



Ertragszuwachs und Methanausbeute von
Ganzpflanzengetreide vom Ährenschieben bis zur
Teigreife

Versuchsbericht -
Projekt-Nr.: 94.11

Projekt: **Kosubstrate**

Langtitel: Optimierung des Anbaus von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung unter Thüringer Standortbedingungen

Kurztitel: Ertragszuwachs und Methanausbeute von Ganzpflanzengetreide vom Ährenschieben bis zur Teigreife

Projektleiter: Dr. Vetter

Abteilung: 400

Abteilungsleiter: Dr. Vetter

Auftraggeber: TMLFUN

Namen der Bearbeiter: Strauß, C., Hengelhaupt, F, Biertümpfel, A.; Rudel, H.

Jena, im Januar 2011

(P. Ritschel)
Präsident

Dr. habil Armin Vetter
Projektleiter

1 Einleitung

Wintergetreidearten, die als Ganzpflanze geerntet und einsiliert werden, sind im Rahmen der Substratbereitstellung für Biogasanlagen eine der Optionen, die als Alternative zu Mais in Frage kommen. Im Rahmen der Versuche des EVA-Verbunds hat sich gezeigt, dass das Verhältnis von Wintergetreide- zu Maiserträgen auf den besseren E-Weizen-Standorten Ostdeutschlands, verglichen mit anderen Standorten, relativ eng ist. In den für den Maisanbau auf Grund von Trockenheit problematischen Versuchsjahren kann von vergleichbaren, wenn nicht sogar besseren Ertragsleistungen des Wintergetreides ausgegangen werden. In diesem Zusammenhang wird zudem die deutlich höhere Ertragsstabilität der Winterungen erkennbar.

Im Rahmen des derzeit im Ressortbereich des TMLFUN laufenden Projektes „Optimierung des Anbaus von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung unter Thüringer Standortbedingungen“ und in Ergänzung zu Drittmittelprojekten, die sich an der TLL mit dem Anbau von Getreideganzpflanzen befassen (Verbundprojekt „Ganzpflanzengetreide“ (Bischof und Vetter, 2009); Verbundprojekt „EVA“ Nehring und Vetter, 2009)), haben die vorliegenden Versuche das Ziel, die Entwicklung von Trockenmasseertrag, Trockenmassegehalt und Gasausbeute zu verschiedenen Entwicklungsstadien zu ermitteln, um daraus Ableitungen für optimale Erntezeitpunkte abzuleiten.

2 Methoden

In den Jahren 2008 und 2009 erfolgten in den Randparzellen der Landessortenversuche am Standort Dornburg Biomasseschnitte, um die Entwicklung der Pflanzen einschätzen zu können. In die Untersuchungen wurde der Faktor Kulturart (beide Jahre), Intensität (nur 2008) so wie die Nutzung des Substrats im Biogasertragstest als Silage und Frischmasse (2008) integriert.

2.1 Faktor Art

Für folgende Arten und Sorten wurden die Schnitte per Hand jeweils auf einer Fläche von 1,22 m² durchgeführt:

Wintergerste Campanile: Im Marktfruchtanbau die derzeit ertragsstärkste langjährig geprüfte zweizeilige Sorte und zweizeilige Hauptempfehlungssorte, vor allem für Verwitterungsstandorte geeignet. Sie ist etwas später reifend und kurzstrohig, mit guter Strohstabilität und meist ausreichender Winterfestigkeit.

Winterroggen Danowski Diamant: Populationssorte neuere Zulassung; im Kornertrag Hybridsorten deutlich überlegen, mittlere Pflanzenlänge; gute Standfestigkeit und Braunrostresistenz. Einschätzung in den LSV, dass bislang kaum Vorteile gegenüber der älteren Populationssorte „Amilo“ erzielbar waren.

Wintertriticale Benetto: Kornerträge werden als leicht unterdurchschnittlich eingestuft, allerdings etwas früher reifend und langstrohig, nach Intensivierung höhere Mehrerträge. Diese Sorte wurde auch im Rahmen der EVA-Versuche auf Grund der im Vergleich zu anderen langstrohigen Triticale-sorten (z.B. Massimo) guten Stand- und Winterfestigkeit verwendet.

2.2 Faktor Intensität

Im ersten Erntejahr 2008 wurden zwei Stufen betrachtet:

unbehandelt: ohne Fungizid; reduzierter bzw. kein Einsatz von Wachstumsreglern

behandelt: mit Fungizid; optimaler Einsatz von Wachstumsreglern

Im zweiten Erntejahr 2009 erfolgten lediglich in der unbehandelten Variante Probenschnitte.

2.3 Saat- und Erntezeitpunkte

Tabelle 1 zeigt Saatzeitpunkte (vgl. Versuchsberichte LSV) der unterschiedlichen Prüfglieder in Kombination mit den gestaffelten Erntezeitpunkten.

Tabelle 1: Saat- und Schnittzeitpunkte der untersuchten Getreidearten

	Art	Saat	Ernteschnitte / BBCH				
			1	2	3	4	5
2007/08	WG	21.09.	21.05./ 59	05.06./ 69-71	18.06./ 77	20.06./ 87	
	WR	21.09.	19.05./ 59	02.06.	16.06./ 73	23.07./ 87	31.07./ 89
	WT	21.09.	27.05./ 59	10.06./ 69-71	24.06./ 75-77	21.07./ 87	29.07./ 89
2008/09	WG	17.09.	14.05./ 55-57	26.05./ 72	10.06./ 77-79	24.06./ 82-83	
	WR	29.09.	07.05./ 55-57	26.05./ 65-67	03.06./ 71-73	24.06./ 79-81	
	WT	29.09.	20.05./ 55-57	10.06./ 71-73	24.06./ 75-77	01.07./ 79-81	

Zusätzlich wurde im ersten Erntejahr 2008 in Roggen und Triticale zum Termin der Kornernte zur Ermittlung von Ernteverlusten an Biomasse ein Probeschnitt zur Ermittlung der stehenden Biomasse durchgeführt (1,22 m²). Darüber hinaus wurde zur Ernte der Landessortenversuche der Parzellenertrag des Strohs ermittelt. Die Kornerträge des Landessortenversuchs in Kombination mit den ermittelten Stroherträgen lassen sich demnach den Ganzpflanzenerträgen aus dem Probeschnitt gegenüberstellen.

Die Differenz der Summe aus Stroh und Korn und der aus dem Biomasseschnitt ermittelten Erntemengen kann Ansätze dazu liefern, auf dem Feld verbliebene Mengen an oberirdischer Biomasse abzuschätzen.

Generell ist darauf zu verweisen, dass, aufgrund der geringen Größe der geprüften Fläche, die erhaltenen Ergebnisse nur als Anhaltspunkt dienen können. Zur Verifizierung der Aussagen erfolgt ab dem Erntejahr 2010 ein Exaktversuch in mehrfacher Wiederholung mit ortsüblicher Parzellengröße von ca. 15 m².

2.4 Proben und Modellsilierung

In beiden Jahren wurde Probenmaterial in WECK-Gläsern einsiliert. Nach 90 Tagen erfolgten die Aussilierung und der Test auf Biogasausbeuten im Hohenheimer Biogastest (HBT).

Im ersten Versuchsjahr wurden zu jedem Schnitttermin je zwei Proben aus der behandelten und zwei Proben aus der unbehandelten Variante (Mischproben von jeweils zwei Wiederholungen)

verwendet. Lediglich zum letzten Schnittzeitpunkt (Schnitt 5; vgl. Tab. 1) wurde auf eine Silierung verzichtet, da unter Praxisbedingungen bereits beim Stadium 87 starke Probleme bzgl. Silagequalität zu erwarten gewesen wären. Im zweiten Versuchsjahr erfolgte nur aus dem Material der geprüften unbehandelten Varianten die Erstellung von Silagen. Für jede Fruchtart und jeden Schnitttermin wurden vier Proben untersucht.

Um Aussagen zur Wertigkeit der Substrate für die Biogasnutzung abzuleiten, wurden ferner die Inhaltstoffe der Proben analysiert. Neben der erweiterten Weender Analyse erfolgte die Bestimmung von Wasserstoff, Sauerstoff, Zucker und Stärke sowie mittels RFA (Röntgenfluoreszenzanalyse) von Kalzium, Phosphor, Natrium, Magnesium, Kalium, Kupfer, Mangan, Zink, Eisen, Schwefel, Brom, Aluminium, Chlor, Silizium und Strontium.

3 Ergebnisse

3.1 Erträge und Trockenmassegehalte

3.1.1 Wintergerste

Abbildung 1a zeigt die Ertragsentwicklung von Campanile **im ersten Erntejahr (2008)**. Sie erreichte den höchsten Ertrag zum dritten Probeschnitt während der späten Milchreife in Höhe von hochgerechneten 166,2 dt TM/ha (Mittel der behandelten und unbehandelten Stufe). Zum vierten Schnittzeitpunkt war der Ertrag im Schnitt um 8,8 dt TM/ha geringer, bei gleichzeitig deutlich erhöhten Trockenmassegehalten von ca. 60 %.

Die Spanne eines für die Silierung optimalen Trockenmassegehaltes von 28 bis 35 % wurde nur mit dem zweiten Schnitt erreicht. Zum Zeitpunkt des ersten Schnittes, also Ende des Ährenschiebens, lag der Trockenmassegehalt knapp darunter. Dabei wäre es zu diesem Zeitpunkt eine Grünschnittnutzung gewesen, die möglicherweise ohne den Arbeitsgang des Anwelkens auskäme, wie in Niedersachsen in der Praxis üblich ist (Wilken, 2008). Zum dritten Schnitt (BBCH 77) überschritt der Trockenmassegehalt knapp den optimalen TS-Bereich. Gleiches wird aus den Landessortenversuchen berichtet. Am Standort Kirchengel lagen am 18.06. die TM-Gehalte bei der Sorte Campanile bei 45 %. Im vorliegenden Versuch konnten die höchsten Trockenmassezuwächse zwischen dem zweiten und dritten Probeschnitt erzielt werden. Rechnerisch ergibt sich im Durchschnitt der beiden Varianten ein Zuwachs von 3,55 dt TM/ha und Tag. Zwischen dem dritten und dem letzten Probeschnitt am 30.06.2008 hingegen zeigten sich negative Zuwachsraten, d.h. ein Trockenmasseverlust durch Blattfall und Atmungsverluste.

Im zweiten Versuchsjahr (**2009**) lagen die Trockenmasseerträge bereits vor der Blüte mit gemessenen 142 dt TM auf sehr hohem Niveau, allerdings bei noch geringen Trockenmassegehalten von unter 20 %. Zu den folgenden Schnittterminen ergab sich ein durchschnittlicher Trockenmasseanstieg von 1,9 dt TM/ha und Tag (bis BBCH 72), 2,2 dt TM/ha und Tag bis (BBCH 77 bis 79) und darauf folgend von immerhin noch 1,4 dt TM/ha und Tag (bis BBCH 82 bis 83). Zum letzten Termin wurde ein durchschnittlicher Ertrag von 218,1 dt TM/ha ermittelt (Abb. 1 b). Ein optimaler TM%-Gehalt wurde zum dritten Termin erreicht, der Vergleich zu den Landessortenversuchen zeigt, dass hier die TM% zum gleichen Termin bei vergleichbarem Ertragsniveau noch etwas

niedriger lag – bei der Sorte Campanile bei 27,4% im Mittel der Sorten bei 27,6% (Schreiber, 2010).

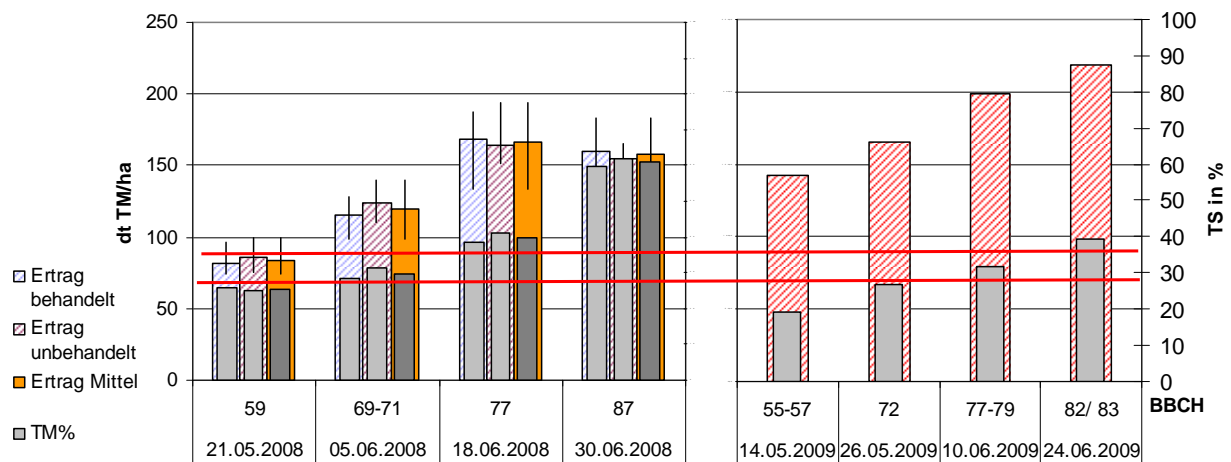


Abbildung 1a/b: Ertragszunahme und Entwicklung der TM%-Gehalte von Wintergerste 2008 (links) und 2009 (rechts). Die roten Linien deuten die Spanne des optimalen Trockenmassegehalts zum Silieren an.

3.1.2 Winterroggen

Abbildung 2a zeigt die Ertragszunahme von Winterroggen im ersten Versuchsjahr **2008**.¹ Dieser erreichte den höchsten Ertrag zum vierten Probeschnitt mit einem Ertrag von durchschnittlich 206,6 dt TM/ha. Vor allem die unbehandelte Variante konnte mit 220,0 dt TM/ha gegenüber 193,2 dt TM/ha in der behandelten Variante Biomasseerträge liefern, die deutlich über denen der Wintergerste im gleichen Jahr lagen. Die in der frühen Milchreife geschnittenen Proben hingegen lieferten mit durchschnittlich 162 dt TM/ha ähnliche Erträge wie Gerste zu diesem Zeitpunkt. Die Betrachtung des dritten und vierten Schnitts macht aber deutlich, dass die Zuwächse zwischen früher und später Milchreife noch sehr hoch waren. Bereits bei der frühen Milchreife war die obere Grenze der für eine Silierung optimalen TM-Gehalte aber schon erreicht.

Durch die lange Zeitspanne zwischen dem dritten und vierten Schnitt lagen die Zuwachsraten mit durchschnittlich 1,2 dt TM/ha deutlich unter denen der vorausgegangenen Zeiträume mit 2,4 (19.05. bis 02.06.) bzw. 2,3 dt TM/ha und Tag (02.06. bis 16.06.).

Das Ende des Ährenschiebens wurde fast zum gleichen Zeitpunkt erreicht, wie bei der Wintergerste. Zu diesem Zeitpunkt war der Ertrag zudem mit im Mittel von 96,7 dt TM/ha etwas höher, allerdings bei TM-Gehalten von nur knapp über 20 %.

Abb. 2b beinhaltet die Werte für das Jahr **2009**. Insgesamt zeigte sich eine etwas zeitigere Entwicklung als im Vorjahr. Zwischen dem zweiten und dem dritten Schnitt konnte keinen Ertragszuwachs nachgewiesen werden. In der Kornfüllung war hingegen ein deutlicher Ertragssprung mit einem durchschnittlichen Zuwachs von 3,0 dt TM/ha und Tag zu verzeichnen, der etwas über der Entwicklung zwischen erstem und zweitem Schnitt (2,4 dt TM/ha und Tag) lag. Deutlicher als die

¹ Detaillierte Werte finden sich in Anhang 2.

Ertragsentwicklung unterschied sich jedoch die Entwicklung des Trockenmassegehaltes. So wurde 2008 der zur Silierung optimale Trockenmassegehalt zum Beginn der Milchreife (16.06.) überschritten. Die 2009 bereits früher eintretende Milchreife (03.06.) zeigte noch einen Trockenmassegehalt von 29,4 %, d.h. einen um fast 7 Prozentpunkte niedrigeren Gehaltswert an. Bei der Ernte zur ausgehenden Milchreife/beginnenden Teigreife Ende Juni wurde die optimale Spanne des Trockenmassegehaltes erneut knapp überschritten. In den LSV waren am Standort Kirchengel in beiden Jahren vergleichbare Erträge erzielt worden. In den Jahren 2007 bis 2009 konnten zum Stadium Ende Milchreife zu einem großen Teil noch akzeptable TM%-Gehalte, allerdings mit der Tendenz leicht erhöhter Gehalte in 2008, gemessen werden (Sortenmittel unbehandelt 2007: 36,9, 2008: 38,3, 2009: 33,9).

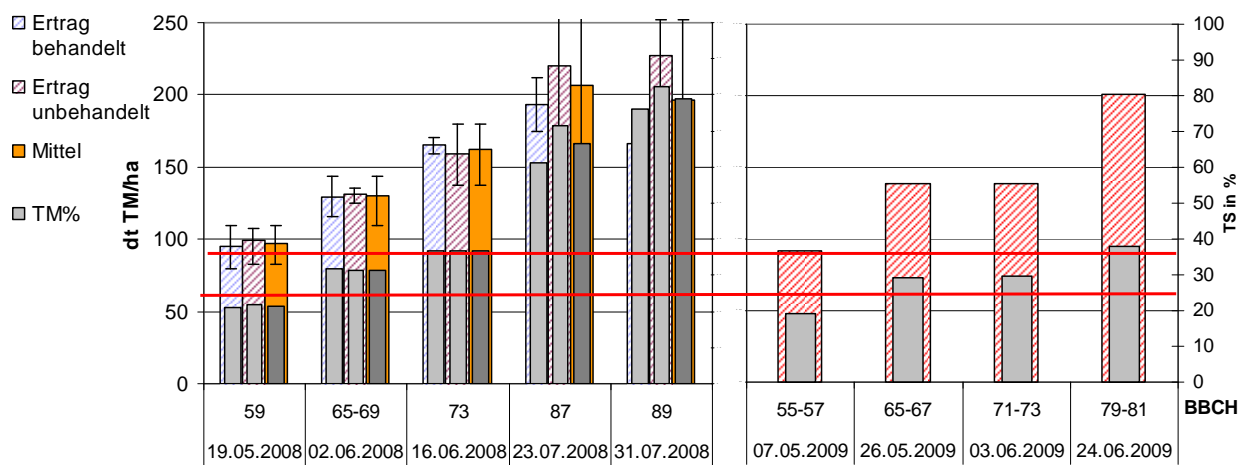


Abbildung 2a/b: Ertragszunahme und Entwicklung der TM-Gehalte von Winterroggen 2008 (links) und 2009 (rechts). Die roten Linien deuten die Spanne des optimalen Trockenmassegehalts zum Silieren an.

3.1.3 Wintertriticale

Abbildung 3a veranschaulicht die Masseentwicklung von Wintertriticale **2008**. Der Schnitt in der Milchreife erzielte dabei den insgesamt höchsten Ertrag von fast 200 dt TM/ha. Auch hier waren die TM-Werte bereits in der Milchreife mit im Mittel 39,8 % vergleichsweise hoch. Im Vergleich lagen –bei insgesamt niedrigeren Ertragsniveau und einer um 6 Tage früheren Ernte- TM%-Gehalte in Kirchengel bei der Sorte Benetto bei 36,4% (Schreiber et al., 2010).

Insgesamt zeigte sich im vorliegenden Versuch in diesem Jahr ein mit Winterroggen vergleichbares Ertragsniveau. Gegenüber dem gleichzeitig gesäten Roggen wird das Stadium „Ende Ährenschieben“ 8 Tage später erreicht, allerdings auch bei deutlich höherem TM-Ertrag. Wie bei Winterroggen auch dürfte zu diesem Zeitpunkt eine direkte Silierung mit Problemen verbunden sein (Sickersaft, schlechte Silagequalität). Im Jahr 2009 zeigte sich eine vergleichbare Entwicklung wie im Jahr 2008. Verglichen mit den Ergebnissen 2008 lagen die Erträge in der Milchreife auf etwas höherem Niveau. Der Maximalertrag wurde erneut beim Schnitt Ende Juni zur mittleren Milchreife mit 218,9 dt TM/ha erreicht. Dann nahmen die Erträge bis zum Stadium Ende Milchreife/Anfang Teigreife wieder ab. Wie bei den anderen Arten war auch hier der verglichen mit 2008 witterungsbedingt langsamere Anstieg der Trockenmassegehalte zu verzeichnen. So sind die Werte in der mittleren Milchreife 8,4 Prozentpunkte niedriger als in dem Vorjahr (Abb. 3 a). Auch in den Landessortenver-

suchen wurden zum Stadium 73-75 im Sortenmittel, wie auch mit der Sorte Benetto, 29,8 TM% erzielt.

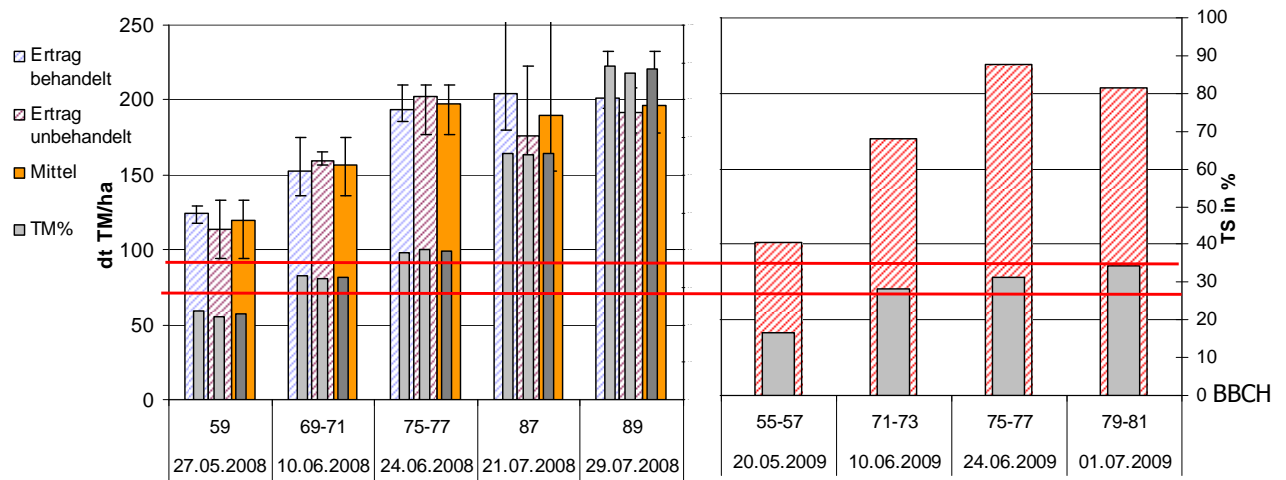


Abbildung 3a/b: Ertragszunahme und Entwicklung der TM%-Gehalte von Wintertriticale 2008 (links) und 2009 (rechts). Die roten Linien deuten die Spanne des optimalen Trockenmassegehalts zum Silieren an

3.1.4. Korn- und Stroherträge 2008

Abbildung 4 zeigt einen Vergleich der zu BBCH 89 erzielten Ganzpflanzenerträge mit den gemessenen Korn- und Stroherträgen. Die ermittelten Korn-Stroh-Verhältnisse waren in diesem Zusammenhang bei Roggen vermutlich höher als bei Triticale und Wintergerste. Betrachtet man die Werte von Wintertriticale, so kann versucht werden, die Ernteverluste abzuschätzen, die bei etwa 5 t TM/ha Stroh liegen. Insgesamt sind die Daten jedoch wenig belastbar.

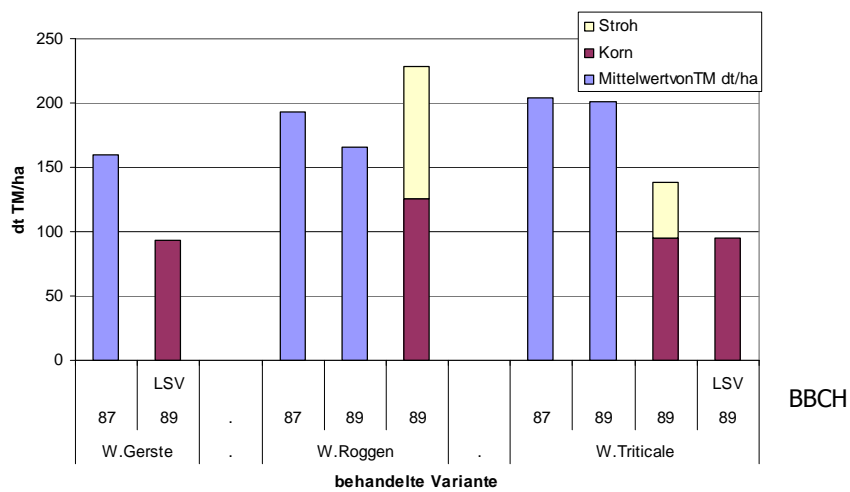
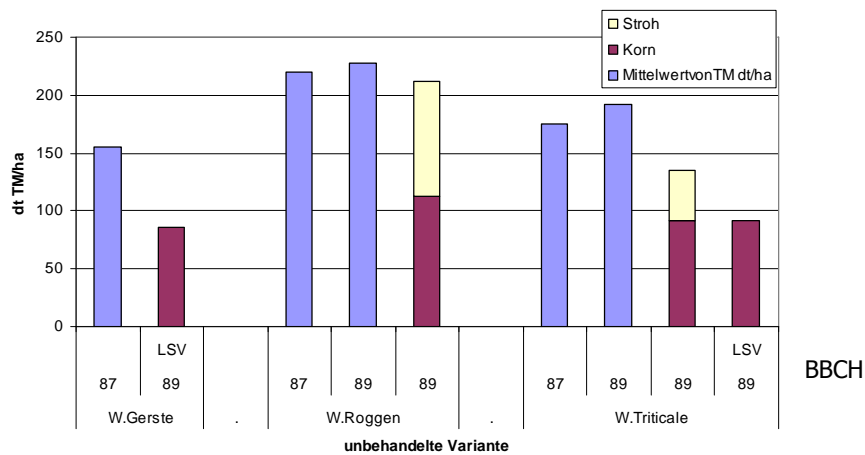


Abbildung 4: Gegenüberstellung von Ganzpflanzen- und Korn-Stroh-Erträgen sowie aus den Ergebnissen der Landessortenversuche entnommene Ertragsdaten (hier auf 100 % Trockenmasse gerechnet), behandelte und unbehandelte Variante

3.2 Inhaltstoffe

Mit der zunehmenden Alterung ändert sich die Nährstoffzusammensetzung der Silagen. Abbildung 5 beinhaltet die mittlere Zusammensetzung der Inhaltsstoffgruppen in den beiden Versuchsjahren (2008 links; 2009 rechts). Deutlich zeigt sich die Phase der Kornfüllung mit steigenden Stärkegehalten. Gleichzeitig sinken die Rohfasergehalte. Diese waren Jahr **2008** am höchsten bei Roggen mit anfangs 44 % (BBCH 59) und 28 % zum letzten Schnittermin (BBCH 89), vor Wintertriticale mit anfangs 38 % (BBCH 59) und schließlich 22 % (BBCH 89). Am niedrigsten war der Rohfasergehalt bei Gerste mit anfangs 34 % (BBCH 59) und schließlich 22 % (BBCH 87).

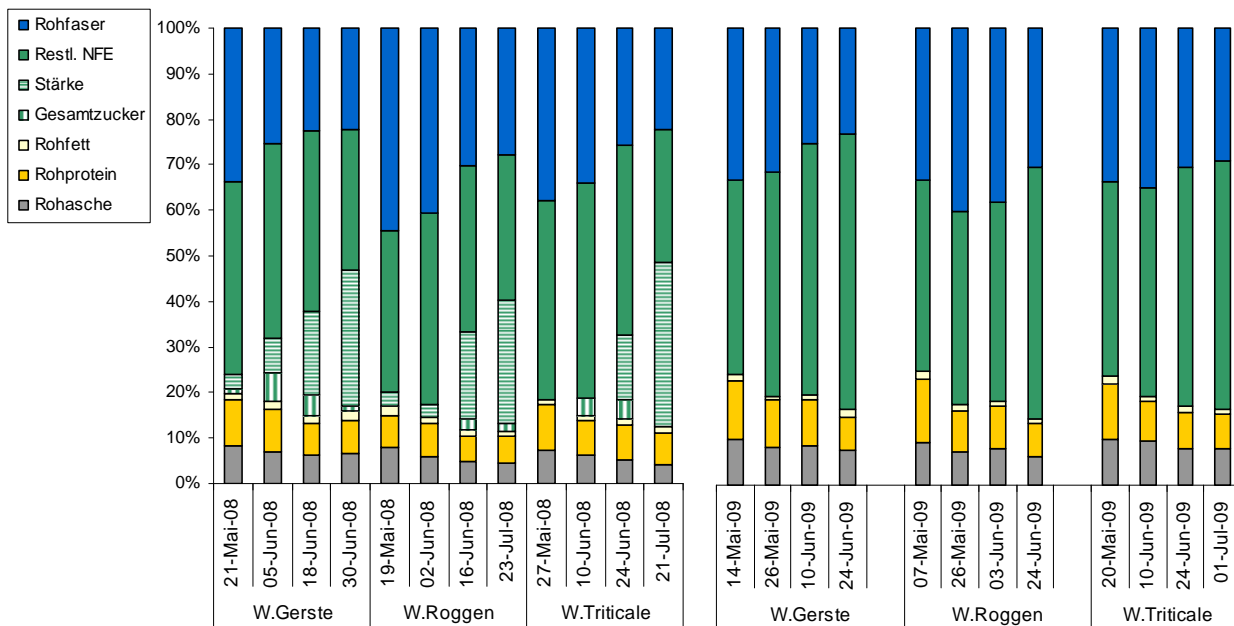


Abbildung 5: Entwicklung der im Rahmen der Weender Analyse untersuchten Stoffgruppen der unterschiedlichen Silagen 2008 (links) und 2009 (rechts).

In **2009** unterscheiden sich die Werte der unterschiedlichen Fruchtarten nicht so stark wie in 2008. Die höchsten Werte an Rohfaser wurden zwar erneut bei Winterroggen gemessen (BBCH 65 bis 67; 40,1 %), zum ersten Schnitttermin lagen jedoch alle Fruchtarten mit 33 bis 34 % auf vergleichbarem Niveau. Mit in diesem Jahr 25,4 % (BBCH 77 bis 79); bzw. 23,2 % (BBCH 82/83) wies Wintergerste bei den späten Schnitten erneut die niedrigsten Rohfasergehalte auf.

Die Tabellen 1 und 2 zeigen eine Übersicht der weiteren Mikro- und Makronährstoffe, die in den Jahren 2008 und 2009 per Röntgenfluoreszenzanalyse in den Silagen untersucht wurden. Offensichtlich sind die mit zunehmendem Reifestadium der Pflanzen abnehmenden Gehalte an Inhaltsstoffen. Wie bekannt (Vetter et al., 2001) wird der bei Wintergerste hohe Natrium-Wert im Vergleich zu Winterroggen und Wintertriticale offensichtlich.

Im Jahr 2009 lag bei vergleichbaren Tendenzen eine Reihe von Inhaltsstoffen noch über den Werten von 2008. Zu erwähnen sind, neben den erneut hohen Natriumwerten von Wintergerste, insbesondere die Entzugswerte für Kalium und Schwefel zum ersten Schnitt. Mit 3,1 % lag ein besonders hoher Kaliumwert für Wintertriticale vor (bei BBCH 55 bis 57). Auch die Entzugswerte für Phosphor unterschieden sich deutlich von den Werten des Jahres 2008.

Tabelle 1: Makro- und Mikronährstoffe der untersuchten Silagen im Jahr 2008. Mittelwerte (jeweils n=4. Behandelte und unbehandelte Variante)

Fruchtart	Datum Schnitt	Intensität	Ca (RFA)	P (RFA)	Na (RFA)	Mg (RFA)	K (RFA)	Cu (RFA)	Mn (RFA)	Zn (RFA)	Fe (RFA)	S (RFA)	Br (RFA)	Al (RFA)	Cl (RFA)	Si (RFA)	Sr (RFA)
			% der TM	% der TM	mg/kg TM	% der TM	% der TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	% der TM	mg/kg TM	mg/kg TM	% der TM	% der TM	mg/kg TM
WG	21-Mai-08	behandelt	0,34	0,27	290,00	0,10	2,25	4,66	29,55	22,40	162	0,10	8,55	108	0,53	1,36	18,85
WG	21-Mai-08	unbehandelt	0,35	0,30	331,50	0,10	2,41	4,55	27,65	21,75	205	0,11	10,20	122	0,49	1,26	19,25
WG	05-Jun-08	behandelt	0,27	0,22	204,00	0,09	1,39	4,07	25,40	18,05	99	0,09	7,95	75	0,35	1,29	16,25
WG	05-Jun-08	unbehandelt	0,30	0,24	202,50	0,09	1,47	4,17	24,10	19,55	107	0,10	9,30	63	0,39	1,33	18,10
WG	18-Jun-08	behandelt	0,27	0,19	236,00	0,08	1,26	3,41	22,60	17,25	85	0,07	9,15	50	0,33	1,06	16,25
WG	30-Jun-08	behandelt	0,32	0,21	337,00	0,11	1,44	3,62	25,90	16,20	150	0,07	9,90	137	0,52	1,39	19,40
WG	30-Jun-08	unbehandelt	0,26	0,25	261,00	0,12	1,28	4,07	26,25	18,20	230	0,09	8,50	251	0,45	1,36	16,85
WR	19-Mai-08	behandelt	0,31	0,33	94,70	0,14	2,69	6,11	30,55	20,05	533	0,13	18,70	214	0,40	0,84	17,05
WR	19-Mai-08	unbehandelt	0,31	0,32	77,05	0,13	2,73	5,66	28,85	18,60	501	0,12	17,65	168	0,39	0,87	16,80
WR	02-Jun-08	behandelt	0,30	0,25	44,70	0,09	1,80	3,94	24,50	15,75	159	0,09	15,80	90	0,26	0,81	15,60
WR	02-Jun-08	unbehandelt	0,28	0,23	50,10	0,09	1,84	3,91	22,45	15,55	187	0,09	12,50	157	0,28	0,73	15,35
WR	16-Jun-08	behandelt	0,23	0,22	69,50	0,09	1,08	3,62	24,70	15,95	350	0,08	9,30	204	0,16	0,89	13,05
WR	16-Jun-08	unbehandelt	0,23	0,22	52,20	0,08	1,46	3,31	19,60	14,90	126	0,07	13,50	120	0,25	0,85	14,00
WR	23-Jul-08	behandelt	0,21	0,22	48,55	0,09	1,12	3,80	23,50	15,20	368	0,08	9,50	185	0,17	0,79	12,05
WR	23-Jul-08	unbehandelt	0,21	0,22	68,93	0,09	1,08	3,58	26,35	14,53	349	0,08	6,98	534	0,16	0,90	12,53
WT	27-Mai-08	behandelt	0,26	0,30	71,20	0,10	2,30	4,87	38,90	22,70	173	0,11	16,65	107	0,39	1,09	13,10
WT	27-Mai-08	unbehandelt	0,27	0,29	80,65	0,10	2,30	4,99	36,95	24,05	217	0,11	14,45	167	0,42	1,01	13,55
WT	10-Jun-08	behandelt	0,31	0,24	85,60	0,09	1,64	4,26	36,75	20,75	468	0,11	12,80	133	0,29	0,95	15,60
WT	10-Jun-08	unbehandelt	0,22	0,23	59,80	0,08	1,49	4,08	32,75	19,70	201	0,09	12,45	145	0,30	1,00	12,25
WT	24-Jun-08	behandelt	0,19	0,21	41,90	0,08	1,17	3,81	31,20	17,95	137	0,08	11,00	159	0,20	0,87	10,30
WT	24-Jun-08	unbehandelt	0,18	0,22	40,50	0,08	1,19	3,85	28,90	16,70	112	0,08	8,70	107	0,32	0,85	10,80
WT	21-Jul-08	behandelt	0,15	0,20	45,80	0,08	0,97	3,79	27,35	17,00	123	0,08	5,13	117	0,21	0,89	9,15
WT	21-Jul-08	unbehandelt	0,18	0,20	48,68	0,10	0,97	3,86	30,23	15,65	204	0,07	7,60	141	0,17	0,95	10,08

Tabelle 2: Makro- und Mikronährstoffe der untersuchten Silagen im Jahr 2009. Mittelwerte (jeweils n=4. Unbehandelte Variante).

Fruchtart	Datum	Ca(RFA)	P(RFA)	Na(RFA)	Mg(RFA)	K(RFA)	Cu(RFA)	Mn(RFA)	Zn(RFA)	Fe(RFA)	S(RFA)	Cl(RFA)
		% der TM	% der TM	mg/kg TM	% der TM	% der TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	% der TM	% der TM
WG	14-Mai-09	0,50	0,34	696	0,09	2,89	5,26	35,78	21,03	151	0,21	0,75
WG	26-Mai-09	0,46	0,30	506	0,09	2,18	4,74	32,35	19,78	198	0,19	0,60
WG	10-Jun-09	0,46	0,31	438	0,10	1,89	4,39	33,28	17,58	87	0,19	0,61
WG	24-Jun-09	0,37	0,26	311	0,09	1,49	3,75	29,85	14,15	114	0,14	0,53
WR	07-Mai-09	0,40	0,34	34	0,11	2,92	6,29	32,28	21,88	312	0,20	0,61
WR	26-Mai-09	0,40	0,30	39	0,11	2,08	5,86	31,58	18,83	580	0,17	0,53
WR	03-Jun-09	0,42	0,35	27	0,12	2,24	5,35	32,50	21,80	134	0,18	0,54
WR	24-Jun-09	0,29	0,24	k.W.	0,08	1,35	4,19	27,98	16,20	148	0,12	0,34
WT	20-Mai-09	0,35	0,38	72	0,10	3,13	6,63	46,08	27,95	348	0,21	0,50
WT	10-Jun-09	0,32	0,34	59	0,11	2,38	5,44	48,03	25,38	285	0,16	0,44
WT	24-Jun-09	0,28	0,29	10	0,10	1,78	4,61	40,80	21,53	121	0,13	0,35
WT	01-Jul-09	0,27	0,28	k.W.	0,09	1,69	4,60	39,75	20,55	181	0,13	0,36

3.3 Methanausbeuten

Im Folgenden sind die Methanausbeuten der Silageproben dargestellt. Da keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungstufen beobachtet werden konnten, wurde für weitergehende statistische Auswertungen keine weitere Unterscheidung der Behandlungsintensität vorgenommen, wodurch in beiden Jahren eine Stichprobenanzahl von 4 Proben je Schnitt, Jahr und Fruchtart resultieren.

3.3.1 Wintergerste

Die in Abbildung 6 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass nicht nur die Ertragsentwicklung zwischen 2008 und 2009 sehr unterschiedlich war, auch die jeweils gewonnenen Substrate zeigten in Hinblick auf die Methanbildungspotenziale unterschiedliche Eigenschaften.

In beiden Jahren wird ein Abfall der Methanausbeuten mit zunehmender Vegetationsdauer deutlich, der jedoch in den Jahren unterschiedlich ausgeprägt war. Während die Werte 2008 bis zur späten Milchreife auf einem sehr hohen Niveau lagen, zeigt sich bei den Proben 2009 bereits zur beginnenden Milchreife ein Abfall der Ausbeuten.

2008 lagen die Werte der ersten beiden Schnitte (374, 370 NI/kg oTM) signifikant über dem des letzten Schnitts (341 NI/kg oTM). 2009 lag der Wert des ersten Schnittes (369 NI/ kg oTM) signifikant über denen der Folgeschnitte, die sich untereinander nicht unterscheiden. Die Jahresübergreifende Betrachtung zeigt signifikant höhere Werte der ersten beiden Schnitte gegenüber dem letzten Schnitt.

Insgesamt überraschen die hohen Werte, insbesondere der frühen Schnitte, gegenüber den anderen Getreidearten.

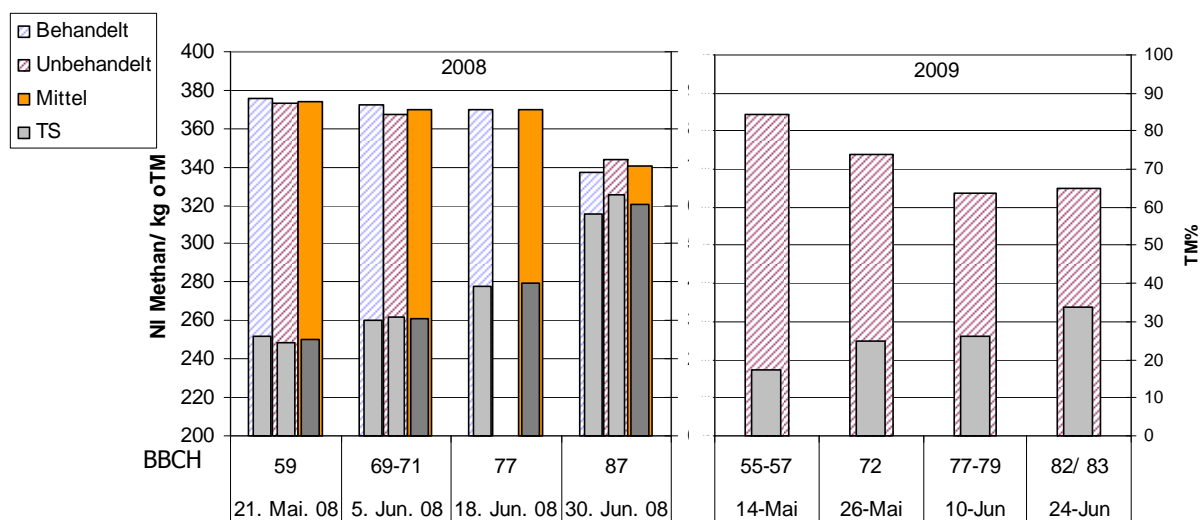


Abbildung 6: Entwicklung von Methanausbeuten zu den verschiedenen Schnittterminen von Wintergerste.

3.3.2 Winterroggen

Bei den Substraten, die aus dem LSV Winterroggen gewonnen wurden, lieferte das geerntete Substrat 2008 zum Ende des Ährenschiebens die höchsten Gasausbeuten (Abb. 7) Die Werte der folgenden Schnitte lagen deutlich unter den Werten der Wintergerste. 2009 zeigte vor allem der erste Schnitt höhere Gasausbeuten, während der Gasertrag der späteren Schnitte deutlich abfiel. Die beiden für eine Ganzpflanzenernte relevantesten Schnitte ab der Milchreife zeigten dabei die niedrigsten Werte des gesamten Versuchs.

Sowohl 2008, 2009 als auch in der gemeinsamen Auswertung beider Jahre zeigen sich signifikant höhere Gasausbeuten des ersten Schnittes gegenüber den Folgeschnitten.

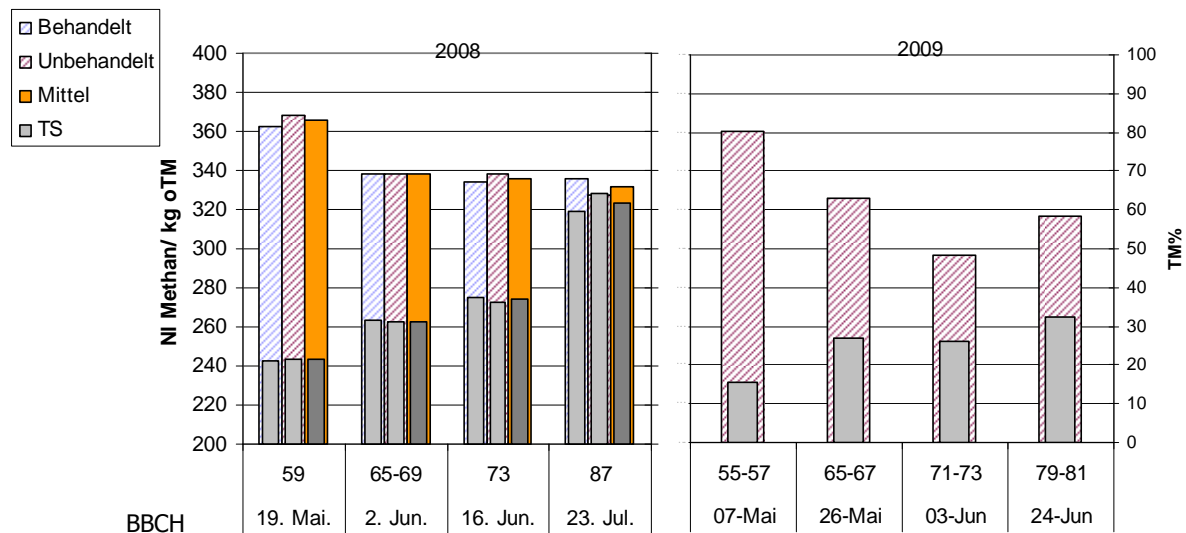


Abbildung 7: Entwicklung von Methanausbeuten zu den verschiedenen Schnittterminen von Winterroggen.

3.3.3 Wintertriticale

In beiden Jahren war die Veränderung der Gasausbeuten zwischen den Schnitten bei Triticale deutlich geringer als bei den anderen Prüfgliedern. Auffällig ist, dass die Schnitte ab der Milchreife sich in beiden Jahren auf einem Niveau bewegen, wobei dieses im Jahr 2009 mit nur etwa 330 NI/kg oTM unter dem des Jahres 2008 liegt.

Während sich 2008 eine signifikant höhere Ausbeute des ersten Schnittes (363 NI/kg oTM) gegenüber den letzten beiden Schnitten (348 bzw. 340 NI/kg oTM) nachweisen lässt, konnten 2009 und in der gemeinsamen Betrachtung beider Jahre keine signifikanten Unterschiede aufgezeigt werden.

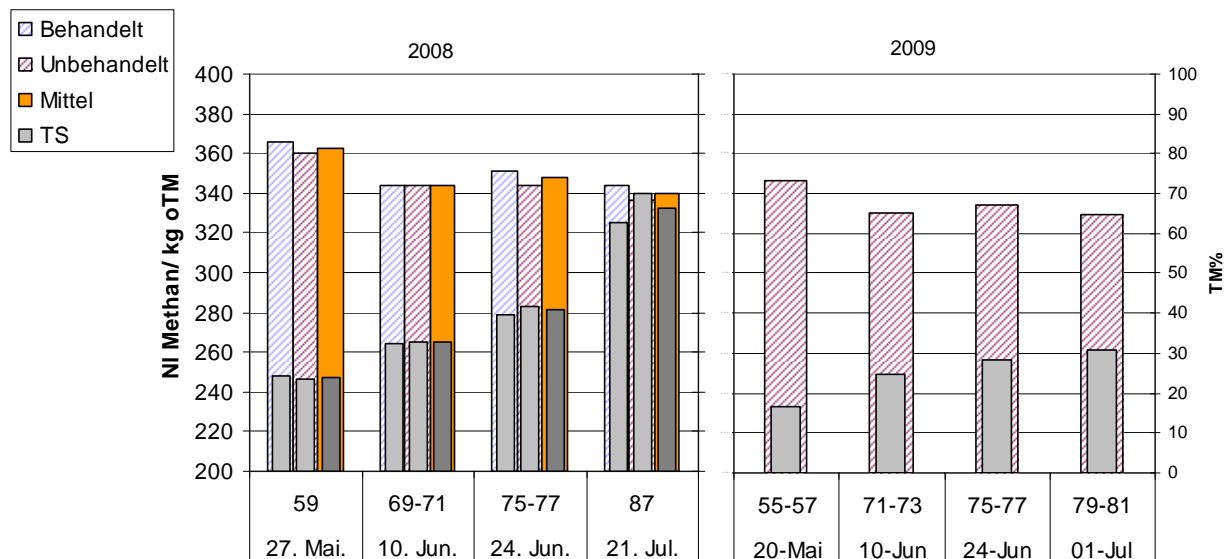


Abbildung 8: Entwicklung von Methanausbeuten zu den verschiedenen Schnittterminen von Wintertriticale

3.3.4 Gasausbeuten: Übergreifende Betrachtung

Schnitttermine:

Die über alle Getreidearten und Jahr gemittelten Werte der Methanausbeuten der unterschiedlichen Schnitte liegen bei 363, 342, 332, und 331 NI/ kg oTM. Die übergreifende Betrachtung der Werte der einzelnen Schnitte zeigt, dass der früheste Schnitttermin (vor der Blüte) sowohl in den einzelnen Jahren als auch in der gemeinsamen Betrachtung beider Jahre einen signifikant höheren Gasertrag aufweist als die Schnitte nach der Blüte. Der zweite Schnitt zum Ende der Blüte liegt sowohl 2008 als auch in der jahresübergreifenden Betrachtung signifikant über der Gasausbeute der letzten beiden Schnitte, die sich in keiner der Analysen signifikant unterscheiden.

Getreidearten

Der Vergleich der Silageproben zeigt, dass im Mittel der beiden Jahre und der unterschiedlichen Schnittvarianten signifikante Unterschiede in der Methanausbeute der unterschiedlichen Getreidearten nachweisbar sind. Mittelwerte der Wintergerste-Sorte (356 NI/kg oM) liegen signifikant den Werten der Winterroggen-Sorte (337 NI/kg oTM). 2008 und in der jahresübergreifenden Betrachtung lassen sich auch signifikante Unterschiede gegenüber der Wintertriticale-Sorte absichern (MW 08/09: 344 NI/kg oTM).

Zwischen den verwendeten Sorten an Roggen und Triticale lassen sich keinerlei signifikante Unterschiede aufzeigen.

Jahre

Für alle verwendeten Getreidearten liegen die mittleren Gasausbeuten im Jahr 2008 signifikant über denen des Jahres 2009. Vor allem bei Wintergerste (362 NI / kg oTM vs. 344 NI/ kg oTM) und Winterroggen (343NI / kg oTM vs. 325 NI/ kg oTM) ist die Höhe der Abweichungen erstaunlich.

Methanhektarerträge

Aus den abgeschätzten Hektarerträgen und den Gasausbeuten lässt sich der zeitliche Verlauf der potenziellen Methanhektarerträge abschätzen.² Im Jahr 2008 wird die Vorzüglichkeit von Wintertriticale deutlich. Die Abschätzung deutet darauf hin, dass zum dritten Schnitttermin höhere Werte als bei Mais in Hauptfurchtstellung erzielbar sein können. Für das Jahr 2009 sind zusätzlich die hohen Methanhektarerträge von Wintergerste zu nennen, die bereits in der zweiten Maidekade über 5000 m³/ ha liegen. Erst Ende Juni liegen die Werte von Wintertriticale leicht über denen der Wintergerste.

Zu erwähnen ist, dass sowohl bei den Werten für Mais als auch bei den im vorliegenden Versuch ermittelten Werten keine Silierverluste unterstellt wurden. Die Spanne, in der eine verlustarme Silierung möglich ist (TS <40%) wurde in Abbildung 9 grob abgeschätzt und markiert. In vielen Fällen zeigt sich, dass der höchste errechnete Methanhektarertrag außerhalb dieser Spanne liegt (2008: WT, WR, WG), (2009: WG, WR).

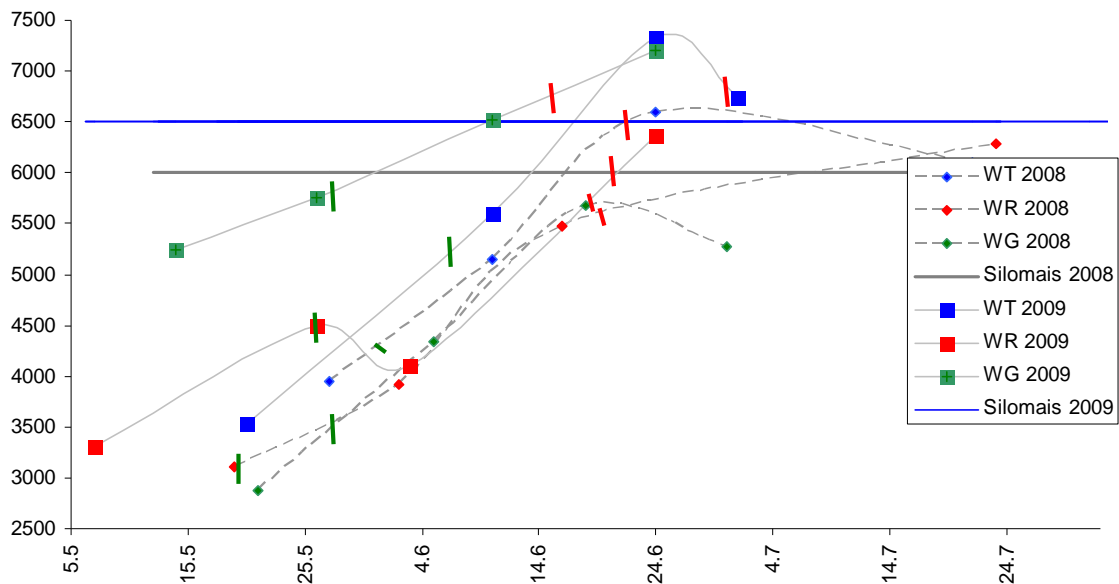


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der potenziellen Methanhektarerträge. Die grünen Balken markieren den Zeitpunkt, ab dem relativ verlustarm ohne Anwelken einsiliert werden könnte (TM% = 25 %), die roten Balken markieren die obere Grenze der Einsilierbarkeit (TM% ca. 38 %). Als Vergleichswert wird Mais (Für Mais Werte aus HBT / Parzellenversuchen: 2008: EVA-Fruchtfolgen 2 und 7, 2009 EVA Fruchtfolge 3 dargestellt)

4 Diskussion

Alle geprüften Wintergetreidearten (mit Ausnahme Winterroggen 2009, 3. und 4. Schnitt) wiesen in den Jahren 2008 und 2009 ein im Batchtest ermitteltes Methanbildungspotenzial von über 320 NI Methan/kg oTM auf. Die Größenordnung entspricht den im Rahmen der Proben aus den EVA-Fruchtfolgen erzielten Methanerträgen für Wintergetreide. Über alle Schnittzeitpunkte und beide Jahre gemittelt zeigt Wintergerste mit 353 NI/kg oTM die höchste Gasausbeute gegenüber Wintertriticale (342 NI/kg oTM) und Winterroggen (333 NI/kg oTM). Die verwendete Winterroggen-Sorte hatte damit signifikant geringere Gasausbeuten als die geprüfte Wintergerste.

Bei einem Vergleich der Schnittzeitpunkte fällt auf, dass der erste Schnitt im Mittel der Getreidearten und Jahre gegenüber den Folgeschnitten signifikant höhere Gasausbeuten aufwies. Die Gasausbeuten der Folgeschnitte untereinander unterscheiden sich jedoch nicht signifikant. Selbst bei deutlichem Überschreiten der für die Silierung optimalen Trockenmassegehalte war kein deutlicher Abfall der Methanausbeuten zu beobachten.

Aus Praxisgesichtspunkten scheint bei der Ernte als Ganzpflanze (Hauptfrucht) daher nicht der Rückgang der Methanausbeuten für die Wahl des Termins ausschlaggebend, sondern die Massebildung und die Entwicklung des TS-Gehaltes (verlustarme Silierung). Ferner spielt aus Fruchtfolgegesichtspunkten eine Rolle, ob nach Ernte des Wintergetreides noch die Saat einer Sommerung als Zweitfrucht geplant ist.

Aussagen, die eine geringere Methanausbeute von Ganzpflanzensilage gegenüber Mais vermuten, können nach den einjährigen Ergebnissen des vorliegenden Tastversuchs nicht allgemein bestätigt werden, vielmehr wird vermutet, dass die unterschiedliche Schüttdichte der Substrate leicht zu einer Fehleinschätzung bei ungenauer Erfassung der Masseströme führen kann. Weitere Untersuchungen sind jedoch erforderlich.

Aus Sicht der Ertragsbildung lagen die hochgerechneten Maximalerträge bei Winterroggen und -triticale **im Jahr 2008** bei etwa 200 dt TM/ha, bei Gerste nur bei etwa 160 dt TM/ha. Bei allen Arten waren im Versuchsjahr zu diesem Zeitpunkt jedoch bereits Trockenmassegehalte erreicht, die über dem für eine Silierung optimalen Bereich von 25 bis 38 % lagen. Ausschlaggebend dafür war vermutlich die Trockenheit im Mai, die die Zunahme der Trockenmassegehalte zusätzlich beschleunigte. Eine Gegenüberstellung mit EVA-Daten und Daten aus Landessortenversuchen (Schreiber et al., 2010) zeigt, dass ein Überschreiten optimaler TM-Gehalte bereits in der mittleren Milchreife im Mittel der Jahre nicht typisch ist. Aufgrund der Witterungsbedingungen waren vergleichsweise hohe Trockenmassegehalte aber auch in diesen vergleichbaren Versuchen zu beobachten.

Aus zeitlicher Sicht lag bei der Wintergerste der Eintritt in die Spanne optimaler Trockenmassegehalte auch bei gleichem Saattermin etwa 7 bis 9 Tage vor Triticale und Roggen. Das Überschreiten der oberen Grenze dieser Spanne erfolgte jedoch in einem geringeren zeitlichen Abstand. Durch den Abstand der Schnitte kann der Zeitpunkt maximalen Biomassezuwachses nur schwer ermittelt werden; dieser lag 2008 in Dornburg bei allen Kulturarten vermutlich zwischen dem 5. und 18. Juni.

² Einschränkung ist anzumerken, dass es sich um Versuchserträge handelt und keine Silierverluste berücksichtigt wurden.

Im **Jahr 2009** zeigten sich deutliche Abweichungen bezüglich der Entwicklung von Ertrag und Trockenmassegehalt. Wintergerste erreichte bereits früh im Jahr (Mitte Mai) Erträge von über 140 dt TM/ha. Maximalerträge konnten Wintergerste (zu BBCH 82) und Wintertriticale (zu BBCH 77) mit etwa 220 dt TM erzielen, bei Winterroggen stieg der Ertrag erst in der Kornfüllung deutlich an und realisierte bei BBCH 81 sein Maximum von ca. 200 dt TM/ha. Wieder waren bei allen Getreidearten zur beginnenden Teigreife TM-Werte von 35 % überschritten. Insgesamt waren diese deutlich niedriger als im Jahr 2008. So waren Wintergerste und Wintertriticale zum Ende der Milchreife noch im optimalen TM%-Bereich, Winterroggen lag zu diesem Stadium bereits leicht darüber. Das Übersteigen der 28%-Grenze erfolgte bei Wintergerste und Wintertriticale zum Anfang der Milchreife, bei Winterroggen bereits zum Ende der Blüte. Diese Tatsache stimmt grob mit den von Bischof und Vetter (2009) ermittelten Unterschieden der Getreidearten am Standort Haufeld überein. Dort lagen die TM%-Gehalte bei Wintergerste zur mittleren Milchreife bei ca. 30 %, bei Wintertriticale (Benetto) bei ca. 32 % zum Ende der Blüte und bei Winterroggen bereits zum Anfang der Milchreife bei 33-35 %. Auch zeigen die Werte eine gute Übereinstimmung mit Ergebnissen der GP-Getreide-Landessortenversuche auf Lö-Standorten³. Diese zeigen für dieses Versuchsjahr gute Trockenmassegehalte in der Phase der Milchreife, teilweise noch in der beginnenden Teigreife (Schreiber et al., 2010).

Eine Betrachtung der potenziellen Methanhektarerträge und die Gegenüberstellung mit Vergleichswerten von Mais zeigen, dass 2008 im Rahmen des „Erntefensters“ mit Wintertriticale dem Mais vergleichbare Werte erzielt werden konnten. Das für Wintergetreide günstige Jahr 2009 zeigte für Wintertriticale und Wintergerste sogar vergleichsweise höhere Methanhektarerträge. Gleichzeitig sind die bereits im Mai erzielbaren hohen Methanhektarerträge in der Wintergerste hervorzuheben.

5 Fazit

Die Betrachtung der **Trockenmasse-Ertragsentwicklung** der Getreidearten Wintertriticale, Wintergerste und Winterroggen zeigt für beide Versuchsjahre für Wintertriticale das höchste Ertragspotenzial zum dritten Schnitt (Ende Juni, Mittlere bis späte Milchreife). Auch Winterroggen erreichte zu den jeweils späten Schnitten in den Jahren 2008 und 2009 ein sehr hohes Ertragsniveau. Die in 2008 weniger ertragreiche Wintergerste konnte 2009 vor allem durch ein bereits im Mai vorliegendes hohes Ertragsniveau überzeugen.

Bei den **Methanausbeuten** konnten Unterschiede zwischen den Jahren (2008 > 2009), den verwendeten Getreidearten so wie den unterschiedlichen Schnittterminen nachgewiesen werden. Das höchste Methanbildungspotenzial zeigte die geprüfte Wintergerste (Campanille), die Werte für Winterroggen (Dankowski Diamant) waren vergleichsweise gering, eine mittlere Position nahm die Wintertriticale (Benetto) ein.

Gleichzeitig zeigten sich höhere Werte der früheren Schnitten gegenüber den Schnitten in der späten Milch- bzw. Teigreife. Interessantes Ergebnis ist dabei, dass auch bei deutlich zu später Ernte und zu hohen TM%-Gehalten die Werte nicht deutlich abnahmen.

³ 2007-2009 Standort Kirchengel, Wintergerste und Wintertriticale wurden 2009 in Dornburg geprüft

Die höchsten **Methanhektarerträge** konnte in beiden Jahren Wintertriticale in der Milchreife (dritte Junidekade) liefern. Während Trockenmassegehalten 2008 nur knapp über dem optimalen Bereich lagen, waren diese 2009 zu diesem Zeitpunkt innerhalb des optimalen Bereiches. Ein abschätzender Vergleich mit Daten aus dem EVA- Versuch zeigt, dass Methanhektarerträge von Mais knapp übertroffen werden konnten. 2009 konnte auch die sehr wüchsige Wintergerste Methanhektarerträge von Mais erzielen.

Für die Ableitung von Praxisempfehlung bestätigt sich, dass neben der Entwicklung der Methanhektarerträge auch die Gewährleistung optimaler Trockenmassegehalte zur Silierung entscheidende Größe ist. So zeigen insbesondere die Bedingungen des Jahres 2008, dass eine frühe Abreife des Substrates ein begrenzender Faktor ist.

Für die Gestaltung von Anbausystemen ist eine weitere Untersuchung der Entwicklung von Trockenmasse- und Ertragsentwicklung, auch mit Blick auf eine für die Gewährleistung der Ernte optimale Staffelung verschiedener Sorten und Arten, für eine Ableitung von Richtwerten notwendig. So deutet einiges darauf hin, dass für eine Nutzung als Hauptfrucht bei trockenen Witterungsbedingungen eine Ernte im Mai/Juni während der Milchreife (ab BBCH 73) angebracht ist, bei feuchteren Bedingungen eine etwas spätere Ernte zum Ende der Milchreife. Am sichersten ist eine Beprobung des Schlages hinsichtlich des tatsächlichen TS-Gehaltes vor der Ernte.

Insgesamt zeigt sich, dass für Bedingungen der Lö-Standorte Wintertriticale als Hauptfrucht für die Silagebereitung gegenüber Winterroggen vorzuziehen ist. Sollte nach der Ganzpflanzenernte eine Sommerung (z.B. Mais) geplant sein, zeigt Wintergerste als früher räumendes Ganzpflanzengetreide mit vergleichsweise hohen spezifischen Methanausbeuten Vorzüge. Die weit verbreitete Meinung, Mais könne gegenüber diesen Fruchtarten deutlich höhere Methanhektarerträge erzielen, konnte für die Jahre 2008 und 2009 auf dem Standort Dornburg nicht bestätigt werden.

6 Literatur

Bischof, R; Vetter, A. (2009): 2. Zwischenbericht zum Verbundprojekt Optimierung des Anbauverfahrens für Ganzpflanzengetreide inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogaserzeugung. TLL (Hrsg.). Jena.

Nehring, A., Vetter, A. (2009): Nehring A., Vetter A. (2009): Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolge regime. Abschlussbericht 2009 Teilprojekt 1. Verbundvorhaben. Gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). FKZ: 22002305.

Schreiber, E.; Guddat, C.; Jentsch, U. (2010): Sortenversuche in Thüringen. Wintergerste, Wintertriticale, Winterroggen und Sommerhafer. Ganzpflanzengetreide zur Biogasgewinnung. Versuchsbericht 2007-2009. Themenummer

Vetter, A.; Biertümpfel, A.; Graf, T. (2001): Feldversuchsbericht 2000/01. TLL (Hrsg.). Jena.

Anhang

Tabelle A 1: Erntedaten Wintergerste Sorte Campanille, GPS-Ernte: 4 Termine Probeschnitte; 2008, 2009

Wdh.	Rand	Intensität	Datum Schnitt	BBCH	Mittel Höhe	TS %	FM dt/ha	TM dt/ha
b	l	behandelt	21.05.2008	59	92	24,8	299,6	74,2
c	l	behandelt	21.05.2008	59	90	26,8	292,2	78,4
b	r	behandelt	21.05.2008	59	98	25,8	373,7	96,3
c	r	behandelt	21.05.2008	59	90	25,5	311,1	79,2
a	r	unbehandelt	21.05.2008	59	105	25,0	398,4	99,59
d	r	unbehandelt	21.05.2008	59	97	23,9	333,3	79,7
a	l	unbehandelt	21.05.2008	59	95	25,0	362,1	90,5
d	l	unbehandelt	21.05.2008	59	95	26,2	288,9	75,7
b	l	behandelt	05.06.2008	69-71	95	29,4	438,6	129,1
c	l	behandelt	05.06.2008	69-71	92	30,5	354,7	108,2
b	r	behandelt	05.06.2008	69-71	97	28,2	446,9	126,0
c	r	behandelt	05.06.2008	69-71	92	25,4	390,1	99,0
a	r	unbehandelt	05.06.2008	69-71	103	31,5	443,6	139,54
d	r	unbehandelt	05.06.2008	69-71	103	30,2	415,6	125,5
a	l	unbehandelt	05.06.2008	69-71	102	32,6	381,9	124,6
d	l	unbehandelt	05.06.2008	69-71	95	30,4	362,1	110,0
b	l	behandelt	18.06.2008	77	87	38,4	464,2	178,0
c	l	behandelt	18.06.2008	77	85	39,4	340,7	134,4
b	r	behandelt	18.06.2008	77	88	38,1	494,7	188,7
c	r	behandelt	18.06.2008	77	87	38,9	438,7	170,5
a	r	unbehandelt	18.06.2008	77	85	40,9	473,3	193,56
d	r	unbehandelt	18.06.2008	77	92	40,2	362,1	145,7
a	l	unbehandelt	18.06.2008	77	85	40,8	372,0	151,8
d	l	unbehandelt	18.06.2008	77	88	41,9	397,5	166,7
b	l	behandelt	30.06.2008	87	83	58,2	314,4	183,1
c	l	behandelt	30.06.2008	87	78	57,4	274,1	157,4
b	r	behandelt	30.06.2008	87	85	60,6	283,1	171,6
c	r	behandelt	30.06.2008	87	80	62,1	207,4	128,8
a	r	unbehandelt	30.06.2008	87	93	64,1	255,1	163,59
d	r	unbehandelt	30.06.2008	87	92	61,1	253,5	154,8
a	l	unbehandelt	30.06.2008	87	82	62,3	265,8	165,5
d	l	unbehandelt	30.06.2008	87	80	60,8	224,7	136,5
a	l	unbehandelt	14.05.2009	55-57	120	17,1	791,8	135,3
d	l	unbehandelt	14.05.2009	55-57	117	21,0	842,0	176,6
a	r	unbehandelt	14.05.2009	55-57	113	19,0	702,1	133,7
d	r	unbehandelt	14.05.2009	55-57	113	20,3	604,1	122,4
a	l	unbehandelt	26.05.2009	72	127	27,8	665,8	185,0
d	l	unbehandelt	26.05.2009	72	127	26,8	666,7	178,5
a	r	unbehandelt	26.05.2009	72	127	24,2	639,5	154,5
d	r	unbehandelt	26.05.2009	72	120	27,6	518,5	143,4
a	l	unbehandelt	10.06.2009	77-79	118	31,0	615,1	190,7
d	l	unbehandelt	10.06.2009	77-79	119	33,0	698,7	230,5
a	r	unbehandelt	10.06.2009	77-79	127	32,0	582,2	186,2
d	r	unbehandelt	10.06.2009	77-79	117	31,7	590,1	187,3
a	l	unbehandelt	24.06.2009	82/ 83	120	38,5	667,6	256,8
d	l	unbehandelt	24.06.2009	82/ 83	118	40,9	591,5	241,9
a	r	unbehandelt	24.06.2009	82/ 83	122	37,5	473,0	177,4
d	r	unbehandelt	24.06.2009	82/ 83	117	40,9	480,8	196,4

Tabelle A 2: Erntedaten Winterroggen, Sorte Dankowski Diamant, GPS-Ernte: 4 Termine Probeschnitte; 2008, 2009

Probenf	Wdh.	Rand	Intensität	Datum Schnitt	BBCH	Mittel Höhe	TS %	FM dt/ha	TM dt/ha
GPS	b	l	behandelt	19.05.2008	59	146,00	21,35	411,52	87,84
GPS	c	l	behandelt	19.05.2008	59	143,67	21,20	413,99	87,77
GPS	b	r	behandelt	19.05.2008	59	145,67	20,58	534,16	109,92
GPS	c	r	behandelt	19.05.2008	59	136,00	21,66	430,45	93,23
GPS	a	r	unbehandelt	19.05.2008	59	149,00	22,94	468,31	107,41
GPS	d	r	unbehandelt	19.05.2008	59	139,67	20,79	398,35	82,80
GPS	a	l	unbehandelt	19.05.2008	59	153,00	22,68	451,85	102,47
GPS	d	l	unbehandelt	19.05.2008	59	145,33	20,94	488,07	102,19
GPS	b	l	behandelt	02.06.2008	65-69	180,00	32,57	396,71	129,20
GPS	c	l	behandelt	02.06.2008	65-69	181,67	30,50	358,02	109,20
GPS	b	r	behandelt	02.06.2008	65-69	181,67	30,31	473,25	143,47
GPS	c	r	behandelt	02.06.2008	65-69	178,33	33,46	408,23	136,61
GPS	a	r	unbehandelt	02.06.2008	65-69	178,33	31,41	396,71	124,61
GPS	d	r	unbehandelt	02.06.2008	65-69	180,00	30,86	415,64	128,26
GPS	a	l	unbehandelt	02.06.2008	65-69	171,67	32,34	419,75	135,74
GPS	d	l	unbehandelt	02.06.2008	65-69	183,33	30,92	435,39	134,61
GPS	b	l	behandelt	16.06.2008	73	170,00	36,36	456,79	166,11
GPS	c	l	behandelt	16.06.2008	73	176,67	38,53	442,80	170,60
GPS	b	r	behandelt	16.06.2008	73	176,67	36,07	450,21	162,39
GPS	c	r	behandelt	16.06.2008	73	178,33	36,57	440,33	161,05
GPS	a	r	unbehandelt	16.06.2008	73	176,67	34,79	516,05	179,53
GPS	d	r	unbehandelt	16.06.2008	73	181,67	37,89	442,80	167,76
GPS	a	l	unbehandelt	16.06.2008	73	176,67	37,55	401,65	150,83
GPS	d	l	unbehandelt	16.06.2008	73	175,00	36,65	376,13	137,87
GPS	b	l	behandelt	23.07.2008	87	155,00	61,30	311,93	191,22
GPS	c	l	behandelt	23.07.2008	87	150,00	57,84	311,93	180,42
GPS	b	r	behandelt	23.07.2008	87	150,00	61,77	306,17	189,14
GPS	c	r	behandelt	23.07.2008	87	150,00	64,20	330,04	211,88
GPS	a	r	unbehandelt	23.07.2008	87	151,67	66,67	318,52	212,35
GPS	d	r	unbehandelt	23.07.2008	87	150,00	61,54	337,45	207,66
GPS	a	l	unbehandelt	23.07.2008	87	148,33	53,96	286,42	154,54
GPS	d	l	unbehandelt	23.07.2008	87	148,33	104,00	293,83	305,58
GPS	b	l	behandelt	31.07.2008	89		74,65	246,09	183,70
GPS	c	l	behandelt	31.07.2008	89		77,11	192,59	148,51
GPS	b	r	behandelt	31.07.2008	89				
GPS	c	r	behandelt	31.07.2008	89				
Korn	b	r	behandelt	31.07.2008	89		89,88	176,79	158,91
Korn	c	r	behandelt	31.07.2008	89		90,26	149,30	134,75
NEG	b	r	behandelt	31.07.2008	89		89,57	132,35	118,54
NEG	c	r	behandelt	31.07.2008	89		87,60	113,74	99,64
GPS	a	l	unbehandelt	31.07.2008	89		76,61	328,40	251,58
GPS	d	l	unbehandelt	31.07.2008	89		88,16	230,45	203,16
GPS	a	r	unbehandelt	31.07.2008	89				
GPS	d	r	unbehandelt	31.07.2008	89				
Korn	a	r	unbehandelt	31.07.2008	89		89,93	162,63	146,25
Korn	d	r	unbehandelt	31.07.2008	89		90,18	157,53	142,07
NEG	a	r	unbehandelt	31.07.2008	89		89,68	118,52	106,28
NEG	d	r	unbehandelt	31.07.2008	89		91,67	120,00	110,00
Korn	b	l	behandelt	05.08.2008	89		87,94	109,88	96,63
Korn	c	l	behandelt	05.08.2008	89		87,94	127,57	112,19
NEG	b	l	behandelt	05.08.2008	89		87,16	118,31	103,12
NEG	c	l	behandelt	05.08.2008	89		86,32	104,94	90,58
Korn	a	l	unbehandelt	05.08.2008	89		87,68	82,72	72,53
Korn	d	l	unbehandelt	05.08.2008	89		87,88	101,85	89,51
NEG	a	l	unbehandelt	05.08.2008	89		84,14	99,79	83,96
NEG	d	l	unbehandelt	05.08.2008	89		86,79	113,17	98,22
GPS	a	l	unbehandelt	07.05.2009	55-57	105	19,3	524,6	101,1
GPS	d	l	unbehandelt	07.05.2009	55-57	105	19,0	467,2	89,0
GPS	a	r	unbehandelt	07.05.2009	55-57	105	19,2	475,2	91,4
GPS	d	r	unbehandelt	07.05.2009	55-57	103	18,7	458,8	85,7
GPS	a	l	unbehandelt	26.05.2009	65-67	167	27,3	503,7	137,4
GPS	d	l	unbehandelt	26.05.2009	65-67	172	30,8	473,3	146,0
GPS	a	r	unbehandelt	26.05.2009	65-67	168	29,1	482,3	140,5
GPS	d	r	unbehandelt	26.05.2009	65-67	172	30,0	428,8	128,8
GPS	a	l	unbehandelt	03.06.2009	71-73	168	28,7	454,7	130,3
GPS	d	l	unbehandelt	03.06.2009	71-73	168	28,7	434,3	124,5
GPS	a	r	unbehandelt	03.06.2009	71-73	163	29,8	520,7	155,0
GPS	d	r	unbehandelt	03.06.2009	71-73	168	30,7	467,1	143,2
GPS	a	l	unbehandelt	24.06.2009	79-81	162	37,2	587,8	218,7
GPS	d	l	unbehandelt	24.06.2009	79-81	168	37,6	508,6	191,0
GPS	a	r	unbehandelt	24.06.2009	79-81	167	37,3	540,1	201,5
GPS	d	r	unbehandelt	24.06.2009	79-81	168	38,8	495,1	192,0

Tabelle A 3: Erntedaten Wintertriticale, Sorte Benetto, GPS-Ernte: 4 Termine Probeschnitte; 2008, 2009

Probenform	Wdh.	Rand	Intensität	Datum Schnitt	BBCH	Mittel Höhe	TS %	FM dt/ha	TM dt/ha
GPS	b	l	behandelt	27.05.2008	59	116,67	23,65	524,28	123,99
GPS	c	l	behandelt	27.05.2008	59	118,33	24,07	533,33	128,35
GPS	b	r	behandelt	27.05.2008	59	116,67	23,33	503,70	117,53
GPS	c	r	behandelt	27.05.2008	59	116,67	24,38	529,22	129,04
GPS	a	r	unbehandelt	27.05.2008	59	115,00	23,15	409,05	94,71
GPS	d	r	unbehandelt	27.05.2008	59	123,33	22,97	523,46	120,21
GPS	a	l	unbehandelt	27.05.2008	59	116,67	18,98	568,72	107,96
GPS	d	l	unbehandelt	27.05.2008	59	123,33	22,98	578,60	132,94
GPS	b	l	behandelt	10.06.2008	71	126,67	32,50	538,27	174,94
GPS	c	l	behandelt	10.06.2008	71	126,67	32,07	453,50	145,42
GPS	b	r	behandelt	10.06.2008	71	131,67	33,69	404,12	136,15
GPS	c	r	behandelt	10.06.2008	71	130,00	34,20	451,03	154,27
GPS	a	r	unbehandelt	10.06.2008	71	131,67	32,46	481,48	156,28
GPS	d	r	unbehandelt	10.06.2008	71	133,33	32,47	491,36	159,56
GPS	a	l	unbehandelt	10.06.2008	71	125,00	32,25	511,93	165,08
GPS	d	l	unbehandelt	10.06.2008	71	126,67	31,49	499,59	157,34
GPS	b	l	behandelt	24.06.2008	75-77	118,33	39,27	473,25	185,82
GPS	c	l	behandelt	24.06.2008	75-77	118,33	39,93	478,19	190,94
GPS	b	r	behandelt	24.06.2008	75-77	118,33	39,57	530,04	209,74
GPS	c	r	behandelt	24.06.2008	75-77	120,00	38,74	488,89	189,39
GPS	a	r	unbehandelt	24.06.2008	75-77	121,67	42,03	503,70	211,70
GPS	d	r	unbehandelt	24.06.2008	75-77	126,67	40,65	516,05	209,78
GPS	a	l	unbehandelt	24.06.2008	75-77	121,67	39,13	534,98	209,34
GPS	d	l	unbehandelt	24.06.2008	75-77	123,33	38,98	453,50	176,76
GPS	b	l	behandelt	21.07.2008	87	111,67	61,08	320,99	196,05
GPS	c	l	behandelt	21.07.2008	87	103,33	64,00	280,66	179,62
GPS	b	r	behandelt	21.07.2008	87	111,67	72,93	348,15	253,89
GPS	c	r	behandelt	21.07.2008	87	108,33	64,89	288,89	187,45
GPS	a	r	unbehandelt	21.07.2008	87	110,00	70,81	216,24	153,12
GPS	d	r	unbehandelt	21.07.2008	87	115,00	68,95	322,63	222,45
GPS	a	l	unbehandelt	21.07.2008	87	108,33	55,97	272,43	152,48
GPS	d	l	unbehandelt	21.07.2008	87	106,67	66,19	263,96	174,72
GPS	b	l	behandelt	29.07.2008	89		80,63	241,15	194,43
GPS	c	l	behandelt	29.07.2008	89		90,74	195,88	177,75
GPS	b	r	behandelt	29.07.2008	89		91,67	218,11	199,93
GPS	c	r	behandelt	29.07.2008	89		93,75	247,74	232,25
Korn	b	ganz	behandelt	29.07.2008	89		91,34	105,63	96,48
Korn	c	ganz	behandelt	29.07.2008	89		91,32	103,56	94,57
NEG	b	ganz	behandelt	29.07.2008	89		90,68	51,85	47,02
NEG	c	ganz	behandelt	29.07.2008	89		73,61	51,85	38,17
GPS	a	l	unbehandelt	29.07.2008	89		80,41	226,34	181,99
GPS	d	l	unbehandelt	29.07.2008	89		86,84	204,94	177,97
GPS	a	r	unbehandelt	29.07.2008	89		93,13	214,81	200,05
GPS	d	r	unbehandelt	29.07.2008	89		88,81	234,57	208,31
Korn	a	ganz	unbehandelt	29.07.2008	89		91,46	103,56	94,71
Korn	d	ganz	unbehandelt	29.07.2008	89		91,34	95,78	87,48
NEG	a	ganz	unbehandelt	29.07.2008	89		92,44	51,85	47,93
NEG	d	ganz	unbehandelt	29.07.2008	89		90,51	44,44	40,23

a	l	unbehandelt	20.05.2009	55-57	107	14,4	555,2	80,1
d	l	unbehandelt	20.05.2009	55-57	110	16,6	657,1	109,0
a	r	unbehandelt	20.05.2009	55-57	110	19,2	616,9	118,6
d	r	unbehandelt	20.05.2009	55-57	108	15,8	624,4	98,5
a	l	unbehandelt	10.06.2009	71-73	131	27,6	672,1	185,2
d	l	unbehandelt	10.06.2009	71-73	130	27,4	639,1	174,8
a	r	unbehandelt	10.06.2009	71-73	132	30,3	561,0	169,8
d	r	unbehandelt	10.06.2009	71-73	136	27,9	532,0	148,6
a	l	unbehandelt	24.06.2009	75-77	140	30,3	700,2	212,4
d	l	unbehandelt	24.06.2009	75-77	140	30,8	677,3	208,8
a	r	unbehandelt	24.06.2009	75-77	142	32,6	722,0	235,2
d	r	unbehandelt	24.06.2009	75-77	138	31,7	691,8	219,1
a	l	unbehandelt	01.07.2009	79-81	130	34,3	606,1	208,1
d	l	unbehandelt	01.07.2009	79-81	128	33,0	559,8	184,9
a	r	unbehandelt	01.07.2009	79-81	127	35,1	591,4	207,8
d	r	unbehandelt	01.07.2009	79-81	135	34,7	622,1	215,6