Rohprotein, XL – Rohfett, NFE – N freie Extraktstoffe, ADF – Cellulose + Lignin, NDF – Cellulose + Lignin + Hemicellulose, ADL – Lignin, XZ – Zucker, XS – Stärke, ELOS – enzymlösliche organische Substanz

Tabelle 53: *Biogasausbeute, Methangehalt, Methanausbeute und Methanertrag der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2012*

Code ¹⁾	Sorte/Stamm	TS-	TM-	Biogas-	Methan-	Methan-	Methan-
		Gehalt	Ertrag		ausbeute	gehalt	
		%	dt/ha	Nl/kg oTS	%	Nl/kg oTS	Nm ³ /ha
F	Amiggo	30,3	214,6	609	50,9	304	6.170
F	Aristos	27,3	246,2	542	51,0	297	6.887
F	Biomass 150	29,2	273,0	577	51,6	298	7.771
F	Gigant	23,2	222,6	617	50,6	316	6.591
F	Goliath	28,7	247,4	609	50,8	309	7.209
F	Herkules	28,5	253,0	594	50,6	302	7.278
F	Kylie	26,2	242,5	597	51,2	306	6.952
F	Monster	22,2	211,6	547	51,7	301	5.909
F	NUS BB 02	-	-	617	51,0	314	-
F	NUS BB 03	-	-	603	51,2	307	-
F	NUS BB 06	-	-	553	52,6	299	-
F	PR823F	30,8	267,7	627	51,3	312	7.911
F	PR849F	-	-	612	50,9	306	-
F	RHS 1192	-	-	595	52,0	310	-
F	Tanol	23,6	216,7	615	51,4	323	6.616
F	KWS Tarzan	29,7	256,9	626	51,0	308	7.476
F	KWS Zerberus	29,2	229,4	572	49,9	302	6.561
F	Zeus	28,6	282,6	605	51,8	310	8.333
F	KWS Hannibal	29,6	248,4	-	-	-	-
F	KWS Merlin	29,9	248,6	-	-	-	-
F	KWS Santos	31,7	224,3	-	-	-	-
F	NUS BB 07	-	-	-	-	-	-
K	ABS 4240	-	-	611	52,6	321	-
K	Alföldi	30,4	193,1	627	51,2	330	5.958
K	Arbatax	32,6	188,7	584	54,2	319	5.640
K	ASM 1209	-	-	609	51,3	307	-
K	ASM 126550	-	-	651	52,7	341	-
K	ASM 71-99	-	-	634	52,0	327	-

Code ¹⁾	Sorte/Stamm	TS-Gehalt	TM-Ertrag	Biogasausbeute	Methan-gehalt	Methan-ausbeute	Methan-ertrag
		%	dt/ha	NI/kg oTS	%	NI/kg oTS	Nm ³ /ha
K	ASM B7B-2	-	-	591	52,7	314	-
K	GK Emese	29,6	181,9	641	52,0	330	5.618
K	Pampa Centurion	27,4	101,1	620	50,9	322	3.005
K	PR 84G62	-	-	-	-	-	-
K	SC 25-05-05	-	-	649	48,1	317	-
K	SC 57-82-60	-	-	617	53,1	326	-
X	Aneto	24,3	220,9	622	51,8	321	6.603
X	Bovital	27,7	215,9	597	52,6	312	6.275
X	KWS Freya	32,4	222,0	596	51,9	311	6.474
X	Gardavan	35,8	191,4	571	52,7	305	5.478
X	KWS Inka	23,6	227,6	580	51,8	303	6.445
X	Jumbo	21,3	241,8	594	52,3	309	6.926
X	Lider	26,2	207,8	585	52,1	299	5.788
X	Ludan	31,8	143,3	524	54,0	290	3.866
X	Lurano	34,1	168,9	583	53,4	315	4.976
X	Lussi	35,8	218,6	557	54,4	305	6.312
X	Luzar	34,0	173,1	594	51,9	303	4.930
X	Niagara II	22,5	203,1	587	52,6	308	5.863
X	Nicol	25,2	217,1	598	51,3	315	6.327
X	NUS TFZ 03	-	-	601	53,1	317	-
X	Nutri Honey	24,3	182,0	543	53,2	302	5.112
X	Pampa Triunfo	24,2	193,1	609	52,0	310	5.578
X	Pampa Verde	20,5	170,7	583	51,4	298	4.613
X	KWS Sole	32,7	243,8	566	55,2	311	7.112
S	Piper	29,3	138,8	575	51,8	316	4.055

¹⁾ Code für die Art:

F	<i>S. bicolor</i> Futtertyp
K	<i>S. bicolor</i> Körnertyp
X	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>
S	<i>S. sudanense</i>

Tabelle 54: *Biogasausbeute, Methangehalt, Methanausbeute und Methanertrag der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2013*

Code ¹⁾	Sorte/Stamm	TS-	TM-	Biogas-	Methan-	Methan-	Methan-
		Gehalt	Ertrag		ausbeute	gehalt	
		%	dt/ha	Nl/kg oTS	%	Nl/kg oTS	Nm ³ /ha
F	Amiggo	27,6	172,6	565	53,6	300	4.902
F	Aristos	24,9	189,6	603	53,8	324	5.845
F	Biomass 150	24,2	196,3	568	53,0	307	5.739
F	DP 2	-	-	585	52,1	311	-
F	DSV 1213062	-	-	596	53,9	309	-
F	DSV 1213066	-	-	558	54,5	303	-
F	EUG 341F	-	-	598	51,3	314	-
F	Gigant	19,6	148,7	591	52,7	309	4.345
F	Goliath	24,6	157,8	596	52,6	313	4.699
F	Herkules	23,8	191,1	540	52,9	298	5.408
F	Joggy	23,2	180,8	579	53,0	299	5.096
F	Karamelo	22,4	124,7	585	52,8	314	3.692
F	KWS Perun	26,4	157,7	-	-	-	-
F	KWS Titus	27,3	170,6	-	-	-	-
F	KWS Hannibal	26,2	157,1	577	53,1	308	4.571
F	KWS Merlin	26,7	170,7	585	52,8	314	5.096
F	KWS Santos	28,2	150,0	517	53,4	280	3.989
F	KWS Tarzan	28,0	179,1	580	53,2	306	5.205
F	KWS Zerberus	27,4	175,3	579	53,2	294	4.937
F	PR823F	24,6	179,3	570	53,1	301	5.102
F	PR830F	27,6	167,8	567	53,5	294	4.705
F	Tanol	-	-	593	52,7	312	-
F	Zeus	23,8	185,4	537	53,8	299	5.254
K	ABS 4240	-	-	593	53,8	323	-
K	Arbatax	28,2	137,0	563	53,4	309	4.043
K	ASM 7018	-	-	607	53,2	326	-
K	ASM-B7B	-	-	616	52,2	319	-
K	Balto	32,2	67,2	-	-	-	-

Code ¹⁾	Sorte/Stamm	TS-Gehalt	TM-Ertrag	Biogasausbeute	Methan-gehalt	Methan-ausbeute	Methan-ertrag
		%	dt/ha	NI/kg oTS	%	NI/kg oTS	Nm ³ /ha
K	Capello	30,6	116,0	602	50,4	309	3.394
K	ES Harmattan	20,9	143,0	584	51,8	314	4.237
K	Express	26,0	111,0	602	53,1	321	3.362
K	Farmsorgho	27,4	128,1	602	52,5	315	3.829
K	Fuego	27,2	121,7	610	52,1	319	3.681
K	GK Emese	34,9	121,4	622	51,1	315	3.630
K	KSH 2G03	-	-	-	-	-	-
K	Nutrigrain	21,7	127,1	622	51,9	323	3.848
K	Sweet Caroline	25,4	145,2	603	52,1	318	4.372
K	Sweet Susana	26,4	118,9	604	52,1	309	3.474
X	DSV 1213087	-	-	551	54,3	293	-
X	Gardavan	31,9	150,0	522	54,5	294	4.201
X	Jumbo	19,4	163,2	544	53,2	297	4.526
X	KWS Freya	30,9	160,7	515	54,7	292	4.474
X	KWS Sole	30,9	161,4	559	54,3	293	4.495
X	Ludan	36,9	136,7	559	53,7	295	3.853
X	Lurabo	32,2	140,8	542	54,2	295	3.956
X	Lussi	34,0	152,3	542	55,7	306	4.416
X	Luzar	32,5	123,9	562	54,3	297	3.452
X	Nectar	19,9	146,7	574	52,1	304	4.212
X	Nutritop Star	19,6	58,5	610	52,9	322	1.754

¹⁾ Code für die Art:

F	<i>S. bicolor</i> Futtertyp
K	<i>S. bicolor</i> Körnertyp
X	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>
S	<i>S. sudanense</i>

Tabelle 55: *Biogasausbeute, Methangehalt, Methanausbeute und Methanertrag der Sorghumsorten und -stämme im Sortenscreening 2014*

Code ¹⁾	Sorte/Stamm	TS-Gehalt %	TM-Ertrag dt/ha	Biogasausbeute NI/kg oTS	Methangehalt %	Methanausbeute NI/kg oTS	Methanertrag Nm ³ /ha
F	Amiggo	28,5	198,0	480	54,3	263	4.899
F	Aristos	26,3	219,2	503	53,7	273	5.654
F	Biomass 150	25,2	209,4	431	54,0	239	4.718
F	DP 2	–	–	573	52,2	295	–
F	EUG444F	–	–	586	51,1	295	–
F	RGT Gguepard	25,9	209,4	434	54,1	255	5.020
F	GK Aron	22,6	105,9	604	52,4	305	3.038
F	Herkules	25,3	211,1	982	50,2	274	5.454
F	Joggy	24,9	213,2	465	55,2	262	5.233
F	KWS Hannibal	27,2	185,0	505	54,5	267	4.635
F	KWS Merlin	27,6	200,0	480	53,5	262	4.939
F	KWS Perun	27,7	184,4	488	52,7	257	4.473
F	KWS Santos	28,4	160,2	474	54,1	257	3.871
F	KWS Tarzan	28,3	189,1	486	54,2	265	4.726
F	KWS Titus	27,5	167,5	500	53,7	270	4.253
F	KWS Zerberus	25,8	173,4	525	53,5	275	4.477
F	MMR400x36bmr	–	–	614	51,9	320	–
F	MMR400x38bmr	–	–	585	51,8	300	–
F	MMR400x82bmr	–	–	574	50,6	303	–
F	N52/2274	–	–	511	53,0	270	–
F	N52K1009	–	–	478	55,3	257	–
F	NPZ-UG-01	–	–	531	52,7	283	–
F	NPZ-UG-02	–	–	534	52,5	289	–
F	PR 817F	26,6	196,0	490	53,5	263	4.846
F	PR 823F	26,6	186,6	481	53,3	264	4.634
F	Tanol F1 3691	–	–	572	51,6	299	–
F	Tanol F1 5491	–	–	564	52,2	295	–
F	Zeus	25,3	217,2	501	52,4	269	5.521
K	ASM 7-018	–	–	561	53,8	303	–
K	Balto	32,3	116,1	586	53,6	314	3.400
K	Capello	33,3	159,7	597	53,2	320	4.828
K	Express	30,0	141,4	625	52,4	328	4.352
K	Farmsugro180	28,0	165,0	544	53,9	294	4.580

Code ¹⁾	Sorte/Stamm	TS- Gehalt %	TM- Ertrag dt/ha	Biogas- ausbeute NI/kg oTS	Methan- gehalt %	Methan- ausbeute NI/kg oTS	Methan- ertrag Nm ³ /ha
K	Fuego	29,1	158,9	562	53,8	306	4.583
K	GK Emese	33,2	166,3	600	52,3	311	4.881
K	KSH 2G03	–	–	606	53,6	312	–
K	MMR310x45	–	–	358	52,7	258	–
K	MMR341x22	–	–	566	51,9	302	–
K	MMR366x58	–	–	562	54,1	295	–
K	MMR392x105 bmr	–	–	613	50,7	311	–
K	PRO4236White Sorgh	–	–	596	53,8	318	–
K	PRO4336Red Sorgh	–	–	571	54,0	304	–
K	Sweet Caroline	25,8	185,2	562	53,0	299	5.249
K	Sweet Susana	28,0	172,2	557	53,8	293	4.755
K	Alaska	29,1	140,5	–	–	–	–
K	Silo 700D	21,8	122,1	–	–	–	–
K	Silo 700D bmr	20,2	114,8	–	–	–	–
X	DSV13107	–	–	513	53,7	272	–
X	Gardavan	33,1	175,3	469	52,3	275	4.539
X	GK Csaba	26,3	117,3	496	55,0	275	3.009
X	Jumbo	20,5	207,6	506	53,2	266	5.135
X	KWS Freya	32,1	199,6	492	54,1	265	5.010
X	KWS Sole	33,9	207,2	485	54,0	260	5.103
X	Lussi	36,7	189,0	502	53,5	267	4.790
X	Nectar	19,7	174,3	539	53,2	281	4.555
X	Nutritop Plus	17,2	95,8	553	52,8	288	2.519
X	Octane bmr	21,1	156,6	539	52,2	285	4.145

¹⁾ Code für die Art:

F	<i>S. bicolor</i> Futtertyp
K	<i>S. bicolor</i> Körnertyp
X	<i>S. bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>
S	<i>S. sudanense</i>

Tabelle 56: Übersicht der in der Futtermittelanalyse betrachteten Sorghumsorten und -stämme in den Jahren 2012 und 2013

Sorte/Stamm	Art	Typ	Blatt-Typ*	bmr**	RG***	2012	2013
GK Emese	<i>S. bicolor</i>	Körner	1	-	3		x
Capello	<i>S. bicolor</i>	Körner	2	-	3		x
ABS 4240	<i>S. bicolor</i>	Körner	3	-	5		x
Fuego	<i>S. bicolor</i>	Körner	3	-	4		x
Farmsugro 180	<i>S. bicolor</i>	Körner	3	-	4		x
Sweet Susanna	<i>S. bicolor</i>	Körner	3	-	4		x
KSH 2G03	<i>S. bicolor</i>	Körner	3	-	4		x
Arbatax	<i>S. bicolor</i>	Körner	4	-	4		x
ASM 7018	<i>S. bicolor</i>	Körner	4	-	5		x
Express	<i>S. bicolor</i>	Körner	4	-	2		x
ES Harmattan	<i>S. bicolor</i>	Körner	4	-	4		x
ASM B7B	<i>S. bicolor</i>	Körner	4	+	-		x
Sweet Caroline	<i>S. bicolor</i>	Körner	4	-	5		x
Nutrigrain	<i>S. bicolor</i>	Körner	5	+	5		x
KWS Freya	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter		-	3	x	
KWS Santos	<i>S. bicolor</i>	Futter		-	4		x
Herkules	<i>S. bicolor</i>	Futter		-	5	x	x
Lussi	<i>S. bic. x S. sud.</i>	Futter		-	1	x	x
Ronaldinio	Referenz-Mais	Mehrnutzung			S 240		x
Saludo	Referenz-Mais	Silomais			S 210	x	

* Blatttyp: Ausprägung des Blattapparats bei den Körnertypen; 1: sehr lichter Blattapparat, sehr kornbetont; 5: sehr dichter Blattapparat

** RG = Reifegruppe nach dem TFZ-Modell

*** bmr = *brown midrip* = braune Blattmittelrippe, phänotypisches Merkmal für genetisch verankerten geringeren Ligningehalt

Tabelle 57: Bewertung der Gärqualität von Sorghum im Vergleich zu Maissilage, Erntejahre 2012 und 2013

Typ*	Sorte	pH	Milch- säure	Essig- säure	Propion- säure	Butter- säure	DLG- Bewertung**
			%TM	%TM	%TM	%TM	
Erntejahr 2012							
F	Herkules	3,99	4,96	1,60	0	0	100
F	Lussi	4,05	4,62	0,79	0	0	100
F	KWS Freya	4,05	5,23	1,00	0	0	100
M	Saludo	4,02	4,34	1,13	0	0	100
Erntejahr 2013							
K	GK Emese	3,87	3,81	0,62	0	0,20	100
K	Capello	3,78	3,54	0,65	0	0	100
K	ABS 4240	3,76	5,82	1,39	0	0,26	100
K	Fuego	3,74	4,73	1,06	0	0,33	98
K	Farmsugro 180	3,73	4,95	0,98	0	0,22	100
K	Sweet Susana	3,73	4,89	1,20	0	0,23	100
K	KSH 2G03	3,78	4,62	0,96	0	0	100
K	Arbatax	3,76	5,93	1,66	0	0,28	100
K	ASM 7018	3,79	4,93	1,06	0	0	100
K	Express	3,74	5,67	1,09	0	0,29	100
K	ES Harmattan	3,70	6,95	1,47	0	0,34	96
K	ASM B7B	3,73	6,21	1,23	0	0,46	87
K	Sweet Caroline	3,71	4,70	1,28	0	0,23	100
K	Nutrigrain	3,70	5,41	0,83	0	0	100
F	Herkules	3,76	7,43	1,57	0	0,28	100
F	Lussi	3,99	4,38	0,73	0	0	100
F	KWS Santos	3,83	5,99	1,44	0	0,18	100
M	Ronaldinio	3,88	4,21	0,77	0	0	100

* Typ: F = Futtertyp, K = Körnertyp, M = Mais

** DLG-Bewertungsschlüssel [15]

Tabelle 58: Bewertung der Inhaltsstoffe und des Futterwerts von Sorghum im Vergleich zu Maissilage, Erntejahre 2012 und 2013

Typ [*]	Sorte	BBCH Ernte	TS in %	Inhaltsstoffe** in % TM								Energie- werte*** in MJ/kg TM	
				XA	XP	XF	XL	XZ	NDF	ADF	ELOS	ME	NEL
Erntejahr 2012													
F	Herkules	75	28,3	6,0	6,6	36,2	1,6	5,3	58,0	40,8	49,5	8,9	5,2
F	Lussi	89	36,9	5,5	6,3	33,9	2,2	0,1	56,6	40,8	48,5	9,1	5,3
F	KWS Freya	89	31,9	6,4	6,7	35,1	2,3	0,2	56,2	40,5	49,1	9,2	5,4
M	Saludo		37,7	4,9	7,6	19,6	3,8	2,1	36,4	25,3	62,4	11,1	6,7
Erntejahr 2013													
K	GK Emese	87	35,2	6,1	9,8	19,8	3,3	2,1	40,4	25,3	64,5	10,4	6,2
K	Capello	83	30,8	5,2	9,7	21,3	2,6	3,8	38,8	25,3	59,4	10,2	6,1
K	ABS 4240	75	23,4	5,9	10,5	27,5	2,6	4,7	50,7	32,5	56,4	9,4	5,5
K	Fuego	77	26,0	5,5	9,7	26,1	2,5	5,4	48,8	30,5	58,9	9,6	5,6
K	Farmsugro 180	85	27,3	5,3	9,5	22,5	2,5	4,5	44,0	27,2	57,6	10,1	6,0
K	Sweet Susana	77	25,4	5,5	9,4	24,6	2,1	5,2	47,2	28,8	55,7	9,7	5,7
K	KSH 2G03	77	26,9	6,3	10,6	22,3	2,4	4,6	45,5	27,9	53,9	10,0	5,9
K	Arbatax	71	27,5	4,9	7,8	30,8	1,9	6,4	57,2	35,3	52,0	8,9	5,2
K	ASM 7018	69	23,8	6,6	9,3	26,8	2,0	5,8	52,5	30,9	51,8	9,3	5,4
K	Express	77	23,9	6,0	9,9	25,0	2,3	3,9	49,5	30,4	51,5	9,6	5,7
K	ES Harmattan	69	19,7	4,8	9,0	25,2	2,4	3,6	49,9	30,6	52,7	9,7	5,7
K	ASM B7B	69	22,4	6,4	9,6	27,6	2,3	5,3	53,1	30,9	58,6	9,3	5,4
K	Sweet Caroline	69	23,8	5,8	8,5	27,8	1,8	6,6	51,5	31,9	53,2	9,2	5,4
K	Nutrigrain	67	21,0	6,2	8,9	26,4	2,4	6,0	51,4	30,6	55,5	9,4	5,5
F	Herkules	53	24,3	5,2	7,7	31,1	1,6	5,0	59,8	38,5	41,3	8,8	5,1
F	Lussi	87	38,1	5,0	7,7	31,2	2,1	1,3	60,8	39,8	40,1	8,9	5,1
F	KWS Santos	75	28,8	5,4	7,2	33,9	1,3	4,9	60,6	39,4	38,9	8,4	4,9
M	Ronaldinio		39,7	3,8	8,4	19,5	3,4	3,6	42,1	24,5	65,0	10,7	6,4

* Typ: F = Futtertyp, K = Körnertyp, M= Mais

** XA = Rohasche, XP = Rohprotein, XF = Rohfaser, XL = Rohfett, XZ = Zucker, NDF = Cellulose + Lignin + Hemicellulose, ADF = Cellulose + Lignin, ELOS = enzymlösliche organische Substanz

*** ME = metabolische Energie, NEL = Nettoenergie für Laktation

Tabelle 59: Ermittlung der Kühltoleranz 2012

Merkmal	Feldaufgang (Schema ii)						andere Merkmale (Schema i)						Bewertung		
	Wärmesumme 50°C	BN	Wärmesumme 100°C	BN	Wärmesumme Versuchsende	BN	Pflanzenlänge	rel. Sortenmittel	BN	Frischmasse	rel. Sortenmittel	BN	BN Gesamt	Symbol	Beschreibung
Einheit	%		%		%		cm	%		g	%				
Nicol	98	1	100	1	100	1	14,9	117	3	2,2	155	1	1	+++	gut
Lussi	94	2	98	1	98	1	16,6	131	1	2,5	179	1	1	+++	gut
SC 25-05-05	86	2	89	2	95	1	15,1	119	3	1,8	128	2	2	++	gut
RHS 1192	87	2	96	1	100	1	11,9	94	5	1,7	117	3	2	++	gut
ASM 1209	85	2	98	1	91	2	12,7	100	5	1,9	132	1	2	++	gut
Lider	81	3	90	2	91	2	16,1	127	2	2,0	142	1	2	++	gut
Gigant	86	2	98	1	90	2	11,5	91	6	1,2	82	6	3	+	gut
Gardavan	57	5	84	3	93	2	16,6	131	1	2,9	203	1	3	+	gut
PR849F	66	4	100	1	88	2	12,4	98	5	1,5	103	4	3	+	gut
Herkules	86	2	100	1	81	3	11,7	92	5	1,1	77	7	3	+	gut
Monster	65	4	93	2	93	2	12,2	96	5	1,6	111	3	3	+	gut
Piper	71	4	100	1	88	2	11,2	88	6	0,8	59	5	4	(+)	mittel
Goliath	72	4	94	2	94	2	11,2	88	6	1,6	111	3	4	(+)	mittel
Jumbo	63	5	84	3	83	3	16,3	128	2	2,0	141	1	4	(+)	mittel
ASM 37B-2	37	7	95	1	85	2	12,3	97	5	2,1	144	1	4	(+)	mittel
Niagara	69	4	97	1	59	5	14,8	116	3	1,1	77	7	4	(+)	mittel
Biomass 150	68	4	87	2	60	5	14,2	112	3	1,3	89	6	4	(+)	mittel
NUS BB06	49	6	74	4	70	4	15,5	122	2	2,2	154	1	4	(+)	mittel
Amiggo	48	6	93	2	93	2	12,0	94	5	1,1	74	7	5	0	mittel
Kylie	47	6	86	2	87	2	11,3	89	6	1,1	77	7	5	0	mittel
Alföldi	37	7	92	2	72	4	13,3	105	4	1,7	120	3	5	0	mittel
Aristos	33	8	72	4	91	2	13,4	106	4	1,8	128	2	5	0	mittel
KWS Santos	27	8	56	5	76	3	12,9	102	4	1,7	121	2	5	0	mittel
NUS BB03	53	6	80	3	60	5	12,1	95	5	1,2	87	6	6	(-)	mittel
Aneto	36	7	67	4	65	4	14,3	113	3	1,2	85	6	6	(-)	mittel
PR823F	20	9	61	5	76	3	12,9	102	4	2,3	162	1	6	(-)	mittel
Triunfo	32	8	54	6	79	3	14,3	113	3	1,7	120	3	6	(-)	mittel

Merkmal	Feldaufgang (Schema ii)						andere Merkmale (Schema i)						Bewertung		
	Wärmesumme 50°C	BN	Wärmesumme 100°C	BN	Wärmesumme Versuchsende	BN	Pflanzenlänge	rel. Sortenmittel	BN	Frischmasse	rel. Sortenmittel	BN	BN Gesamt	Symbol	Beschreibung
Ludan	15	9	64	5	80	3	14,0	110	4	1,6	113	3	6	(-)	mittel
PR84G62	46	6	77	3	59	5	10,1	79	7	0,9	64	8	6	(-)	mittel
KWS Sole	10	9	25	8	81	3	15,6	123	2	2,4	168	1	6	(-)	mittel
ASM 7199	12	9	88	2	49	6	10,3	81	6	0,5	38	5	6	(-)	mittel
NUS TFZ 03	19	9	74	4	56	5	14,3	113	3	0,9	66	8	7	-	gering
KWS Merlin	30	8	53	6	66	4	11,7	92	5	1,1	74	7	7	-	gering
ASM 12-650	24	9	55	5	66	4	10,3	81	6	1,2	81	6	7	-	gering
Centurion	14	9	55	5	61	5	12,0	95	5	1,1	81	6	7	-	gering
KWSZerberus	10	9	23	9	88	2	10,8	85	6	1,6	116	3	7	-	gering
Lurabo	8	9	30	8	70	4	14,2	112	3	1,4	98	4	7	-	gering
Verde	11	9	42	7	78	3	10,6	84	6	1,2	85	6	7	-	gering
Luzar	7	9	59	6	65	4	14,0	110	4	1,0	70	8	7	-	gering
ABS 4240	34	8	53	6	62	5	9,7	776	7	1,2	86	6	7	-	gering
KWS Tarzan	14	9	25	8	68	4	12,2	969	5	1,6	109	4	7	-	gering
Tanol	5	9	21	9	75	3	11,5	915	6	1,5	105	4	7	-	gering
Arbatax	6	9	13	9	68	4	12,3	97	5	1,6	109	3	7	-	gering
KWSHannibal	0	9	2	9	68	4	12,1	95	5	1,4	101	4	8	--	gering
KWS Freya	14	9	29	8	65	4	13,1	103	4	0,9	63	8	8	--	gering
KWS Inka	33	8	50	6	28	8	12,1	96	5	0,3	21	5	8	--	gering
Bovital	7	9	14	9	80	3	10,1	79	7	1,3	89	6	8	--	gering
EUG 121 F	7	9	26	8	54	6	13,0	102	4	1,2	84	6	8	--	gering
Nutri Honey	9	9	9	9	62	5	10,5	83	6	0,7	53	5	8	--	gering
GK Emese	6	9	44	7	41	7	10,1	80	7	0,5	33	5	8	--	gering
SC 57 82 60	0	9	43	7	22	9	9,4	74	7	0,3	18	5	9	---	gering

Bewertungsschemata i und ii siehe Tabelle 4

Tabelle 60: Ermittlung der Kühltoleranz 2013

Sorte	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen*	Aufgang nach Wärmesumme	Boniturnote für Schwere der Stresssymptome	Pflanzenlänge**	Frischmasse pro Pflanze **	Endnote***
	in %	in % zur KF	in %	in °C		in cm	in mg	
Lussi (Stand.)	93	98	58	34	6,9	11,3	72,5	6 o
Amiggo	96	95	48	34	7,6	10,1	73,8	7 -
Biomass 150	78	64	16	35	8,1	-	-	9 -
DP 2	90	69	0	44 -	9,0 -	-	-	9 -
DSV 1213062	98	98	47	35	7,1	12,4	92,7	7 -
DSV 1213066	98	94	30	35	8,0	14,0	-	8 -
Zeus	74	90	62	35	6,3	13,1	103,1	6 o
Aristos	81	100	62	36	6,5	14,9 +	132,3 +	6 o
EUG 341F	89	98	70	43 -	5,7	10,2	59,4	5 o
Gigant	83	90	65	37	6,1	11,4	76,3	6 o
Goliath	97	95	60	38	7,0	11,0	77,3	6 o
Herkules	81	77	31	38	7,9	9,0	68,3	8 -
Joggy	76	100	88	32	6,6	10,7	98,8	4 o
Karamelo	90	97	0	47 -	9,0 -	-	-	9 -
KSH 1708	70	89	48	33	6,9	11,2	103,3	6 o
KSH 1711	82	76	30	34	7,2	12,7	108,8	8 -
KWS Hannibal	91	82	64	33	6,0	13,6	100,6	5 o
KWS Merlin	97	90	69	32	6,4	11,5	78,9	5 o
KWS Santos	76	100	93	38	6,4	11,1	71,7	4 o
KWS Tarzan	98	72	21	37	8,1	9,6	54,9	9 -
KWS Zerberus	92	86	72	33	5,5	12,0	110,0	5 o
PR823F	81	100	62	39	7,6	10,6	71,6	6 o
PR830F	84	90	90	39	4,8 +	14,2	124,2 +	3 +
Tanol	99	76	4	37	8,9 -	-	-	9 -
ABS 4240	96	69	17	36	8,4	7,9 -	-	9 -
Arbatax	80	63	31	44 -	5,6	10,6	73,5	7 -
ASM 7018	100	100	83	41	6,5	9,9	73,8	5 o
ASM B7B	94	80	58	37	6,3	11,1	115,4 +	6 o

Sorte	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen*	Aufgang nach Wärmesumme	Boniturnote für Schwere der Stresssymptome	Pflanzenlänge**	Frischmasse pro Pflanze **	Endnote***
	in %	in % zur KF	in %	in °C		in cm	in mg	
Balto	87	100	34	32	8,0	8,4	75,4	8 -
Capello	90	74	5	38	8,9 -	6,1 -	-	9 -
ES Harmattan	88	90	71	36	5,9	9,0	78,2	5 o
Express	66	51	44	40	4,6 +	7,9 -	75,0	6 o
Farmsugro 180	100	83	29	37	8,2	8,3	46,3	8 -
Fuego	84	100	79	35	7,0	10,3	73,5	5 o
GK Emese	100	92	29	39	8,2	9,3	-	8 -
KSH 2G03	100	88	21	51 -	8,3	9,1	53,7	9 -
Nutrigrain	94	89	58	40	6,0	6,4 -	41,5	5 o
Sweet Caroline	95	88	83	38	5,8	11,2	81,9	4 o
Sweet Susana	93	45	18	61 -	7,3	9,2	-	8 -
DSV 1213087	96	100	100	33	4,3 +	13,6	149,7 +	3 +
Gardavan	97	90	60	37	7,2	11,8	63,8	6 o
Jumbo	98	88	38	36	7,3	14,2	120,0 +	7 -
KWS Freya	80	73	42	34	6,9	13,2	81,7	7 -
KWS Sole	88	66	43	38	6,0	10,2	71,5	6 o
Ludan	96	91	52	35	7,0	10,5	66,5	7 -
Lurabo	87	73	39	38	7,3	9,3	59,9	7 -
Nectar	80	99	73	41	6,6	7,3 -	36,7 -	5 o
Nutritop Star	83	60	10	51 -	8,7 -	6,0	-	9 -
Octane bmr	94	89	40	34	7,8	11,6	74,6	7 -

* Anteil vitaler Pflanzen (besser als BN 8) am 23. März, korrigiert gegen die Keimfähigkeit

** Messung und Wägung der vitalen Pflanzen eines Genotyps

Für die Merkmale Aufgang nach Wärmesumme, Pflanzenlänge und Frischmasse wurden die Genotypen statistisch gegen **Lussi als Standard** (Dunnnett-Test) auf dem Signifikanzniveau $p \leq 0,05$ verglichen:

- signifikant schlechter als Lussi

+ signifikant besser als Lussi

*** In die Endnote flossen „Anteil vitaler Pflanzen“ nach Boniturnote (Spalte 4) und die Schwere der Absterbeerscheinungen durch Kälteeinwirkung nach Boniturnote (Spalte 6) ein:

+ gute Kühletoleranz, BN 1–3

o mittlere Kühletoleranz, BN 4–6

- schlechte Kühletoleranz, BN 7–9

Tabelle 61: Ermittlung der Kühltoleranz 2014

Sorte	Variante*	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen**	Boniturnote für Schwere der Stress- symptome	Pflanzenlänge***	BBCH-Stadium zur Ernte	Endnote****
		in %	in % zur KF	in %		in cm		
Express	A	92	95	95	1,0	35	15	1
	B	92	100	100	1,3	23	14	1
	C	92	95	91	4,9	9	13	3
	D	92	82	63	5,3	7,5	13	5
GK Emese	A	94	100	100	1,0	36	15	1
	B	94	100	98	2,4	24	14	2
	C	94	98	71	4,8	11	14	4
	D	94	89	31	7,4	7,5	12	8
Sweet Caroline	A	97	99	99	1,0	35	14	1
	B	97	86	86	1,1	28	14	2
	C	97	69	64	3,3	14	13	4
	D	97	69	60	4,4	10,5	12	5
Sweet Susana	A	97	95	95	1,0	35	14	1
	B	97	90	90	1,0	30	14	2
	C	97	82	69	3,5	14	14	4
	D	97	30	21	5,3	8,5	13	7
ASM 7-018	A	60	100	100	1,0	46	16	1
	B	60	100	100	1,0	25	14	1
	C	60	100	100	1,2	15	13	1
	D	60	100	100	1,8	11	13	1
Balto	A	87	96	96	1,0	45	16	1
	B	87	100	100	1,0	30	15	1
	C	87	100	100	1,1	15	14	1
	D	87	100	81	6,3	9	12	5
Capello	A	87	100	100	1,0	52	15	1
	B	87	81	81	1,1	24	14	2
	C	87	72	72	2,2	15	13	3
	D	87	86	53	5,8	7,5	13	6

Sorte	Variante*	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen**	Boniturnote für Schwere der Stress-symptome	Pflanzenlänge***	BCH-Stadium zur Ernte	Endnote****
Fuego	A	50	100	100	1,0	47	16	1
	B	50	100	100	1,1	25	15	1
	C	50	100	100	2,6	13	14	2
	D	50	100	100	4,8	7,5	12	3
Farmsugro 180	A	93	85	85	1,0	40	15	2
	B	93	94	94	1,2	20	14	2
	C	93	90	90	1,1	15	14	2
	D	93	85	45	7,3	7	12	7
PRO4236White S	A	84	84	84	1,6	45	16	2
	B	84	35	35	1,0	13,5	14	4
	C	84	25	20	3,0	10	13	6
	D	84	25	10	7,0	4,5	12	8
PRO4336Red S	A	95	100	100	3,1	42	15	2
	B	95	70	70	1,0	28	14	3
	C	95	39	35	3,2	17	14	5
	D	95	48	22	6,8	5	12	8
DSV13107	A	88	85	85	1,0	58	15	2
	B	88	90	90	1,0	31	15	2
	C	88	76	71	1,9	20	13	3
	D	88	28	14	7,2	6	12	8
Biomass 150	A	82	76	76	1,0	52	16	2
	B	82	76	71	2,5	32	14	3
	C	82	76	36	6,1	21	13	7
	D	82	86	25	7,3	7,5	11	8
EUG 121F	A	80	99	99	1,0	54	14	1
	B	80	94	94	1,1	36	14	1
	C	80	100	73	4,4	22	13	4
	D	80	89	21	7,5	8	12	8
Aristos	A	87	77	77	1,0	54	15	2
	B	87	91	91	1,0	40	14	2
	C	87	91	77	4,3	25	13	4
	D	87	81	57	4,6	11	13	5

Sorte	Variante*	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen**	Boniturnote für Schwere der Stress- symptome	Pflanzenlänge***	BBCH-Stadium zur Ernte	Endnote****
Tanol F1 3691	A	85	100	100	1,0	40	16	1
	B	85	83	69	3,8	24	14	4
	C	85	88	59	5,2	16	13	5
	D	85	88	29	7,1	7	12	8
KWS Perun	A	83	100	100	1,0	58	15	1
	B	83	100	100	1,0	35	14	1
	C	83	70	35	5,3	17,5	13	6
	D	83	95	85	4,5	11,5	12	3
KWS Titus	A	80	89	89	1,0	50	15	2
	B		83	83	1,0	35	14	2
	C		47	47	1,2	29	14	4
	D		57	36	6,3	12	12	7
KWS Hannibal	A	95	100	100	3,6	40	15	2
	B		88	88	1,0	37	14	2
	C		88	88	1,3	22	14	2
	D		92	66	4,0	13	12	4
KWS Merlin	A	93	100	100	1,0	50	15	1
	B		81	81	1,0	42	15	2
	C		100	99	2,0	19	13	1
	D		94	72	4,2	11,5	12	4
KWS Santos	A	79	100	100	1,9	55	16	1
	B		84	74	2,0	35	15	3
	C		59	58	3,0	22	14	4
	D		90	69	3,6	12,5	13	4
KWS Tarzan	A	93	85	85	1,0	58	15	2
	B		100	100	1,0	45	14	1
	C		94	94	2,1	27	14	2
	D		99	63	6,3	9	12	6
KWS Zerberus	A	95	100	96	1,3	63	15	1
	B		100	100	1,3	45	15	1
	C		96	96	1,3	33	14	1
	D		92	79	4,4	10	12	4

Sorte	Variante*	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen**	Boniturnote für Schwere der Stress- symptome	Pflanzenlänge***	BCH-Stadium zur Ernte	Endnote****
N52K1009	A	97	99	99	1,0	50	14	1
	B		99	99	2,8	42	14	2
	C		86	86	2,8	22	13	2
	D		95	52	6,0	11	13	6
N52/2274	A	93	90	90	1,0	50	14	2
	B		100	100	1,4	40	14	1
	C		94	94	2,1	27	13	2
	D		99	85	4,0	14	12	3
NPZ-UG-01	A	93	100	100	1,0	43	15	1
	B		99	99	1,0	31	14	1
	C		85	85	1,9	14	13	2
	D		76	63	5,1	11	12	5
NPZ-UG-02	A	95	100	100	1,0	49	15	1
	B		96	96	1,1	32	14	1
	C		83	79	3,3	13	13	3
	D		92	79	4,4	20	13	4
PR823F	A	74	100	100	3,1	39	14	2
	B		96	84	2,4	27	14	3
	C		73	68	3,5	19	14	4
	D		100	39	6,7	8	12	7
PR817F	A	77	100	100	1,0	50	15	1
	B		100	100	1,0	31	14	1
	C		100	100	2,3	15	13	2
	D		100	70	5,9	5	12	5
Amiggo	A	91	100	100	1,0	58	15	1
	B		100	100	1,0	35	14	1
	C		96	92	2,1	23	13	2
	D		100	96	2,4	15	12	2
Joggy	A	75	100	100	1,0	65	16	1
	B		89	89	1,0	32	15	2
	C		100	100	1,9	18	14	1
	D		100	100	3,1	8	13	2

Sorte	Variante*	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen**	Boniturnote für Schwere der Stress- symptome	Pflanzenlänge***	BBCH-Stadium zur Ernte	Endnote****
RGT Gguepard	A	95	100	100	1,0	63	15	1
	B		100	100	1,0	39	14	1
	C		100	100	1,1	24	14	1
	D		100	96	3,4	9,5	13	2
Herkules	A	87	86	86	1,0	63	15	2
	B		91	91	1,0	38	15	2
	C		91	53	4,7	21,5	13	5
	D		72	34	6,9	12	12	7
KWS Sole	A	96	100	100	1,0	52	15	1
	B		100	100	1,0	34	14	1
	C		95	91	1,5	28	14	2
	D		87	65	5,1	13,5	12	5
Lussi	A	60	97	97	1,0	55	15	1
	B		100	100	1,0	32	14	1
	C		100	69	4,6	25,5	13	4
	D		63	49	6,1	9	12	6
DP 2	A	86	92	92	1,0	48	15	2
	B		68	68	1,4	24	14	3
	C		78	53	4,9	17	14	5
	D		82	34	7,0	8,5	12	8
KWS Freya	A	94	100	100	1,0	50	15	1
	B		98	98	1,0	33	15	1
	C		100	100	1,6	26	14	1
	D		100	71	5,1	11,5	12	5
Nectar	A	86	97	97	1,0	40	15	1
	B		73	73	1,3	24	15	3
	C		73	58	3,5	13	13	4
	D		73	58	3,3	7	12	4
Jumbo	A	93	85	85	1,0	50	15	2
	B		85	85	1,3	37	14	2
	C		99	99	1,6	18,5	13	1
	D		90	67	3,5	12,5	13	4

Sorte	Variante*	Keimfähigkeit	Feldaufgang	vitale Pflanzen**	Boniturnote für Schwere der Stress-symptome	Pflanzenlänge***	BCH-Stadium zur Ernte	Endnote****
MMR400x36bmr	A	97	99	99	1,0	45	15	1
	B		100	100	1,0	30	14	1
	C		82	77	2,9	23	13	3
	D		86	64	5,5	8	12	5

* Variante A: 67 Tage (= gesamte Versuchsdauer) bei 22 °C; Variante B: 26 Tage bei 12 °C, 41 Tage bei 22 °C; Variante C: 34 Tage bei 12 °C, 33 Tage bei 22 °C; Variante D: 41 Tage bei 12 °C, 26 Tage bei 22 °C

** Anteil vitaler Pflanzen (besser als BN 8) zur Ernte, korrigiert gegen die Keimfähigkeit

*** Messung der vitalen Pflanzen eines Genotyps

**** In die Endnote flossen „Anteil vitaler Pflanzen“ nach Boniturnote (Spalte 5) und die Schwere der Absterbeerscheinungen durch Kälteeinwirkung nach Boniturnote (Spalte 6) ein:

+ gute Kühltoleranz, BN 1–3

0 mittlere Kühltoleranz, BN 4–6

– schlechte Kühltoleranz, BN 7–9

Tabelle 62: Ermittlung der Anfälligkeit gegen *Rhizoctonia solani*

Sorte	Sortiment ¹⁾	bmr	Pflanzenlänge in cm			Frischmasse in mg			Wurzelbonitur	
			K ²⁾	Inok ³⁾⁴⁾	rel. zu K ⁵⁾	K	Inok	rel. zu K	M I ⁶⁾	M II ⁷⁾
Amiggo	S. bic. F		110,4	80,6 *	73	38,6	16,7	43	50,0	2,9
ASM 71-99	S. bic. F		87,5	60,0 *	69	30,1	15,0 *	50	52,5	2,0
ASM B7B-2	S. bic. F		86,7	79,2	91	26,9	21,4	80	34,4	3,0
Biomass 150	S. bic. F		120,7	100,4 *	83	38,7	27,9 *	72	60,0	3,9
DSV 1213087	S. bic. F		99,2	70,1 *	71	27,7	12,9 *	47	58,1	3,0
EUG 341F	S. bic. F		80,0	94,0 *	117	23,1	35,0	151	47,5	3,9
Gigant	S. bic. F		88,2	60,8 *	69	29,6	13,1 *	44	29,4	4,9
Goliath	S. bic. F		108,0	97,7	91	30,7	28,5	93	27,5	4,4
Herkules	S. bic. F		106,0	86,6 *	82	31,1	22,5	72	58,8	4,1
Joggy	S. bic. F		115,1	103,2	90	38,8	30,7	79	35,6	4,9
Karamelo	S. bic. F		74,8	80,3	107	23,9	26,8	112	46,9	3,9
KSH 1708	S. bic. F		101,9	80,8 *	79	33,0	26,0	79	25,6	3,9
KSH 1711	S. bic. F		99,8	87,3	88	29,2	23,7	81	48,8	4,0
KWS Hannibal	S. bic. F		83,7	91,3	109	32,4	27,6	85	24,4	4,3
KWS Merlin	S. bic. F		112,8	99,9 *	89	39,3	29,2	74	54,4	4,5
KWS Santos	S. bic. F		83,5	87,1	104	30,6	30,1	99	18,1	4,0
KWS Tarzan	S. bic. F		106,7	85,6 *	80	30,7	24,1	79	25,0	3,4
KWS Zerberus	S. bic. F		90,8	66,9 *	74	28,4	15,5 *	54	26,3	3,9
Aristos	S. bic. F		101,5	92,3 *	91	33,6	23,2 *	69	36,9	3,9
PR849F	S. bic. F		86,2	73,9 *	86	28,2	15,5 *	55	83,8	3,4
PR823F	S. bic. F		149,0	96,2	65	34,7	29,3	84	72,5	4,0
PR830F	S. bic. F		113,5	97,6 *	86	33,5	26,4 *	79	32,5	3,4
Zeus	S. bic. F		109,7	98,6	90	33,1	31,5	95	40,0	2,0
ABS 4240	S. bic. K		53,2	51,9	98	18,2	14,1 *	78	41,3	3,1
Arbatax	S. bic. K		72,2	60,5 *	84	26,5	20,4 *	77	31,9	4,3
Arlys	S. bic. K		54,3	49,8 *	92	18,9	12,3 *	65	28,8	2,0
ASM 12-09	S. bic. K		76,6	67,0 *	87	20,7	17,4	84	30,6	3,0
ASM 7-018 bmr	S. bic. K	+	64,4	58,9 *	91	19,2	17,1	89	60,0	2,0
ASM-B7B bmr	S. bic. K	+	82,4	73,0 *	89	26,1	19,8	76	47,5	2,9
Balto	S. bic. K		51,6	51,0	99	19,7	14,8 *	75	57,5	2,3
Capello	S. bic. K		52,6	52,1	99	15,2	14,2	93	23,1	2,0

Sorte	Sortiment ¹⁾	bmr	Pflanzenlänge in cm			Frischmasse in mg			Wurzelbonitur	
			K ²⁾	Inok ³⁾⁴⁾	rel. zu K ⁵⁾	K	Inok	rel. zu K	M I ⁶⁾	M II ⁷⁾
ES Harmattan	S. bic. K		64,4	50,6 *	79	23,0	10,1 *	44	66,3	1,8
Express	S. bic. K		56,7	51,0	90	19,6	11,9 *	61	51,3	1,9
Farmsugro 180	S. bic. K		74,2	52,0 *	70	25,0	11,8 *	47	66,3	2,6
Fuego	S. bic. K		64,1	62,4	97	19,4	19,7	102	35,6	3,9
GK Emese	S. bic. K		68,0	63,2	93	20,4	16,3	80	71,3	3,1
KSH 2G03	S. bic. K		54,5	55,0	101	18,2	18,1	99	72,5	1,6
Nutrigrain	S. bic. K	+	75,7	60,5 *	80	23,1	13,2 *	57	61,3	3,5
Pampa Centurion	S. bic. K	+	116,3	62,9 *	54	28,2	16,9 *	60	85,0	2,1
PR 84 G 62	S. bic. K		63,0	55,8 *	89	22,9	13,6 *	60	40,0	2,1
SC 25 05 05	S. bic. K		91,8	64,4 *	70	27,7	14,2 *	51	58,8	2,4
SC 578260	S. bic. K		73,6	59,1 *	80	23,8	15,3 *	64	61,3	3,1
Sweet Caroline	S. bic. K		67,0	72,8	109	23,1	25,4	110	40,0	3,8
Sweet Susana	S. bic. K		77,3	86,6	112	23,1	25,4	110	66,3	2,0
Black Gold	S. bic. Z		71,6	59,9 *	84	26,3	14,0 *	53	62,5	2,0
Della	S. bic. Z		67,9	61,1 *	90	21,2	19,1	90	38,8	4,4
Keller	S. bic. Z		81,0	57,4 *	71	27,1	12,5 *	46	48,8	2,1
Millenium bmr Z	S. bic. Z	+	73,2	72,4	99	21,1	17,7	84	68,8	2,1
NK Morris	S. bic. Z		85,7	81,6	95	32,2	23,1 *	72	44,4	1,9
Rox Orange	S. bic. Z		74,8	67,6	90	30,6	21,6	71	62,5	2,5
Umbrella	S. bic. Z		81,2	70,9	87	31,2	25,9	83	51,3	1,5
Piper	S. sud.		80,2	85,8	107	18,7	17,0	91	55,6	3,9
Trudan Headless	S. sud.		76,0	71,2	94	19,1	15,5	81	73,8	2,8
Aneto	X		89,7	65,1 *	73	24,1	12,2 *	51	58,8	2,3
BMR 201	X	+	85,5	79,1	92	25,1	23,8	95	35,6	4,0
Bovital	X		92,3	89,8	97	26,7	23,8	89	32,5	5,0
Gardavan	X		96,8	95,3	98	33,3	30,9	93	62,5	5,0
Jumbo	X		97,0	97,5	101	30,4	24,5 *	81	70,0	4,0
KWS Freya	X		111,0	97,3 *	88	32,4	24,1 *	74	45,6	3,6
KWS Sole	X		100,7	73,1 *	73	33,8	19,2 *	57	37,5	2,9
Lider	X		93,0	72,8 *	78	30,9	14,6 *	47	73,8	2,8
Ludan	X		100,0	79,5 *	80	30,8	17,2 *	56	48,8	3,3
Lurabo	X		104,2	100,3	96	31,4	27,2	87	43,1	4,0

Sorte	Sortiment ¹⁾	bmr	Pflanzenlänge in cm			Frischmasse in mg			Wurzelbonitur	
			K ²⁾	Inok ³⁾⁴⁾	rel. zu K ⁵⁾	K	Inok	rel. zu K	M I ⁶⁾	M II ⁷⁾
Lussi	X		89,3	83,4	93	32,2	21,0 *	65	52,5	4,3
Nectar	X		76,6	63,6 *	83	21,8	13,6 *	62	66,3	2,3
Niagara II	X		84,3	67,0 *	79	25,3	13,1 *	52	53,8	2,1
Nicol	X		80,6	90,3	112	24,1	29,2	122	70,0	3,5
Nutri Honey	X		87,5	88,3	101	20,8	26,1	125	51,3	4,5
Nutritop Star	X	+	87,4	75,8	87	23,4	16,3	70	77,5	2,5
Octane bmr	X	+	92,4	83,1	90	28,3	19,7	70	31,3	4,0
Pampa Triunfo	X	+	95,2	103,4	109	29,8	29,6	99	66,3	3,6
Pampa Verde	X	+	89,8	62,0 *	69	25,1	13,5 *	54	33,8	4,0

- 1) S. bic. F *S. bicolor* Futtertyp
S. bic. K *S. bicolor* Körnertyp
S. bic. Z *S. bicolor* Zuckertyp (Sorten mit hoch zuckerhaltigen Halmen)
S. sud. *S. sudanense*
X *S. bicolor* x *S. sudanense*
- 2) K Unbehandelte Variante (Kontrolle)
- 3) Inok Inokulierte Variante (künstlich mit *Rhizoctonia solani* verseucht)
- 4) Asterisk Varianten K und V einer Sorte unterscheiden sich signifikant auf dem Niveau $p \leq 0,05$
- 5) rel. zu K Unterschied von Variante Inok rel. zu Variante K in %
- 6) M I Wurzelbonitur: Wurzelbonitur in 10er-Schritten von 0 bis 100 % verbräunt/abgestorben
- 7) M II Wurzelbonitur: Es wurde beurteilt, wie leicht sich der Ballen bei Abspülen der Wurzel aufgelöst hat (1 sehr leicht bis 5 sehr schwer)

Tabelle 63: Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Euerhausen

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			Trockensubstanzgehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel			Sortenmittel		vor Ernte	vor Ernte
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %			
Lussi	561,4	66	e	242,1	90	d	42,2	a	4,3	87
KWS Freya	664,7	78	d	269,3	100	bc	40,8	ab	5,3	84
KWS Sole	691,3	82	d	276,2	103	b	39,0	b	5,7	84
KWS Tarzan	839,3	99	c	262,2	98	bcd	32,3	c	3,3	80
Amiggo	857,5	101	c	268,3	100	bc	30,9	cd	3,0	83
Biomass 150	1095,9	129	a	308,1	115	a	28,4	de	3,3	82
Aristos	973,8	115	b	276,7	103	b	28,0	de	4,3	81
Herkules	935,1	110	b	253,7	94	cd	27,1	e	4,0	84
KWS Merlin	905,1	107	bc	269,3	100	bc	30,0	cde	3,3	82
Joggy	955,6	113	b	261,7	97	bcd	27,5	de	2,3	84
Standortmittel	848,0	100		268,8	100		32,6		3,9	

Tabelle 64: Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Neuhoof

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			Trockensubstanzgehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel			Sortenmittel		vor Ernte	vor Ernte
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %			
Lussi	463,3	71	f	167,5	84	g	36,2		3,8	k. A.
KWS Freya	546,7	83	e	199,1	100	cde	36,4		8,5	k. A.
KWS Sole	543,1	83	e	190,6	96	ef	35,1		9,0	k. A.
KWS Tarzan	660,6	101	d	207,2	104	cd	31,4		2,3	k. A.
Amiggo	631,9	96	d	183,4	92	f	29,0		1,8	k. A.
Biomass 150	818,6	125	a	220,3	111	ab	26,9		4,0	k. A.
Aristos	765,0	117	b	222,8	112	a	29,1		6,0	k. A.
Herkules	726,9	111	bc	195,2	98	def	26,9		4,5	k. A.
KWS Merlin	703,1	107	c	197,7	99	cde	28,1		2,3	k. A.
Joggy	705,3	107	c	209,3	105	cb	29,7		1,5	k. A.
Standortmittel	656,5	100		199,3	100		30,9		4,4	

Tabelle 65: Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Straubing

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			Trockensubstanzgehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel			Sortenmittel		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	501,5	68	g	167,8	79	e	34,7	a	5,0	87
KWS Freya	626,0	85	ef	202,8	95	cd	32,1	a	4,3	85
KWS Sole	574,3	78	fg	198,2	93	de	34,3	a	4,0	87
KWS Tarzan	708,8	96	de	212,5	100	bcd	29,5	b	3,0	81
Amiggo	677,9	92	e	193,7	91	de	28,8	b	2,3	77
Biomass 150	943,1	128	a	249,0	117	a	26,2	b	2,7	69
Aristos	840,8	114	bc	222,6	105	abcd	25,8	b	2,7	69
Herkules	888,3	120	ab	235,7	111	ab	26,2	b	2,3	69
KWS Merlin	775,4	105	cd	213,4	100	bcd	27,9	b	2,3	75
Joggy	843,8	114	bc	231,2	109	abc	27,7	b	1,3	69
Standortmittel	738,0	100		212,7	100		29,3		3,0	

Tabelle 66: Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Aholting

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			Trockensubstanzgehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel			Sortenmittel		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	496,8	68	f	162,3	80	e	32,5	a	2,7	87
KWS Freya	597,0	82	e	182,7	90	de	30,9	ab	2,0	87
KWS Sole	572,8	78	ef	184,6	91	cd	32,7	a	3,0	87
KWS Tarzan	716,0	98	d	209,2	103	b	29,6	bc	1,0	74
Amiggo	723,6	99	d	207,4	102	b	28,7	bc	1,0	71
Biomass 150	977,9	134	a	256,2	126	a	26,1	d	1,0	65
Aristos	849,8	116	b	209,7	103	b	24,5	d	1,3	69
Herkules	816,5	112	bc	206,5	102	bc	25,6	d	1,0	69
KWS Merlin	765,1	105	cd	216,1	106	b	28,3	c	1,7	74
Joggy	808,3	110	bc	198,9	98	bcd	24,1	d	1,0	70
Standortmittel	732,4	100		203,3	100		28,3		1,6	

Tabelle 67: Bayernweiter Sortenvergleich 2012 – Ergebnisse Haibach

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			Trockensubstanzgehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel			Sortenmittel		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	537,3	75	e	167,6	84	d	31,4	a	3,0	87
KWS Freya	703,3	98	cd	209,1	105	b	29,8	b	3,7	83
KWS Sole	556,4	78	e	173,9	87	d	31,5	a	2,7	87
KWS Tarzan	761,8	107	bc	211,4	106	ab	27,7	d	1,7	75
Amiggo	684,0	96	d	196,3	98	bc	28,7	c	1,3	75
Biomass 150	846,7	118	a	232,0	116	a	27,3	de	1,3	71
Aristos	810,0	113	ab	212,0	106	ab	26,2	ef	1,7	71
Herkules	715,8	100	cd	183,7	92	cd	25,7	f	1,0	73
KWS Merlin	770,8	108	bc	208,9	104	b	27,1	de	2,0	71
Joggy	768,3	107	bc	206,3	103	b	26,9	d	1,0	71
Standortmittel	715,4	100		200,1	100		28,2		1,9	

Tabelle 68: Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Euerhausen

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel			absolut		vor	vor
	absolut in dt/ha	relativ in%		absolut in dt/ha	relativ in %		absolut in %		Ernte	Ernte
Lussi	313,4	68	g	120,1	88	c	38,4	a	2,0	86
KWS Freya	369,3	80	fg	135,0	99	abc	36,5	ab	2,7	87
KWS Sole	369,8	80	fg	130,3	95	bc	35,2	b	1,7	86
KWS Santos	438,8	95	de	131,5	96	bc	29,9	cd	1,0	77
KWS Tarzan	413,7	90	ef	120,8	88	c	29,2	cde	5,3	69
Amiggo	454,1	99	cde	137,3	100	abc	30,2	c	2,3	69
KWS Merlin	483,7	105	cd	139,2	102	abc	28,7	cde	2,0	69
Biomass 150	583,0	127	a	156,5	114	a	26,9	e	3,0	66
Aristos	551,3	120	ab	149,8	109	ab	27,1	de	4,3	76
Herkules	479,8	104	cd	127,6	93	c	26,6	e	1,0	69
Joggy	512,7	111	bc	139,2	102	abc	27,1	de	1,0	60
PR823F	552,1	120	ab	154,7	113	a	28,1	cde	2,3	68
Standortmittel	460,2	100		136,8	100		30,3		2,4	73

Tabelle 69: Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Neuhoﬀ

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	355,7	71	e	102,2	88	e	28,7	a	2,7	k. A.
KWS Freya	397,0	79	de	104,3	90	de	26,3	b	4,0	k. A.
KWS Sole	417,6	84	d	108,1	93	cde	25,9	b	2,3	k. A.
KWS Santos	424,0	85	d	105,2	91	de	24,7	bc	2,7	k. A.
KWS Tarzan	503,4	101	c	122,9	106	abcd	24,4	bc	2,3	k. A.
Amiggo	521,2	104	bc	127,7	110	ab	24,5	bc	3,3	k. A.
KWS Merlin	532,7	107	bc	123,4	107	abcd	23,1	cd	2,0	k. A.
Biomass 150	631,5	126	a	133,1	115	a	21,0	de	3,3	k. A.
Aristos	579,2	116	ab	124,6	108	abc	21,5	de	3,7	k. A.
Herkules	551,4	110	bc	109,7	95	bcde	19,9	e	3,0	k. A.
Joggy	544,6	109	bc	109,4	94	bcde	20,0	e	2,0	k. A.
PR823F	539,1	108	bc	120,0	104	abcde	22,3	cde	3,0	k. A.
Standortmittel	499,8	100		115,9	100		23,5		2,9	

Tabelle 70: Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Straubing

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	446,4	74	f	155,8	94	de	34,9	a	3,3	87
KWS Freya	485,1	80	f	148,0	89	e	30,5	c	4,3	87
KWS Sole	493,2	81	f	160,3	96	cde	32,5	b	2,7	87
KWS Santos	511,0	84	ef	147,7	89	e	28,8	d	1,0	80
KWS Tarzan	626,8	103	cd	181,5	109	ab	28,9	d	1,3	69
Amiggo	578,7	95	de	165,8	100	bcde	28,7	d	2,7	66
KWS Merlin	645,5	106	bcd	177,8	107	abcd	27,5	e	1,3	69
Biomass 150	755,8	124	a	187,2	112	a	24,8	fg	1,3	55
Aristos	710,6	117	ab	175,5	105	abcd	24,7	fg	3,7	60
Herkules	677,4	112	bc	159,8	96	cde	23,6	h	1,7	56
Joggy	692,7	114	abc	169,7	102	abcd	24,5	g	1,0	58
PR823F	663,4	109	bc	168,3	101	abcde	25,4	f	1,3	58
Standortmittel	607,2	100		166,4			27,9		2,1	69

Tabelle 71: Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Aholting

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	273,9	73	e	88,0	95	efg	32,1	a	1	86
KWS Freya	285,6	76	de	84,6	92	g	29,7	b	1	84
KWS Sole	296,7	79	de	93,2	101	abcdef	31,4	a	1	85
KWS Santos	317,2	85	d	91,0	99	bcdefg	28,7	b	1	74
KWS Tarzan	359,5	96	c	89,2	97	defg	24,8	c	1	66
Amiggo	375,2	100	c	96,4	105	abc	25,7	c	1	64
KWS Merlin	380,7	102	c	97,2	105	abb	25,6	c	1	68
Biomass 150	421,6	113	b	87,9	95	fg	20,9	e	1	40
Aristos	464,9	124	a	97,9	106	a	21,1	de	1	43
Herkules	437,0	117	ab	90,4	98	cdefg	20,7	e	1	41
Joggy	446,7	119	ab	94,8	103	abcde	21,2	de	1	42
PR823F	429,8	115	b	95,7	104	abcd	22,3	d	1	42
Standortmittel	374,1	100		92,2	100		25,4		1	61

Tabelle 72: Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Haibach

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	313,7	72	g	76,9	94	cd	24,6	a	8,0	59
KWS Freya	394,1	91	ef	89,9	110	a	22,9	b	1,0	59
KWS Sole	404,8	93	ef	85,0	104	abc	21,0	c	2,3	58
KWS Santos	380,8	88	f	76,6	94	cd	20,1	cd	2,0	59
KWS Tarzan	432,2	100	cde	83,6	102	abc	19,3	d	1,0	42
Amiggo	453,3	105	bcd	88,1	108	a	19,5	cd	1,0	42
KWS Merlin	446,0	103	cd	78,0	96	bcd	17,5	e	1,0	41
Biomass 150	504,2	116	a	82,3	101	abc	16,3	e	1,0	38
Aristos	495,2	114	a	86,0	105	abc	17,4	e	1,7	38
Herkules	469,0	108	abc	78,6	96	bcd	16,8	e	1,0	38
Joggy	488,0	113	ab	81,4	100	abcd	16,6	e	1,0	38
PR823F	418,2	97	def	72,9	89	d	17,4	e	1,0	37
Standortmittel	433,3	100		81,6	100		27,9		1,8	46

Tabelle 73: Bayernweiter Sortenvergleich 2013 – Ergebnisse Grub

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	346,1	76	e	107,0	97	abcde	31,1	a	1,0	85
KWS Freya	354,1	77	e	102,1	92	cde	28,8	b	1,0	85
KWS Sole	323,3	71	e	96,2	87	e	30,1	ab	1,0	84
KWS Santos	402,4	88	de	101,7	92	de	25,4	c	1,7	74
KWS Tarzan	471,1	103	bcd	117,9	106	abcd	25,0	c	2,0	58
Amiggo	484,4	106	bc	122,9	111	ab	25,9	c	3,0	56
KWS Merlin	453,6	99	cd	112,6	102	abcde	24,9	c	1,3	54
Biomass 150	515,9	113	abc	107,9	97	abcde	20,9	d	1,0	41
Aristos	573,4	125	a	123,7	112	a	21,3	d	1,3	45
Herkules	516,0	113	abc	112,1	101	abcde	21,0	d	1,0	44
Joggy	521,0	114	abc	106,0	96	bcde	20,6	d	1,0	42
PR823F	538,5	117	ab	119,5	108	abc	21,9	d	1,7	50
Standortmittel	458,3	100		110,8	100		24,8		1,4	60

Tabelle 74: Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Straubing

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	488	72	d	171	88	e	35,3	a	3,3	87
KWS Freya	540	79	cd	169	87	e	31,6	c	4,0	85
KWS Sole	534	78	cd	178	92	de	33,4	b	2,0	85
KWS Santos	592	87	c	171	88	e	28,9	de	1,0	83
KWS Tarzan	702	103	b	212	109	ab	29,9	d	1,0	75
Amiggo	680	100	b	197	101	bc	28,8	de	2,0	75
KWS Merlin	711	104	b	200	103	abc	28,0	ef	1,0	75
Biomass 150	812	119	a	216	111	a	26,5	fg	1,0	69
Aristos	801	117	a	207	106	abc	25,8	g	1,0	75
Herkules	805	118	a	206	106	abc	25,7	g	1,0	69
Joggy	815	119	a	216	111	a	26,6	fg	1,3	65
PR823F	721	105	b	191	98	cd	26,6	fg	1,0	73
Standortmittel	683	100		195	100		28,9		1,6	76

Tabelle 75: Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Aholfing

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	519	73	e	144	96	ab	27,8	a	1,0	83
KWS Freya	624	88	d	152	101	ab	24,4	c	3,0	77
KWS Sole	567	80	de	147	98	ab	25,9	b	2,0	83
KWS Santos	619	87	d	149	99	ab	24,0	c	1,3	69
KWS Tarzan	748	105	bc	155	103	ab	20,7	e	4,7	55
Amiggo	737	104	c	162	108	a	22,0	d	4,7	54
KWS Merlin	744	105	bc	144	96	ab	19,3	ef	5,7	54
Biomass 150	825	116	a	154	103	ab	18,7	f	4,7	47
Aristos	806	113	ab	154	103	ab	19,1	f	4,0	52
Herkules	826	116	a	152	102	ab	18,4	f	6,3	47
Joggy	792	111	abc	147	98	ab	18,6	f	1,0	47
PR823F	734	103	c	142	94	b	19,2	ef	2,3	53
Standortmittel	712	100		150	100		21,5		3,4	60

Tabelle 76: Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Haibach

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager	BBCH
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut	relativ		absolut	relativ		absolut		vor	vor
	in dt/ha	in %		in dt/ha	in %		in %		Ernte	Ernte
Lussi	494	75	g	151	84	e	30,3	a	3,3	83
KWS Freya	599	91	ef	176	98	bcd	29,6	ab	1,7	77
KWS Sole	604	92	def	184	103	bc	30,6	a	2,0	83
KWS Santos	576	87	f	160	89	de	27,9	b	1,0	69
KWS Tarzan	610	93	def	168	94	cde	27,9	b	1,3	55
Amiggo	666	101	d	189	105	abc	28,4	b	1,7	54
KWS Merlin	661	100	de	187	104	bc	28,0	b	1,3	54
Biomass 150	802	122	ab	197	109	ab	24,6	c	2,7	47
Aristos	745	113	bc	191	106	ab	25,3	c	1,3	52
Herkules	734	111	c	192	107	ab	25,9	c	3,0	47
Joggy	822	125	a	209	116	a	25,5	c	1,3	47
PR823F	600	91	ef	154	86	e	25,9	c	1,7	53
Standortmittel	659	100		180	100		27,5		1,9	60

Tabelle 77: Bayernweiter Sortenvergleich 2014 – Ergebnisse Grub

Sorte	Grünmasseertrag			Trockenmasseertrag			TS-Gehalt		Lager*	BBCH vor Ernte
	Adjust. Sortenmittel			Adjust. Sortenmittel						
	absolut in dt/ha	relativ in %		absolut in dt/ha	relativ in %		absolut in %			
Lussi	511	82	e	159	96	abc	31,1	a	1,7	76
KWS Freya	591	95	bcde	176	106	ab	29,7	a	2,3	73
KWS Sole	577	93	cde	177	106	a	30,6	a	2,0	76
KWS Santos	630	102	abcd	171	103	ab	27,1	b	1,7	73
KWS Tarzan	504	81	e	127	76	c	25,1	cd	7,3	64
Amiggo	587	95	bcde	158	95	abc	26,7	bc	4,0	65
KWS Merlin	524	85	de	143	86	bc	27,2	b	5,3	66
Biomass 150	695	112	ab	176	106	a	25,3	cd	4,7	65
Aristos	690	111	abc	169	102	ab	24,6	d	3,7	64
Herkules	696	112	ab	170	103	ab	24,5	d	3,0	65
Joggy	736	119	a	182	110	a	24,6	d	2,0	65
PR823F	695	112	ab	184	111	a	26,6	bc	1,7	65
Standortmittel	620	100		166	100		26,9		3,3	68

* Lagerbonitur zur weiblichen Blüte von RG 1 (Sorte Lussi)

Tabelle 78: Stickstoffdüngung 2012: Ertrags- und Qualitätsparameter der Varianten

Ort	Sorte	N-Dünge- stufe	TM-Ertrag		TS-Gehalt		N-Gesamt- Gehalt		Nitrat-Gehalt		YARA-Wert	
		kg/ha	dt/ha		%		% TM		% TM			
Straubing	Aristos	0	111,2	d	22,9	a	0,753	de	0,011	d	431	e
		25	154,0	c	24,4	a	0,729	e	0,022	d	527	d
		50	163,5	bc	24,3	a	0,820	de	0,032	d	639	c
		75	171,8	abc	24,6	a	0,947	cd	0,067	d	674	c
		100	180,1	abc	24,5	a	1,152	bc	0,254	c	706	bc
		150	193,1	a	24,3	a	1,271	ab	0,665	b	781	ab
		200	182,3	ab	23,3	a	1,363	a	1,060	a	796	a
	KWS Freya	0	113,1	c	27,3	b	0,704	de	0,011	c	423	d
		25	145,3	b	28,6	ab	0,728	de	0,011	c	508	c
		50	163,6	ab	29,3	a	0,816	cd	0,013	c	611	b
		75	164,4	ab	29,4	a	0,974	bc	0,021	c	618	b
		100	176,6	a	29,3	a	1,141	bc	0,094	c	730	a
		150	183,3	a	28,3	ab	1,364	a	0,279	b	772	a
		200	182,0	a	28,0	ab	1,515	a	0,422	a	789	a
Aholfing	Aristos	0	104,4	c	21,8	a	0,694	e	0,027	c	359	f
		25	134,8	bc	22,7	a	0,762	e	0,013	c	477	e
		50	162,4	ab	22,7	a	0,843	de	0,027	c	594	d
		75	167,5	ab	22,7	a	0,926	cd	0,053	c	628	cd
		100	179,4	a	22,5	a	1,028	c	0,133	c	704	ba
		150	197,1	a	23,1	a	1,274	b	0,682	b	750	ab
		200	188,1	a	22,0	a	1,473	a	1,338	a	809	a
	KWS Freya	0	110,7	d	27,1	ab	0,733	d	0,011	d	377	d
		25	137,6	cd	27,9	ab	0,753	d	0,011	d	513	c
		50	144,5	bcd	27,9	ab	0,850	cd	0,016	d	532	c
		75	175,5	ab	28,5	a	0,965	cd	0,021	cd	654	b
		100	162,0	abc	27,3	ab	1,149	b	0,120	c	695	ab
		150	180,4	a	27,7	ab	1,304	ab	0,308	b	772	a
		200	182,06	a	26,8	b	1,418	a	0,726	a	764	a

Tabelle 79: Stickstoffdüngung 2012: Parameter der Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit des Trockenmasseertrags von der N-Düngestufe

Standort	Sorte	Parameter	Schätzwert	Signifikanzniveau	Bestimmtheitsmaß r^2
Straubing	Aristos	Konstante	119,316033	< 0,0001	0,80
		N	1,003145	< 0,0001	
		N*N	-0,003458	< 0,0001	
	KWS Freya	Konstante	119,369590	< 0,0001	0,77
		N	0,876007	< 0,0001	
		N*N	-0,002867	0,0001	
Aholfing	Aristos	Konstante	108,43954	< 0,0001	0,82
		N	1,08271	< 0,0001	
		N*N	-0,00347	< 0,0001	
	KWS Freya	Konstante	114,206470	< 0,0001	0,70
		N	0,821031	< 0,0001	
		N*N	-0,002453	0,0051	

Tabelle 80: Stickstoffdüngung 2013: Ertrags- und Qualitätsparameter der Varianten

Ort	Sorte	N-Dünge- stufe	TM-Ertrag		TS-Gehalt		Lager		YARA-Wert		N-Mangel	
		kg/ha	dt/ha		%	BN 1–9			BN 1–9			
Straubing	Aristos	0	94,2	b	19,0	b	1,0	c	323	f	7,0	a
		25	120,5	ab	19,4	ab	1,0	c	407	e	5,5	b
		50	131,0	ab	19,9	ab	1,0	c	501	d	4,0	c
		75	144,7	a	19,6	ab	1,0	c	556	c	2,9	d
		100	143,8	a	21,1	a	2,8	a	599	bc	2,1	de
		150	151,0	a	20,9	a	2,3	ab	639	ab	1,3	ef
		200	150,2	a	20,9	a	1,5	bc	664	a	1,0	f
	KWS Freya	0	102,5	b	26,0	a	1,5	a	344	e	7,0	a
		25	101,8	b	27,5	a	1,5	a	467	d	5,5	b
		50	104,5	b	28,6	a	3,3	a	539	c	3,3	c
		75	144,1	a	28,2	a	1,8	a	623	b	2,5	cd
		100	131,4	ab	27,6	a	1,5	a	672	ab	1,8	de
		150	126,8	ab	27,0	a	1,8	a	703	a	1,0	e
		200	135,9	ab	27,8	a	1,5	a	723	a	1,0	e
Aholfing	Aristos	0	51,5	d	21,6	a						
		25	66,1	cd	20,4	ab						
		50	75,3	abc	19,6	b						
		75	79,7	abc	19,6	b						
		100	72,5	bc	19,1	b						
		150	92,8	a	19,2	b						
		200	87,3	ab	18,6	b						
	KWS Freya	0	54,2	c	27,6	a						
		25	67,7	bc	27,9	a						
		50	68,1	bc	27,3	a						
		75	74,1	ab	27,6	a						
		100	72,2	ab	27,4	a						
		150	84,2	a	27,1	a						
		200	81,0	ab	27,3	a						

Tabelle 81: Stickstoffdüngung 2013: Parameter der Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit des Trockenmasseertrags von der N-Düngestufe

Standort	Sorte	Parameter	Schätzwert	Signifikanzniveau	Bestimmtheitsmaß r^2
Straubing	Aristos	Konstante	98,8294	< 0,0001	0,63
		N	0,7422	< 0,0001	
		N*N	-0,0025	0,0025	
	KWS Freya	Konstante	97,3594	< 0,0001	0,33
		N	0,4794	0,0234	
		N*N	-0,0015	0,1263	
Aholting	Aristos	Konstante	54,4739	< 0,0001	0,67
		N	0,3890	0,0002	
		N*N	-0,0011	0,0152	
	KWS Freya	Konstante	56,6700	< 0,0001	0,69
		N	0,2783	0,0002	
		N*N	-0,0008	0,0177	

Tabelle 82: Stickstoffdüngung 2014: Ertrags- und Qualitätsparameter der Varianten

Ort	Sorte	N-Dünge- stufe	TM-Ertrag		TS-Gehalt		N-Gesamt- Gehalt		Nitrat-Gehalt		Lager	
		kg/ha	dt/ha		%	% TM	% TM	% TM				
Straubing	Aristos	0	106,9	d	18,4	a	0,820	d	0,0110	b	1,0	a
		25	123,2	c	19,0	a	0,883	cd	0,0058	b	1,0	a
		50	144,2	b	19,5	a	1,015	bc	0,0135	b	1,0	a
		75	161,0	a	19,1	a	1,030	bc	0,0048	b	1,0	a
		100	167,5	a	19,1	a	1,183	b	0,0538	b	1,0	a
		150	166,8	a	18,2	a	1,483	a	0,2308	ab	1,0	a
		200	170,3	a	18,3	a	1,543	a	0,4473	a	1,0	a
	KWS Freya	0	93,1	b	21,7	b	0,735	e	0,0030	b	5,5	a
		25	108,7	b	22,4	ab	0,813	de	0,0098	b	5,3	a
		50	110,2	b	24,4	ab	0,918	cde	0,0135	b	4,3	a
		75	127,5	ab	23,4	ab	1,045	cd	0,0080	b	3,3	a
		100	159,0	a	24,9	a	1,135	bc	0,0200	b	3,0	a
		150	157,0	a	24,3	ab	1,290	ab	0,0565	ab	1,8	a
		200	155,1	a	24,3	ab	1,508	a	0,2125	a	1,5	a
Aholfing	Aristos	0	52,7	c	23,4	ab	0,933	b	0,0483	b	9,0	a
		25	78,6	bc	23,5	ab	1,013	b	0,0833	b	8,8	ab
		50	111,8	ab	23,3	ab	1,018	b	0,1180	b	7,3	bc
		75	128,5	ab	23,9	a	0,978	b	0,0738	b	6,0	cd
		100	119,9	ab	23,4	ab	1,050	ab	0,2175	ab	6,0	cd
		150	146,6	a	22,7	ab	1,115	ab	0,2393	ab	6,5	cd
		200	128,8	ab	22,0	b	1,278	a	0,5438	a	5,5	d
	KWS Freya	0	72,3	c	26,8	a	0,753	c	0,0180	c	8,3	a
		25	99,9	bc	28,1	a	0,728	c	0,0210	c	7,0	ab
		50	108,9	ab	28,0	a	0,850	bc	0,0238	c	7,5	a
		75	113,5	ab	28,4	a	0,815	bc	0,0450	c	6,0	abc
		100	122,9	ab	28,3	a	0,938	abc	0,0733	c	5,8	abc
		150	143,4	a	27,8	a	1,130	ab	0,3605	b	3,5	bc
		200	127,7	ab	27,2	a	1,260	a	0,6113	a	3,0	c

Tabelle 83: Stickstoffdüngung 2014: Parameter der Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit des Trockenmasseertrags von der N-Düngestufe

Standort	Sorte	Parameter	Schätzwert	Signifikanzniveau	Bestimmtheitsmaß r ²
Straubing	Aristos	Konstante	106,4789	< 0,0001	0,92
		N	0,8808	< 0,0001	
		N*N	-0,0029	< 0,0001	
	KWS Freya	Konstante	88,6988	< 0,0001	0,64
		N	0,7760	0,0005	
		N*N	-0,0022	0,0280	
Aholfing	Aristos	Konstante	53,8838	< 0,0001	0,61
		N	1,2214	< 0,0001	
		N*N	-0,0042	0,0020	
	KWS Freya	Konstante	75,3481	< 0,0001	0,64
		N	0,7697	< 0,0001	
		N*N	-0,0025	0,0042	

Tabelle 84: Bestandshöhe zur Ernte im Düngeversuch

Ort	Sorte	Jahr	Bestandshöhe in cm bei unterschiedlicher N-Düngung							
			0	25	50	75	100	150	200	
Aholfing	Aristos	2012	315 ± 59	365 ± 25	380 ± 14	380 ± 8	374 ± 5	375 ± 10	376 ± 5	
		2013								
		2014								
	KWS Freya	2012	340 ± 27	360 ± 14	357,5 ± 19	359 ± 13	360 ± 12	363 ± 10	363 ± 10	
		2013								
		2014								
Straubing	Aristos	2012	356 ± 24	393 ± 13	392 ± 25	405 ± 6	404 ± 5	404 ± 8	404 ± 8	
		2013								
		2014								
	KWS Freya	2012	340 ± 26	371 ± 9	376 ± 8	292 ± 170	377 ± 3	385 ± 13	384 ± 14	
		2013								
		2014								



Abbildung 71: Sortenvielfalt in Sorghum – Sortenscreening



Abbildung 72: Massewüchsige Sorte der Art *S. bicolor* x *S. sudanense* neben einer kurzstrohigen Körnersorte



Abbildung 73: Saattechnikversuch Variante 4: Rübensäugerät Unikorn, 50 cm Reihenabstand, häufige Doppel- und Dreifachbelegung



Abbildung 74: Saattechnikversuch Variante 10: Einzelkornablage, 37,5 cm Reihenabstand, verzögerter Auflauf mit vielen Nachaufläufern



Abbildung 75: Mehrschrittnutzung 2012: manuell geschwadetes Erntegut



Abbildung 76: Mehrschrittnutzung 2012: verschmutztes Erntegut

Berichte aus dem TFZ

Bisher erschienene Ausgaben der Schriftenreihe des Technologie- und Förderzentrums:

1	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Projektphase 1: Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis
2	Erprobung der Brennwerttechnik bei häuslichen Holzhackschnitzelheizungen mit Sekundärwärmetauscher
3	Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland
4	Untersuchungen zum Feinstaubausstoß von Holzzentralheizungsanlagen kleiner Leistung
5	Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards
6	Entwicklung einer Prüfmethode zur Bestimmung der Cetanzahl von Rapsölkraftstoff
7	Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenöлтаuglichen Motoren
8	Wärmegewinnung aus Biomasse – Begleitmaterialien zur Informationsveranstaltung
9	Maize as Energy Crop for Combustion – Agricultural Optimisation of Fuel Supply
10	Staubemissionen aus Holzfeuerungen – Einflussfaktoren und Bestimmungsmethoden
11	Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren
12	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen
13	Getreidekörner als Brennstoff für Kleinfeuerungen – Technische Möglichkeiten und Umwelteffekte
14	Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl- und Dieselmotoren betriebenen Traktors

15	Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen
16	Schnellbestimmung des Wassergehaltes im Holzsplit
17	Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell
18	Miscanthus als nachwachsender Rohstoff – Ergebnisse als bayerischen Forschungsarbeiten
19	Miscanthus: Anbau und Nutzung – Informationen für die Praxis
20	Prüfung der Eignung von Verfahren zur Reduktion ablagerungs- und aschebildender Elemente in Rapsölkraftstoff bei der dezentralen Erzeugung
21	Kleine Biomassefeuerungen – Markt Betrachtungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit
22	Partikelemissionen aus Kleinfeuerungen für Holz und Ansätze für Minderungsmaßnahmen
23	Bewertung kostengünstiger Staubabscheider für Einzelfeuerstätten und Zentralheizungskessel
24	Charakterisierung von Holzbriketts
25	Additivierung von Rapsölkraftstoff – Auswahl der Additive und Überprüfung der Wirksamkeit
26	Status quo der dezentralen Ölgewinnung – bundesweite Befragung
27	Entwicklung einer Siloabdeckung aus nachwachsenden Rohstoffen
28	Sorghumhirse als nachwachsender Rohstoff – Sortenscreening und Anbauvarianten
29	Sorghum als Energiepflanze – Optimierung der Produktionstechnik
30	Ethanol aus Zuckerhirse – Gesamtkonzept zur nachhaltigen Nutzung von Zuckerhirse als Rohstoff für die Ethanolherstellung
31	Langzeiterfahrungen zum Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren der Abgasstufe I und II
32	Pflanzenöltaugliche Traktoren der Abgasstufe IIIA – Prüfstandsuntersuchungen und Feldeinsatz auf Betrieben der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

33	Betriebs- und Emissionsverhalten eines pflanzenölsauglichen Traktors mit Rapsöl, Sojaöl und Sonnenblumenöl
34	Dezentrale Ölsaatenverarbeitung 2012/2013 – eine bundesweite Befragung
35	Additivierung von Rapsölkraftstoff – Projektphase 2: Langzeit- und Prüfstandsuntersuchungen
36	Nutzer- und Brennstoffeinflüsse auf Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen
37	Screening und Selektion von Amarantsorten und -linien als spurenelementreiches Biogassubstrat
38	Untersuchung der Praxistauglichkeit eines Elektrofilters für Kleinfeuerungsanlagen
39	Eignung von Buchweizen und Quinoa als späte Zweitfrüchte für die Biogasnutzung
40	Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel
41	Qualitätssicherung bei der dezentralen Herstellung von Rapsölkraftstoff nach DIN 51605
42	Weiterentwicklung einer Siloabdeckung auf Basis nachwachsender Rohstoffe
43	Brennstoffqualität von Holzpellets – Europaweites Holzpelletscreening mit Fokus auf den deutschen Pelletmarkt
44	Herstellung und Demonstration der Praxistauglichkeit von Traktoren mit Motoren der Emissionsstufe IV im Betrieb mit Pflanzenöl
45	ExpResBio – Methoden Methoden zur Analyse und Bewertung ausgewählter ökologischer und ökonomischer Wirkungen von Produktsystemen aus land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen
46	Qualität von Holzhackschnitzeln in Bayern – Gehalte ausgewählter Elemente, Heizwert und Aschegehalt
47	Pflanzenölsaugliche Traktoren der Abgasstufen I bis IIIB
48	Sorghum als Biogassubstrat – Präzisierung der Anbauempfehlungen für bayrische Anbaubedingungen



ISSN 1614-1008