



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzen-
wissenschaften

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
an der Universität für Bodenkultur Wien

Titel der Dissertation

Anbau von alternativen mehrjährigen Gräserarten für die Produktion von Biogassubstrat, Brennstoff und struktureichem Futter in Österreich

eingereicht von

Bakk.techn. Dipl.-Ing. Josef Schrabauer, BEd

Wien, Dezember 2015

Betreuer: Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter Liebhard

Berater: Univ.Doz. Dipl.-Ing. Dr. Karl Buchgraber
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Karl Moder

DANKSAGUNG

Bei der Erstellung dieser Arbeit wurde ich von zahlreichen Personen unterstützt. Nur durch ihre hervorragende Hilfe wurde meine Dissertation möglich. Ich möchte hiermit allen Beteiligten meinen tiefen Dank zum Ausdruck bringen.

Meinem Betreuer Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter Liebhard danke ich für das Überlassen des Themas, die geduldige Betreuung und die vielen wertvollen Anregungen.

Herr Professor Univ.Do. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Karl Buchgraber stand mir jederzeit für konstruktive und freundschaftliche Gespräche zur Verfügung. Ohne seine motivierenden Worte, sein Fachwissen und seinen Einsatz wäre diese Arbeit nicht entstanden.

Für die Unterstützung bei der Planung und Durchführung von Feldversuchen sowie Laboranalysen danke ich Herrn Ing. Reinhard Resch, Herrn Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Josef Rathbauer, Herrn Dipl.-Ing. Johann Humer, Frau Dipl.-Ing. Pia Euteneuer, Frau Renate Sapik, Herrn Dipl.-Ing. Karl Refenner, Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Helmut Wagenristl, Frau ARätin Evelyn Holub, Frau Mag. Doris Kheim und Herrn Dipl.-Ing. Georg Hofmeister. Unsere Zusammenarbeit ist das Fundament dieser Dissertation.

Ich danke Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Karl Moder für die Unterstützung bei der mathematisch-statistischen Verrechnung sowie Frau O.Univ.Prof. Dr. Marianne Popp, Herrn Doz. Dr. Michael Stachowitsch und Herrn Univ.Do. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Erich Pötsch für die Hilfe bei der Erstellung einer Publikation (SCHRABAUER et al., 2014).

Herausfordernd waren die vergangenen Jahre für meine Familie, die meine Arbeit in allen Phasen mit jeder möglichen Unterstützung bedacht hat. Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern Maria und Josef Schrabauer sowie meinem Bruder Johannes.

KURZFASSUNG – SUMMARY

Kurzfassung

Die Bedeutung von mehrjährigem Grasland als großflächige CO₂-Senke ist hoch. Auf diesen Flächen können neben Futtermitteln auch nachwachsende Rohstoffe ökologisch verträglich produziert werden.

Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels werden die Grünlandflächen Mitteleuropas künftig häufiger von Trockenheit betroffen sein als bisher.

Um das Anbaupotenzial unter mitteleuropäischen Bedingungen zu testen, wurden 10 trocken-tolerante Gräser (*Agropyron elongatum*, *Agropyron intermedium*, *Agropyron desertorum*, *Agropyron trachycaulum*, *Elymus hoffmannii*, *Elymus junceus*, *Bromus inermis*, *Bromus marginatus*, *Festuca arundinacea* und *Panicum virgatum*) angebaut und mit vier standortüblichen, leistungsfähigen Futtergräsern in Vergleich gestellt (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis gigantea* und *Agropyron repens*). Die Parzellenversuche wurden an zwei Standorten über zwei Versuchsjahre bei Ein- und Mehrschrittnutzung (zwei bzw. drei Schnitte) durchgeführt.

Bei Einschnittnutzung lieferte *P. virgatum* den höchsten bereinigten Jahresertrag (14258 kg TM ha⁻¹), gefolgt von *A. elongatum* (13086 kg TM ha⁻¹). Die mehrjährige Ausdauer dieser zwei Arten war unter den Versuchsbedingungen aber nur gegeben, wenn *P. virgatum* nicht vor dem Abfrosten und *A. elongatum* nur einmal jährlich geerntet wurde. Beide Arten sind auch anfällig für Lager.

Zur Brennstoffproduktion war das Erntegut von einschnittig genutztem *Panicum virgatum* aufgrund des günstigen Ascheschmelzverhaltens und des geringen Chlorgehaltes vorteilhaft. Die Stickstoff-, Schwefel- und Aschegehalte von *P. virgatum* waren jedoch höher als bei *Miscanthus 'Giganteus'* oder Holz und erhöhen die Anforderungen an die Verbrennungsanlage.

Bei Mehrschrittnutzung hob sich *F. arundinacea* sowohl durch die Ertragshöhe (12533 kg TM ha⁻¹ bereinigter Jahresertrag) als auch durch das geringe Aufkommen an Begleitflora (0,1 % Deckungsgrad) positiv hervor. Beim Anbau dieser Grasart ist die nur mäßige Konkurrenz-kraft während der Etablierungsphase zu berücksichtigen. *F. arundinacea* erwies sich aufgrund der geringen Anteile an Fruchtständen im Erntegut und der hohen Methanerträge (3607 m³ ha⁻¹)

günstig für die Produktion von Biogas und kann auch für die Erzeugung von strukturreichem Futter herangezogen werden.

Aufgrund der raschen Jungendentwicklung von *A. trachycaulum* wird erwartet, dass sich die Art optimal für den Einsatz als Deckfrucht in Saatgutmischungen eignet. *A. desertorum*, *A. trachycaulum*, *A. repens*, *E. junceus* und *B. marginatus* lagen im Ertrag unterhalb des Versuchsdurchschnittes (9254 kg TM ha⁻¹ bei Mehrschnittnutzung).

Durch die Integration von alternativen Gräserarten in bestehende Ackerfruchtfolgen lassen sich positive Effekte wie Grundwasserschutz, Humusaufbau, Erosionsminderung und phytosanitäre Wirkung erzielen.

Summary

Perennial grasslands play an important role as an extensive CO₂ sink. Fodder and biofuels can be produced in an ecologically acceptable manner on such sites. Projected future climate-change scenarios suggest that Central Europe's grasslands will be increasingly impacted by drought. In order to determine whether there is potential for some alternative drought-adapted grass species to contribute to herbage production for either forage or biomass, we tested the agronomic performance of ten grass species: *Agropyron elongatum*, *Agropyron intermedium*, *Agropyron desertorum*, *Agropyron trachycaulum*, *Elymus hoffmannii*, *Elymus junceus*, *Bromus inermis*, *Bromus marginatus*, *Festuca arundinacea* and *Panicum virgatum* in comparison to four reference grasses (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis gigantea* and *Agropyron repens*). Experiments were conducted in small-plot cutting trials at two sites over two growing seasons, with either one, two or three cuts per season.

In the one-cut system, *P. virgatum* provided the highest average annual yield (14,258 kg DM ha⁻¹), followed by *A. elongatum* (13,086 kg DM ha⁻¹). The multi-annual persistence of these two species under the experimental conditions was given only when *P. virgatum* was not harvested before freezing off and *A. elongatum* was harvested only once per year. Moreover, both species are susceptible to lodging.

Due to the low ash melting risk and low chlorine contents, biomass of one-cut *P. virgatum* was favourable for combustion. However, the nitrogen, sulfur and ash contents in *P. virgatum* were higher than in *Miscanthus 'Giganteus'* or wood. This results in higher demands on the biomass-fired boilers.

In the multiple-cut system, *F. arundinacea* showed a considerable yield (12,533 kg DM ha⁻¹ average annual yield) and a low presence of associated flora (weeds; 0.1 % surface area). Cultivating this grass species requires considering its only moderate competitiveness during the establishment phase.

F. arundinacea is best suited for the production of biogas substrate. The panicle contents were low and the methane yields (3607 m³ ha⁻¹) were high. *F. arundinacea* is also suitable for the production of structure-rich forage.

Based on the rapid establishment of *A. trachycaulum*, this species is expected to be optimally suited as a cover crop in seed mixtures. The yields of *A. desertorum*, *A. trachycaulum*, *A. repens*, *E. junceus* and *B. marginatus* were below the experimental average (9254 kg DM ha⁻¹ at multiple cuttings).

Integrating alternative grass species in existing crop rotation systems can positively contribute to groundwater protection, humus formation, erosion reduction and plant health.

ZUSAMMENFASSUNG

Grünlandflächen erfüllen wertvolle ökologische Funktionen für den Boden-, Klima- und Wasserschutz und weisen eine hohe Biodiversität auf. Die Erhaltung und zusätzliche Integration von Grünland in Ackerfruchtfolgen ist somit von besonderer Bedeutung. Für eine erfolgreiche Grünlandnutzung sind Pflanzenbestände mit den optimalen Anteilen ertragreicher und ertragssicherer Gräserarten erforderlich, die aufgrund des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes und der Qualitätseigenschaften bestimmte Ernte- und Verwertungsmöglichkeiten ermöglichen. Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels steigt der Bedarf an trockenoleranten Grünlandarten, welche auch in Trockenperioden ertragssicher sind.

Die vorliegende Arbeit beurteilt zehn alternative Gräserarten, welche in der Literatur als trockenolerant geführt werden: *Agropyron elongatum*, *Agropyron intermedium*, *Agropyron desertorum*, *Agropyron trachycaulum*, *Elymus hoffmannii*, *Elymus junceus*, *Bromus inermis*, *Bromus marginatus*, *Festuca arundinacea* und *Panicum virgatum*. Als Vergleichsgräser dienten die standortüblichen Futtergräser *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis gigantea* und *Agropyron repens*. Beurteilt wurden der Wachstums- und Entwicklungsverlauf, die Auswirkungen des Anbaues auf die Umwelt und die Eignung der unterschiedlichen Gräserarten für die Erzeugung von Biogassubstrat, Brennstoff und Futter. An zwei Standorten in Niederösterreich wurden mehrjährige Feldversuche durchgeführt, Untersuchungen des Erntegutes auf Qualitätskriterien erfolgten im Labor. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf Anbau und Verwertung der untersuchten Gräserarten zu.

F. arundinacea, *D. glomerata*, *B. inermis* und *A. elatius* sind aufgrund ihrer hohen Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern und Ungräsern für die Verwendung im Wechselgrünland geeignet. *A. gigantea* weist hierfür eine zu langsame Jugendentwicklung auf.

A. trachycaulum kann aufgrund der raschen Jugendentwicklung und der geringen Ausdauer als Deckfrucht in Saatgutmischungen eingesetzt werden.

F. arundinacea ist ertragreich, zur Ausbildung dichter Grasnarben befähigt und in den Jahren nach der Aussaat besonders konkurrenzstark. Die geringe Halmbildung von *F. arundinacea*

ist optimal für die Produktion von Substrat für Biogasanlagen und Futter, aber auch für die Nutzung als Weidegras. In der Etablierungsphase ist diese Art verdrängungsgefährdet und daher nicht zur Nachsaat geeignet. Bei der Erstellung von Saatgutmischungen muss auf die gemeinsame Verwendung mit Arten, welche während der Jugendentwicklung konkurrenzstark sind, verzichtet werden. Für die erfolgreiche Etablierung von *F. arundinacea* ist ein frühzeitiger Reinigungsschnitt erforderlich. Durch einen optimalen, nicht zu frühen Erntetermin von *F. arundinacea* im Herbst kann einem Schneeschimmelbefall erfolgreich vorgebeugt werden. Der letzte Aufwuchs soll in günstigen Lagen frühestens Ende September geerntet werden.

Die in der Praxis häufig verwendeten Grasarten *D. glomerata* und *A. elatius* erwiesen sich auch im Versuch als vorteilhaft. Sie waren im Wachstums- und Entwicklungsverlauf, in der Ertragsfähigkeit und der Invasivität einigen anderen Arten überlegen.

A. elongatum und *P. virgatum* wiesen ein hohes Ertragspotenzial und eine hohe Beständigkeit über mehrere Jahre hinweg auf. Erforderlich ist aber eine Einschnittnutzung, bei *P. virgatum* darf die Ernte erst nach dem Abfrieren des Aufwuchses erfolgen. Das grobe, strohartige Material ist für die Produktion von Futter und Biogassubstrat ungeeignet. Um auch bei Mehrschnittnutzung eine entsprechende Ausdauer zu erzielen, ist eine Schnitthöhe von mindestens 15 cm erforderlich.

Unter den Versuchsbedingungen waren sowohl die Ertragsleistung als auch die Ausdauer von *A. desertorum*, *E. junceus* sowie *E. hoffmannii* nicht ausreichend hoch. Eine landwirtschaftliche Nutzung dieser Arten kann in Mitteleuropa nicht empfohlen werden.

B. marginatus ist eine fremdländische Grasart, welche sich im Versuch als besonders invasiv erwies. Von einem großflächigen Anbau wird abgeraten, da das Risiko der Ausbreitung in wertvolle Ökosysteme nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Gehalte an **mineralisiertem Stickstoff im Boden** waren bei Einschnittnutzung höher als bei Mehrschnittnutzung. Zur Reduktion der Nitratauswaschung wird daher eine mehrmündige Nutzung bzw. bei Einschnittnutzung die Verwendung von geeigneten Gräsern wie *F. arundinacea* empfohlen. Die bei Untersuchungen in Thüringen ermittelten Werte von Getreide (63 kg N ha⁻¹ im Herbst in 0 bis 60 cm Bodentiefe) wurden beim Anbau von Gräsern in sämtlichen Varianten des vorliegenden Versuches unterschritten.

N-Düngermengen von über 37,5 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ waren bei *A. elongatum* problematischer als bei *D. glomerata*. Eine überhöhte N-Düngung führte in den *A. elongatum*-Parzellen zu einer starken Vermehrung von Ruderalpflanzen (Deckungsgrade von bis zu 48 % Fl. bei 150 kg N pro Hektar und Aufwuchs) und zu signifikant höherer Nitratauswaschung.

Die **Methanerträge** waren bei mehrschnittig erzeugtem Erntegut um durchschnittlich 31 % höher als bei Proben aus Einschnittnutzung, zudem erfolgte die Methanproduktion bei Vergärung von Biomasse aus Mehrschnittnutzung rascher. Geringere Anteile an Fruchtständen im Erntegut bei Mehrschnittnutzung sollten zu einer verminderten Schwimmschichtenbildung in der Biogasanlage führen. *A. elongatum* und *F. arundinacea* ergaben bei Mehrschnittnutzung und einer Stickstoffdüngung von durchschnittlich 94 kg (ha*Jahr)⁻¹ mittlere Methanerträge von 3256 und 3607 NI kg o TS⁻¹. Die Gräser waren damit Silomais (ca. 5600 NI kg o TS⁻¹) unterlegen, zu berücksichtigen ist allerdings die höhere Stickstoffdüngung bei Mais, welche standortüblich 180 kg N (ha*Jahr)⁻¹ betrug. Die Anbauwürdigkeit von *A. elongatum* wird durch die geringe Ausdauer bei drei Schnitten pro Jahr und den erhöhten Stängelanteil bei zwei Schnitten pro Jahr eingeschränkt. Mit zunehmender N-Düngung reduzierte sich die Methanausbeute von *D. glomerata*, dennoch kam es aufgrund steigender Biomasseerträge zur Erhöhung der Methanerträge.

Die **Verbrennungseigenschaften** der angeführten Gräserarten sind überwiegend als ungünstig zu beurteilen. Selbst bei Einschnittnutzung lagen die Asche-, Stickstoff- und Schwefelgehalte über Holz und *Miscanthus `Giganteus´*. Auch die Ascheschmelzpunkte waren mit Ausnahme von *P. virgatum* ungünstiger als bei *Miscanthus `Giganteus´*. Damit ergeben sich höhere Anforderungen an die Verbrennungsanlage bezüglich Brennraumgestaltung, Ascheustragung, Abgasentstaubung, Abgasentstickung und Korrosionsschutz. Zur Erreichung von Trockensubstanzgehalten von unter 80 %, welche für entsprechende Lagerstabilität und zur Verbrennung erforderlich sind, ist bei den meisten der angeführten Gräser eine Ernte durch Heuen im Spätsommer notwendig. Einzig *P. virgatum* kann auch nach dem Abfrieren im Herbst oder im Frühjahr des Folgejahres geerntet werden.

Die Ergebnisse der **Futterqualitätsanalysen** zeigen, dass die untersuchten alternativen Gräserarten bei extensiver Nutzung (zwei bis drei Schnitte pro Jahr) häufig höhere

Nährstoffgehalte erzielen als die verbreiteten Futtergräser *D. glomerata* und *A. elatius*. Überlegene Futterqualitäten lieferten insbesondere *A. intermedium*, *A. desertorum*, *B. inermis* und *B. marginatus*. Die Nährstoffgehalte im Erntegut dieser Gräser reichten für die Versorgung von Pferden mit leichter bis mittlerer Arbeitsbelastung und trockenstehenden Milchkühen. Zur Produktion von Futter für Hochleistungstiere (z.B. laktierende Milchkühe), ist eine intensivere Nutzung erforderlich. Zögerlicher Nachtrieb, hohe Lageranfälligkeit oder mäßiges Ertragspotenzial erschweren eine Intensivierung von *A. elongatum*, *A. intermedium* und *E. junceus*. Unter den vorgestellten alternativen Gräserarten wird *F. arundinacea* das größte Potenzial zur Intensivierung zugemessen, bei der Futternutzung ist allerdings der mäßige Rohproteingehalt zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit weisen einigen alternativen Gräserarten ein den häufig angebauten Gräsern überlegenes Potenzial für bestimmte Anbau- und Verwertungsrichtungen, wie Grundwasserschutz und Produktion von Biogassubstrat, aus. Durch Ergänzung der bisher verfügbaren Gräserarten im Feldfutterbau wird ein Beitrag zur Erfüllung und Erhaltung der zahlreichen Funktionen des Grünlandes geleistet.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Danksagung	II
Kurzfassung – Summary	III
Zusammenfassung	VII
Inhaltsverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XV
Abbildungsverzeichnis	XVII
1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Problemstellung.....	1
1.3 Zielsetzung und Fragestellung.....	3
2 Literaturübersicht	5
2.1 Bedeutung des Grünlandes in Österreich	5
2.2 Auswirkungen von Perioden mit geringem Niederschlag auf das Grünland	6
2.3 Ökologische Funktionen von Wirtschaftsgrünland im Vergleich zu Ackerland	9
2.4 Aktuelle Nutzung von Grünland in Österreich	13
2.5 Nutzung von Grünlanderntegut für die Produktion von Biogassubstrat und Brennstoff.....	15
2.5.1 Biogas	16
2.5.2 Verbrennung	19
3 Material und Methoden	23
3.1 Standorte	23
3.1.1 Klima	23
3.1.2 Boden	24
3.2 Methoden	26
3.1.1 Gräserarten und Parzellenplan	26
3.1.2 Saat und Pflege der Versuche	28
3.1.2.1 Etablierung	28
3.1.2.2 Düngung.....	29
3.1.2.3 Erntemanagement	30
3.2 Datenerhebung.....	31
3.2.1 Verfügbarer mineralischer Stickstoff im Boden	31
3.2.2 Stickstoffeffizienz und Stickstoffbilanz.....	31
3.2.3 Ertragsparameter und Entwicklungsverlauf.....	32
3.2.4 Qualitätsparameter	33
3.3 Mathematisch-statistische Verrechnung	38
4 Ergebnisse und Diskussion	40
4.1 Wachstums- und Entwicklungsverlauf	40
4.1.1 Ertrag und Konkurrenzverhalten.....	40

4.1.2	Krankheiten	51
4.1.3	Rispen-/Ährenschieben	53
4.1.4	Lageranfälligkeit	54
4.1.5	Charakterisierende Merkmale der Gräserarten im Überblick	55
4.2	Auswirkungen auf Umwelt und Stoffflüsse	56
4.2.1	Invasivität der unterschiedlichen Gräserarten	56
4.2.2	Verfügbare mineralisierter Stickstoff (N_{min}) im Boden	57
4.2.3	Stickstoffeffizienz (NOI) und Stickstoffbilanz	62
4.2.4	Nährstoffentzüge	66
4.3	Qualitätskriterien Biogassubstrat	70
4.3.1	Methanausbeute	70
4.3.2	Methan-Hektarertrag	74
4.3.3	Bedeutung der Biomassequalität für die Biogasproduktion	80
4.4	Brennstoffeigenschaften ausgewählter Gräser	82
4.4.1	Ascheschmelzpunkt	82
4.4.2	Inhaltstoffe mit Wirkung auf Emissionen	84
4.4.3	Brennwert, Heizwert und Wassergehalt	85
4.4.4	Auswirkungen der Brennstoffqualität auf den Verbrennungsprozess	87
4.5	Futterqualität	89
4.5.1	Rohfasergehalt	89
4.5.2	Verdaulichkeit	92
4.5.3	Energiegehalt	94
4.5.4	Rohproteingehalt	97
4.5.5	Rohproteintrag	99
4.5.6	Schwefelgehalt	101
4.5.7	Einsatzmöglichkeiten der angeführten Gräser in der Fütterung	102
5	Conclusio und Ausblick	109
6	Literaturverzeichnis	112
7	Ehrenwörtliche Erklärung	126
8	Anhang	127
8.1	Eigene Publikationen	127
8.2	Ergänzende Datensätze	129
8.2.1	Boniturergebnisse	129
8.2.2	Ertragsergebnisse	137
8.2.3	Analysenergebnisse	145

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

% Fl.	Deckungsgrad in % Fläche	n	Stickprobenumfang
CaO	Calciumoxid	Na	Natrium
CH ₄	Methan	NEL	Netto Energie Laktation
CO ₂	Kohlendioxid	NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
ct	Euro Cent	NI	Normliter
Cu	Kupfer	N _{min}	verfügbarer mineralisierter Stickstoff
DM	Dry matter	NO ₃	Nitrat
DOM	Digestible organic matter	NOI	Stickstoffeffizienz
Fe	Ferrum, Eisen	NO _x	Stickoxide
HCl	Chlorwasserstoff	nXP	Nutzbares Rohprotein
hPa	Hektopascal	oTS	organische Trockensubstanz
H _{s, wf}	Brennwert des wasserfreien Materials	P ₂ O ₅	Diphosphorpentoxid
i.d.TM	in der Trockenmasse	PR > F	probability of F
K	Kelvin	S	Schwefel
K ₂ O	Dikaliumoxid	SO ₂	Schwefeldioxid
kWh _{el}	Kilowattstunde elektrisch	TM	Trockenmasse
L/m ²	Liter pro Quadratmeter	vgl.	vergleiche
ME	Metabolizable energy	Wdh.	Wiederholung
MgO	Magnesiumoxid	wf	wasserfrei
MJ	Megajoule	XA	Rohasche
ml _N	ml im Normzustand	XF	Rohfaser
Mn	Mangan	XL	Rohfett
N	Nitrogenium, Stickstoff	Zn	Zink
N ₂	Distickstoff	α	Signifikanzniveau

Abkürzungsverzeichnis Pflanzenarten

Abkürzung	Name latein	Name deutsch	Name englisch
<i>A. desertorum</i>	<i>Agropyron desertorum</i> Schult.	Wüsten-Weizengras*	Desert wheatgrass
<i>A. elatius</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv.	Glatthafer, Frommental	Tall oatgrass
<i>A. elongatum</i>	<i>Agropyron elongatum</i> (Host) P.Beauv.	Riesen-Weizengras*	Tall wheatgrass
<i>A. gigantea</i>	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Hohes Straußgras	Redtop
<i>A. intermedium</i>	<i>Agropyron intermedium</i> (Host) P.Beauv.	Mittleres Weizengras*	Intermediate wheatgrass
<i>A. repens</i>	<i>Agropyron repens</i> (L.) P.Beauv.	Kriechende Quecke	Quackgrass
<i>A. trachycaulum</i>	<i>Agropyron trachycaulum</i> (Link) Malte	Western-Raygras*	Western ryegrass
<i>B. inermis</i>	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	Wehrlose Trespe	Smooth brome
<i>B. marginatus</i>	<i>Bromus marginatus</i> Steud.	Gebirgstrespe*	Mountain brome
<i>D. glomerata</i>	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Knaulgras	Orchardgrass
<i>E. hoffmannii</i>	<i>Elymus hoffmannii</i> Jensen & Asay	Salz-Weizengras*	Green wheatgrass
<i>E. junceus</i>	<i>Elymus junceus</i> Fisch.	Russischer Wildroggen*	Russian wildrye
<i>F. arundinacea</i>	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Rohrschwengel	Tall fescue
<i>P. virgatum</i>	<i>Panicum virgatum</i> L.	Mehrjährige Rutenhirse	Switchgrass

* nach SCHRABAUER (2010a)

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Klimakennwerte der Versuchsstandorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	23
Tabelle 2:	Bodenkennwerte der Versuchsstandorte St. Leonhard/F. und Groß Enzersdorf	25
Tabelle 3:	Bodenanalysewerte der Versuchsstandorte St. Leonhard/F. und Groß Enzersdorf (Jahr 2007)	25
Tabelle 4:	Bezeichnungen der Versuchgräser in latein, deutsch und englisch, Verbreitungsgebiet und Sortenbezeichnung.....	27
Tabelle 5:	Kategorisierung von Futterqualitätskriterien nach BUCHGRABER et al. (2008) ..	37
Tabelle 6:	Analysenplan für Elementaranalysen, Brennstoffanalysen, Weender Futtermittelanalysen, Bestimmungen der Biogasausbeute und der Verdaulichkeit der organischen Substanz	38
Tabelle 7:	F-Statistik vom bereinigten TM-Ertrag und vom Bodenbedeckungsgrad der ausgesäten Grasart	40
Tabelle 8:	Bereinigter TM-Jahresertrag und Ertragsveränderung von <i>Dactylis glomerata</i> und <i>Agropyron elongatum</i> „Szarvsi I“ bei Erhöhung des N-Düngerangebotes	49
Tabelle 9:	Krankheitsbefall der Gräserarten bzw. Sorten, kurz vor der Ernte erhoben ...	52
Tabelle 10:	Anteil Pflanzen mit Fruchtständen und Lager der Gräserarten bzw. Sorten, kurz vor der Ernte	53
Tabelle 11:	Charakterisierende Merkmale der Gräserarten, Wachstums- und Entwicklungsverlauf (SCHRABAUER, 2013)	55
Tabelle 12:	Invasivität der unterschiedlichen Gräser, kurz vor der Ernte erhoben	57
Tabelle 13:	F-Statistik des N _{min} -Gehaltes im Boden bei Mehrschnittnutzung	58
Tabelle 14:	F-Statistik der Stickstoffeffizienz (NOI) und der Stickstoffbilanz.....	62
Tabelle 15:	Stickstoffeffizienz (NOI) unterschiedlicher Grasarten bzw. Sorten bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung ..	65
Tabelle 16:	Stickstoffbilanz unterschiedlicher Grasarten bzw. Sorten bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung ..	66
Tabelle 17:	Entzüge in kg pro t TM-Ertrag bei den Makronährstoffen N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, S, CaO, MgO und Na mit dem Erntegut bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung am Standort Groß Enzersdorf, Versuchsjahr 2009	67
Tabelle 18:	Entzüge in kg pro t TM-Ertrag bei den Mikronährstoffen Fe, Cu, Zn und Mn mit dem Erntegut bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung am Standort Groß Enzersdorf, Versuchsjahr 2009	68

Tabelle 19:	F-Statistik der Methanausbeute (Spezifischer Methanertrag), Tage 1 bis 7 sowie 1 bis 39	70
Tabelle 20:	F-Statistik vom Methan-Hektarertrag	74
Tabelle 21:	Methankonzentration in Vol.-% des trockenen Gases und Organische Masse in g OM kg TM ⁻¹ von ausgewählten Gräserarten und Sorten	80
Tabelle 22:	Aschekonsistenz bei Veraschung bei 900°C und 1000°C ausgewählter Gräser bei Einschnittnutzung im Vergleich zu Holz, `Miscanthus`, Getreidestroh und Maisspindeln	83
Tabelle 23:	Stickstoff- und Schwefelgehalte in % TS der ausgewählten Gräserarten und Sorten bei Einschnittnutzung (n=1) im Vergleich zu Holz und Miscanthus `Giganteus`	84
Tabelle 24:	Brennwert H _{s, wf} von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung (n=1) im Vergleich zu Holz und Miscanthus `Giganteus`	86
Tabelle 25:	Trockensubstanzgehalt in % FM bei der Ernte sowie Aschegehalt in % TS bei Veraschung bei 815°C von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung (n=1) im Vergleich zu Holz	86
Tabelle 26:	F-Statistik von der Verdaulichkeit der organischen Substanz und vom Rohproteingehalt	92
Tabelle 27:	F-Statistik von Nettoenergie Laktation (NEL) und Schwefelgehalt	95
Tabelle 28:	Energiegehalt (MJ ME) und nutzbares Rohprotein (nXP) bei ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten, Mehrschnittnutzung und N-Standard bzw. N-Steigerung	97
Tabelle 29:	F-Statistik vom bereinigten Rohproteinertrag	100
Tabelle 30:	Bereinigter Rohproteinertrag in kg XP ha ⁻¹ ausgewählter Gräserarten bei Mehrschnittnutzung sowie unterschiedlicher N-Düngung	100
Tabelle 31:	Energiegehalt (NEL), Verdaulichkeit und Rohproteingehalt ausgewählter Gräserarten bzw. Sorten bei Zwei- bis Dreischnittnutzung und erwartetes Potenzial für eine Futterqualitätssteigerung durch Intensivierung	106

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Dauergrünlandflächen in Hektar und Anteil der Dauergrünlandflächen an der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Österreich nach Gemeinden (STATISTIK AUSTRIA, 2014b)	5
Abbildung 2: Dauer von Trockenperioden während der Vegetationszeit, langjähriges Mittel (NOBILIS et al., 2007; SCHAUMBERGER, 2015)	7
Abbildung 3: Ansprüche an die Wasserverfügbarkeit von wichtigen Wiesengräsern, eigene Darstellung nach DIETL und LEHMANN (2004)	9
Abbildung 4: Beispiele für spezifische Reaktionen des organisch gebundenen Kohlenstoffes im Boden bei Umwandlung von a, b: Grünland in Ackerland, c: Ackerland in Wald und d: Ackerland in Grünland in einer Bodentiefe von 0 bis 30 cm, einem Tongehalt von 30 % (b, d) und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,1°C (a, c), MAP = mean annual precipitation, MAT = mean annual temperature (POEPLAU et al., 2011)	11
Abbildung 5: Energiebezogener Substrateinsatz in Österreich und Deutschland im Jahr 2013 (ARGE KOMPOST UND BIOGAS ÖSTERREICH, 2013, zitiert nach STÜRMER et al. 2014; OMNICERT, 2014, zitiert nach STÜRMER et al., 2014)	17
Abbildung 6: Geographische Verteilung der Biogasanlagen und der Maisanbauflächen in Österreich, ergänzt nach PÖTSCH (2008) und STATISTIK AUSTRIA (2014b)	18
Abbildung 7: Geographische Lage der Versuchsstandorte Groß Enzersdorf (Marchfeld) und St. Leonhard/F. (Alpenvorland) in Österreich	24
Abbildung 8: Niederschlag in mm und Monatsmittel in °C der Jahre 2009 und 2010 im Vergleich zum langjährigen Mittel, Versuchsstandorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	24
Abbildung 9: Versuchsanlage in St. Leonhard/F., aufgenommen am 12. Mai 2010 (links), Versuchsanlage in Groß Enzersdorf, aufgenommen am 25. Mai 2008 (rechts)	27
Abbildung 10: Parzellenplan und Varianten der Feldversuche an den Standorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	28
Abbildung 11: Hohenheimer Biogasertragstest: Kolbenprober in drehbarer Trommel (links), Gasanalyse (rechts)	36
Abbildung 12: Hohe Lageranfälligkeit und teilweise geringe Ausdauer des Versuchsgrases <i>A. elongatum</i> : Lager am Standort St. Leonhard/F. bei Einschnittnutzung, (links), durch Ruderalpflanzen überwuchertes Bestand am Standort St. Leonhard/F. bei Mehrschnittnutzung und 75 kg N (ha*Aufwuchs) ⁻¹ (rechts), 26. Juli 2010	42
Abbildung 13: Korrigierte TM-Jahreserträge in kg ha ⁻¹ bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	46

Abbildung 14: Bodenbedeckungsgrad der gesäten Gräser und nicht gesäten Ruderalpflanzen bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	47
Abbildung 15: Korrigierte TM-Jahreserträge in kg ha ⁻¹ bei Einschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	48
Abbildung 16: Bodenbedeckungsgrad der gesäten Gräser und nicht gesäten Ruderalpflanzen bei Einschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	48
Abbildung 17: Korrigierte TM-Jahreserträge in kg ha ⁻¹ bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	50
Abbildung 18: Bodenbedeckungsgrad der gesäten Gräser und nicht gesäten Ruderalpflanzen bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.	51
Abbildung 19: N _{min} -Gehalte auf <i>D. glomerata</i> und <i>A. elongatum</i> Parzellen bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung im Frühjahr, Sommer und Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010, Standort Groß Enzersdorf (n=3)	59
Abbildung 20: N _{min} -Gehalte auf <i>D. glomerata</i> und <i>A. elongatum</i> Parzellen bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung im Frühjahr, Sommer und Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010, Standort St. Leonhard/F. (n=3)	60
Abbildung 21: N _{min} -Gehalte im Boden unter ausgewählten Gräserarten bei Standarddüngung und Mehrschnittnutzung im Sommer und Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Jahr 2010, an den Standorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F. (n=1).....	61
Abbildung 22: N _{min} -Gehalte im Boden unter ausgewählten Gräserarten bei Einschnittnutzung im Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Jahr 2010, an den Standorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F. (n=1)	61
Abbildung 23: Mittlere Methanausbeuten in NI kg o TS ⁻¹ bei ausgewählten Gräsern bei Mehrschnittnutzung/Standarddüngung im Vergleich zu Silomais (n=10)	72
Abbildung 24: Mittlere Methanausbeuten in NI kg o TS ⁻¹ bei ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung im Vergleich zu Silomais (n=2), Versuchsjahr 2010.....	72
Abbildung 25: Mittlere Methanausbeuten in NI kg o TS ⁻¹ bei <i>D. glomerata</i> bei Mehrschnittnutzung und unterschiedlicher N-Düngung im Vergleich zu Silomais (n=10)	73
Abbildung 26: Methanerträge in m ³ ha ⁻¹ von ausgewählten Gräsern bei Mehrschnittnutzung und Standarddüngung am Standort Groß Enzersdorf im Vergleich zu Silomais	76

Abbildung 27: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von ausgewählten Gräsern bei Mehrschnittnutzung und Standarddüngung am Standort St. Leonhard/F. im Vergleich zu Silomais.....	77
Abbildung 28: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung am Standort Groß Enzersdorf im Vergleich zu Silomais.....	77
Abbildung 29: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung am Standort St. Leonhard/F. im Vergleich zu Silomais	78
Abbildung 30: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von <i>D. glomerata</i> bei Mehrschnittnutzung und unterschiedlicher N-Düngung am Standort Groß Enzersdorf im Vergleich zu Silomais.....	79
Abbildung 31: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von <i>D. glomerata</i> bei Mehrschnittnutzung und unterschiedlicher N-Düngung am Standort St. Leonhard/F. im Vergleich zu Silomais.....	79
Abbildung 32: Rohfasergehalt unterschiedlicher Gräserarten in g kg TM^{-1} bei Standarddüngung und Mehrschnittnutzung im Versuchsjahr 2009 (n=4)	90
Abbildung 33: Rohfasergehalt unterschiedlicher Gräserarten in g kg TM^{-1} bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung im Versuchsjahr 2009 (n=4).....	90
Abbildung 34: Mittleres Entwicklungsstadium der ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten bei der Ernte, Mehrschnittnutzung, Versuchsjahre 2009 und 2010 (in Anlehnung an BUCHGRABER et al., 1994)	91
Abbildung 35: Verdaulichkeit der organischen Substanz unterschiedlicher Gräserarten in % o TS bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6).....	94
Abbildung 36: Verdaulichkeit der organischen Substanz unterschiedlicher Gräserarten in % o TS bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)	94
Abbildung 37: Energiegehalt (MJ NEL) unterschiedlicher Gräserarten bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)	96
Abbildung 38: Energiegehalt (MJ NEL) unterschiedlicher Gräserarten bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6).....	96
Abbildung 39: Rohproteingehalt ausgewählter Gräserarten in g kg TM^{-1} bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)	98
Abbildung 40: Rohproteingehalte in g kg TM^{-1} ausgewählter Gräserarten bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)	99
Abbildung 41: Schwefelgehalt in % TS ausgewählter Gräserarten bei Mehrschnittnutzung in den Jahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)	101
Abbildung 42: Schwefelgehalt in % TS ausgewählter Gräserarten bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6).....	102

Abbildung 43: Energiegehalte (MJ ME) von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf ausgewählter Tierarten.....	107
Abbildung 44: Energiegehalte (MJ NEL) von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf bei Milchkühen in unterschiedlichen Laktationsphasen	107
Abbildung 45: Rohproteingehalte in g XP kg TM ⁻¹ von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf ausgewählter Tierarten im Überblick	108
Abbildung 46: nXP-Gehalte in g kg TM ⁻¹ von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf bei Milchkühen in unterschiedlichen Laktationsphasen	108
Abbildung 47: Etablierung als Maisuntersaat in einem Vorversuch führte nur bei <i>F. arundinacea</i> zum Erfolg (links), durch Maisuntersaat etablierter <i>F. arundinacea</i> -Bestand im Jahr nach der Saat, aufgenommen am Standort St. Leonhard/F.	110
Abbildung 48: Etablierung von <i>F. arundinacea</i> als Maisuntersaat in einem Vorversuch zu den Terminen Juni (links) und August (rechts), aufgenommen am Standort St. Leonhard/F.	111

1 EINLEITUNG, PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

1.1 Einleitung

Der Erhalt von Dauer- und Wechselgrünland ist von ökologischer Bedeutung. Grünlandflächen sind im Vergleich zu Ackerflächen bezüglich der Merkmale Biodiversität, Regenverdaulichkeit und Gewässerschutz meist im Vorteil. Die Umwandlung von Grünland in Ackerflächen führt stets zu einem Verlust von Kohlenstoff aus dem Boden (GUO und GIFFORD (2002) und oft zu erhöhter Stickstoffauswaschung (KAYSER et al., 2008).

Mitteuropäische Grünlandflächen waren bereits in der Vergangenheit in Abhängigkeit von Standort und Witterung in der Aufwuchsleistung mehr oder minder stark von Trockenheit betroffen.

Bei fortschreitendem Klimawandel wird Grünland als Dauerkultur durch das Auftreten von Hitzeperioden und dadurch bedingtem Wassermangel als hoch vulnerabel (verwundbar) eingestuft. Besonders gefährdet ist in Österreich Grünland in Regionen mit unter 600 L/m² Jahresniederschlag, 28% der Grünlandflächen fallen derzeit in diesen Risikobereich. Die Züchtung und der gezielte Einsatz von wassersparenden, hitzetoleranten Nutzpflanzen (Art/Sorte) im Sinne einer regional angepassten Bewirtschaftung wurde im Zuge der Klimawandelanpassungsstrategie als Handlungsoption definiert (HAAS et al., 2008). Grünland trägt durch Humusmehrung (CO₂-Senke) und Produktion nachwachsender Rohstoffe zur Verlangsamung des Klimawandels bei.

1.2 Problemstellung

In der über tausend Jahre alten Geschichte des Grünlandes in Europa gab es mehrmals Änderungen der Rahmenbedingungen, welche Auswirkungen auf die botanische Zusammensetzung der Wiesen und Weiden hatten oder Maßnahmen wie z.B. die Etablierung von geeigneten Pflanzenarten notwendig machten. Waren es früher Weidetiere, so sind es später Heuerntemaschinen, welche die Grasbestände in der Artenzusammensetzung beeinflussen. Die Praxis der 2-Schnitt-Wiese geht auf über 1 000 Jahre zurück (ELLENBERG, 1963). Seit einigen Jahrzehnten haben der Einsatz von Düngern und

die Aussaat von Gräsern zur Produktionssteigerung großen Einfluss auf die Zusammensetzung der Grünlandbestände (SCHOLZ, 1975; BUCHGRABER und GINDL, 2004).

Früher war das Produktionsziel auf Futter mit mäßigem Energie- und Eiweißgehalt für die Versorgung von Arbeitspferden sowie extensiv gehaltenen Rindern, Schafen und Ziegen ausgerichtet. Derzeit steht die Produktion von nährstoffreichem Futter für Hochleistungstiere und vereinzelt auch für Freizeittiere im Vordergrund.

In jüngster Zeit gewinnt die Erzeugung von Substraten für Biogasanlagen, Heizmaterialien, Rohstoffen für die Produktion von Treibstoffen der zweiten Generation (Biomass-to-Liquid) oder Ausgangsmaterialien für Papier, Pflanzen-Kunststoffe, Pflanzen-Leichtbeton, Isoliermaterial und als Bewehrung in Lehmziegeln an Bedeutung (ASHOUR et al., 2010; DIGMAN et al., 2010; ELBERSEN et al., 2004; HEATON et al., 2008; SAKULIN et al., 2009; SANDERSON et al., 2007, TONN et al., 2011).

Viele der bisher in Europa für diese Zwecke angebauten Energiepflanzen wie Miscanthus 'Giganteus' oder Energieholz im Kurzumtrieb werden überwiegend vegetativ vermehrt. Energiepflanzen, welche über Samen vermehrt werden können, weisen folgende Vorzüge auf:

- Rasche und einfache Etablierung,
- Ernte noch im Anlagejahr oder im Jahr nach der Anlage möglich, dadurch rasche Amortisation der Anlagekosten,
- Möglichkeit einer kostengünstigen sowie raschen Rückführung von Energiepflanzenbeständen in Acker- oder Futterflächen und
- phytosanitäre Vorteile (insbesondere Virusübertragung).

Nach PÖTSCH (2006) besteht in Österreich im Bereich Biogasproduktion aus Grünlandbiomasse Forschungsbedarf. Der Autor empfiehlt die Prüfung unterschiedlicher Arten und Sorten von Grünlandfutterpflanzen sowie entsprechender Mischungen für das Dauergrünland und den Feldfutterbau. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Gräserarten in Österreich erstmals einzeln (nicht in Mischungen) auf deren Eignung als Biogassubstrat untersucht.

1.3 Zielsetzung und Fragestellung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit in Mitteleuropa kaum angebauten, perennierenden Gräserarten, welche eine im Vergleich zu üblichen Futtergräsern erhöhte Trockentoleranz erwarten lassen und über Samen vermehrt werden können. Im Fokus steht die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen sowie rohfaserreicherem Futter für extensiv gehaltene Nutztiere. Das Schnittregime (Einschnittnutzung für die Erzeugung von Brennstoffen, Zwei- oder Dreischnittnutzung für die Produktion von Biogas sowie rohfaser- und strukturreichen Futtermitteln) wird darauf ausgerichtet. Diese im Vergleich zu intensivem Grünland geringe Schnittfrequenz soll einerseits zur Senkung der Erntekosten und andererseits zur Reduzierung unerwünschter Inhaltsstoffe bei bestimmten Verwendungen (z.B. geringer Stickstoffgehalt bei Heizmaterial) beitragen.

Die Ergebnisse aus der Etablierungsphase wurden in der Masterarbeit ausgewertet (SCHRABAUER, 2010a). Diese beinhaltet auch eine Literaturübersicht der untersuchten Gräserarten. Ausgewählte Ergebnisse wurden mehrfach in Tagungsbänden (SCHRABAUER et al., 2009a; SCHRABAUER et al., 2009b; SCHRABAUER et al., 2010a; SCHRABAUER et al., 2010b; SCHRABAUER et al., 2014a) und Fachzeitschriften (SCHRABAUER und HUMER, 2009; SCHRABAUER, 2010b; SCHRABAUER, 2013) publiziert.

In der vorliegenden Arbeit werden Teile der Kapitel „Einleitung“, „Material und Methoden“, „Wachstums- und Entwicklungsverlauf“ sowie „Auswirkungen auf Umwelt und Stoffflüsse“ aus SCHRABAUER et al. (2014b) angeführt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, ertragsstabile Gräserarten für den mitteleuropäischen Raum zu finden, welche unterschiedliche Verwertungsmöglichkeiten erlauben, und deren Anbau ökologisch verträglich ist. Durch Prüfung pflanzenbaulicher Eigenschaften soll eine Vorauswahl von anbauwürdigen Arten erfolgen. Von den Gräserarten mit der größten Anbauwürdigkeit werden die Verwertungsmöglichkeiten des Erntegutes als Biogassubstrat, Brennstoff und strukturreiche Futterkomponente sowie die Auswirkungen des Anbaues auf die Umwelt untersucht.

Nichtziele dieser Arbeit sind die Evaluierung der tatsächlichen Trockentoleranz sowie der Eignung als Futter, welches über die Anforderungen einer rohfaserreichen Strukturkomponente hinausreicht.

Folgende Versuchsfragen werden bearbeitet:

1. Bestehen bezüglich TM-Ertrag, Ausdauer, Lageranfälligkeit und Halmanteil in Abhängigkeit des Standortes und der Schnitthäufigkeit Unterschiede zwischen alternativen Gräserarten und häufig angebauten Futtergräsern?
2. Eignet sich das Erntegut von alternativen Gräserarten aufgrund der stofflichen Zusammensetzung, der Methanausbeute, der Verschlackungsneigung und der wichtigsten Futterqualitätsmerkmale in Abhängigkeit verschiedener Schnitthäufigkeiten potenziell für die Produktion von Biogassubstrat, Brennstoff und strukturreichem Futter?
3. Welchen Einfluss hat die Höhe der N-Düngung der bedeutenden Arten *Dactylis glomerata* und *Agropyron elongatum* auf die Merkmale Lageranfälligkeit, Ausdauer und Nitratauswaschung?
4. Welchen Einfluss hat die Höhe der N-Düngung der bedeutenden Arten *Dactylis glomerata* und *Agropyron elongatum* auf den TM-Ertrag, die Methanausbeute und die wichtigsten Futterqualitätsmerkmale?
5. Kommt es beim Anbau von alternativen Gräserarten zu einer ökologisch problematischen invasiven Ausbreitung?

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Bedeutung des Grünlandes in Österreich

Aufgrund der topographischen Besonderheiten verfügt Österreich über einen entsprechend hohen Grünlandanteil. 15,5 % der österreichischen Staatsfläche entfallen auf Grünland, EU-weit beträgt der Anteil 13,2 % (EUROSTAT, 2010; STATISTIK AUSTRIA, 2014a). Von der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Österreich waren im Jahr 2013 1,36 Millionen Hektar (50,5 %) Acker- und 1,30 Millionen Hektar (49,5 %) Dauergrünland. 56,5 % des österreichischen Grünlandes werden extensiv, als Almen, Bergmäher, jährlich zweimal genutzte Mähwiesen/-weiden, Hutweiden, Streuwiesen, einmähdige Wiesen sowie Grünlandbrachen („GLÖZ G“, „Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand Grünland“), bewirtschaftet. Intensiv genutztes Wirtschaftsgrünland nimmt 43,5 % der Dauergrünlandflächen ein und umfasst Mähwiesen/-weiden mit drei und mehr Nutzungen sowie Dauerweiden. Zudem werden auf 0,16 Millionen Hektar Ackerfläche ein- und mehrjähriger Feldfutterbau betrieben.

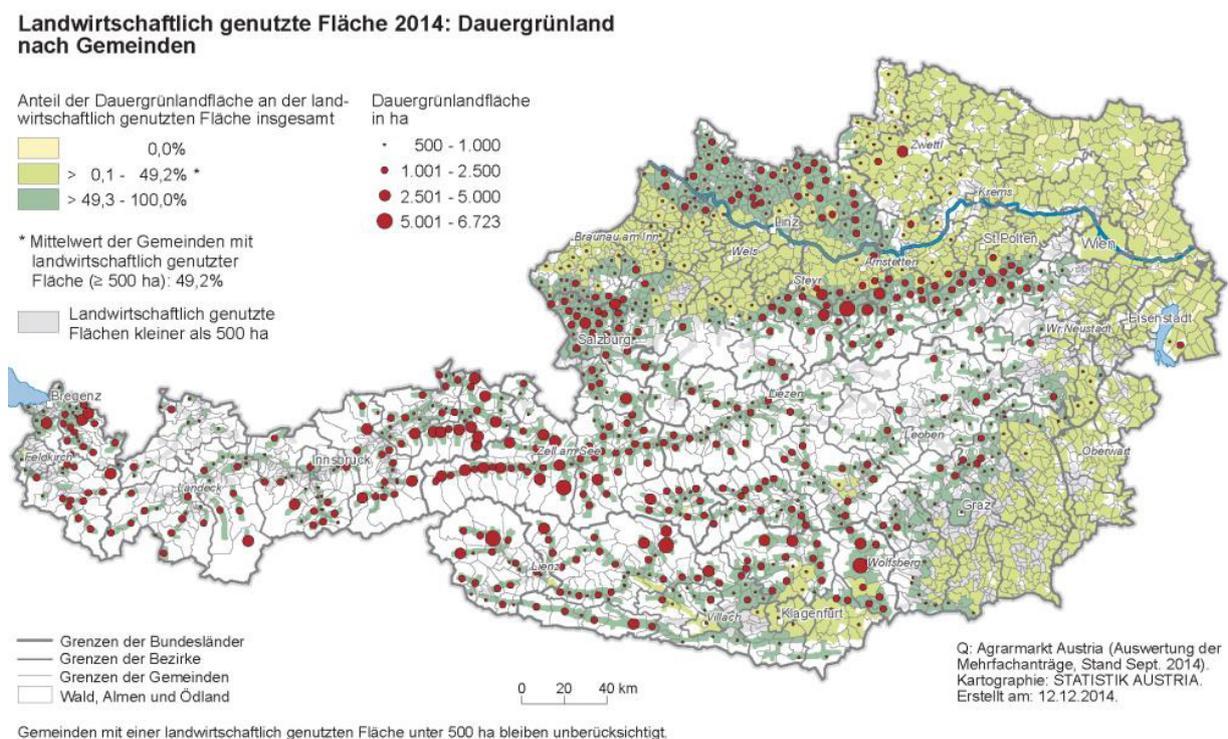


Abbildung 1: Dauergrünlandflächen in Hektar und Anteil der Dauergrünlandflächen an der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Österreich nach Gemeinden (STATISTIK AUSTRIA, 2014b)

Der überwiegende Anteil der Grünlandflächen liegt im Berggebiet. Die im Westen Österreichs gelegenen Bundesländer Vorarlberg, Salzburg und Tirol weisen mit 36,3 %, 26,7 % und 20,5 % der Nutzfläche die höchsten Grünlandanteile auf (Datenstand 2013; STATISTIK AUSTRIA, 2014a).

2.2 Auswirkungen von Perioden mit geringem Niederschlag auf das Grünland

In den vergangenen Jahrzehnten traten immer wieder Perioden mit geringem Niederschlag auf, hervorzuheben sind insbesondere die Jahre 2003 und 2013. Die Ertragseinbußen im Grünland betragen österreichweit im Vergleich zu Normaljahren im Jahr 2003 15 % (BUCHGRABER et al., 2004) und im Jahr 2013 7 % (BMLFUW, 2013; BMLFUW, 2014a). Das Wasserdefizit im Jahr 2003 verursachte auf rund 500 000 Hektar Grünland Ertragsausfälle von mehr als 20 % und Gesamtschäden (inkl. Folgeschäden und Rekultivierungsmaßnahmen) von rund 263 Mio. Euro (BUCHGRABER et al., 2004). Von der Trockenheit besonders betroffene Betriebe mussten für die Versorgung der Nutztiere Ersatzfuttermittel zukaufen. Da Dürreschäden im Grünland bis 2015 nicht versicherbar waren, wurden 2003 und 2013 Finanzmittel aus dem Katastrophenfonds zur Abfederung der Zusatzaufwendungen zur Verfügung gestellt (BMLFUW, 2014b).

Die im Jahr 2003 gesammelten Daten wurden wissenschaftlich ausführlich analysiert und bei der Prüfung verschiedener Berechnungsmodelle für die flächendeckende Bestimmung von Trockenschäden im Grünland auf Feldebene mitberücksichtigt (EITZINGER et al., 2006; SCHAUMBERGER, 2005; SCHAUMBERGER, 2007; SCHAUMBERGER, 2011). Auf Basis dieser Arbeiten wird nun erstmalig in Europa ab dem Jahr 2015 eine Versicherung gegen Dürreschäden im Grünland angeboten (ÖSTERREICHISCHE HAGELVERSICHERUNG, 2015).

Der Klimawandel wird als fortwährend größer werdende Gefahr für das Grünland bewertet. In allen von IPCC (2014) untersuchten Klimawandelszenarien gelten eine Erwärmung der globalen Erdoberflächentemperatur sowie ein häufigeres und längeres Auftreten von Hitzeperioden und dadurch bedingtem Wassermangel als sehr wahrscheinlich. Im Vergleich zur Periode 1986 bis 2005 wird in drei der vier untersuchten Szenarien eine Erwärmung von mindestens 1,5°C als sehr wahrscheinlich eingeschätzt.

Als besonders gefährdet gelten Regionen mit etwa 600 mm Jahresniederschlag, welche sich im sogenannten „Trockengürtel“, außerhalb des niederschlagsreichen Berggebietes, befinden. Insbesondere im Wald- und Mühlviertel besteht aufgrund ungünstiger Bodenverhältnisse und prognostizierter Trockenperioden eine hohe Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel. Am Ostalpenrand gelten aufgrund der deutlicheren Niederschlagsabnahme und wärmeren Temperaturen vor allem die Übergangsregionen von Grünland und Ackerland als gefährdet (BUCHGRABER et al., 2004; EITZINGER, 2007).

Bereits im Zeitraum 1960 bis 1990 lagen 48 % des Grünlandes im Burgenland und 8 % des Grünlandes in Niederösterreich im Mittel unterhalb der besonders kritischen Jahresniederschlagsmenge von 600 mm. 28 % des österreichischen Grünlandes werden der Wasserversorgungszone „Grünland trocken“ zugeordnet. In dieser Zone besteht eine große Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Trockenperioden (BUCHGRABER und SCHAUMBERGER, 2006).

Abbildung 2 gibt einen Überblick der Dauer von Trockenperioden nach Definition des Hydrografischen Zentralbüros HZB während der Vegetationszeit im Mittel der Jahre 1971 bis 1999. (NOBILIS ET AL., 2007; SCHAUMBERGER, 2015).

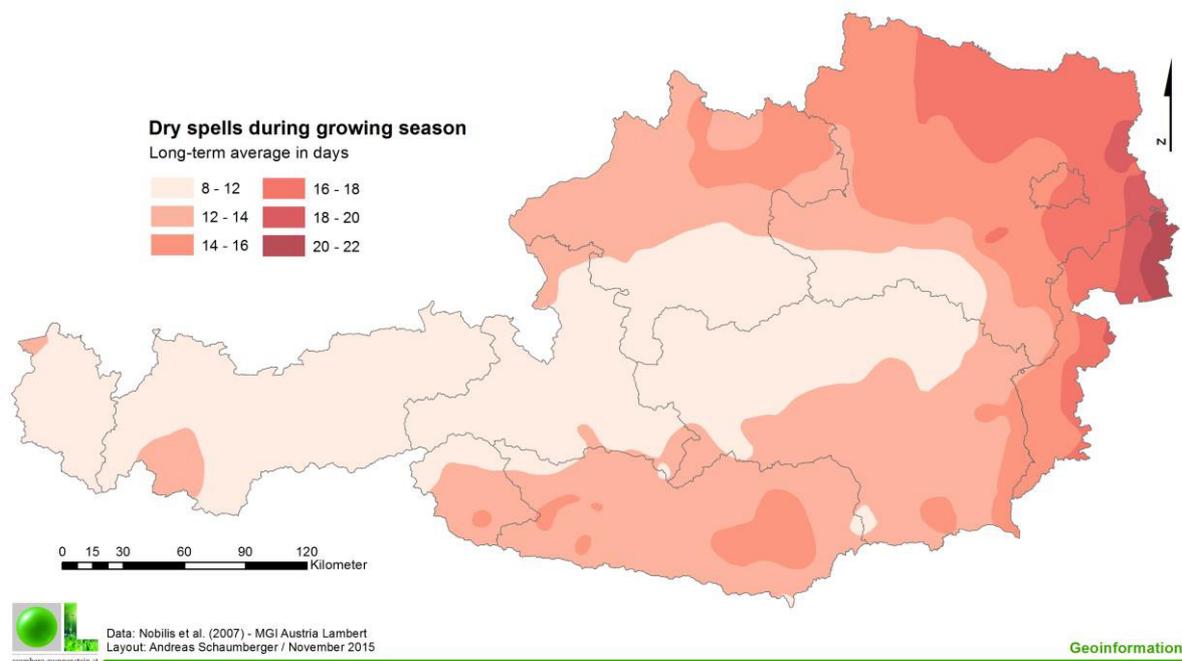


Abbildung 2: Dauer von Trockenperioden während der Vegetationszeit, langjähriges Mittel (NOBILIS ET AL., 2007; SCHAUMBERGER, 2015)

In höheren Lagen mit über 800 mm Niederschlag kann es durch den Klimawandel zu einer Steigerung der Grünlanderträge kommen, sofern keine erhöhte Trockenstressgefahr aufgrund seichter Böden ohne Grundwasseranschluss besteht (FORMAYER et al., 2001; HAAS et al., 2008). Zur detaillierten Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels auf das Grünland im Alpenraum wurde am Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft der HBLFA Raumberg-Gumpenstein im Jahr 2009 eine Versuchsanlage („ClimGrass-Anlage“) mit den Faktoren Temperatur, CO₂-Konzentration und Niederschlag in Betrieb genommen (PÖTSCH und HERNDL, 2014).

Von einer Änderung der Artenzusammensetzung im Grünland wird ausgegangen. Eine Umstellung in der Grünlandartenzusammensetzung ist im Dauergrünland schwieriger als im Feldfutterbau und ein langfristiger Prozess, der mit hohen Investitionskosten verbunden ist. (HAAS et al., 2008).

Der gezielte Einsatz von wassersparenden, hitze- und ozontoleranten Kulturpflanzen (Art/Sorte) im Sinne einer regional angepassten Bewirtschaftung wurde als Handlungsempfehlung für die Anpassung an den Klimawandel definiert. Das Ziel der Anpassungsmaßnahme soll die Auswahl und der Einsatz von Kulturpflanzenarten für die wechselnden klimatischen Bedingungen sein. Es besteht Forschungsbedarf, um Arten/Sorten mit ausgeprägten Toleranzen gegenüber Trockenheit, Überschwemmungen, Hitze, Ozon und Schadorganismen für die landwirtschaftliche Praxis bereitzustellen (HAAS et al., 2008).

Das derzeit in Mitteleuropa verwendete Spektrum an Wiesengräsern weist bereits eine deutliche Variabilität bezüglich der Ansprüche an die Wasserverfügbarkeit auf (Abbildung 3). Laut OGLE et al. (2012) haben unter anderem folgende Gräserarten geringere oder mit *Festuca ovina* vergleichbare Niederschlagsansprüche: *Elymus junceus*, *Agropyron cristatum*, *Agropyron trachycaulum*, *Agropyron intermedium*, *Agropyron elongatum*, *Elymus hoffmannii*, *Bromus erectus*, *Bromus inermis*, *Bromus marginatus* und *Festuca arundinacea*. Sechs neue, potenziell trockenolerante Gräserarten wurden von GRAISS et al. (2011) auf zwei österreichischen Standorten mit unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit untersucht. Die Autoren wiesen den Gräserarten *Festulolium loliaceum*, *Bromus erectus* und *Festuca arundinacea* am trockeneren Standort ein besonders hohes Ertragspotenzial aus, welches über *Dactylis glomerata* und *Festuca pratensis* lag.

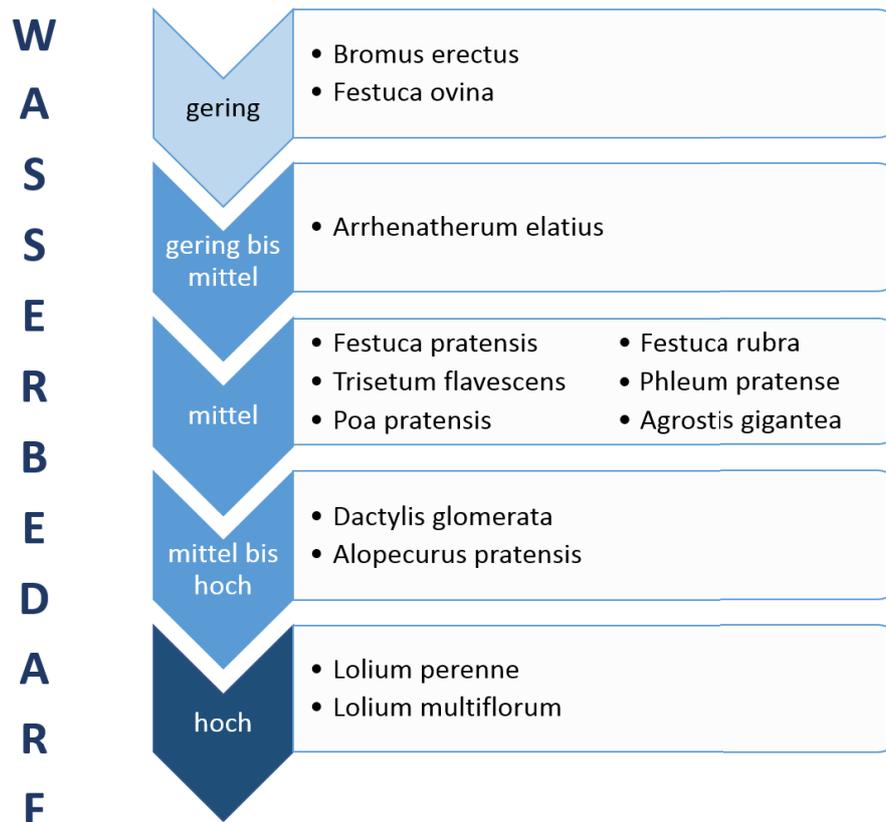


Abbildung 3: Ansprüche an die Wasserverfügbarkeit von wichtigen Wiesengräsern, eigene Darstellung nach DIETL und LEHMANN (2004)

2.3 Ökologische Funktionen von Wirtschaftsgrünland im Vergleich zu Ackerland

Grünland gilt als prägender und notwendiger Bestandteil einer natur- und umweltverträglichen bäuerlichen Landwirtschaft. Während der letzten 50 Jahre (1960 bis 2010) gingen in Österreich 857 316 Hektar Dauergrünland verloren, im gleichen Zeitraum nahmen forstwirtschaftlich genutzte Flächen um 264 025 Hektar sowie verbaute Flächen und Verkehrsflächen um 958 029 Hektar zu. In klimatisch begünstigten Gebieten kam es zusätzlich zur Umwandlung von Wiesen und Weiden in Ackerland. Die Ackerfläche reduzierte sich während der letzten 50 Jahre um 275 409 Hektar, der Rückgang war somit geringer als beim Grünland. Gründe für Grünlandumbruch waren der Ersatz von Grünlandfutter durch Kraftfutter oder Silomais und der steigende Bedarf an Energiemais. Bei Verminderung der Grünlandfläche gehen wichtige Funktionen der Landnutzungsform im Bereich des Boden-

Klima- und Wasserschutz sowie der Biodiversität verloren (BMLFUW, 2014a; RUPPNER, 2010).

Wiesen und Weiden sind vom Klimawandel betroffen, sie tragen aber auch selbst besonders zum Klimaschutz bei. In Grünlandböden ist der Kohlenstoffgehalt - gebunden im Humus - höher als im Ackerland (RUPPNER, 2010). Im Oberboden des gemäßigt humiden Klimabereiches liegen die Gehalte an organischer Substanz laut SCHRÖDER (1983) im Grünland bei durchschnittlich 7 % und im Ackerland bei durchschnittlich 2 %.

In den Böden ist weltweit etwa doppelt so viel Kohlenstoff gespeichert als in der Atmosphäre (IPCC, 2007). Das Gleichgewicht zwischen Humusaufbau und Humusabbau hat einen maßgeblichen Einfluss auf die atmosphärische CO₂-Konzentration (AMUNDSON, 2001; LÜTZOW et al., 2006).

Bei der Umwandlung von Grünland in Ackerland entweicht Kohlenstoff aus den Böden. Dieser Prozess kehrt sich langsam um, wenn Ackerland wieder in Grünland zurückgeführt wird. Ein Bericht der Europäischen Kommission unterstreicht die Notwendigkeit, Kohlenstoff in den Böden zu binden: „Das Verfahren ist kostengünstig und sofort einsetzbar, erfordert keine neuen oder noch unerprobten Technologien und bietet ein Klimaschutzpotenzial, das mit jedem anderen Wirtschaftssektor vergleichbar ist“ (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

POEPLAU et al. (2011) haben knapp 100 Feldstudien aus dem Gemäßigten Klimagebiet zusammengefasst und ausgewertet. Sie kamen zum Ergebnis, dass die Umwandlung einer Wiese in Ackerland zu einem Humusverlust von 36 ± 5 % führt. Es dauert Jahrzehnte, bis sich bei einer Rückumwandlung von Acker- in Grünlandflächen wieder die entsprechende Humusmenge angereichert hat (Abbildung 4). Nach der Umwandlung in Ackerland stellte sich bereits nach 17 Jahren ein neues Gleichgewicht ein, während sich bei einer Rückumwandlung in Grünland die Humusgehalte nach 120 Jahren noch immer erhöhten. Auf Ackerflächen neu angelegtes Grünland bietet mit einem Anstieg von 128 ± 23 % nach 100 Jahren ein bedeutendes Maß an CO₂-Sequestrierung (POEPLAU et al., 2011).

Neben der Kohlenstoffspeicherung hat Humus eine Reihe von ackerbaulichen und ökologischen Funktionen:

- Aufbau eines günstigen Bodengefüges (erhöhte Aggregatstabilität, gute Bodendurchlüftung, verbesserte Wasserspeicherung und Durchwurzelbarkeit, verminderte Bodenerosion durch geringere Verschlammungsneigung, höhere Infiltrationsrate, geringerer Oberflächenabfluss, bessere Befahrbarkeit),

- Speicherung und Transformation von Nährstoffen wie Stickstoff, Schwefel und Phosphor,
- Förderung der bodenbiologischen Aktivität und damit verbundene phytosanitäre Wirkungen sowie
- Filter- und Pufferfunktion (HÜLSBERGEN, 2011).

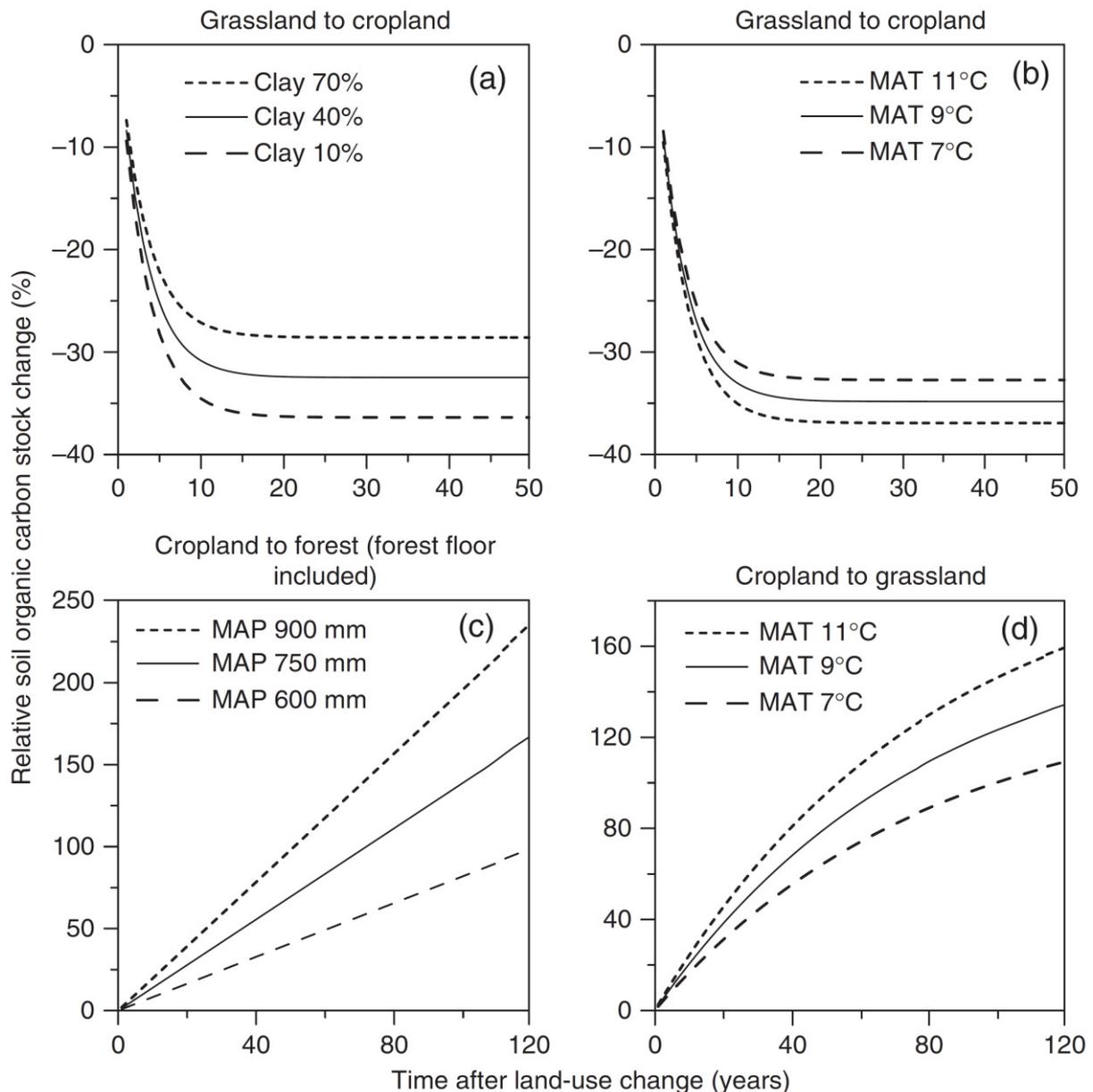


Abbildung 4: Beispiele für spezifische Reaktionen des organisch gebundenen Kohlenstoffes im Boden bei Umwandlung von a, b: Grünland in Ackerland, c: Ackerland in Wald und d: Ackerland in Grünland in einer Bodentiefe von 0 bis 30 cm, einem Tongehalt von 30 % (b, d) und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,1°C (a, c), MAP = mean annual precipitation, MAT = mean annual temperature (POEPLAU et al., 2011)

Die Niederschlagsverteilung wird in Österreich von der regionalen Topographie und dem Einfluss der Alpen geprägt. Die prognostizierte Zunahme von Starkregenereignissen wird zu einer Erhöhung der Erosionsgefahr führen. Bodenerosion beeinträchtigt die Funktionsfähigkeit des Bodens und der Gewässer und gilt als eine der größten Gefährdungen für die Bodenfruchtbarkeit. Aufgrund des starken Zusammenhangs mit der landwirtschaftlichen Landnutzung werden sich Flächen mit erhöhter Bodenerosion voraussichtlich auch in Zukunft auf Gebiete mit intensivem Ackerbau beschränken. Im Grünland ist durch den Klimawandel dagegen kein erhöhter Bodenabtrag zu erwarten (HAAS et al., 2008). Eine Erosionsgefahr besteht im Grünland am ehesten im Falle einer Neuansaat. Auf Wechselwiesen ist eine zeitweise und nennenswerte Bodenerosion möglich, wenn in der Fruchtfolge regelmäßig Mais angebaut wird (BOHNER et al., o. J.).

Aufgrund der intensiven Durchwurzelung und der ganzjährigen Bodenbedeckung gilt Grünland bei ordnungsgemäßer Bewirtschaftung als wirksamer Schutz gegen Nitratbelastungen im Grundwasser. In einem von EDER (2001) publizierten Versuch der HBLFA Raumberg-Gumpenstein betrug die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser einer Dauerwiese bei Düngung mit Rindergülle im 8-jährigen Mittel lediglich 1,9 mg NO₃ pro Liter und waren damit deutlich geringer als bei den Ackerkulturen Silomais und Winterroggen, welche bei vergleichbarer Düngung 21,5 mg NO₃ pro Liter erbrachten. Gedüngtes Wirtschaftsgrünland ist gleich gut oder besser zum Schutz vor Nitratauswaschungen geeignet als Grünbrache und Klee gras ohne Stickstoffdüngung. EDER (2001) ermittelte für die letzteren Varianten Nitratkonzentrationen von durchschnittlich 2,7 und 2,9 mg NO₃ pro Liter Sickerwasser.

Bei ordnungsgemäßer Bewirtschaftung und durchschnittlicher Witterung sind nur geringe Phosphoreinträge aus den Grünlandböden in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer zu erwarten (BOHNER et al., o. J.).

Weil der Abfluss von Oberflächenwasser im Grünland nur halb so hoch ist wie auf Ackerflächen, dienen Wiesen und Weiden zudem auch dem vorbeugenden Hochwasserschutz (RUPPNER, 2010).

Die artenreichen Wiesen, Weiden und Almen bieten für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten eine wichtige Heimat (OBERMAYR und PAAR, 2004). Bei der Umwandlung von Grün- in Ackerland sowie einer Ausdehnung des Maisanbaues auf Ackerland verändert sich die

floristische Biodiversität deutlich negativ. Es kommt zum klein- bis großräumigen Rückgang der Artenzahlen, zur Ausbreitung landwirtschaftlicher Problemarten und zu einer noch stärkeren Gefährdung von Pflanzen der Roten Liste. Dabei macht es keinen Unterschied, ob Mais für die Nutzung als Futterpflanze oder Biogassubstrat angebaut wird. Mais und Biodiversität stellen bei hohen Maisanteilen in der Fruchtfolge einen Gegensatz dar, daher sollte der Maisanbau in einer Region auf einen Anteil von unter 45 % der Ackerfläche beschränkt werden. Für den Erhalt der Biodiversität in Ackerbaugebieten wird die Prüfung neuer Maisfruchtfolgen und die Festlegung von Schutzräumen ohne Maisanbau vorgeschlagen (OTTE et al., 2011).

Die Anlage von Wechselwiesen und Feldfutterflächen auf Ackerland ist von großer ökologischer Bedeutung, vor allem bei einer Ergänzung der Saatgutmischungen mit blumenreichen Mischungspartnern. Als Fruchtfolgeglied sind Wechselwiesen und Feldfutterflächen zur Zurückdrängung von Problemunkräutern und bodenbürtigen Pflanzenkrankheiten befähigt. Schadpflanzen und Schaderreger wie der Maiswurzelbohrer sind auf bestimmte Ackerkulturen angewiesen. Werden die entsprechenden Fruchtarten über einen längeren Zeitraum nicht mehr angebaut, wird die Entwicklungsmöglichkeit der betroffenen Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern eingeschränkt bzw. entzogen (DIETL und LEHMANN, 2004).

2.4 Aktuelle Nutzung von Grünland in Österreich

Das österreichische Grünland liefert in erster Linie die Futtergrundlage für Betriebe mit Rinderhaltung. Auf den Grünlandbetrieben (Betriebe, die neben den Grünland- und Feldfutterflächen maximal 10 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche mit anderen Kulturen bewirtschaften) werden 50 % der Rinder, 54 % der Milchkühe und 66 % der Mutterkühe Österreichs gehalten. Nur 11 % der Grünlandbetriebe in Österreich besitzen keine Tiere. 24 % der Grünlandbetriebe sind Biobetriebe, das sind 66 % aller Biobetriebe in Österreich. Der Großteil des österreichischen Grünlandes entfällt auf Dauergrünland, nur 10,5 % der Grünlandflächen werden dem Feldfutterbau zugeordnet. Wirtschaftsgrünland (intensiv genutztes Dauergrünland und Feldfutterflächen) ist für die Produktion von Grundfutter für die Versorgung von Wiederkäuern besonders bedeutsam. Obwohl Wirtschaftsgrünland lediglich 43,5 % der Grünlandfläche Österreichs einnimmt, wachsen auf diesen Flächen 70,4 % aller Grünlanderträge zu (Datenstand 2013, BMLFUW, 2014).

Intensiv geführte Betriebe mit hohen Grundfutterleistungen benötigen Grundfutter mit einer hohen Verdaulichkeit (70-75 %) der organischen Masse und hohen Energiedichten von 6,1 bis 6,5 MJ NEL kg TM⁻¹ (BUCHGRABER, 2008).

Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Quantität und Qualität des Grünlanderntegutes wird bei einer Nutzung im Vegetationsstadium „Ähren- und Rispenschieben“ erreicht. Wann dieses Stadium eintritt, hängt stark von den klimatischen Bedingungen ab (BUCHGRABER und GINDL, 2004).

Zu diesem Termin geerntetes Futter ist üblicherweise hoch mit Nährstoffen versorgt und liefert Rohproteingehalte von 150 bis 170 g/kg TM⁻¹. Durch den Anstieg der Rohfasergehalte bei späterem Schnitzeitpunkt sinken die Energie- und Rohproteingehalte. Hohe Leistungen aus dem Grundfutter werden erzielt, wenn der Rohfaseranteil gerade so hoch ist, dass die benötigte Strukturwirksamkeit gegeben und eine hohe Futteraufnahme bestmöglich gewährleistet ist (BUCHGRABER, 2008). Nicht jede zusätzliche Nutzung ist sinnvoll. Eine permanente Nutzung vor dem „Ähren- und Rispenschieben“ führt zu einer Verarmung der Pflanzenbestände und macht eine periodisch wiederkehrende Erneuerung durch Ein- oder Übersaat notwendig (BUCHGRABER und GINDL, 2004).

Dauerwiesen der Berglagen werden meist zwei- bis dreimal, in Tallagen gelegentlich auch viermal gemäht. In niederschlagsreichen Jahren können besonders wüchsige Wiesen in einigen Regionen (Rheintal, Flachgau, Innviertel, Alpenvorland, Bucklige Welt, Burgenland, Süd- und Oststeiermark sowie Südkärnten) auch fünf- bis sechsmal genutzt werden. (BUCHGRABER und SCHAUMBERGER, 2006).

Später als zum Zeitpunkt „Ähren- und Rispenschieben“ gemähtes Futter kann, sofern es in gutem hygienischen Zustand ist, zumindest noch wertvolle Struktur liefern (BUCHGRABER, 2008). Geringere Schnitthäufigkeiten können laut STANGER (2012) zwar die Erntekosten und in Abhängigkeit von den Kraftfutterpreisen auch die Futterkosten in der Milchviehhaltung senken, erhöhen aber den Bedarf an Getreide sowie Eiweißfuttermitteln in den Rationen. Die wertvollen ökologischen Funktionen des Grünlandes können beim Anbau von Getreide und Körnerleguminosen auf Ackerflächen nicht erfüllt werden (RUPPNER, 2010).

Auch für Pferde, Mutterkühe, Schafe und Ziegen in Zucht/Aufzucht, sowie Wild (Rot- und Damwild) bestimmtes Futter soll nicht später als zur Blüte der Leitgräser geerntet werden. In diesem Stadium weist das Erntegut etwa 30 % Rohfaser und 12 % Rohprotein auf. Nach der

Blüte, im überständigen Stadium, nimmt die Belastung mit Mikroorganismen (Schimmel- und Hefepilze sowie Bakterien) deutlich zu (BUCHGRABER et al., 1994; BUCHGRABER, 2010).

In Österreich werden viele Saatgutmischungen für unterschiedliche Standort- und Nutzungsbedingungen angeboten. Die „Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau“ (ÖAG) hat für den österreichischen Markt Empfehlungen für 27 verschiedene Qualitätssaatgutmischungen ausgearbeitet. Das Spektrum umfasst Dauerwiesen-, Dauerweiden-, Nachsaat-, Wechselwiesen-, Feldfutter-, Pferdeheu- und Pferdeweidemischungen (KRAUTZER et al., 2013).

Auch für trockene Standorte stehen mehrere unterschiedliche Mischungen zur Verfügung. Konkret ausgewiesen werden eine Dauerwiesenmischung („A“), zwei Nachsaatmischungen („Natro“ für Dauerwiesen und „Nawei“ für Dauerweiden) sowie zwei Feldfuttermischungen („KM“ und „LG“). Besonderheit dieser Mischungen sind die hohen Anteile an Pflanzenarten, welche den *Lolium*-Arten bezüglich Trockentoleranz überlegen sind. Das sind vor allem die Gräserarten *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, *Trisetum flavescens* und *Arrhenatherum elatius* sowie die Futterleguminosen *Medicago sativa* und *Lotus corniculatus* (KRAUTZER et al., 2013 und Abbildung 3).

In SCHRABAUER (2010a) ist eine Literaturübersicht über die Verwendung folgender alternativer, trockenstresstoleranter Gräserarten angeführt: *Agropyron elongatum*, *Agropyron intermedium*, *Agropyron desertorum*, *Agropyron cristatum*, *Agropyron trachycaulum*, *Elymus hoffmannii*, *Elymus junceus*, *Panicum virgatum*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Bromus erectus* und *Bromus marginatus*.

2.5 Nutzung von Grünlanderntegut für die Produktion von Biogassubstrat und Brennstoff

In vielen traditionellen Grünlandgebieten liegen aufgrund rückläufiger Tierzahlen und der Verminderung der Zahl landwirtschaftlicher Betriebe bereits erhebliche Futterüberschüsse vor, welche nicht mehr produktiv verwertet werden (BUCHGRABER, 2004).

Die Nutzung und Verwertung der Grünlandbiomasse ist für den Erhalt der Kulturlandschaft von großer Bedeutung und ist Grundlage für eine leistungsfähige Land- und Tourismuswirtschaft. Neben den traditionellen Verwertungsmöglichkeiten, wie etwa in der

Milchwirtschaft oder der extensiven Fleischproduktion, bieten sich die Produktion von Graspellets für Heizzwecke, die Gewinnung von Faserstoffen für Dämm- und Isoliermaterialien sowie die feinstoffliche Verwertung in Form der Gewinnung von Milchsäure, Aminosäuren, Enzymen oder Phytopharmaka an (PÖTSCH, 2006). Auch die Herstellung von Biokraftstoffen der zweiten Generation (z.B. BtL-Kraftstoffe oder Cellulose-Ethanol) könnte in Zukunft an Bedeutung gewinnen (SONNLEITNER, 2011).

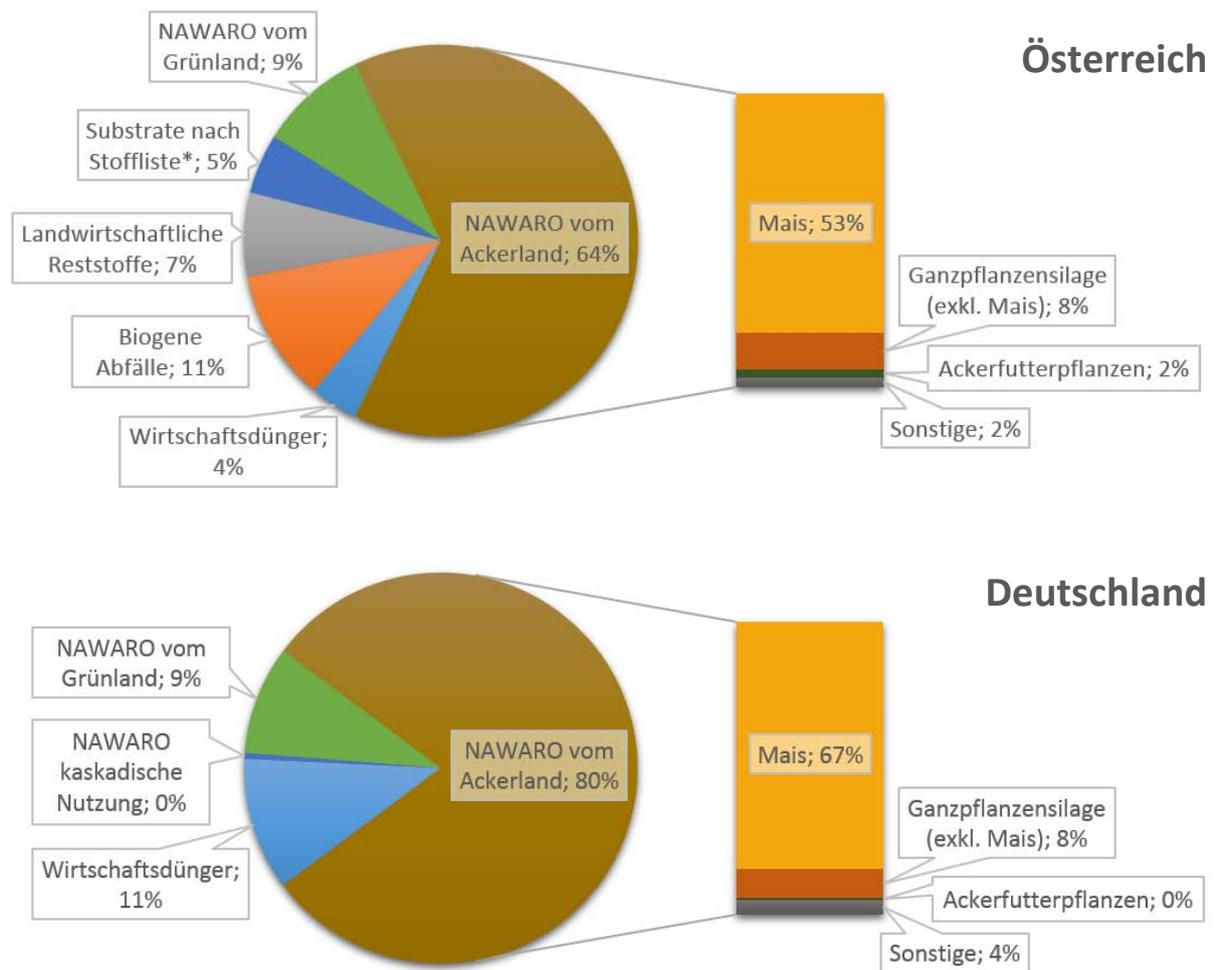
2.5.1 Biogas

Derzeit stammen nur 9 % der in den Biogasanlagen Österreichs und Deutschlands erzeugten Energie aus Dauergrünlandaufwüchsen (Abbildung 5). Die höchste Energiemenge wird aus Mais erzeugt, welche einen Anteil von 53 % in Österreich und 67 % in Deutschland einnimmt. In Österreich stammen zusätzlich 2 % aus anderen Feldfutterkulturen als Mais (ARGE KOMPOST UND BIOGAS ÖSTERREICH, 2013, zitiert nach STÜRMER et al., 2014; OMNICERT, 2014, zitiert nach STÜRMER et al., 2014). Die geographische Verteilung der Biogasanlagen und der Maisanbauflächen in Österreich zeigt, dass sich entsprechend der eingesetzten Substrate auch die Mehrzahl der Biogasanlagen in Regionen mit einem überdurchschnittlich hohen Maisanteil befindet (Abbildung 6; PÖTSCH, 2008; STATISTIK AUSTRIA, 2014b).

Biogasanlagen befinden sich häufig in Regionen mit hohem Risiko für Wassererosion, daher verursacht der hohe Flächenanteil von Biogasmais zusätzliche Erosionsprobleme. Besonders betroffen sind nach STRAUSS und KLAGHOFER (2006) das Alpenvorland, das Klagenfurter Becken sowie die Ebenen und Hügelgebiete im Südosten und Nordosten Österreichs.

Die Modellergebnisse von STÜRMER (2011) zeigen, dass bei einem Ökostromtarif von unter 21 ct/kWh_{el} keine neuen Biogasanlagen auf Energiepflanzenbasis errichtet werden. Bei einem aktuellen Ökostromtarif von 19,11 ct/kWh_{el} (Anlagengröße < 250 kW_{el}, laut ÖSET-VO 2012, Fassung 11. November 2014) ist daher derzeit von keiner wesentlichen Errichtung zusätzlicher Anlagen auszugehen. Die Schaffung von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist für eine mögliche Fortführung der bestehenden Anlagen nach Ablauf der Kontrahierungspflicht erforderlich. Im Weiteren stehen Maßnahmen zur Steigerung des gesamtenergetischen Nutzungsgrades von Biogasanlagen sowie Änderungen der eingesetzten Substrate zur Diskussion.

Bei neuen Anlagen sind für die Gewährung der Ökostromtarife derzeit ein gesamtenergetischer Wirkungsgrad von mindestens 60 % sowie der Einsatz von tierischem Wirtschaftsdünger mit einem Massenanteil von mindestens 30 % erforderlich (ÖSET-VO 2012, Fassung 11. November 2014). Nach STÜRMER (2011) stehen vor allem im Osten Österreichs nur begrenzt Güllemengen zur Verfügung und derart hohe Wirtschaftsdüngeranteile sind in einigen bestehenden Biogasanlagen nur schwer realisierbar.



* UBA-Monografie 157

Abbildung 5: Energiebezogener Substrateinsatz in Österreich und Deutschland im Jahr 2013 (ARGE KOMPOST UND BIOGAS ÖSTERREICH, 2013, zitiert nach STÜRMER et al. 2014; OMNICERT, 2014, zitiert nach STÜRMER et al., 2014)

Durch einen teilweisen Ersatz von Biogasmais durch Erntegut von Wechselwiesen, Klee gras oder Luzerne gras im Substratmix könnten Regionen mit hoher Biogasanlagendichte von den ökologischen Funktionen des Grünlandes - wie Erosionsschutz, Wasserschutz und Steigerung

der Biodiversität - besonders profitieren (vgl. Abschnitt 2.3 „Ökologische Funktionen von Wirtschaftsgrünland im Vergleich zu Ackerland“). Feldfutter senkt als Fruchtfolgeglied Probleme mit dem Maiswurzelbohrer und hinterlässt gut strukturierte Böden mit

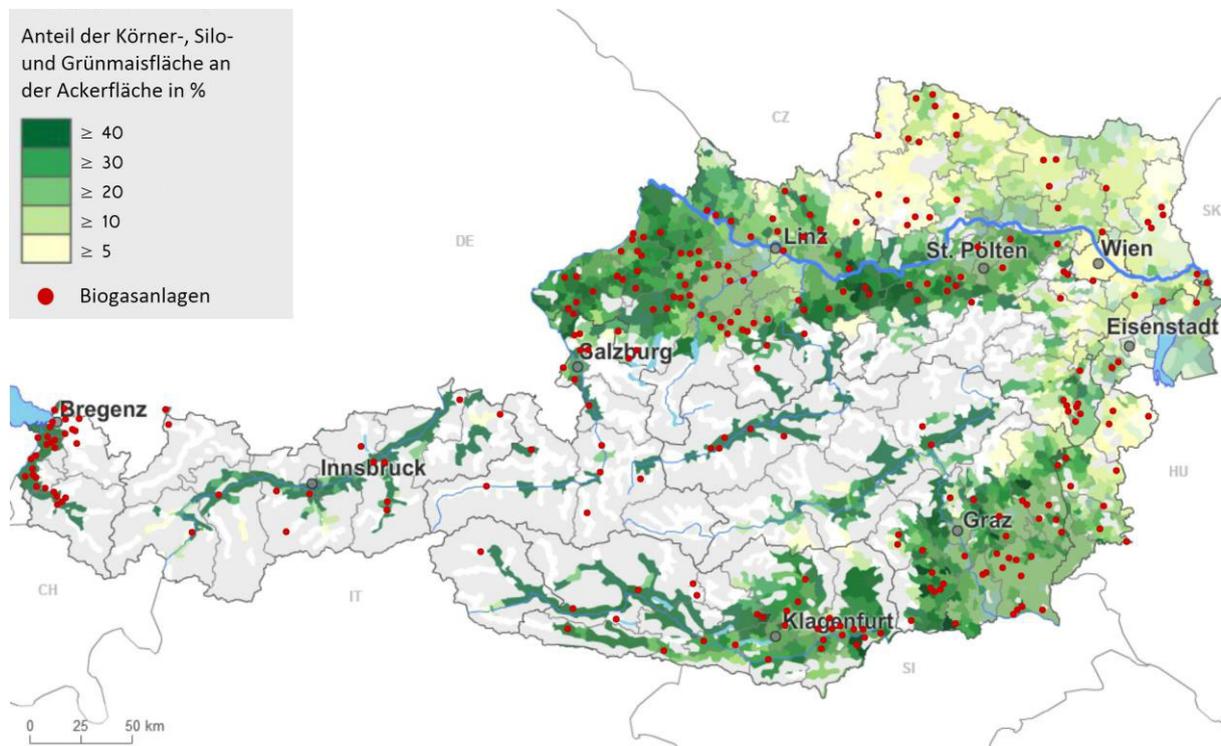


Abbildung 6: Geographische Verteilung der Biogasanlagen und der Maisanbauflächen in Österreich, ergänzt nach PÖTSCH (2008) und STATISTIK AUSTRIA (2014b)

bedeutenden Stickstoffmengen für die Nachfrucht. Aufgrund der drei- bis fünfmal jährlichen Nutzung entstehen höhere Erntekosten, Einsparungen sind aber beim Bodenbearbeitungs-, Saatgut-, Dünger- und Pflanzenschutz aufwand möglich (BUCHGRABER, 2009). Die Produktionskosten von ausdauernden Gräsern liegen nach GRÖBLINGHOFF et al. (2009) auf ähnlichem Niveau wie bei Mais ($0,059$ bis $0,071\text{€ kW}_{el}^{-1}$ bei Mais und $0,062$ bis $0,071\text{€ kW}_{el}^{-1}$ bei ausdauernden Gräsern). ECKNER et al. (2014) weisen Feldfutter ein hohes Potenzial für den Einsatz in der Biogasproduktion aus: Eine Sommergerste/Luzernegrasuntersaat-Luzernegras-Luzernegras-Fruchtfolge lieferte lediglich um 12 % geringere Methanhektarerträge als eine Mai-Mais-Mais-Fruchtfolge. Bei GEISSENDÖRFER (2012) lag der Methanertrag von Energiegras *Agropyron elongatum* sogar um 29 % über jenem von Mais. Für die Versorgung von Hochleistungstieren sind eine intensive Bewirtschaftung und ein häufiger Schnitt des Grünlandes erforderlich. Bei längerer Verweilzeit im Fermenter kann

auch schwer abbaubare organische Masse genutzt werden. Die Reduktion der Schnittfrequenz ist daher eine Möglichkeit zur Einsparung von Arbeitszeit und Kosten (MESSNER und ELSÄSSER, 2012).

Versuche zur Evaluierung des Einflusses der Schnitthäufigkeit auf den Methan- oder Trockenmasseertrag von Grünlandflächen wurden von BENKE (2006), GERSTL (2008), GRÖBLINGHOFF et al. (2009) sowie MESSNER und ELSÄSSER (2012) durchgeführt. Bei BENKE (2006) und GRÖBLINGHOFF et al. (2009) führte die Verringerung der Nutzungshäufigkeit (vier statt fünf Schnitte und drei statt vier Schnitte) im Mittel zu höheren Trockenmasseerträgen. GERSTL (2008) sowie Messner und ELSÄSSER (2012) erzielten dagegen bei einer Erhöhung der Nutzungshäufigkeit um 20 bis 31 % (vier statt drei Schnitte) und 7 % (fünf statt drei Schnitte) höhere Trockenmasse- und Biogaserträge. MESSNER und ELSÄSSER (2012) zeigen, dass durch den Methanertragsrückgang von 7 % bei Reduktion der Schnittfrequenz von fünf auf drei Schnitte zum Ausgleich des Ertragsrückganges jährlich 77 € pro Hektar an zusätzlichen Kosten für Substratzukauf erforderlich sind, um die gleiche Methanmenge zu erzeugen. Andererseits können bei der Einsparung von zwei Schnitten die variablen Kosten für Mähen, Zetten, Schwaden und Häckseln um etwa 160 bis 220 € je Hektar und Jahr gesenkt werden. Die Kostenersparnis ist höher als die Mindereinnahme für den Methanverlust.

Die geringeren Stickstoffdüngermengen in den Versuchen bei reduzierter Nutzungshäufigkeit sprechen für eine Senkung der Schnittfrequenz. So wurde die Düngung bei GERSTL (2008) bei vier statt drei Schnitten verdoppelt („2 GVE statt 1 GVE“) und bei MESSNER und ELSÄSSER (2012) bei fünf statt drei Schnitten um 108 % erhöht (250 statt 120 kg N (ha*Jahr)⁻¹).

Bei der Verwendung von Grünlanderntegut soll - gerade bei höheren Rohfasergehalten - das Substrat möglichst zerkleinert werden, um Störungen bei der Einbringung in den Fermenter und die Bildung von Schwimmschichten zu vermeiden. Weiters wird empfohlen, substratauflockernde Dosierer und langsamlaufende Rührwerke zu verwenden (ELSÄSSER et al., 2012).

2.5.2 Verbrennung

Erfahrungen mit der Produktion und Ernte von Grünlandbiomasse für die direkte Verbrennung gibt es insbesondere in Skandinavien und in den USA. In Skandinavien wird

beispielsweise *Phalaris arundinacea* pelletiert und in Pelletöfen verbrannt (ZIMMERMAN, 2015).

In den Vereinigten Staaten ist vor allem das dort heimische Präriegras *Panicum virgatum* bedeutsam, welches besonders kostengünstig produziert wird. Die mittleren Produktionskosten je Einheit Biomasse aus *Panicum virgatum* liegen in den Vereinigten Staaten um 17 % unter jenen von Hybridpappeln im Kurzumtrieb (DE LA TORRE UGARTE et al., 2000).

Versuche über die Brennstoffeignung von *Agropyron elongatum* wurden in Ungarn durchgeführt. Die in Szarvas (Ungarn) gezüchtete Sorte „Szarvasi I“ erwies sich bezüglich der Schwefel-, Stickstoff- und Aschegehalte als vorteilhaft gegenüber *Miscanthus `Giganteus`*. Die ermittelten energiebezogenen Produktionskosten waren um 28 bis 49 % geringer als bei Pappel-Brennholz (GEMEINNÜTZIGE FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2015). In Schweden wird *Agropyron elongatum* für die Produktion von Brennstoffpellets angebaut (VAINULT, 2008). Die Erträge von *Agropyron elongatum* betragen in schwedischen Versuchen bei einer Ernte im September oder November und einer N-Düngung von $100 \text{ kg N (ha*Jahr)}^{-1}$ im Mittel $12,4 \text{ t TM (ha*Jahr)}^{-1}$ und waren damit um etwa 10 % höher als bei *Phalaris arundinacea* (JOHANSSON et al., 2013). Auch in Österreich wird *Agropyron elongatum* für die thermische Verwertung angebaut, die Anbaufläche verminderte sich von 110 Hektar im Jahr 2010 auf 44 Hektar im Jahr 2013 (BMLFUW, 2014a).

RATHBAUER und BAUMGARTNER (2001) untersuchten die Eignung von Biomasse aus einmähdig geernteten österreichischen Dauergrünlandbeständen für die Pelletierung und Verbrennung in Holzpelletkesseln. Bezüglich der untersuchten Eigenschaften Wassergehalt (11,8 %), Aschegehalt_{wf} (8,3 %) und Abrieb (4,4 %) konnten die Anforderungen an Brennstoffpellets gemäß EN 14961-2 (für den Einsatz in Nicht-Industriellen Anlagen) nicht erfüllt werden. Im Vergleich zu Holzpellets kam es beim Einsatz von Heupellets zu erhöhten CO-, NO_x- und Staubemissionen.

Die Anforderungen an Biomassebrennstoffe unterscheiden sich deutlich von den Anforderungen der Futter- und Biogasnutzung. Früh geerntetes Heu mit hoher Futterqualität gilt bei der Verbrennung als problematisch. Sehr spät geworbenes, auch verregnetes Heu ist dagegen ein optimalerer Brennstoff. Generell gilt hochwertiges Futter als schlechter

Brennstoff. Voraussetzung für eine wirtschaftliche Verbrennung ist vor allem der Feuchtigkeitsgehalt, welcher unter 20 % liegen soll (ELSÄSSER, 2003).

Die speziellen Anforderungen bei der Verbrennung von Grünlandaufwuchs sind ein niedriger Aschegehalt und eine geringe Verschlackungsneigung. Hohe Stickstoff-, Chlor-, Kalium- und Schwefelanteile führen zu hohen Emissionen, insbesondere an Stickoxiden und Salzen. Für vergleichbare Emissionswerte wie bei Holz als Brennstoff sind Maßnahmen zur Abgasentstickung sowie zur Feinstaub- und HCl-Abscheidung erforderlich (HERSENER et al., 1998). Die anfallenden Flugaschen weisen bei einigen Parametern (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, polychlorierte Dibenzofurane, Dibenzo-p-dioxine, Cd, Pb, Zn) 30- bis 60-fach höhere Konzentrationen als bei Holzfeuerungen auf, daher muss die Flugasche bei der land- und forstwirtschaftliche Verwertung von Asche aus Halmgütern von den übrigen Aschefractionen abgeschieden werden (LAUNHARDT, 2002).

Bei *Miscanthus 'Giganteus'* wird durch Rückführung der ökologisch unbedenklichen Aschefractionen bei den wichtigsten Makro- und Mikronährstoffen, außer Stickstoff, ein weitreichendes Nährstoffrecycling ermöglicht (FRÜHWIRTH und LIEBHARD, 2006).

Im Zuge der Offenhaltung von Naturschutz- und Landschaftspflegeflächen ist eine Reduktion der Bodennährstoffgehalte, insbesondere von Stickstoff, sogar erwünscht. Die Beseitigung der Aufwüchse wäre auch durch Mulchen möglich, allerdings erfolgt dadurch keine Abfuhr von unerwünschten Stoffen (ELSÄSSER, 2003).

Die erforderliche Entstaubung und Entstickung der Abgase sowie die Anpassungen der Brennstoffzuführung, dem Feuerraum und dem Wärmetauscher an das geringere spezifische Gewicht des Brennstoffes und die erhöhte Korrosionsgefahr führen zu vergleichsweise hohen Kosten von Feuerungsanlagen für die alleinige Verwertung von halmgutartiger Biomasse. Für einen wirtschaftlichen Betrieb von Biomasseheizwerken ist der Einsatz möglichst kostengünstiger Biomasse erforderlich. Die Bergungs- und Bereitstellungskosten müssen daher beispielsweise über flächenbezogene Förderungen gedeckt werden (Elsässer, 2003).

Eine Möglichkeit zur Verminderung der erwähnten Probleme ist die gemeinsame Verbrennung („Cofiring“) der Halmgüter mit anderen Brennstoffen, zum Beispiel in Kohlekraftwerken (ROBINSON et al., 2002).

Bei OECHSNER und MAURER (2006) ist die praktische Nutzung von halmgutartiger Biomasse als Brennstoff neben der Verfügbarkeit des Erntegutes in erster Linie von der Preiswürdigkeit im Vergleich zu fossiler Energie und der geeigneten Verbrennungstechnik abhängig. Werden die anfallenden Mehrkosten für den Bau einer vorschriftsmäßigen Biomasseheizanlage gegenüber einer Öl- oder Gasheizung berücksichtigt, so ist eine wirtschaftliche Nutzung solcher Biomasse als Brennstoff bisher nur bei äußerst geringen Preisen für das Grünlanderntegut möglich.

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Standorte

Die Feldversuche wurden in Groß Enzersdorf (48°11'29.9"N 16°33'44.4"E) und St. Leonhard/F. (48°08'50.8"N 15°19'11.0"E), zwei bezogen auf Klima und Boden unterschiedlichen Standorten in Niederösterreich, durchgeführt. Die Standorte befinden sich in den Produktionsgebieten Marchfeld (Groß Enzersdorf) und Alpenvorland (St. Leonhard/F.).

3.1.1 Klima

Der Versuchsstandort Groß Enzersdorf liegt im pannonischen Klimagebiet, der Standort St. Leonhard/F. im mitteleuropäischen Übergangsklima. Das langjährige Jahrestemperaturmittel und die durchschnittlichen Jahresniederschläge betragen in Groß Enzersdorf 9,9°C und 548 L/m² sowie in St. Leonhard/F. 8,7°C und 673 L/m². Die ausgewählten Standorte unterscheiden sich im langjährigen Jahrestemperaturmittel (Groß Enzersdorf um 1,2°C höher) und in der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge (St. Leonhard/F. um 125 L/m² höher). Der Standort Groß Enzersdorf ist trockenstressgefährdeter als der Standort St. Leonhard/F.. Die im Jahr 2009 mit 1067 L/m² überdurchschnittlich hohen Niederschlagsmengen am Standort St. Leonhard/F. sind hervorzuheben; das Versuchsfeld wurde im Juli 2009 mehrmals mehrstündig wegen den hohen Niederschlagsmengen überschwemmt (höchster Wasserstand seit dem Jahr 1959).

Tabelle 1: Klimakennwerte der Versuchsstandorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

	Groß Enzersdorf	St. Leonhard/F.
Jahrestemperaturmittel 1961-2000	9,91 °C	8,71 °C
Jahrestemperaturmittel 2009	10,76 °C	9,87 °C
Jahrestemperaturmittel 2010	9,53 °C	8,46 °C
Jahresniederschlagsmenge 1961-2000	548 L/m ²	673 L/m ²
Jahresniederschlagsmenge 2009	535 L/m ²	1067 L/m ²
Jahresniederschlagsmenge 2010	717 L/m ²	856 L/m ²



Abbildung 7: Geographische Lage der Versuchsstandorte Groß Enzersdorf (Marchfeld) und St. Leonhard/F. (Alpenvorland) in Österreich

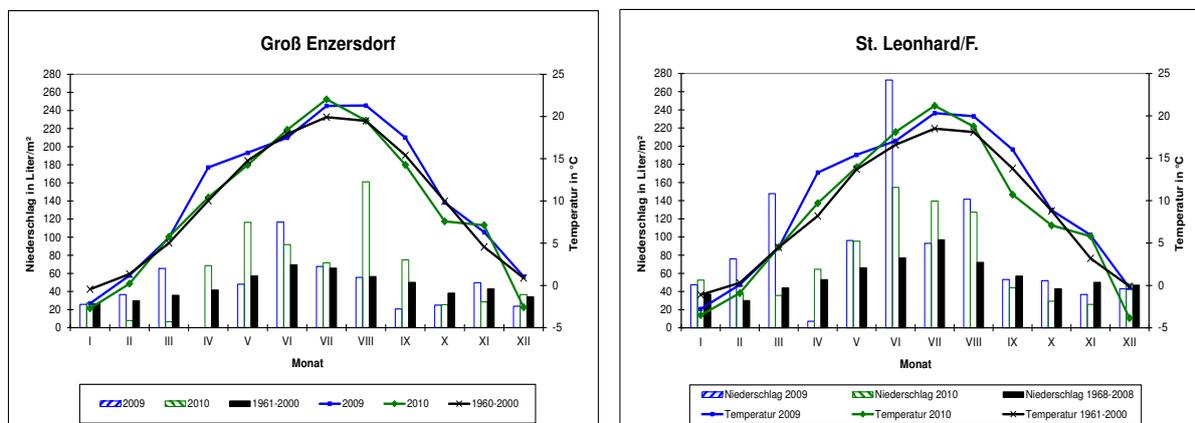


Abbildung 8: Niederschlag in mm und Monatsmittel in °C der Jahre 2009 und 2010 im Vergleich zum langjährigen Mittel, Versuchsstandorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

3.1.2 Boden

Die Bodentypen des Versuchsfeldes sind am Standort Groß Enzersdorf ein Grauer Auboden und am Standort St. Leonhard/F. ein Brauner Auboden. Die Krumentiefe (humoser A-Horizont) beträgt auf beiden Standorten zirka 25 cm. Während die Wasserverhältnisse am

Standort St. Leonhard/F. gut sind, besitzt der Boden am Standort Groß Enzersdorf nur eine mäßige Speicherkraft.

Tabelle 2: Bodenkennwerte der Versuchsstandorte St. Leonhard/F. und Groß Enzersdorf

	Groß Enzersdorf	St. Leonhard/F.	
Bodentyp	Grauer Auboden	Brauner Auboden	
Ausgangsmaterial	junges, feines Schwemmmaterial	Löss/Alluvium	
Wasserverhältnisse	mäßig trocken; mäßige Speicherkraft	gute Wasserverhältnisse	
Kalkgehalt	stark kalkhaltig	kalkhaltig	
Bodenwert	hochwertiges Ackerland; Überschwemmungs- bzw. Überstauungsgefahr	Grünlandzahl 50, Überschwemmungsgefahr	
Horizont	A₁	30 cm; lehmiger Schluff, feinsandiger Lehm oder lehmiger Sand; mittelhumos	20 cm; schluffiger, stark lehmiger Sand; humos
	A₂	30 bis 65 cm; sandiger Lehm oder lehmiger Schluff; schwach humos bis mittelhumos	20 cm schluffiger, stark feinsandiger Lehm; schwach humos
	AC	lehmiger Schluff oder sandiger Schluff; schwach humos	20 cm; stark lehmiger Sand; schwach bis sehr schwach humos

Quellen:

Groß Enzersdorf: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1972

St. Leonhard/F.: WESTERMAYR, 2009

Tabelle 3: Bodenanalysewerte der Versuchsstandorte St. Leonhard/F. und Groß Enzersdorf (Jahr 2007)

	Groß Enzersdorf (n = 2)	St.Leonhard/F. (n = 2)
pH-Wert: CaCl₂	7,5	6,3 bis 7,3
Phosphor: CAL	C (ausreichend) bis D (hoch)	B (niedrig) bis C (ausreichend)
Kalium: CAL	C (ausreichend)	A (sehr niedrig) bis B (niedrig)
Humusgehalt	mittel	mittel bis hoch
Tongehalt (Spindelmethode)	mittel	niedrig bis mittel

3.2 Methoden

3.1.1 Gräserarten und Parzellenplan

In Feldversuchen wurden zehn potenziell trockentolerante Gräserarten und vier Vergleichsgräser angebaut (Tabelle 4). Die Auswahl der zu testenden Gräser basiert auf Literaturangaben sowie ihrem bisherigen Anbau- und Verbreitungsgebiet in niederschlagsarmen Regionen. Wichtigste Referenzquelle war das “Plants Database” des “United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service” (USDA NRCS, 2008). Eine Literaturübersicht über die verwendeten Gräserarten liegt bereits vor (SCHRABAUER, 2010a).

Eines der Gräser (*P. virgatum*) ist zu C₄-Fotosynthese befähigt, alle anderen betreiben C₃-Fotosynthese. C₄-Gräser sind in der Lage, während Sommertrockenperioden im Juli und August höhere Biomassezuwächse zu bilden als C₃-Gräser (vgl. WOODIS UND JACKSON, 2008). Als Vergleichsgräser dienten *A. repens* sowie die Futtergräser *D. glomerata*, *A. elatius* und *A. gigantea*. Nachdem sich *A. repens* durch kriechende Rhizome vermehrt, gilt es daher als lästiges Unkraut (SCHULTZE-MOTEL, 1986). In den vorliegenden Versuchen wurde die Gräserart als Referenz für die Beurteilung der Invasivität herangezogen.

Die Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen mit 3 Wiederholungen konzipiert und an den Standorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F. ident gestaltet. Für Einschnitt- und Mehrschnittnutzung wurden separate Versuche angelegt und durch einen Versuch zur Prüfung des Einflusses unterschiedlicher N-Düngermengen (in der Folge kurz „N-Steigerungsversuch“ genannt) ergänzt (Abbildung 10). An den Stirnseiten der Parzellen befanden sich Fahrwege, welche in ein- bis dreiwöchigen Intervallen gemulcht wurden. An den äußeren Parzellen wurden Mantelflächen angelegt.

Die Nettoparzellengröße betrug 12 m² am Standort Groß Enzersdorf und 10 m² am Standort St. Leonhard/F..

Tabelle 4: Bezeichnungen der Versuchgräser in latein, deutsch und englisch, Verbreitungsgebiet und Sortenbezeichnung

Name latein	Name deutsch	Name englisch	Natürliches Verbreitungsgebiet ¹	Sorte
Zu testende Gräser				
<i>Agropyron elongatum</i> (Host) P.Beauv.	Riesen-Weizengras ²	Tall wheatgrass	Europa, Asien	Szarvasi I Anonym ³ Alkar
<i>Agropyron intermedium</i> (Host) P.Beauv.	Mittleres Weizengras ²	Intermediate wheatgrass	Europa	Rush
<i>Agropyron desertorum</i> Schult.	Wüsten-Weizengras ²	Desert wheatgrass	Europa, Asien	Anonym ³
<i>Agropyron trachycaulum</i> (Link) Malte	Western-Raygras ²	Western ryegrass	Amerika, Asien	Revenue
<i>Elymus hoffmannii</i> Jensen & Asay	Salz-Weizengras ²	Green wheatgrass	Amerika	Newhy
<i>Elymus junceus</i> Fisch.	Russischer Wildroggen ²	Russian wildrye	Europa, Asien	Anonym ³
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	Wehrlose Trespe	Smooth brome	Europa, Asien	Anonym ³
<i>Bromus marginatus</i> Steud.	Gebirgstrespe ²	Mountain brome	Amerika	Tacit
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Rohrschwengel	Tall fescue	Europa, Afrika, Asien	Belfine
<i>Panicum virgatum</i> L.	Mehrjährige Rutenhirse	Switchgrass	Amerika	Blackwell
Vergleichsgräser				
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Knautgras	Orchardgrass	Europa, Afrika, Asien	Tandem
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv.	Glatthafer, Frommental	Tall oatgrass	Europa, Afrika, Asien	Arone
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Hohes Straußgras	Redtop	Europa, Afrika, Asien	Kita
<i>Agropyron repens</i> (L.) P.Beauv.	Kriechende Quecke	Quackgrass	Europa, Asien	Anonym ³

¹ nach HANELT (2001)

² nach SCHRABAUER (2010)

³ Sortenname vom Saatgutzulieferer nicht bekannt



Abbildung 9: Versuchsanlage in St. Leonhard/F., aufgenommen am 12. Mai 2010 (links), Versuchsanlage in Groß Enzersdorf, aufgenommen am 25. Mai 2008 (rechts)

Parzellenplan			Varianten			
Wdh. 1	Wdh. 2	Wdh. 3	Nr.	Gräserart	N-Düngung*	Nutzung
1	4	10	1	<i>Agropyron elongatum</i> "Alkar"	37,5	Mehrschnittnutzung
2	12	9	2	<i>Agropyron elongatum</i> "Hesa"		
3	8	15	3	<i>Agropyron elongatum</i> "Szarvasi I"		
4	16	5	4	<i>Agropyron elongatum</i> "Szarvasi I"		
5	15	7	5	<i>Agropyron intermedium</i>		
6	7	13	6	<i>Agropyron desertorum</i>		
7	3	2	7	<i>Agropyron hoffmannii</i>		
8	11	12	8	<i>Agropyron repens</i>		
9	6	16	9	<i>Elymus hoffmannii</i>		
10	10	6	10	<i>Elymus junceus</i>		
11	14	11	11	<i>Bromus inermis</i>		
12	2	1	12	<i>Bromus marginatus</i>		
13	5	4	13	<i>Agrostis gigantea</i>		
14	1	3	14	<i>Festuca arundinacea</i>		
15	9	14	15	<i>Dactylis glomerata</i>		
16	13	8	16	<i>Arrhenatherus elatius</i>		
1a	2b	2a	1a	<i>Agropyron elongatum</i> "Szarvasi I"	0	Mehrschnittnutzung
1b	1c	2c	1b	<i>Agropyron elongatum</i> "Szarvasi I"	75	
1c	2c	1b	1c	<i>Agropyron elongatum</i> "Szarvasi I"	150	
2a	1c	2b	2a	<i>Dactylis glomerata</i>	0	
2b	2c	1a	2b	<i>Dactylis glomerata</i>	75	
2c	1b	1c	2c	<i>Dactylis glomerata</i>	150	
I	V	IV	I	<i>Agropyron elongatum</i> "Hesa"	37,5	Einschnittnutzung
II	III	VI	II	<i>Agropyron elongatum</i> "Szarvasi I"		
III	VI	II	III	<i>Agropyron elongatum</i> "Alkar"		
IV	I	V	IV	<i>Agropyron desertorum</i>		
V	IV	I	V	<i>Festuca arundinacea</i>		
VI	II	III	VI	<i>Panicum virgatum</i>		

* in kg (ha*Aufwuchs)⁻¹

Abbildung 10: Parzellenplan und Varianten der Feldversuche an den Standorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

3.1.2 Saat und Pflege der Versuche

3.1.2.1 Etablierung

Die Aussaat erfolgte im August 2007 (Standort Groß Enzersdorf: 27. August; Standort St. Leonhard/F.: 7. August) und Mai 2008 (Standort Groß Enzersdorf: 27. Mai; Standort St. Leonhard/F.: 16. Mai). Aufgrund von Verzögerungen beim Saatgutimport aus Amerika war es nicht möglich, alle Parzellen im August 2007 anzulegen. *A. elongatum* „Alkar“, *A. intermedium*, *A. trachycaulum*, *A. hoffmannii*, *E. junceus* und *P. virgatum* wurden daher nachträglich, zum zweiten Saattermin im Mai 2008, gesät.

Über einen Zeitraum von 2 Wochen nach der Saat wurde zur Sicherung des Feldaufganges beregnet. Einzig am Standort Groß Enzersdorf wurde bei der Saat im August 2007 aufgrund regelmäßiger Niederschläge auf eine Beregnung verzichtet.

Im Laufe des Jahres 2008 erfolgten zwei Herbizidbehandlungen. Zur Anwendung kamen die Wirkstoffe Dicamba + MCPA und Dichlorprop-P (Groß Enzersdorf) sowie Amidosulfuron und Dichlorprop-P (St. Leonhard/F.). Ungräser wurden händisch entfernt.

Während des Etablierungsjahres 2008 wurde ausschließlich Stickstoff in Form von Kalkammonsalpeter (KAS) gedüngt. Die im August 2007 angelegten Parzellen wurden im Frühjahr und nach dem ersten Schnitt mit $75 \text{ kg N (ha} \cdot \text{Aufwuchs)}^{-1}$ gedüngt. Auf die im Mai 2008 gesäten Parzellen wurden mit Ausnahme von *P. virgatum* im Juni 2008 einmalig $37,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ ausgebracht. *P. virgatum* wurde entsprechend den Empfehlungen des US-amerikanischen Landwirtschaftsministeriums (USDA NRCS, 2008) im Etablierungsjahr nicht gedüngt.

Während der Etablierung wurden die im August 2007 gesäten Parzellen zweimal und die im Mai 2008 gesäten Parzellen einmal gemäht. Geerntet wurde am Standort Groß Enzersdorf am 26. Mai 2008, 27. August 2008 und (nur *P. virgatum*) 3. April 2009 sowie in St. Leonhard/F. am 14. Mai 2008, 22. August 2008 und (nur *P. virgatum*) 23. Dezember 2008.

Nach der Etablierungsphase waren weitgehend unkrautfreie und uniforme Grasbestände vorhanden. Die Ergebnisse aus der Etablierungsphase sind in SCHRABAUER et al. (2009a), SCHRABAUER et al. (2009b), SCHRABAUER und HUMER (2009), SCHRABAUER (2010a), SCHRABAUER (2010b), SCHRABAUER et al. (2010a) und SCHRABAUER et al. (2010b) angeführt.

3.1.2.2 Düngung

In den Parzellenversuchen wurden auf beiden Standorten ausschließlich mineralische Dünger eingesetzt. Die Ausbringung erfolgte per Hand oder mittels einer adaptierten Sämaschine.

Grunddüngung

Während des Datenerfassungszeitraumes 2009 und 2010 wurde jede Parzelle im April mit $200 \text{ kg K}_2\text{O (ha} \cdot \text{Jahr)}^{-1}$ in Form von Kaliumchlorid sowie 60 (2009) und $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ (2010) $(\text{ha} \cdot \text{Jahr)}^{-1}$ in Form von Superphosphat gedüngt.

Stickstoffdüngung

Die Stickstoffdüngung erfolgte in Form von Kalkammonsalpeter, in einer Höhe von 37,5 kg N ha⁻¹, sowohl bei der Ein- als auch der Mehrschnittnutzung im April. Bei der Mehrschnittnutzung wurde zusätzlich nach jeder Ernte (mit Ausnahme der letzten Ernte), innerhalb von zwei Woche nach dem Schnitt, eine N-Gabe von 37,5 kg N ha⁻¹ ausgebracht. Dies ergab eine jährliche Stickstoffdüngung von 37,5 kg N ha⁻¹ bei Einschnittnutzung, 75 kg N ha⁻¹ bei 2-Schnitt-Nutzung und 112,5 kg N ha⁻¹ bei 3-Schnitt-Nutzung.

Im Stickstoffsteigerungsversuch mit den Gräsern *A. elongatum* (Sorte Szarvasi I) und *D. glomerata* wurde der Stickstoffdünger an denselben Terminen, aber in Höhe von 75 kg und 150 kg N pro Hektar und Aufwuchs, ausgebracht. Die jährliche N-Düngung bei 2-Schnitt-Nutzung ergab 150 und 300 kg N ha⁻¹ und bei 3-Schnitt-Nutzung 225 bis 450 kg N ha⁻¹. Als Vergleich diente eine Nullvariante ohne Stickstoffdüngung.

Im Etablierungsjahr 2008 erfolgte die Stickstoffdüngung mit 150 kg N (ha*Jahr)⁻¹ bei Standarddüngung sowie mit 150 bzw. 300 kg N (ha*Jahr)⁻¹ beim Stickstoffsteigerungsversuch.

3.1.2.3 Erntemanagement

1-Schnitt-Nutzung

Die zur 1-Schnitt-Nutzung vorgesehenen Parzellen wurden 2009 in Groß Enzersdorf am 10. September und in St. Leonhard/F. am 13. September geerntet, 2010 erfolgte die Nutzung mit Ausnahme von *P. virgatum* am 28. September (Groß Enzersdorf) bzw. 4. Oktober (St. Leonhard/F.). Der im Jahr 2010 gebildete Aufwuchs von *P. virgatum* wurde im abgefrosteten Zustand am 17. November 2010 (Groß Enzersdorf) und 9. Februar 2011 (St. Leonhard/F.) geerntet.

Mehrschnittnutzung (inkl. N-Steigerungsversuch):

Bei dieser Variante wurde im Jahr 2009 zweimal, im Jahr 2010 dreimal gemäht. Im Jahr 2009 fanden in Groß Enzersdorf die Nutzungen am 5. Juni und 10. September, in St. Leonhard/F. am 17. Juni und 13. September statt. 2010 wurde in Groß Enzersdorf am 19. Mai, 28. Juli und 28. September, in St. Leonhard/F. am 23. Mai, 26. Juli und 4. Oktober geerntet.

Gemäht wurde mittels Einachsmäher (Groß Enzersdorf) und Traktor-Front-Trommelmäherwerk (St. Leonhard/F.). Als Schnitthöhe wurden 7 cm gewählt. BREDE (2000)

empfiehlt für *A. elongatum* bei Mehrschnittnutzung eine Schnitthöhe von mindestens 15 cm, dies ist allerdings mit den von mitteleuropäischen Landwirten verwendeten Mähgeräten technisch kaum möglich und wurde daher im Versuch auch nicht praktiziert. Zudem hätte ein derart hoher Schnitt bei den zu Lagerung neigenden Versuchsgräsern kein zufriedenstellendes Schnittbild erlaubt, es musste bereits bei der Schnitthöhe von 7 cm vereinzelt mittels Sense nachgemäht werden.

3.2 Datenerhebung

3.2.1 Verfügbarer mineralischer Stickstoff im Boden

Die Probenziehung erfolgte jeweils vor der Düngung im Frühjahr und nach jeder Schnittnutzung. Termine waren am Standort St. Leonhard/F.: 28. März 2009, 18. Juni 2009, 4. Oktober 2009, 7. April 2010, 12. Juni 2010, (8. Juli 2010 nur *P. virgatum*) und 18. November 2010. Am Standort Groß Enzersdorf erfolgte die Probenentnahme am 27. März 2009, 6. Juli 2009, 8. Oktober 2009, 29. April 2010, 10. Juni 2010, 2. August 2010 und 17. November 2010.

Die Proben wurden aus drei Horizonten, 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm, entnommen und an der Universität für Bodenkultur Wien, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf, nach ÖNORM L 1091 analysiert.

3.2.2 Stickstoffeffizienz und Stickstoffbilanz

Die **Stickstoffeffizienz** ist eine vereinfachte Darstellung der Nutzungseffizienz der gedüngten Stickstoffmenge. Der Indikator gibt Auskunft über potenzielle Stickstoffverluste. Keine Berücksichtigung finden Prozesse wie Mineralisation, Immobilisation und atmosphärische Deposition. Ein Anbau von Leguminosen erhöht (verbessert) den NOI-Wert (DUBOIS et al., 2014). Die Stickstoffeffizienz wurde folgendermaßen berechnet:

$$\text{N-Effizienz (NOI)} = \frac{\text{N Output}}{\text{N Input}} = \frac{\text{N Entzug der Ernte (kg/ha)}}{\text{N Dünger (kg/ha)}}$$

Mittels **Stickstoffbilanz** wird der überschüssige Stickstoff in landwirtschaftlichen Böden geschätzt. Der Indikator kann zur Erfassung von potenziell durch Stickstoffüberschüsse gefährdete Gebiete herangezogen werden (VALL und VIDAL, 2014). Wie bei der Stickstoffeffizienz werden Mineralisation, Immobilisation und atmosphärische Deposition

nicht berücksichtigt. Symbiotische N-Fixierung wird dagegen einbezogen. Werte kleiner als Null bedeuten, dass mit der Ernte mehr Stickstoff entzogen wurde als durch Düngung und symbiotische N-Fixierung eingebracht wurden. Die Stickstoffbilanz wurde folgendermaßen berechnet:

$$\begin{aligned} \text{N-Bilanz} &= \text{N Input (inkl. symbiotische N Fixierung)} - \text{N Output} \\ &= \text{N Düngung (kg/ha)} + \text{symbiotische N Fixierung} - \text{N Entzug der Ernte (kg/ha)} \end{aligned}$$

Da das Vorkommen von Leguminosen auf beiden Standorten in den Versuchspartellen nie über sporadisch vorkommende Einzelindividuen hinausging, wurde bei den Berechnungen keine symbiotische N-Fixierung berücksichtigt.

3.2.3 Ertragsparameter und Entwicklungsverlauf

Die Boniturmethode orientierten sich an den Richtlinien der österreichischen Sortenprüfung (BFL, 2002). Vor jeder Schnittnutzung wurden folgende Kriterien bonitiert (Messungen erfolgten mindestens dreimal pro Parzelle; Schätzungen einmal pro Parzelle):

- projektive Bodenbedeckung des gesamten Aufwuchses in Prozent Fläche (Schätzung),
- projektive Bodenbedeckung der einzelnen Pflanzenarten in Prozent Fläche (Schätzung),
- Ertragsanteil nicht angebaute Arten (Ruderalpflanzen) in Prozent (Schätzung),
- Anteil Pflanzen mit Ähren oder Rispen, dabei galt eine Pflanze als Ähren-/Rispen-tragend, wenn das Erscheinen von wenigstens einer Ähre/Rispe erkennbar war; Fruchtstände, welche bereits so stark abgestorben waren, dass deren Halme vollständig abgebrochen waren, wurden nicht mitgezählt – dies betrifft insbesondere die Einschnittnutzung (Schätzung),
- Lager, von 0 % = kein Lager bis 100 % = totales Lager, 50 % entspricht z.B. einer Neigung der Pflanzen von ca. 45° von der Normalstellung oder stärkeres Lager auf 50 % der Parzelle, (Schätzung),
- Krankheitsbefall (befallene Pflanzenoberfläche in Prozent, Schätzung),
- Ausbreitung über den Parzellenrand hinaus (mittlere Entfernung der Pflanzen außerhalb der Parzelle zum Parzellenrand, gemessen) und
- Ausbreitung der fremdländischen Versuchsgräser über größere Distanzen mittels Samen, mehrmals pro Jahr wurden Kontrollgänge im Umkreis von ca. 200 m um das Versuchsfeld

durchgeführt (Anzahl Individuen fremdländischer Versuchsgräser in den Pflanzenbeständen außerhalb des Versuchsfeldes, gezählt).

Die Wägung des frischen Erntegutes erfolgte für jede Parzelle separat. Der Trockensubstanzgehalt wurde durch Vortrocknen bei 60°C und nachfolgend bei 105°C im Trockenschrank ermittelt. Es erfolgte eine Reduktion der Ertragsanteile durch die nicht angebauten Pflanzenarten (Ruderalpflanzen). Ein Anstieg des Ruderalpflanzenertrages wird auf eine geringe Konkurrenzkraft des Versuchsgrases zurückgeführt. Diese Kennzahl wird auch zur Beurteilung der Persistenz der beurteilten Gräser herangezogen.

Im Mai 2011 wurden die Versuchsflächen in St. Leonhard/F. gepflügt und im Nachauflauf mit den Herbiziden Terbutylazin sowie S-metolachlor behandelt. Nach dem Umbruch, am 16. September 2011, wurden die Bodenbedeckungsgrade der Gräser auf der Versuchsparzelle in der Folgefrucht Mais bonitiert.

3.2.4 Qualitätsparameter

Von jeder Parzelle wurde eine repräsentative Probe für nachfolgende Analysen entnommen. Aus den drei Wiederholungen wurden Mischproben hergestellt. Nach der Trocknung erfolgte die Vermahlung mittels Labormühle und Verwendung eines 0,8 mm-Siebes.

Elementaranalysen: Die Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel wurden mittels Elementaranalysator „elementar vario MACRO cube“ von sämtlichen Proben analysiert.

Von Erntegut des Versuchsstandortes Groß Enzersdorf, Versuchsjahr 2009, wurden die Gehaltswerte der Elemente Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium, Natrium, Eisen, Kupfer, Zink und Mangan bestimmt. Die Analysen erfolgten im Futtermittellabor Rosenau, einer Einrichtung der NÖ Landeslandwirtschaftskammer.

Brennstoffanalysen: Brennwert, Heizwert, Aschegehalt und Ascheschmelzverhalten wurden als Kennwerte für die Brennstoffbewertung herangezogen. Die Bestimmung der Aschegehalte erfolgte bei Veraschungstemperaturen von 550°C und 815°C.

Die Untersuchung des Ascheschmelzverhaltens wurden nach einer von der KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH entwickelten Methode durchgeführt. Die Proben wurden zuerst zehn Stunden lang auf 900°C erhitzt, dann bewertet und fotografiert und anschließend auf

1000°C erhitzt (wieder 10 Stunden lang). Bei zunehmender Erweichung der Asche wurde kategorisiert in:

- lockere Asche,
- sehr leicht versintert,
- leicht versintert,
- versintert,
- stark versintert/geschmolzen,
- größtenteils geschmolzen und
- geschmolzen.

Die Brennstoffanalysen wurden in der HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg (Brennwert, Heizwert, Aschegehalt) und der KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH in St. Margarethen/Raab (Ascheschmelzverhalten) durchgeführt.

Methanausbeute: Zur Bestimmung des Gasbildungsvermögens wurde der Hohenheimer Biogasertragstest nach VDI-Richtlinie 4630 installiert. Der Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) wurde von HELFRICH und OECHSNER (2003) als Fortschritt im Bereich der Gärversuche beschrieben, er baut auf ein Standardverfahren auf und zeichnet sich durch hohe Schlagkraft bei gleichzeitiger Reduktion von Fehlermöglichkeiten aus. Zur Sammlung von Know-How für die Durchführung des Hohenheimer Biogasertragstests, zur erforderlichen Vorbereitung des Impfschlammes und zur Kalibrierung der Gasanalyse erfolgten vor Beginn der Versuche zwei Probedurchläufe. In Kolbenprobern aus Glas wurden 30 ml verdünntes Inokulum und 300 mg Testsubstrat über einen Zeitraum von 39 Tagen vergoren. Das Inokulum wurde aus dem Fermenter einer Biogasanlage, welcher mit 40°C betrieben wird, entnommen. Danach wurde der Impfschlamm etwa 12 Stunden lang bei Zimmertemperatur gelagert und anschließend der am Boden des Transportbehälters abgesetzte Sand entfernt. 0,22 Liter Inokulum wurden mit Leitungswasser auf einen Liter verdünnt und im Brutraum zehn Tage bis zum Versuchsbeginn ausgegoren. Die Bebrütung erfolgte in einem auf 40°C geheiztem Laborraum, in welchem auch die Gasanalyse ohne Abkühlung durchgeführt wurde. Das gebildete Gasvolumen wurde periodisch abgelesen und aus den Kolbenprobern abgelassen. Dabei wurde das Gas langsam durch ein adaptiertes Gasanalysegerät Dräger X-am 7000 gedrückt und der Methangehalt bestimmt. Vor der Gasanalyse wurde das Gerät mittels Prüfgas kalibriert. Weil das Ablesen der gebildeten Biogasmenge und die Gasanalyse ohne

Abkühlung von stattem gingen, konnte der Wasserdampfgehalt berechnet und abgezogen werden. Folgende Gleichungen wurden verwendet:

$$V_0^{\text{tr}} = V \cdot (p - p_w) \cdot T_0 / p_0 \cdot T$$

V_0^{tr} Volumen des trockenen Gases im Normzustand, in ml_N

V abgelesenes Volumen des Gases, in ml

p Druck der Gasphase zum Zeitpunkt des Ablesens

p_w Dampfdruck des Wassers in Abhängigkeit von der Temperatur des umgebenden Raumes, in hPa

T_0 Normtemperatur; $T_0 = 273 \text{ K}$

p_0 Normdruck; $p_0 = 1013 \text{ hPa}$

T Temperatur des Faulgases oder des umgebenden Raumes, in K

$$C_{\text{CH}_4}^{\text{tr}} = C_{\text{CH}_4}^{\text{f}} \cdot p / (p - p_w)$$

$C_{\text{CH}_4}^{\text{tr}}$ Methankonzentration im trockenen Gas, in Vol.-%

$C_{\text{CH}_4}^{\text{f}}$ Methankonzentration im feuchten Gas, in Vol.-%

p Druck der Gasphase zum Zeitpunkt des Ablesens, in hPa

p_w Dampfdruck des Wassers in Abhängigkeit von der Temperatur des umgebenden Raumes, in hPa

Die Angabe des spezifischen Methanertrages erfolgte als Methanausbeute und wurde auf den Gehalt organischer Trockensubstanz (o TS) bezogen.

Die Methanausbeute wurde bei jenen Versuchsgräsern bestimmt, welche in den vorangegangenen Feldversuchen besonders gut waren (Tabelle 6). Als Auswahlkriterien wurden Ausdauer, Konkurrenzkraft und TM-Ertrag herangezogen. Zum Vergleich wurde eine Probe von Silomais (unsiliert) vergoren. Die Maisprobe wurde von einem in unmittelbarer Nähe der Versuchsfläche stehenden Feldes am Standort St. Leonhard/F. entnommen. Die Biogasausbeute wurde bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung und N-Steigerungsversuch) von beiden Versuchsjahren (2009 und 2010) ermittelt. Bei der Einschnitt-Variante wurden die Proben aus dem Versuchsjahr 2010 herangezogen (Proben

aus dem Jahr 2009 konnten aufgrund der starken Futtermittelverschmutzung durch das Hochwasserereignis am Standort St. Leonhard/F. nicht verwendet werden).

Der Biogasertrag pro Hektar und Jahr wurde durch Multiplikation der Methanausbeute und des Ertrages organischer Trockensubstanz (inkl. Ruderalpflanzen) sowie anschließender Addition der einzelnen Aufwüchse ermittelt. Für die Berechnung der Biogaserträge bei Einschnittnutzung für das Jahr 2009 wurden die Werte der Methanausbeuten des Jahres 2010 verwendet.



Abbildung 11: Hohenheimer Biogasertragstest: Kolbenprober in drehbarer Trommel (links), Gasanalyse (rechts)

Weender Futtermittelanalyse: Nach dem Standardverfahren wurden Rohasche (XA), Rohfaser (XF), Rohprotein (XP), Rohfett (XL) und stickstofffreie Extraktstoffe (NfE) ermittelt. Die Analysen wurden im Labor der Niederösterreichischen Landwirtschaftskammer durchgeführt.

Verdaulichkeit der organischen Substanz (DOM): Zur Anwendung kam eine von TILLEY und TERRY (1968) beschriebene und von RESCH (1991) modifizierte Methode. Diese Analyse funktioniert nach einem vergleichbaren Prinzip wie die Verdauung im Wiederkäuersystem. Der erste Schritt entspricht den Abbauvorgängen im Pansen; der Probe wird Rinderpansensaft und eine anorganische Pufferlösung zugefügt. Im zweiten Schritt wird die Verdauung im Labmagen durch Zugabe von Pepsin und Salzsäure simuliert. Beide Schritte laufen über einen Zeitraum von jeweils 48 Stunden. Die Analyse der Verdaulichkeit der organischen Substanz erfolgte in der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

Umsetzbare Energie: Die energetische Futtermittelbewertung für Wiederkäuer wird von der Verdaulichkeit der organischen Substanz abgeleitet. Die Berechnung erfolgt auf Basis der DLG Futterwerttabellen, 7. Auflage (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT, 1997). Folgende Regressionsgleichungen wurden verwendet (RESCH, 2013):

Aufwuchs 1: $MJ ME = DOM * 0.0181344 - 1.82779$

$MJ NEL = DOM * 0.0127466 - 2.36148$

Folgeaufwüchse: $MJ ME = DOM * 0.0199242 - 2.85566$

$MJ NEL = DOM * 0.0137917 - 2.95892$

MJ ME Umsetzbare Energie in MJ

MJ NEL Netto Energie Laktation in MJ

DOM Verdaulichkeit der organischen Substanz in g je kg Trockenmasse

Nutzbares Rohprotein nXP: Der Kennwert wurde durch folgende Schätzgleichung ermittelt:

$$nXP = 7,84 * MJ ME + 0,43 XP$$

nXP Nutzbares Rohprotein

MJ ME Umsetzbare Energie in MJ

XP Rohprotein in g kg TM⁻¹

Die Schätzgleichung erreicht nach LEBZIEN et al. (1996) ein Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,86$ und einen Variationskoeffizienten von $cv = 11 \%$.

Futterqualitätskriterien und Kategorien:

Zur Bewertung der Futterqualität wurde die Kategorisierung nach BUCHGRABER et al. (2008) herangezogen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Kategorisierung von Futterqualitätskriterien nach BUCHGRABER et al. (2008)

Futterqualitätskriterien	geringe bis mittlere Qualität	mittlere bis gute Qualität	sehr gute Futterqualität
Energiegehalt in MJ NEL kg TM ⁻¹	< 4,5	4,5-5,8	> 5,8
Verdaulichkeit in % DOM	< 55	55-70	> 70
Rohfaser in g XF kg TM ⁻¹	> 300	250-300	< 250
Rohprotein % i.d.TM	< 10	10-14	> 14

Tabelle 6: Analysenplan für Elementaranalysen, Brennstoffanalysen, Weender Futtermittelanalysen, Bestimmungen der Biogasausbeute und der Verdaulichkeit der organischen Substanz

Nutzung / Düngung	Gräserart	Sorte	Analysen				
			Elementaranalysen	Brennstoffanalysen	Biogasausbeute	Weender Futtermittelanalyse	DOM
Mehrschnitt / Standarddüngung	<i>Agropyron elongatum</i>	Szarvasi I	x			x	x
		Anonym	x			x	x
		Alkar	x			x	x
	<i>Agropyron intermedium</i>	Rush	x			x	x
	<i>Agropyron desertorum</i>	Anonym	x			x	x
	<i>Agropyron trachycaulum</i>	Revenue	x			x	x
	<i>Elymus hoffmannii</i>	Newhy	x			x	x
	<i>Elymus junceus</i>	Anonym	x			x	x
	<i>Bromus inermis</i>	Anonym	x			x	x
	<i>Bromus marginatus</i>	Tacit	x			x	x
	<i>Festuca arundinacea</i>	Belfine	x		x	x	x
	<i>Dactylis glomerata</i>	Tandem	x		x	x	x
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	Arone	x		x	x	x
	<i>Agrostis gigantea</i>	Kita	x		x	x	x
<i>Agropyron repens</i>	Anonym	x			x	x	
Mehrschnitt / N-Steigerung	<i>Agropyron elongatum</i>	Szarvasi I	x			x	x
	<i>Dactylis glomerata</i>	Tandem	x		x	x	x
Einschnitt / Standarddüngung	<i>Agropyron elongatum</i>	Szarvasi I	x	x	x		x
		Anonym	x	x	x		x
		Alkar	x	x	x		x
	<i>Agropyron desertorum</i>	Anonym	x	x	x		x
	<i>Festuca arundinacea</i>	Belfine	x	x	x		x
<i>Panicum virgatum</i>	Blackwell	x	x	x		x	

3.3 Mathematisch-statistische Verrechnung

Die Mathematisch-Statistische Verrechnung wurde mit dem Statistikpaket SAS 9.1.3 durchgeführt. Mittels Levene Test wurde auf Varianzhomogenität geprüft. Für ANOVA kamen die SAS Prozeduren glm und mixed zur Anwendung. Fixed factors waren Art und Standort, repeated factor war Jahr. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0,05$ festgelegt. Im Modell (Type 3 Tests of Fixed Effects) wurden alle Wechselwirkungen mit Ausnahme von Dreifach-Wechselwirkungen berücksichtigt. Die Daten der Erträge und der Bodenbedeckungsgrade wurden in Balkendiagrammen verarbeitet, in welchen die

Gruppierungen nach dem Student-Newman-Keuls-Test angeführt wurden. Die statistische Analyse für die Balkendiagramme wurde für jedes Versuchsjahr, jeden Standort und für gesäte / nicht gesäte Arten separat durchgeführt. Mittelwerte mit dem gleichen Buchstaben innerhalb jeder einzelnen statistischen Analyse unterscheiden sich nicht signifikant. Für die Analyse der Ertragsdaten wurde der korrigierte Jahresertrag verwendet, welcher durch Addition der einzelnen Schnitte gebildet wurde.

Die Analysen der Qualitätsparameter wurden in zweifacher (Elementaranalysen) oder dreifacher (alle anderen Analysen) Wiederholung durchgeführt. Wenn der Varianzkoeffizient nicht unter 0,05 lag, wurde so lange wiederholt, bis dieser Wert erreicht wurde. Bei der Prozedur mixed wurden die Aufwüchse beider Jahre mit einer laufenden Nummer versehen (1 und 2 im Jahr 2009 bzw. 3 bis 5 im Jahr 2010) und als „Aufwuchssumme“ bezeichnet.

Für die Auswertung des verfügbaren mineralischen Stickstoffes (N_{\min}) im Boden wurden die Termine der Probenziehungen folgendermaßen zugeordnet:

- „Frühjahr“: 27.3.2009 und 29.4.2010 (Groß Enzersdorf);
26.3.2009 und 3.4.2010 (St. Leonhard/F.)
- „Sommer“: 29.5.2008, 9.9.2008, 6.7.2009, 10.6.2010 und 2.8.2010 (Groß Enzersdorf);
29.5.2008, 10.9.2008, 14.7.2009, 13.6.2010 und 27.7.2010 (St. Leonhard/F.)
- „Herbst“: 20.11.2008, 8.10.2009 und 30.9.2010 (Groß Enzersdorf);
27.11.2008, 4.10.2009 und 8.10.2010 (St. Leonhard/F.)

Bei den dargestellten Durchschnittswerten handelt es sich, sofern nicht anders angegeben, stets um ein „gewöhnliches arithmetisches Mittel“.

4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

4.1 Wachstums- und Entwicklungsverlauf

Die Nutzung von Wiesen, Wechselwiesen und Feldfutterflächen mit ausdauernden Gräserarten erfolgt je nach Verwertung des Erntegutes unterschiedlich.

4.1.1 Ertrag und Konkurrenzverhalten

Zur Beurteilung der Ertragsfähigkeit der einzelnen Gräserarten wird der bereinigte Jahresertrag (Gesamtertrag abzüglich Ertrag nicht angebaute Arten) herangezogen. Im Mittel betrug er bei Mehrschnittnutzung auf den angeführten Standorten 9254 kg TM ha⁻¹ und bei Einschnittnutzung 11424 kg TM ha⁻¹.

Tabelle 7: F-Statistik vom bereinigten TM-Ertrag und vom Bodenbedeckungsgrad der ausgesäten Grasart

	TM-Ertrag bereinigt	Bodenbedeckung ausgesäte Grasart
Effekt	PR > F	PR > F
Mehrschnittnutzung		
Art	<0,0001	<0,0001
Standort	<0,0001	<0,0001
Jahr	<0,0001	<0,0001
Standort*Art	<0,0001	<0,0001
Art*Jahr	<0,0001	<0,0001
Jahr*Standort	0,001	<0,0001
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch		
Art	0,0042	<0,0001
Düngung	0,0002	0,8788
Standort	<0,0001	<0,0001
Jahr	0,0061	<0,0001
Art*Düngung	0,0082	<0,0001
Standort*Düngung	0,7444	0,3837
Düngung*Jahr	0,9427	0,0448
Standort*Art	0,4857	0,0278
Einschnittnutzung		
Art	<0,0001	<0,0001
Standort	<0,0001	<0,0001
Jahr	<0,0001	0,0085
Standort*Art	0,0164	0,0004
Art*Jahr	0,0061	0,0001
Jahr*Standort	<0,0001	<0,0001

Einfluss des Standortes auf den Ertrag:

Am Standort St. Leonhard/F. waren die Erträge bei beiden Schnittregimes höher als in Groß Enzersdorf (im Mittel bei Mehrschnittnutzung um 1496 kg TM ha⁻¹ und bei Einschnittnutzung um 2996 kg TM ha⁻¹). Dies wird auf das höhere Wasserangebot und die höhere Wasserverfügbarkeit am Standort St. Leonhard/F. zurückgeführt. Der Einfluss des Standortes auf den Ertrag war signifikant (Tabelle 7).

Einfluss des Jahres auf Ertrag und Konkurrenzverhalten:

Mit fortschreitender Versuchsdauer kam es an beiden Standorten zur Abnahme des bereinigten Jahresertrages. Dieser sank bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) von 2009 auf 2010 am Standort Groß Enzersdorf um 3835 und am Standort St. Leonhard/F. um 5283 kg TM ha⁻¹. Gleichzeitig stieg die projektive Bodenbedeckung durch Ruderalpflanzen von 2 auf 13 % Fläche am Standort Groß Enzersdorf und von 3 auf 37 % Fläche am Standort St. Leonhard/F. (Abbildungen 13 und 14). Der durchschnittliche Anteil nicht angebaute Arten am Gesamtertrag erhöhte sich mit jeder Schnittnutzung. Insgesamt wurden 61 nicht gesäte Arten gezählt, davon 34 Kräuter-, 25 Gräser- sowie 2 Kleearten. Den höchsten Anteil erreichten Knaulgras (Standort Groß Enzersdorf) und Raygrasarten (Standort St. Leonhard/F.). Das starke Auftreten von Ruderalpflanzen am Standort St. Leonhard/F. ist auf einen hohen Samenvorrat im Boden zurückzuführen, zudem wurden durch das Hochwasserereignis im Juli 2009 zusätzlich Samen angeschwemmt.

Bei Einschnittnutzung kam es von 2009 auf 2010 nur am Standort St. Leonhard/F. zum Rückgang des bereinigten Ertrages um 6906 kg TM ha⁻¹ (Abbildung 15). Grund war das Hochwasserereignis im Juli 2009 am Versuchsstandort. In der Folge kam es zu einem Lager der Gräser von 93,5 % des Versuchspartellenbestandes. Die Lagerung führte zu einer Verminderung des Ertrages, die sich auch noch im Folgejahr im relativ niedrigen Ertrag zeigte. Die projektive Bodenbedeckung des Ruderalpflanzenbestandes war bei der Einschnittnutzung im Jahr 2010 mit durchschnittlich nur 4 % Fläche deutlich niedriger im Vergleich zur Mehrschnittnutzung. Die Konkurrenzkraft und die Persistenz der ausgewählten Gräserarten waren bei Einschnittnutzung höher (Abbildungen 12 und 16).

Einfluss der Gräserart auf den Ertrag:

Der Einfluss der Gräserart auf den Ertrag war signifikant (Tabelle 7). Die höchsten bereinigten Jahreserträge erzielten bei Mehrschnittnutzung im Jahr 2009 *A. elongatum* „Alkar“ mit



Abbildung 12: Hohe Lageranfälligkeit und teilweise geringe Ausdauer des Versuchsgrases *A. elongatum*: Lager am Standort St. Leonhard/F. bei Einschnittnutzung, (links), durch Ruderalpflanzen überwuchertes Bestand am Standort St. Leonhard/F. bei Mehrschnittnutzung und 75 kg N (ha* Aufwuchs)⁻¹ (rechts), 26. Juli 2010

15615,5 kg TM ha⁻¹ und im Jahr 2010 *F. arundinacea* mit 11674 kg TM ha⁻¹ (Mittelwert der beiden Standorte). Die Sorte *A. elongatum* „Szarvasi I“ ergab im Vergleich zu *A. elongatum* „Alkar“ bei Mehrschnittnutzung jährlich zwar im Mittel um 3302 kg TM ha⁻¹ weniger, der Unterschied war allerdings nur im Jahr 2009 am Standort Groß Enzersdorf signifikant. Die von GEISSENDÖRFER und BUSCH (2010) in Triesdorf (Bayern, Deutschland) für *A. elongatum* „Szarvasi I“ erzielten Erträge von jährlich 19200 kg TM ha⁻¹ (mit Ruderalpflanzen) wurden an den angeführten Standorten nicht erreicht. Die niedrigsten Erträge wurden bei *E. junceus* (6404 kg TM ha⁻¹, Jahr 2009) und *A. trachycaulum* (3420 kg TM ha⁻¹, Jahr 2010) erzielt (Abbildung 13).

Die Unterschiede im Konkurrenzverhalten der einzelnen Gräserarten wurden nach dem Auftreten der Ruderalpflanzen beurteilt. Nicht gesäte Arten ergaben im Mittel projektive Deckungsgrade von 0,1 % Fläche (*F. arundinacea*) bis 26 % Fläche (*A. trachycaulum*). Am Standort St. Leonhard/F. hatte bei Mehrschnittnutzung nur *F. arundinacea* während des

gesamten Versuchszeitraumes keine Ruderalpflanzen vorzuweisen. In Groß Enzersdorf hingegen waren *F. arundinacea*, *D. glomerata*, *B. inermis*, *A. elatius* und *A. gigantea* sehr konkurrenzstark. Der projektive Deckungsgrad der Ruderalpflanzen betrug bei den angeführten Arten maximal 3 % Fläche (Abbildung 14).

Wenig konkurrenzstark waren bei Mehrschnittnutzung insbesondere *A. elongatum* (Sorte „Szarvasi I“), *A. intermedium*, *A. desertorum* und *E. hoffmannii*. Im Jahr 2010 betrug der Ruderalpflanzen-Deckungsgrad auf beiden Standorten mindestens 20 % Fläche. Die unzureichende Konkurrenzkraft aller Sorten von *A. elongatum* bei Mehrschnittnutzung ist auf die geringe Schnitthöhe im Versuch (7 cm) zurückzuführen. BREDE (2000) empfiehlt eine Schnitthöhe von 15 cm. Zur Beurteilung, ob durch die zu niedrige Schnitthöhe die Beständigkeit von *A. elongatum* unter den gegebenen Bedingungen gewährleistet werden kann, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Ertragshöhe und Ausdauer waren bei den Gräserarten *A. desertorum*, *E. junceus* sowie *E. hoffmannii* nicht ausreichend hoch. Wie die angeführten Ergebnisse zeigen, können für die landwirtschaftliche Nutzung diese Arten in Österreich nicht empfohlen werden.

F. arundinacea ergab bei Mehrschnittnutzung hohe Erträge, bildete eine dichte Grasnarbe und in den Jahren nach der Aussaat kam unter allen einbezogenen Gräserarten die geringste Anzahl an Unkräutern und Ungräsern auf.

Die hohe Konkurrenzkraft von *F. arundinacea* während der Hauptnutzungsjahre resultiert aus dem besonders raschen Nachtrieb. Im Gegensatz zu etablierten Beständen ist *F. arundinacea* während der Jugendphase nur mäßig konkurrenzstark (SCHRABAUER et al., 2010a). Ursache dafür war die im Vergleich zu *D. glomerata* geringere Schattentoleranz (ALLARD et al. 1991; BURNER, 2003) sowie der langsamere oberirdische Biomassezuwachs während der Etablierungsphase (WILMAN und GAO, 1996). Bei der Erstellung von Saatgutmischungen muss berücksichtigt werden, dass der Anteil von Arten mit starker Jugendentwicklung nicht zu hoch wird. Die Ergebnisse zeigen, dass ein rechtzeitiger Reinigungsschnitt während der Etablierung die Konkurrenzkraft von *F. arundinacea* fördert.

Bei Wechselgrünland soll ein hoher Anteil an Ruderalpflanzen vermieden werden, da dies zur Anreicherung von Unkrautsamen im Boden führt und dadurch die nachfolgenden Ackerkulturen beeinträchtigt. Im Wechselgrünland werden Gräser mit entsprechender

Konkurrenzkraft sowohl während der Etablierungsphase als auch während der gesamten Nutzungsdauer benötigt. *A. gigantea* scheidet aufgrund der langsamen Jugendentwicklung für Wechselwiesen- und Feldfuttermischungen aus. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse waren die Arten *F. arundinacea*, *D. glomerata*, *B. inermis* und *A. elatius* vorteilhaft.

A. trachycaulum zeigte auffällige Unterschiede zwischen den Standorten: Am Standort Groß Enzersdorf lag der projektive Deckungsgrad der Ruderalpflanzen bei maximal 19 % Fläche. Am Standort St. Leonhard/F. stieg die Ruderalpflanzen-Deckung auf bis zu 76 % Fläche an, was gleichzeitig der höchste Wert im gesamten Versuch war (Abbildung 14). Obwohl *A. trachycaulum* eine rasche (und konkurrenzstarke) Jugendentwicklung aufweist (SCHRABAUER et al., 2009a; SCHRABAUER, 2010a), war diese Grasart insbesondere am niederschlagsreicheren Standort St. Leonhard/F. in den Jahren nach der Saat wenig konkurrenzstark. *A. trachycaulum* könnte vermutlich als Deckfrucht in Saatgutmischungen eingesetzt werden. Das Gras weist einerseits eine rasche Jugendentwicklung auf, lässt aber durch die geringe Narbendichte gleichzeitig den Mischungspartnern mit langsamer Keimpflanzen- und Jugendentwicklung genug Platz. Nach mehrjähriger Nutzungsdauer verminderte sich die Konkurrenzkraft von *A. trachycaulum*. Beim Einsatz in Saatgutmischungen wird eine Ablösung durch Arten mit langsamer Jugendentwicklung ermöglicht (vgl. „Ablöseprinzip“, BUCHGRABER und GINDL, 2004). Zur Klärung des Konkurrenzverhaltens von *A. trachycaulum* beim Einsatz in Mischungen sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Bei Einschnittnutzung erreichte am Standort Groß Enzersdorf in den Versuchsjahren 2009 und 2010 *P. virgatum* die höchsten bereinigten Erträge; 16197 kg TM ha⁻¹ im Jahr 2009 und 13324 kg TM ha⁻¹ im Jahr 2010. Die Ertragsunterschiede zu allen Sorten von *A. elongatum* sowie zu *F. arundinacea* waren im Jahr 2010 allerdings gering und nicht signifikant (Abbildung 15). In St. Leonhard/F. hingegen ergaben in beiden Versuchsjahren *A. elongatum* „Anonym“ mit 20197 kg TM ha⁻¹ (2009) und 13052 kg TM ha⁻¹ (2010) die höchsten Erträge. Alle drei Varianten von *A. elongatum* erwiesen sich bei Einschnittnutzung als konkurrenzstärker im Vergleich zur Mehrschnittnutzung, was sich im geringen Ruderalpflanzenvorkommen von maximal 364,7 kg TM ha⁻¹ (entspricht 3,5 % vom Gesamtertrag) zeigte.

Obwohl bei *P. virgatum* am Standort St. Leonhard/F. im Jahr 2009 mit 19808 kg TM ha⁻¹ ein hoher bereinigter Jahresertrag erzielt wurde, traten im Jahr 2010 vermehrt Unkräuter und Ungräser auf, sodass der bereinigte Jahresertrag auf 7720 kg TM ha⁻¹ abfiel. Der Bodenbedeckungsgrad der Begleitvegetation lag am Standort St. Leonhard/F. mit 31,7 % am 23. Mai 2011 über dem Versuchsdurchschnitt bei Einschnittnutzung von 10,3 % (Abbildung 16). Ursache war das höhere Wärmebedürfnis des C₄-Grases *P. virgatum*, im Vergleich zu den C₃-Gräsern ist der Wachstumsverlauf im Frühjahr langsamer. Dadurch hatten die Unkraut- und Ungrassamen, welche wie bereits erwähnt am Standort St. Leonhard/F. in größerer Zahl als am Standort Groß Enzersdorf auftraten, mehr Platz zur Etablierung. Der Ertrag von *P. virgatum* verminderte sich von 2009 auf 2010 am Standort St. Leonhard/F. um 61 %. Am Standort Groß Enzersdorf betrug der Ertragsrückgang nur 18 %. Eine Möglichkeit zur Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern beschreiben WALLER und SCHMIDT (1983) sowie SANDERSON et al. (2004): Glyphosat wird vor dem Austrieb von C₄-Gräsern ausgebracht, um Ungräser und Unkräuter mit C₃-Metabolismus, welche zu diesem Zeitpunkt bereits wachsen, zu bekämpfen.

In mehreren Studien (CASLER und BOE, 2003; MULKEY et al., 2006; ADLER et al., 2006) wurde festgestellt, dass sich die Ausdauer (Persistenz) von *P. virgatum* reduziert, wenn die Ernte während der Vegetationszeit erfolgt. Bei einer thermisch-energetischen Verwertung des Erntegutes wird empfohlen, die Ernte erst nach Frosteinwirkungen vorzunehmen. Dadurch wird es den Pflanzen ermöglicht, einen Teil der löslichen Kohlenhydrate in die Wurzeln zu verlagern, welche im Frühjahr für den „kräftigen Austrieb“ erforderlich sind.

A. desertorum erreichte bei den nicht gesäten Arten bei Einschnittnutzung einen projektiven Deckungsgrad von bis zu 24 % (Standort St. Leonhard/F., 2010), dies deutet auf eine unterdurchschnittliche Konkurrenzstärke hin.

Die im österreichischen Futterbau häufig verwendeten Gräserarten *D. glomerata* und *A. elatius* erreichten in den angeführten Versuchen mittlere Erträge. In einzelnen Merkmalen waren aber andere Gräserarten überlegen.

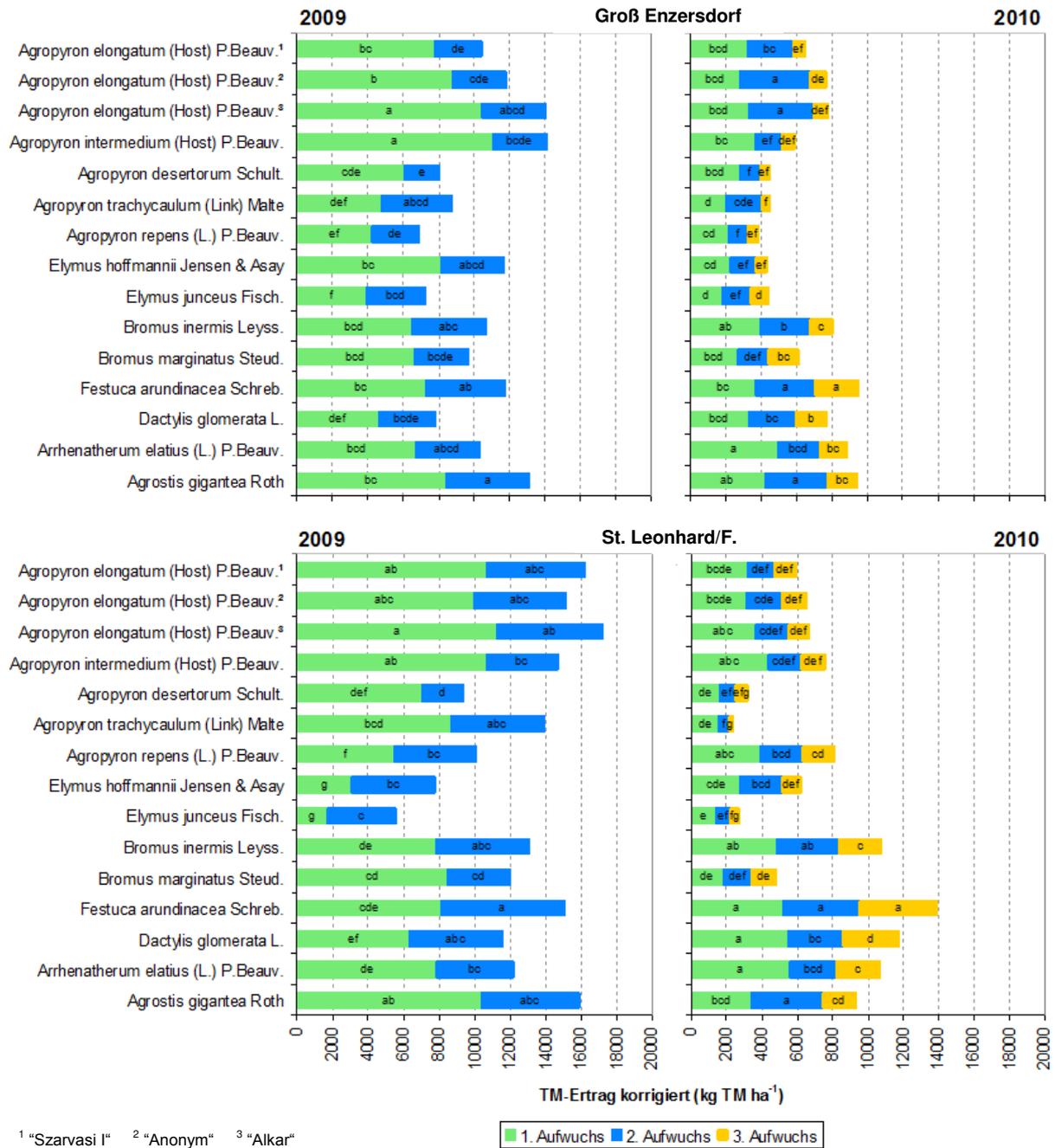


Abbildung 13: Korrigierte TM-Jahreserträge in kg ha⁻¹ bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

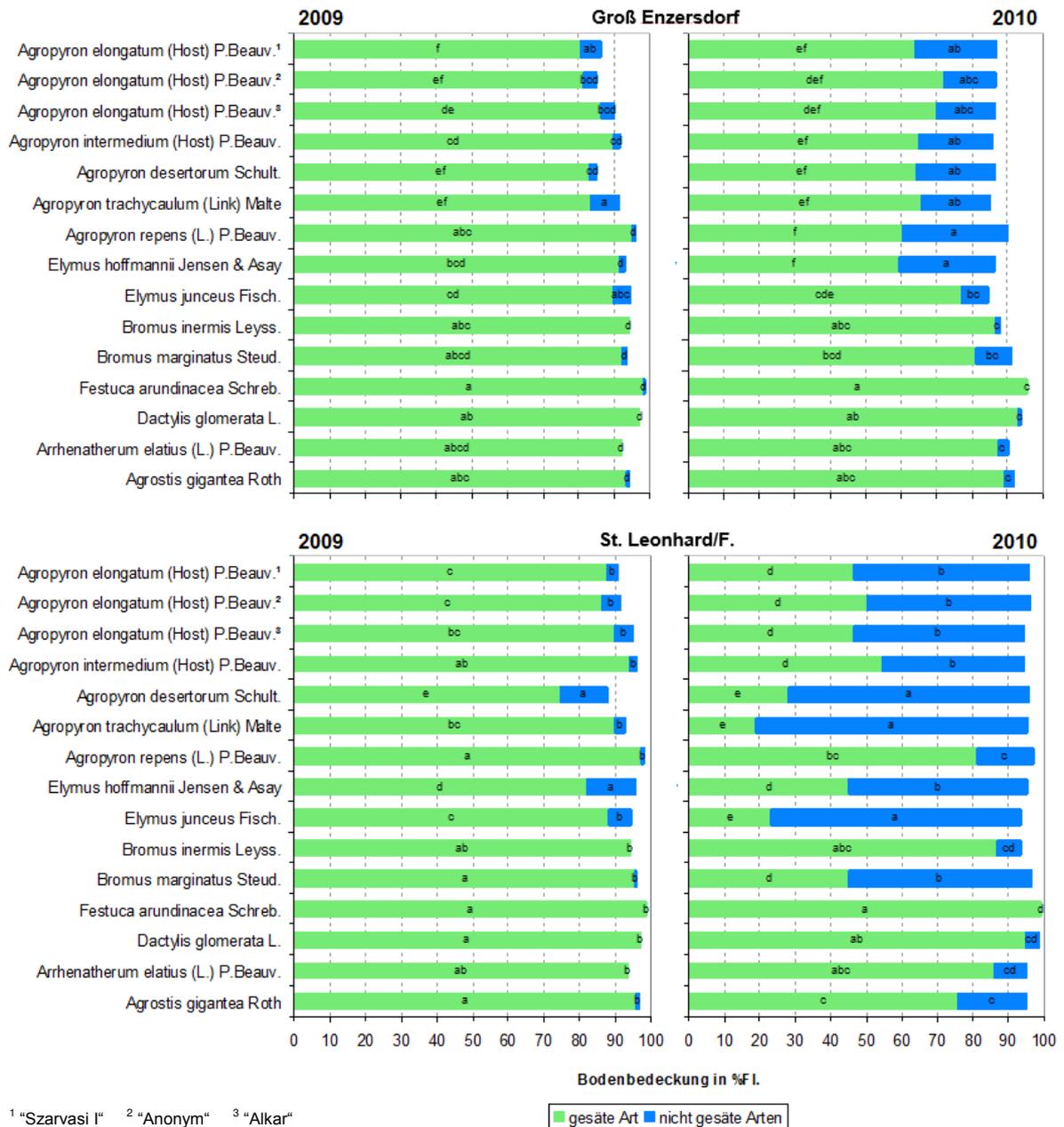


Abbildung 14: Bodenbedeckungsgrad der gesäten Gräser und nicht gesäten Ruderalpflanzen bei Mehrschrittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

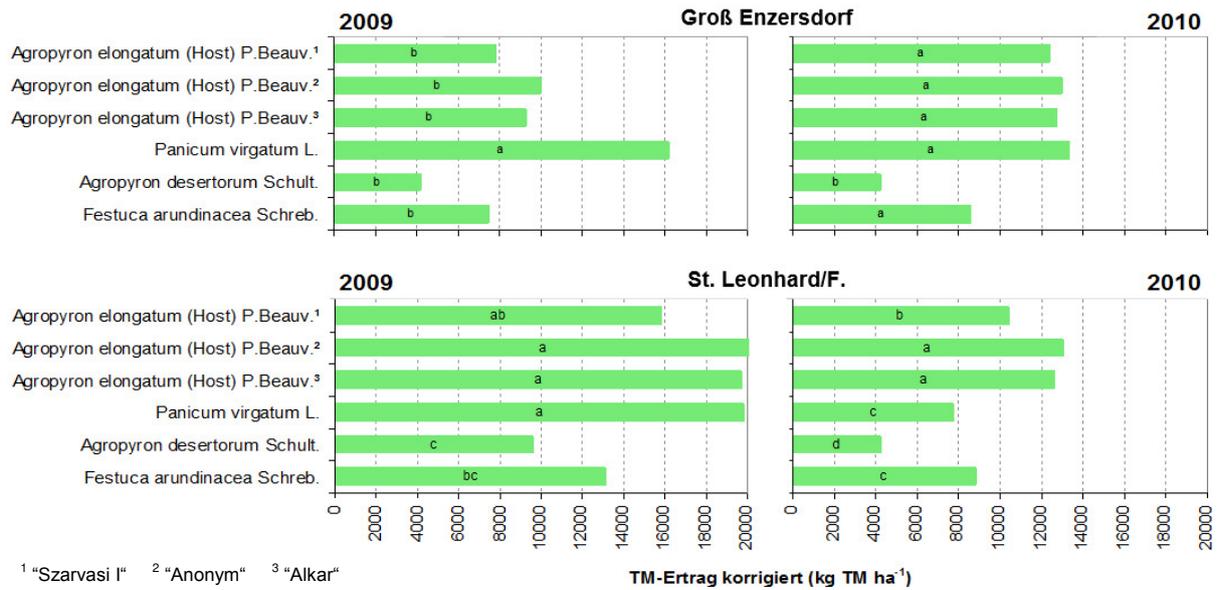


Abbildung 15: Korrigierte TM-Jahreserträge in kg ha⁻¹ bei Einschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

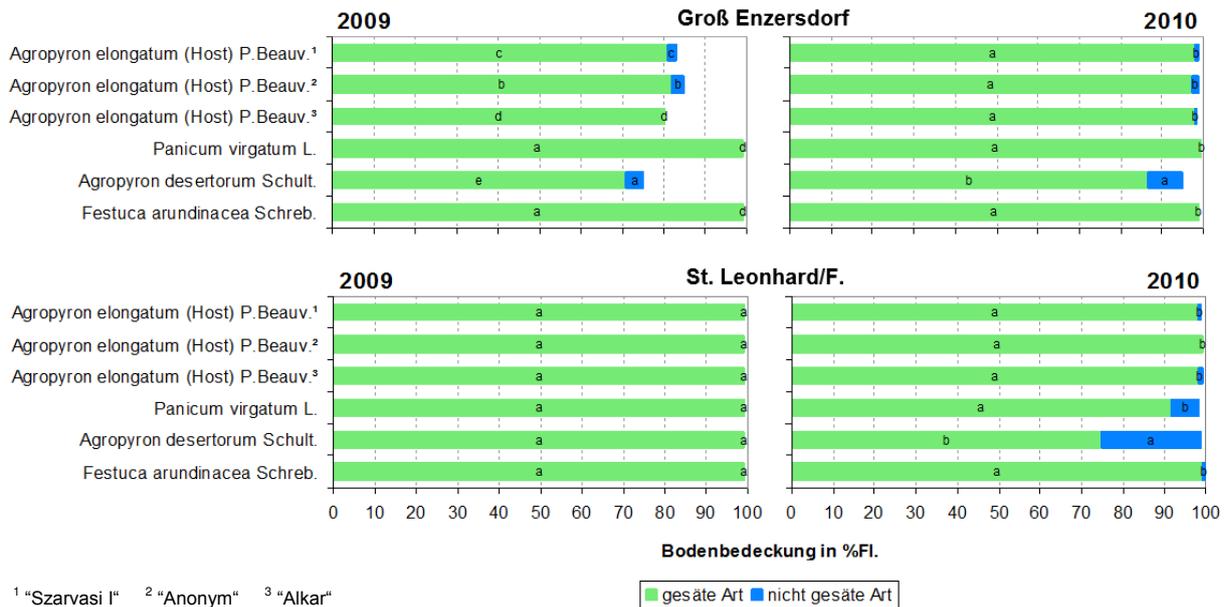


Abbildung 16: Bodenbedeckungsgrad der gesäten Gräser und nicht gesäten Ruderalpflanzen bei Einschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

Einfluss der Düngung auf den Ertrag

Die in den N-Steigerungsversuchen geprüften Gräser *D. glomerata* und *A. elongatum* (Sorte Szarvasi I) reagierten unterschiedlich auf zunehmende N-Gaben (Abbildungen 17 und 18). Wechselwirkungen zwischen Düngung und Grasart waren gegeben (Tabelle 7). Während *D. glomerata* an beiden Standorten und in beiden Versuchsjahren auf eine steigende N-Düngungsmenge mit signifikant höheren bereinigten Erträgen reagierte, konnten bei *A. elongatum* keine Unterschiede nachgewiesen werden.

Tabelle 8: Bereinigter TM-Jahresertrag und Ertragsveränderung von *Dactylis glomerata* und *Agropyron elongatum* „Szarvasi I“ bei Erhöhung des N-Düngerangebotes

		N-Düngung pro Aufwuchs	2009, 2-Schnitt-Nutzung		2010, 3-Schnitt-Nutzung	
			Ertrag bereinigt in kg TM ha ⁻¹	Ertragsveränderung	Ertrag bereinigt in kg TM ha ⁻¹	Ertragsveränderung
Groß Enzersdorf	<i>Dactylis glomerata</i>	0 kg N ha ⁻¹	4303,80		4801,10	
		75 kg N ha ⁻¹	7249,30	+ 68,44 %	11508,70	+ 139,71 %
		150 kg N ha ⁻¹	9537,60	+ 31,57 %	14894,40	+ 29,42 %
	<i>Agropyron elongatum</i>	0 kg N ha ⁻¹	7919,80		4172,70	
		75 kg N ha ⁻¹	8372,10	+ 5,71 %	5266,20	+ 26,21 %
		150 kg N ha ⁻¹	7916,00	- 5,45 %	5611,80	+ 6,56 %
St. Leonhard/F.	<i>Dactylis glomerata</i>	0 kg N ha ⁻¹	10259,80		9285,00	
		75 kg N ha ⁻¹	14900,60	+ 45,23 %	17013,50	+ 83,24 %
		150 kg N ha ⁻¹	17254,70	+ 15,80 %	21465,80	+ 26,17 %
	<i>Agropyron elongatum</i>	0 kg N ha ⁻¹	18200,10		6560,90	
		75 kg N ha ⁻¹	18537,80	+ 1,86 %	4516,00	- 31,17 %
		150 kg N ha ⁻¹	16505,50	- 10,96 %	4000,00	- 11,43 %

Der bereinigte Ertrag von *D. glomerata* stieg bei Erhöhung von 0 auf 75 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ stärker als bei Erhöhung von 75 auf 150 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ (vgl. Tabelle 8). Der Ertragszuwachs von *D. glomerata* folgt damit der auf Anne Robert Jacques Turgot und Johann Heinrich von Thünen u. A. zurückgehenden „Ertragsgesetzlichen Produktionsfunktion“ (SCHIEMENZ und SCHÖNERT, 2005). Der Ruderalpflanzenanteil betrug nur 0 bis 3 %.

Ein anderes Ergebnis zeigte sich bei *A. elongatum*. Diese Grasart konnte hohe N-Gaben beinahe nicht in Ertrag umsetzen. Durch Erhöhung der N-Düngung von 0 auf 75 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ konnte eine Ertragserrhöhung von maximal 26 % erzielt werden. Bei *D. glomerata* lag dieser Wert bei 140 %. Am Standort St. Leonhard/F. führte im Jahr 2010 (3-

Schnitt-Nutzung) diese N-Düngungserhöhung bei *A. elongatum* sogar zu einer Reduktion des bereinigten Ertrages um 31 %. Wurde die N-Düngung von 75 auf 150 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ erhöht, kam es bei *A. elongatum* überwiegend zu einem Ertragsrückgang. Lediglich am Standort Groß Enzersdorf konnte im Jahr 2010 eine geringe Ertragssteigerung von +7 % verzeichnet werden (Tabelle 8).

Von der Erhöhung der N-Düngung in den *A. elongatum*-Parzellen profitierten nicht angebaute Ruderalpflanzen wie *A. repens* (Abbildung 12). Deren Bodenbedeckung stieg von durchschnittlich 21 % bei der Variante ohne N-Düngung auf 48 % bei 150 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹. Einhergehend sank der Deckungsgrad von *A. elongatum*, der niedrigste Wert wurde mit 22 % am Standort St. Leonhard/F. im Versuchsjahr 2010 beobachtet (Abbildung 18). Damit unterschied sich *A. elongatum* deutlich von *D. glomerata*.



Abbildung 17: Korrigierte TM-Jahreserträge in kg ha⁻¹ bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

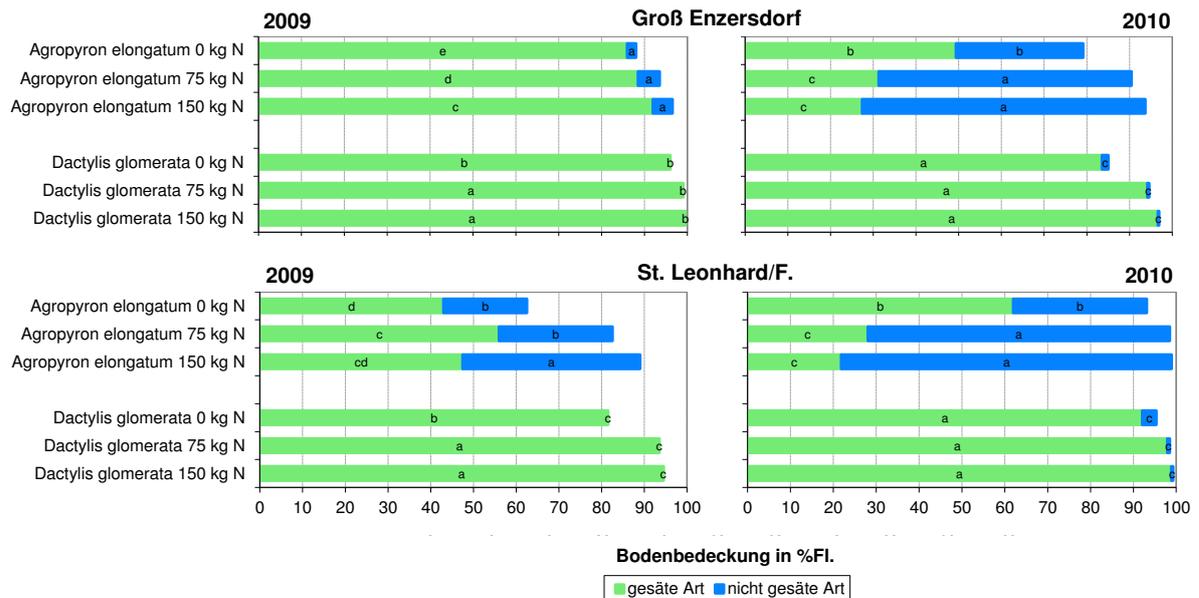


Abbildung 18: Bodenbedeckungsgrad der gesäten Gräser und nicht gesäten Ruderalpflanzen bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 und 2010, Standorte Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F.

A. elongatum reagierte im Wesentlichen nur im Jahr 2009 und nur bis 75 kg N ha* Aufwuchs^{-1} (150 kg N pro Jahr) mit Ertragssteigerung, welche nicht signifikant waren. Eine über diesen Wert hinausgehende N-Düngung war aus Sicht des Ertrags- und Konkurrenzverhaltens der Grasart nicht sinnvoll.

4.1.2 Krankheiten

Blattkrankheiten (*Septoria* spp. und *Puccinia* spp.) bei den Gräsern traten insbesondere beim letzten Aufwuchs auf (Tabelle 9). Einen Befall über 30 % der Blattfläche gab es im September bei *E. hoffmannii*, *A. trachycaulum*, *A. repens*, *B. marginatus*, *A. elatius*, *D. glomerata*, *A. gigantean* und *A. desertorum* (Jahr 2009, im Mittel der beiden Versuchsstandorte). Einen geringeren Befallsgrad (15 % Blattfläche im Jahr 2009, 5 % Blattfläche im Jahr 2010) wies *F. arundinacea* auf, die Art zeigte von allen Gräsern den geringsten Befall. *F. arundinacea* wies aber auch als einzige Grasart nach dem Winter 2009/2010 einen Befall mit Grauem Schneeschimmel (*Typhula* spp.) auf. Ursache war das starke Wachstum von *F. arundinacea* im Spätherbst; bei zu früher Ernte im Herbst bildet sich danach noch eine hohe Blattmasse. Im Versuchsjahr 2010 wurde der letzte Aufwuchs 2 bis 3 Wochen später als 2009 (28. September und 4. Oktober 2010) geerntet, wodurch ein Schneeschimmelfall erfolgreich

verhindert werden konnte. In Gebieten mit ähnlichen klimatischen Bedingungen wie an den Versuchsstandorten soll der letzte Aufwuchs von *F. arundinacea* zur Verhinderung von Schneeschimmel und zur Ausnutzung des Ertragszuwachses im Herbst daher frühestens Ende September geerntet werden.

Tabelle 9: Krankheitsbefall der Gräserarten bzw. Sorten, kurz vor der Ernte erhoben

	Krankheitsbefall in % Pflanzenoberfläche beim zweiten (dritten) Aufwuchs	
	2009	2010
Mehrschnittnutzung		
Agropyron elongatum ¹	25 cd	11 b
Agropyron elongatum ²	15 d	8 b
Agropyron elongatum ³	15 d	7 b
Agropyron intermedium	15 d	13 b
Agropyron desertorum	38 b	12 b
Agropyron trachycaulum	50 a	22 a
Agropyron repens	38 b	28 a
Elymus hoffmannii	55 a	12 b
Elymus junceus	25 cd	9 b
Bromus inermis	15 d	12 b
Bromus marginatus	33 bc	25 a
Festuca arundinacea	15 d	5 b
Dactylis glomerata	35 b	27 a
Arrhenatherum elatius	37 b	27 a
Agrostis gigantea	34 b	9 b
Einschnittnutzung		
Agropyron elongatum ¹	68 b	82 a
Agropyron elongatum ²	68 b	81 a
Agropyron elongatum ³	68 b	78 a
Panicum virgatum	20 d	30 d
Agropyron desertorum	78 a	66 b
Festuca arundinacea	40 c	58 c

Mittelwerte mit dem gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Student-Newman-Keuls)

¹ "Szarvasi I" ² "Anonym" ³ "Alkar"

4.1.3 Rispen-/Ährenschieben

Bei der Futterproduktion und der Erzeugung von Substrat für Biogasanlagen (mehrschnittige Nutzung) verzögert ein spätes Rispen- oder Ährenschieben der Gräser die Abnahme der Qualität des Erntegutes und erhöht damit die Nutzungselastizität (LANGE et al., 2003). Bei der Produktion von Rohstoffen für die Verfeuerung oder stofflichen Nutzung (Einschnittnutzung) verursachen die Fruchtstände kein Problem, da das Erntegut ohnehin einen hohen Cellulosegehalt aufweist.

Tabelle 10: Anteil Pflanzen mit Fruchtständen und Lager der Gräserarten bzw. Sorten, kurz vor der Ernte

	% Pflanzen mit Ähren oder Rispen				% Lager			
	1. Aufwuchs		2. (und 3.) Aufwuchs		1. Aufwuchs		2. (und 3.) Aufwuchs	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Mehrschnittnutzung								
Agropyron elongatum ¹	75 c	6 ef	12 cd	22 b	0 d	1 b	0 a	0 c
Agropyron elongatum ²	26 f	0 f	12 cd	32 a	0 d	0 b	0 a	0 c
Agropyron elongatum ³	48 d	0 f	12 cd	31 a	0 d	0 b	0 a	0 c
Agropyron intermedium	95 a	0 f	3 e	9 c	15 bc	0 b	0 a	0 c
Agropyron desertorum	73 c	24 d	3 e	0 c	5 cd	0 b	0 a	2 bc
Agropyron trachycaulum	48 d	0 f	95 a	27 ab	0 d	1 b	0 a	0 c
Agropyron repens	15 g	0 f	0 e	0 c	23 b	12 a	0 a	4 a
Elymus hoffmannii	70 c	16 de	0 e	0 c	0 d	1 b	0 a	1 bc
Elymus junceus	12 g	9 ef	0 e	0 c	0 d	0 b	0 a	2 bc
Bromus inermis	50 d	45 c	2 e	2 c	38 a	0 b	0 a	0 c
Bromus marginatus	98 a	21 d	48 b	28 ab	3 d	0 b	0 a	5 a
Festuca arundinacea	40 e	22 d	1 e	0 c	8 cd	1 b	0 a	5 a
Dactylis glomerata	70 c	65 b	0 e	1 c	3 d	0 b	0 a	3 abc
Arrhenatherum elatius	97 a	78 a	13 c	8 c	23 b	3 b	0 a	3 abc
Agrostis gigantea	88 b	0 f	8 d	9 c	0 d	0 b	0 a	0 c
Einschnittnutzung								
Agropyron elongatum ¹	88 b	88 a			53 c	64 a		
Agropyron elongatum ²	93 ab	90 a			54 c	73 a		
Agropyron elongatum ³	93 ab	88 a			57 c	68 a		
Panicum virgatum	96 a	83 a			85 a	42 a		
Agropyron desertorum	78 c	68 b			58 c	39 a		
Festuca arundinacea	18 d	13 c			70 b	51 a		

Mittelwerte mit dem gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Student-Newman-Keuls)

¹ „Szarvasi I“ ² „Anonym“ ³ „Alkar“

Den größten Anteil an Pflanzen mit Fruchtständen bildeten bis zur Ernte des ersten Aufwuchses *A. elatius*, *D. glomerata* und *B. marginatus* mit jeweils über 50 % im Mittel beider Versuchsstandorte und beider Versuchsjahre aus (Tabelle 10). Bei den verschiedenen Sorten von *A. elongatum* war „Szarvasi I“ am frühreifsten. Bei „Szarvasi I“ hatten bereits beim ersten Aufwuchs im Jahr 2010 6 % der Pflanzen Blütenstände gebildet, während

„Alkar“ und „Anonym“ zu diesem Zeitpunkt noch keine Rispen trugen. *P. virgatum* bildete erst im Juli Rispen und war damit von den ausgewählten Gräserarten am spätreifsten.

In den Folgeaufwüchsen hoben sich fünf Gräserarten heraus: Bei den Arten *F. arundinacea*, *D. glomerata*, *A. repens*, *E. junceus*, und *E. hoffmannii* wurden keine Rispen oder Ähren mehr gebildet (< 1 %).

4.1.4 Lageranfälligkeit

Bereits bei der Ernte des ersten Aufwuchses (Mai/Juni) wiesen im Jahr 2009 *A. repens*, *A. intermedium*, *B. inermis* und *A. elatius* mehr als 10 % Lagerung auf. Im Jahr 2010 war nur *A. repens* derartig lageranfällig (Tabelle 10). Dadurch konnte keine ausreichend hohe Mähqualität erreicht werden, sodass mittels Sense nachgemäht werden musste. Bei den Folgeaufwüchsen wurde keine qualitätsbeeinflussende Lagerung beobachtet, der Höchstwert der Lagerung betrug nur 5 %.

Starkes Lager trat bei den jährlich einmal geernteten Parzellen auf. Zum Boniturtermin September/Oktober zeigten alle Gräserarten Probleme bei der Standfestigkeit. Der Anteil lagernder Halme betrug zu diesem Zeitpunkt im Mittel beider Versuchsjahre (2009 und 2010) bei *A. desertorum* 49 %, bei *F. arundinacea* 61 %, bei *A. elongatum* 59 bis 64 % (am geringsten bei der Sorte „Szarvasi I“) und bei *P. virgatum* 64 %. Eine starke Lagerung zu dem späten Zeitpunkt führte zu einer langsameren Abtrocknung des Bestandes und zu Problemen bei der Mahd. Signifikante Unterschiede konnten bei Einschnittnutzung nur im Jahr 2009 nachgewiesen werden.

4.1.5 Charakterisierende Merkmale der Gräserarten im Überblick

Tabelle 11: Charakterisierende Merkmale der Gräserarten, Wachstums- und Entwicklungsverlauf (SCHRABAUER, 2013)

	rasche Jugendentwicklung	hoher Ertrag	langjährige Ausdauer	geringe Invasivität	Blattgesundheit	spätreif beim 1. Aufwuchs	blatreich nach 1. Aufwuchs	geringe Lageranfälligkeit
<i>Agropyron elongatum</i>	0	+	0	+	+	+	0	0
<i>Agropyron intermedium</i>	0	+	-	+	+	0	0	0
<i>Agropyron desertorum</i>	0	-	-	0	0	-	0	0
<i>Agropyron trachycaulum</i>	+	0	-	+	-	+	-	+
<i>Elymus hoffmannii</i>	0	0	-	+	-	0	+	0
<i>Elymus junceus</i>	-	-	-	+	+	-	+	+
<i>Bromus inermis</i>	0	+	0	-	0	0	+	-
<i>Bromus marginatus</i>	0	0	-	-	-	-	-	0
<i>Panicum virgatum</i>	0	+	0	+	+	+	-	0
<i>Festuca arundinacea</i>	0	+	+	0	+	0	+	+
<i>Dactylis glomerata</i>	0	+	+	+	-	-	+	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	0	+	+	0	-	-	-	-
<i>Agrostis gigantea</i>	-	+	0	-	-	0	-	0
<i>Agropyron repens</i>	0	-	0	-	-	+	+	-

+ trifft zu - trifft nicht zu 0 im Mittelfeld

* anfällig für Schneeschimmel, wenn der Bestand zu hoch über den Winter geht

4.2 Auswirkungen auf Umwelt und Stoffflüsse

4.2.1 Invasivität der unterschiedlichen Gräserarten

Eine Ausbreitung einzelner Gräser in die Nachbarparzellen über Rhizome (vegetativ) und/oder über Samen (generativ) wurde festgestellt, sie nahm über den Versuchszeitraum zu. Bei der Endbonitur im Herbst 2010 wiesen *B. inermis* (48 cm) und *A. repens* (18 cm) die höchste vegetative Ausbreitung auf (Tabelle 12). *B. marginatus* und *A. elatius* erzielten die stärkste generative Vermehrung mit einer durchschnittlichen Ausbreitung von 11 cm und 6 cm über den Parzellenrand. Sowohl eine vegetative als auch eine generative Ausbreitung wurde bei der Grasart *A. gigantea* beobachtet, welche bis zum Versuchsende 45 cm über den Parzellenrand hinaus wuchs. Nach dem Umpflügen der Versuchsanlage am Standort St. Leonhard/F. im Mai 2011 konnte nur bei *A. repens* und *F. arundinacea* ein Wiederaustrieb in der Folgekultur Mais beobachtet werden (mit einem Bodenbedeckungsgrad von 40 % Fl. und 5 % Fl., bonitiert am 16. September 2011).

Die Beurteilung der Invasivitätsstärke ist bei den fremdländischen Gräsern von besonderer Bedeutung, da sich diese bei großflächigem Anbau unter Umständen in schützenswerten Biotopen ansiedeln und diese stören können (WALTER et al., 2005). Nach den vorliegenden Ergebnissen war *B. marginatus* das aggressivste fremdländische Gras in der Versuchsanlage; das Gras wuchs bis zur der Endbonitur im Herbst 2010 11 cm über die Parzellengrenzen hinaus. *A. desertorum* und *E. hoffmannii* blieben mit 3 cm und 1 cm Invasionsweg deutlich hinter *B. marginatus* zurück, alle übrigen fremdländischen Gräserarten (*A. elongatum*, *A. intermedium*, *A. trachycaulum*, *E. junceus* und *P. virgatum*) zeigten bei der Bonitur keine Invasivität. Die angeführten Werte sind Mittelwerte von den Versuchsstandorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F..

Bei den mehrmals pro Jahr durchgeführten Kontrollgängen über das Areal im Umkreis von ca. 200 m um das Versuchsfeld wurde keine Ausbreitung über größere Distanzen mittels Samen der fremdländischen Gräser festgestellt.

Obwohl die fremdländischen Gräser mit Ausnahme von *B. marginatus* im Versuch nicht invasiv wurden, kann dies nach nur zweijähriger Beobachtung bei anderen Standortbedingungen und Nutzungsregimes nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 12: Invasivität der unterschiedlichen Gräser, kurz vor der Ernte erhoben

	Ausbreitung über Parzellenrand in cm
	Herbst 2010
Mehrschnittnutzung	
Agropyron elongatum ¹	0 b
Agropyron elongatum ²	0 b
Agropyron elongatum ³	0 b
Agropyron intermedium	0 b
Agropyron desertorum	3 b
Agropyron trachycaulum	0 b
Agropyron repens	18 b
Elymus hoffmannii	1 b
Elymus junceus	0 b
Bromus inermis	48 a
Bromus marginatus	11 b
Festuca arundinacea	4 b
Dactylis glomerata	3 b
Arrhenatherum elatius	6 b
Agrostis gigantea	45 a
Einschnittnutzung	
Agropyron elongatum ¹	0 a
Agropyron elongatum ²	0 a
Agropyron elongatum ³	0 a
Panicum virgatum	0 a
Agropyron desertorum	0 a
Festuca arundinacea	0 a

Mittelwerte mit dem gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Student-Newman-Keuls)

¹ "Szarvasi I" ² "Anonym" ³ "Alkar"

4.2.2 Verfügbarer mineralisierter Stickstoff (N_{\min}) im Boden

Aus ökologischer und ökonomischer Sicht ist es das Ziel in der Landwirtschaft, die N_{\min} -Restmengen im Boden nach der Ernte niedrig zu halten bzw. diese bis zum Vegetationsende auf möglichst geringes Niveau abzusenken (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2010).

Stickstoffsteigerungsversuch

Die mittleren N_{\min} -Werte (Angaben in Bodentiefen von 0 bis 90 cm) beim N-Steigerungsversuch betragen am Standort St. Leonhard/F. $39,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ und waren damit höher als am Standort Groß Enzersdorf, wo die Werte bei durchschnittlich $16,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ lagen (Abbildungen 19 und 20). Ursachen für die Unterschiede waren eine erhöhte N-Mineralisierung aufgrund des vorhergehenden Dauergrünlandumbruches sowie N-Eintragungen durch Überschwemmung am Standort St. Leonhard/F.. Nach den „Richtlinien für die Sachgerechte Düngung“ (BMLFUW, 2006) wurde das N-Mineralisierungspotenzial aus organischer Substanz am Standort Groß Enzersdorf ($\varnothing 2,54 \%$ Humus) auf „mittel“ und am Standort St. Leonhard/F. ($\varnothing 4,8 \%$ Humus) auf „hoch“ eingestuft.

Die Faktoren Düngung, Standort, Jahr und Jahreszeit hatten einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an verfügbarem mineralisierten Stickstoff im Boden (Tabelle 13). Zusätzlich wurden Wechselwirkungen von Standort*Jahr und Jahreszeit*Jahr nachgewiesen.

Tabelle 13: F-Statistik des N_{\min} -Gehaltes im Boden bei Mehrschnittnutzung

	N_{\min}
Effekt	PR > F
Art	0,2294
Düngung	0,0412
Standort	<0,0001
Jahr	<0,0001
Jahreszeit	0,0001
Art*Düngung	0,0732
Art*Jahr	0,097
Art*Standort	0,4689
Art*Jahreszeit	0,4297
Standort*Düngung	0,0725
Standort*Jahr	0,0002
Jahreszeit*Jahr	<0,0001
Jahreszeit*Düngung	0,7958
Jahreszeit*Standort	0,4226

Die im Frühjahr ermittelten Werte lagen im Mittel bei $14,4 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und waren damit niedriger als im Sommer ($33,5 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$) und Herbst ($31,9 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$). Signifikante Unterschiede zwischen den N-Düngevarianten wurden nur am Standort St. Leonhard/F. nachgewiesen, wo *A. elongatum* bei der höchsten N-Düngung ($150 \text{ kg N pro Hektar}$ und

Aufwuchs) signifikant höhere N_{\min} -Werte ergab als bei den übrigen Düngevarianten (0 und 75 kg N pro Hektar und Aufwuchs).

Neben einer hohen Verunkrautung (vgl. Abschnitt 4.1.1 „Ertrag und Konkurrenzverhalten“) waren die hohen N_{\min} -Gehalte am Standort St. Leonhard/F. ein weiteres Indiz für die relativ geringe Verträglichkeit von *A. elongatum* gegenüber überhöhtem N-Düngeangebot. Bei *D. glomerata* konnte auf keinem der beiden Standorte ein Einfluss der N-Düngung auf die N_{\min} -Werte nachgewiesen werden.

Die in Thüringen (Deutschland) im Herbst bei Getreide ermittelten N_{\min} -Werte von 63 kg N ha⁻¹ in 0 bis 60 cm Bodentiefe (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2010) wurden bei beiden Grasarten, an beiden Standorten sowie bei sämtlichen N-Düngevarianten unterschritten (bei vergleichbaren Terminen und Bodenhorizonten).

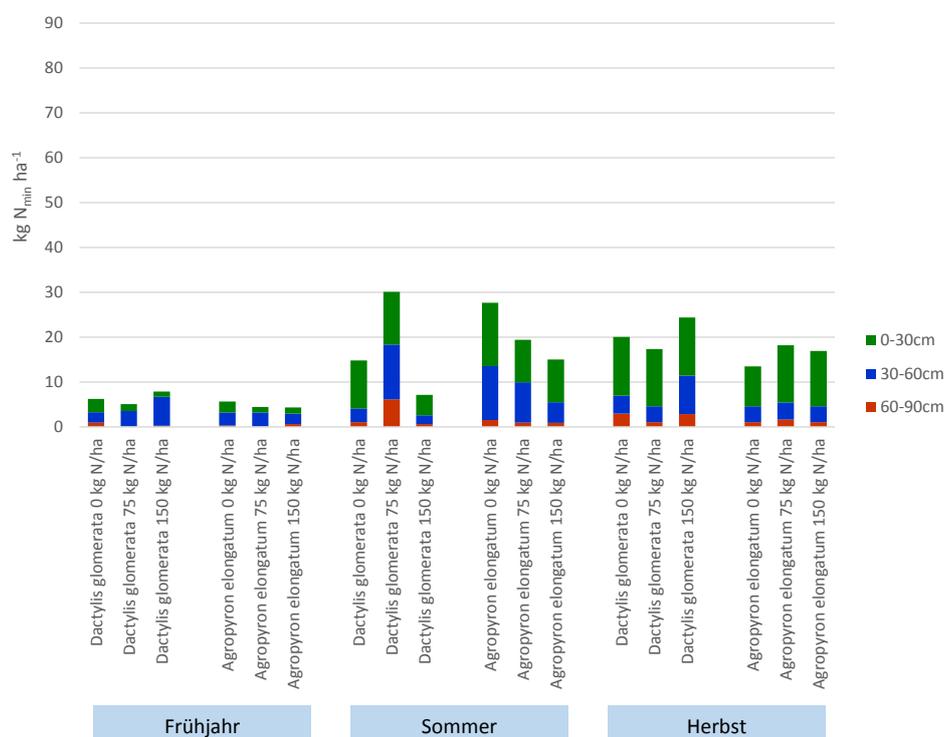


Abbildung 19: N_{\min} -Gehalte auf *D. glomerata* und *A. elongatum* Parzellen bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung im Frühjahr, Sommer und Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010, Standort Groß Enzersdorf (n=3)

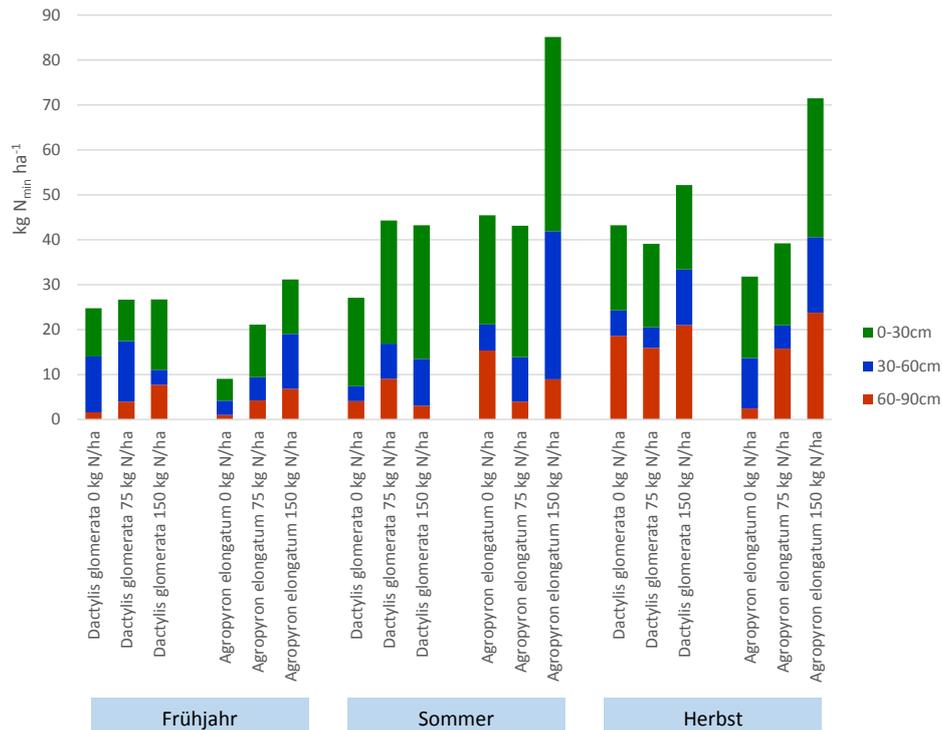


Abbildung 20: N_{min} -Gehalte auf *D. glomerata* und *A. elongatum* Parzellen bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung im Frühjahr, Sommer und Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010, Standort St. Leonhard/F. (n=3)

Standarddüngung bei Einschnitt- und Mehrschnittnutzung

Die mittleren N_{min} -Werte bei Herbstbonitur betragen bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) 24,6 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$ am Standort Groß Enzersdorf und 17,7 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$ am Standort St. Leonhard/F., bei Einschnittnutzung 10,4 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$ und 51,4 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$ (jeweils von 0 bis 90 cm Bodentiefe, Abbildungen 21 und 22).

Bei Mehrschnittnutzung waren die Unterschiede gering, die höchsten N_{min} -Gehaltswerte traten im Sommer am Standort St. Leonhard/F. bei *A. elatius* (53,1 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$) und *D. glomerata* (39,1 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$) auf.

Am Standort St. Leonhard/F. variierten die N_{min} -Werte der unterschiedlichen Gräserarten bzw. Sorten bei Einschnittnutzung stark, während es am Standort Groß Enzersdorf kaum Unterschiede zwischen den Gräserarten gab. Am Standort St. Leonhard/F. lagen die Werte von *P. virgatum* (90,4 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$) und *A. elongatum* „Szarvasi I“ (65,3 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$) deutlich höher als beispielsweise jene bei *F. arundinacea* (19 $kg\ N_{min}\ ha^{-1}$). Die durch Mineralisierung und Überschwemmung erhöhten Mengen an mineralisiertem Stickstoff am Standort St. Leonhard/F. wurden am effizientesten durch *F. arundinacea* genutzt. Diese Gräserart schützt

den Boden wirksamer vor einer möglichen Nitratauswaschung ins Grundwasser als *P. virgatum* und *A. elongatum*.

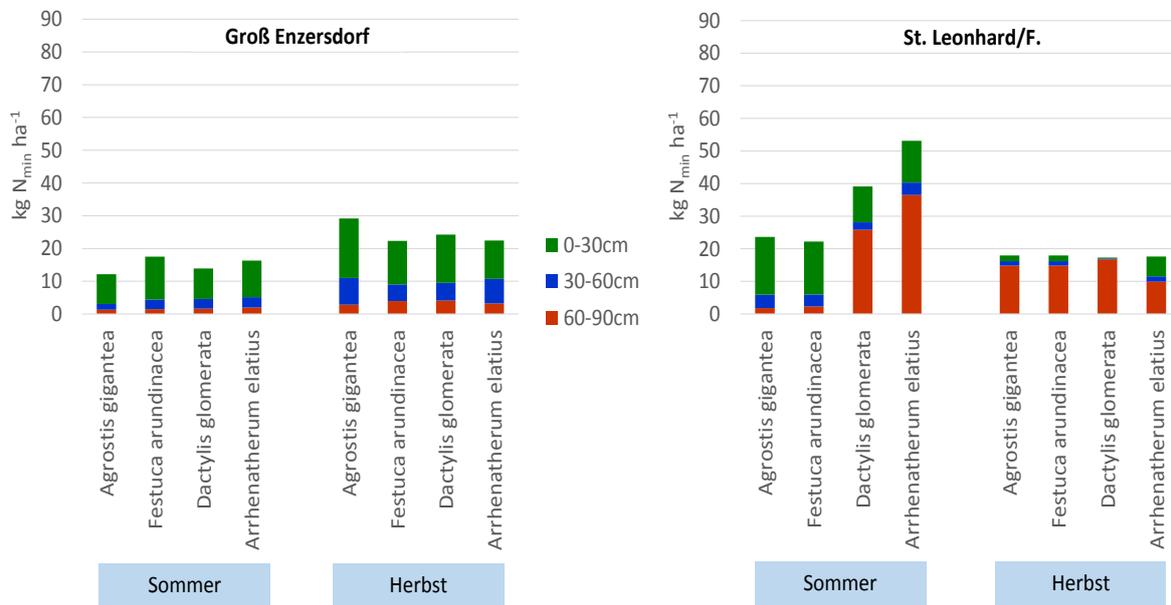


Abbildung 21: N_{min} -Gehalte im Boden unter ausgewählten Gräserarten bei Standarddüngung und Mehrschnittnutzung im Sommer und Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Jahr 2010, an den Standorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F. (n=1)

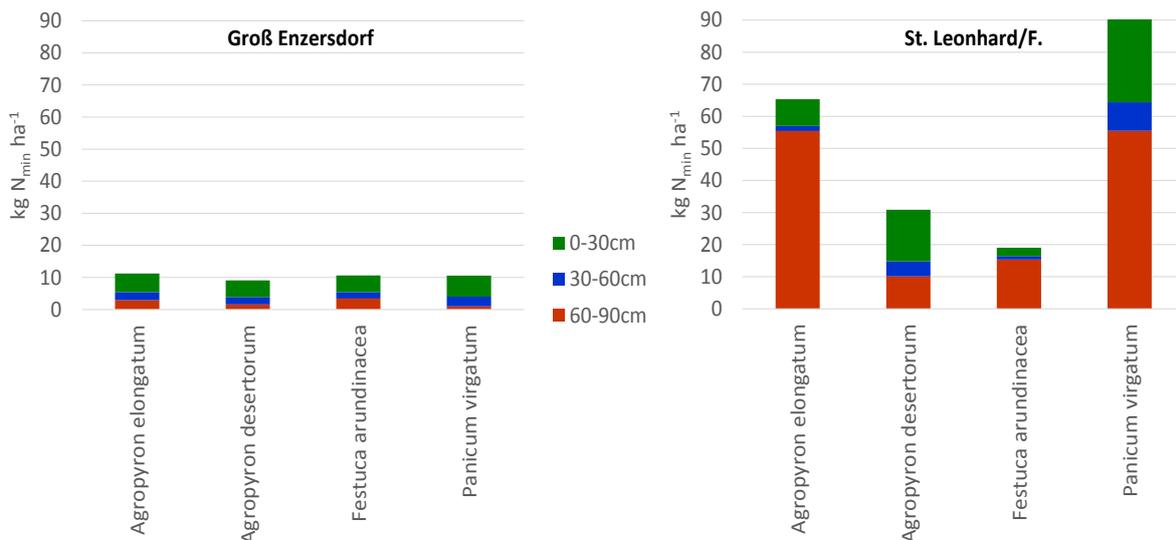


Abbildung 22: N_{min} -Gehalte im Boden unter ausgewählten Gräserarten bei Einschnittnutzung im Herbst, Bodentiefe 0 bis 90 cm, Jahr 2010, an den Standorten Groß Enzersdorf und St. Leonhard/F. (n=1)

Die N_{\min} -Gehalte bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung, Abbildung 21) sowie Einschnittnutzung (Abbildung 22) lagen nur im Jahr 2010 und ohne Wiederholungen vor. Eine statistische Beurteilung der Ergebnisse war daher nicht möglich.

4.2.3 Stickstoffeffizienz (NOI) und Stickstoffbilanz

Die Stickstoffeffizienz lag im Mittel der Versuchsstandorte, Versuchsjahre, Düngungs- und Nutzungsvarianten bei 2,01. Das bedeutet, dass mit dem Erntegut im Durchschnitt etwa doppelt so viel Stickstoff abgefahren als gedüngt wurde. Zum Vergleich: Die Stickstoffeffizienz des gesamten Pflanzenbaues inkl. Grünland in der Schweiz beträgt 0,74 (DUBOIS et al., 2014; SPIESS, 2011).

Das Ergebnis der Stickstoffbilanzierung zeigt, dass im Mittel um 40,11 kg N (ha*Jahr)⁻¹ weniger N gedüngt als durch das Erntegut entzogen wurden.

Tabelle 14: F-Statistik der Stickstoffeffizienz (NOI) und der Stickstoffbilanz

	NOI	N-Bilanz
Effekt	PR > F	PR > F
Mehrschnittnutzung, Standarddüngung		
Art	<0,0001	<0,0001
Standort	<0,0001	<0,0001
Aufwuchssumme	<0,0001	<0,0001
Aufwuchssumme*Standort	<0,0001	<0,0001
Aufwuchssumme*Art	<0,0001	<0,0001
Standort*Art	0,0322	0,0322
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch		
Art	0,6130	0,1601
Düngung	<0,0001	<0,0001
Standort	<0,0001	<0,0001
Aufwuchssumme	<0,0001	<0,0001
Art*Düngung	0,4938	0,2977
Art*Aufwuchssumme	<0,0001	<0,0001
Düngung*Aufwuchssumme	0,1028	0,0585
Standort*Art	0,1548	0,1412
Standort*Düngung	0,0059	0,0024
Standort*Aufwuchssumme	<0,0001	<0,0001
Einschnittnutzung		
Art	<0,0001	<0,0001
Standort	<0,0001	<0,0001
Jahr	<0,0001	<0,0001
Art*Standort	0,6089	0,0322
Art*Jahr	0,036	<0,0001
Standort*Jahr	<0,0001	<0,0001

Einfluss des Standortes auf Stickstoffeffizienz und Stickstoffbilanz

Sowohl beim Einschnitt- als auch bei den Mehrschnitt- und N-Steigerungsversuchen konnte ein signifikanter Einfluss des Standortes auf die Kennwerte Stickstoffeffizienz und Stickstoffbilanz nachgewiesen werden (Tabelle 14). Die Stickstoffeffizienz war am Standort St. Leonhard/F. immer höher als am Standort Groß Enzersdorf (Tabelle 15). Im Mittel lag der NOI-Wert am Standort Groß Enzersdorf bei 1,58 und war um 0,85 niedriger als am Standort St. Leonhard/F. (2,43). So wurde am Standort Groß Enzersdorf um $26,65 \text{ kg N (ha*Jahr)}^{-1}$ und am Standort St. Leonhard/F. um $78,29 \text{ kg N (ha*Jahr)}^{-1}$ mehr Stickstoff mit dem Erntegut abgefahren als gedüngt. Mögliche Ursachen für die höheren NOI-Werte am Standort St. Leonhard/F. waren eine verstärkte N-Mineralisation durch den vorhergehenden Dauergrünlandumbruch, Nährstoffeinträge durch eine Überschwemmung während des Versuchszeitraumes sowie eine hohe Wasserverfügbarkeit (höhere Jahresniederschläge und tiefgründigere Böden).

Einfluss der Gräserart auf Stickstoffeffizienz und Stickstoffbilanz

Sowohl bei Einschnitt- wie auch bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) konnte ein signifikanter Einfluss der Gräserart auf die Stickstoffeffizienz nachgewiesen werden (Tabelle 14). Bei Mehrschnittnutzung wies *A. gigantea* im Mittel den höchsten NOI-Wert auf (2,11), gefolgt von *A. elongatum* „Alkar“ (2,10), *A. intermedium* (2,00), *A. trachycaulum* (2,00), *F. arundinacea* (1,98) und *A. elongatum* „Szarvasi I“ (1,90). Ungünstigere (niedrigere) Werte ergaben die Grasarten *E. junceus* (1,50), *D. glomerata* (1,54) und *A. repens* (1,55). Die Stickstoffbilanz war auf beiden Standorten überwiegend ausgeglichen. Zu N-Überschuss kam es nur am Standort Groß Enzersdorf im letzten Nutzungsjahr (2010) bei *E. junceus*, *E. hoffmannii*, *A. trachycaulum* und *A. desertorum* (Tabelle 15).

Bei Einschnittnutzung war die Stickstoffeffizienz höher als bei Mehrschnittnutzung: Die höchsten durchschnittlichen NOI-Werte ergaben *A. elongatum* „Alkar“ (3,53), *A. elongatum* „Hesa“ (3,50) sowie *F. arundinacea* (3,31). Die extremste N-Bilanz wiesen am Standort St. Leonhard/F. *P. virgatum* (-192,71 im Jahr 2009) und am Standort Groß Enzersdorf *A. elongatum* Herkunft „Hesa“ (-97,82 im Jahr 2010) auf. Am wenigsten effizient war *A. desertorum* mit einem NOI-Wert von durchschnittlich 2,10 (Tabellen 15 und 16).

Insbesondere auf einem langjährigen Ackerstandort mit intensiver Bodenbearbeitung wie in Groß Enzersdorf ist zu berücksichtigen, dass Stickstoff neben der Bildung von pflanzlicher

Biomasse auch für Humusneubildung benötigt wird. Laut Information des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden Württemberg kann in den ersten Jahren nach Einstellung der Bodenbearbeitung mit einem zusätzlichen N-Bedarf von etwa 60 kg N (ha*Jahr)⁻¹, vor allem für Humusaufbau, gerechnet werden (INFODIENST LANDWIRTSCHAFT - ERNÄHRUNG - LÄNDLICHER RAUM, 2014). Der errechnete N-Bedarf von *A. elongatum* „Anonym“ (am Standort Groß Enzersdorf, Jahr 2010, Einschnittnutzung) lag somit bei etwa 195 kg (ha*Jahr)⁻¹ (135,32 kg N-Entzug durch Erntegut plus 60 kg N-Bedarf für Humusaufbau). Tatsächlich gedüngt wurden nur 37,5 kg N (ha*Jahr)⁻¹ – um etwa 150 kg weniger als der rechnerische Bedarf. Woher die fehlende Stickstoffmenge gedeckt wurde, ist nicht vollständig bekannt. N-Einträge durch Überschwemmung und Humusabbau können am Standort Groß Enzersdorf (im Gegensatz zum Standort St. Leonhard/F.) weitgehend ausgeschlossen werden. Von Bedeutung ist die Stickstoffdeposition aus der Luft, welche durchschnittlich etwa 18 kg (ha*Jahr)⁻¹ beträgt (EKL, 2005).

Zudem wird davon ausgegangen, dass eine Stickstoffbindung durch Stickstofffixierer, welche in Assoziation mit den Gräsern leben, von wesentlicher Bedeutung ist. Bei Versuchen mit Zuckerrohr fixierten solche Mikroorganismen bis zu 160 kg Luftstickstoff (ha*Jahr)⁻¹ (URQUIAGA et al., 1992). Einige solcher Mikroorganismen (wie z.B. *Acetobacter diazotrophicus* und *Herbaspirillum* spp.) kommen auch in Futtergräsern vor (BODDEY und DOBEREINER, 1995). Sie nutzen elementaren, molekularen Stickstoff (N₂) als Stickstoffquelle und leben zwischen Pflanzenzellen und/oder auf der Oberfläche von Pflanzenorganen (HUREK et al., 2002). Zunehmende N-Düngung reduziert die Leistung der Stickstofffixierer (JENA et al., 1990).

Einfluss der Düngung auf Stickstoffeffizienz und Stickstoffbilanz

Die Höhe der N-Düngung hatte einen signifikanten Einfluss auf die Stickstoffeffizienz (Tabelle 14). Durch eine Erhöhung der Stickstoffdüngung von 75 auf 150 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ sank der NOI-Wert von 1,30 (*A. elongatum*) bzw. 1,23 (*D. glomerata*) auf 0,85 und 0,83. Es gab keine Wechselwirkung Grasart*Düngung. Obwohl die NOI-Werte von *A. elongatum* und *D. glomerata* bei zunehmender N-Düngung vergleichbar reagierten, war zu berücksichtigen, dass bei hohen N-Düngergaben in den Parzellen von *A. elongatum* teils erhebliche Anteile an Ruderalpflanzen auftraten, welche die Nutzungsdauer einschränkten (Kapitel 4.1 „Wachstums- und Entwicklungsverlauf“). Zudem stieg die Gefahr von Nitratauswaschungen mit steigender N-Düngung bei *A. elongatum* stärker an als bei *D. glomerata*.

Zu einem Stickstoffüberschuss (Düngung höher als Entzug) kam es bei der höchsten N-Düngevariante 150 kg N-Düngung (ha*Aufwuchs)⁻¹, entsprach durchschnittlich 375 kg N (ha*Jahr)⁻¹, der Überschuss betrug 23,22 kg N (ha*Jahr)⁻¹ bei den Gräserarten *A. elongatum* und 25,90 kg N (ha*Jahr)⁻¹ bei *D. glomerata*.

Tabelle 15: Stickstoffeffizienz (NOI) unterschiedlicher Grasarten bzw. Sorten bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung

		Groß Enzersdorf		St. Leonhard/F.	
		2009	2010	2009	2010
		Stickstoffeffizienz NOI			
		n=6	n=9	n=6	n=9
Mehrschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	1,74 bcde	1,13 bcde	2,76 ab	1,98 ab
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	1,88 bcde	1,07 bcde	2,68 ab	1,82 ab
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	2,40 a	1,21 abcd	2,77 ab	2,00 ab
	<i>Agropyron intermedium</i>	2,36 a	1,09 bcde	2,56 abc	1,97 ab
	<i>Agropyron desertorum</i>	1,47 ef	0,99 cde	1,99 d	1,84 ab
	<i>Agropyron trachycaulum</i>	2,46 a	0,86 e	2,86 a	1,80 ab
	<i>Agropyron repens</i>	1,24 fg	1,03 bcde	2,02 d	1,91 ab
	<i>Elymus hoffmannii</i>	1,93 bcd	0,95 de	1,97 d	1,95 ab
	<i>Elymus junceus</i>	1,67 bcde	0,84 e	1,77 d	1,70 b
	<i>Bromus inermis</i>	1,96 bc	1,33 ab	2,16 cd	2,01 ab
	<i>Bromus marginatus</i>	1,50 def	1,13 bcde	2,97 a	1,80 ab
	<i>Festuca arundinacea</i>	1,70 bcde	1,28 abc	2,82 ab	2,11 a
	<i>Dactylis glomerata</i>	1,00 g	1,07 bcde	2,31 bcd	1,79 ab
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	1,56 cdef	1,24 abcd	2,19 cd	1,69 b
<i>Agrostis gigantea</i>	2,09 ab	1,44 a	3,10 a	1,80 ab	
		n=6	n=9	n=6	n=9
Mehrschnitt, N-Steigerungsversuch	<i>Agropyron elongatum</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	1,02 a	0,96 a	1,91 a	1,30 b
	<i>Agropyron elongatum</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	0,65 ab	0,69 b	1,20 c	0,84 c
	<i>Dactylis glomerata</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	0,92 a	0,89 a	1,63 b	1,47 a
	<i>Dactylis glomerata</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	0,47 b	0,70 b	1,16 c	0,99 c
		n=3	n=3	n=3	n=3
Einschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	1,83 a	3,02 a	5,02 ab	2,56 bc
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	2,58 a	3,61 a	5,26 ab	2,54 bc
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	2,39 a	3,26 a	5,50 ab	2,95 b
	<i>Panicum virgatum</i>	2,46 a	2,54 a	6,14 a	2,03 c
	<i>Agropyron desertorum</i>	1,08 a	1,40 b	3,62 b	2,29 c
	<i>Festuca arundinacea</i>	2,31 a	2,82 a	4,65 ab	3,44 a

¹ "Szarvasi" ² "Anonym" ³ "Alkar"

Tabelle 16: Stickstoffbilanz unterschiedlicher Grasarten bzw. Sorten bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung

		Groß Enzersdorf		St. Leonhard/F.	
		2009	2010	2009	2010
		Stickstoffbilanz			
		n=6	n=9	n=6	n=9
Mehrschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	-27,71 bcde	-5,05 bcde	-65,96 ab	-36,82 ab
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	-33,00 bcde	-2,53 bcde	-63,15 ab	-30,57 ab
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	-52,31 a	-8,04 abcd	-66,34 ab	-37,47 ab
	<i>Agropyron intermedium</i>	-50,89 a	-3,26 bcde	-58,37 abc	-36,25 ab
	<i>Agropyron desertorum</i>	-17,51 ef	0,46 cde	-37,12 d	-31,34 ab
	<i>Agropyron trachycaulum</i>	-54,67 a	5,40 e	-69,70 a	-30,10 ab
	<i>Agropyron repens</i>	-9,08 fg	-1,30 bcde	-38,20 d	-34,04 ab
	<i>Elymus hoffmannii</i>	-34,99 bcd	2,03 de	-36,21 d	-35,65 ab
	<i>Elymus junceus</i>	-25,31 bcde	5,96 e	-29,03 d	-26,37 b
	<i>Bromus inermis</i>	-36,05 bc	-12,19 ab	-43,39 cd	-37,85 ab
	<i>Bromus marginatus</i>	-18,92 def	-4,90 bcde	-73,73 a	-29,98 ab
	<i>Festuca arundinacea</i>	-26,35 bcde	-10,64 abc	-68,18 ab	-41,80 a
	<i>Dactylis glomerata</i>	-0,15 g	-2,66 bcde	-49,05 bcd	-29,79 ab
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	-20,82 cdef	-8,83 abcd	-44,57 cd	-25,91 b
	<i>Agrostis gigantea</i>	-41,01 ab	-16,39 a	-78,88 a	-30,04 ab
		n=6	n=9	n=6	n=9
Mehrschnitt, N-Steigerungsversuch	<i>Agropyron elongatum</i> 0 kg N Aufwuchs ⁻¹	-52,91 a	-32,68 a	-99,37 a	-54,14 a
	<i>Agropyron elongatum</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	-1,45 b	2,80 b	-68,04 b	-22,43 b
	<i>Agropyron elongatum</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	52,14 c	47,25 c	-30,16 d	23,64 d
	<i>Dactylis glomerata</i> 0 kg N Aufwuchs ⁻¹	-36,05 a	-26,48 a	-72,60 b	-54,78 a
	<i>Dactylis glomerata</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	6,06 b	7,96 b	-47,55 c	-35,13 b
<i>Dactylis glomerata</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	80,21 c	47,25 c	-24,63 d	0,78 c	
		n=3	n=3	n=3	n=3
Einschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	-31,14 a	-75,75 a	-150,75 ab	-58,50 bc
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	-59,16 a	-97,82 a	-159,71 ab	-57,81 bc
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	-52,11 a	-84,84 a	-168,84 ab	-73,21 b
	<i>Panicum virgatum</i>	-54,77 a	-57,70 a	-192,71 a	-38,73 c
	<i>Agropyron desertorum</i>	-3,14 a	-14,85 b	-98,31 b	-48,41 c
	<i>Festuca arundinacea</i>	-49,22 a	-68,40 a	-136,89 ab	-91,44 a

¹ "Szarvasi" ² "Anonym" ³ "Alkar"

4.2.4 Nährstoffentzüge

Pflanzen nehmen eine Vielzahl der benötigten Nährstoffe fast zur Gänze aus dem Boden auf. Durch die Abfuhr der Ernteprodukte werden laufend Nährstoffe entzogen, welche den Böden wieder zugeführt werden müssen. Bei der Erstellung eines Düngerplanes ist die Quantifizierung der Entzüge unerlässlich. So richtet sich die Stickstoffdüngungsempfehlung nach dem Pflanzenentzug, welcher durch die Standortfaktoren Gründigkeit, Bodenschwere, Stickstoffnachlieferungspotenzial, Wasserverhältnisse und Grobanteil korrigiert wird. Sind

Leguminosen im Grünlandbestand vorhanden, so ist der Stickstoffdüngungsbedarf zu reduzieren. Bei der Ermittlung der Phosphor- und Kalidüngungsempfehlung werden neben den Pflanzenentzügen auch Bodenanalysenwerte herangezogen. Je nach Gehalt der Nährstoffe im Boden (Gehaltsklassen) erfolgen Zu- und Abschläge. Zusätzlich müssen gesetzlich festgelegte Höchstgrenzen berücksichtigt werden (BMLFUW, 2006).

Tabelle 17: Entzüge in kg pro t TM-Ertrag bei den Makronährstoffen N, P₂O₅, K₂O, S, CaO, MgO und Na mit dem Erntegut bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung am Standort Groß Enzersdorf, Versuchsjahr 2009

		N	P ₂ O ₅ ⁴	K ₂ O ⁴	S	CaO ⁴	MgO ⁴	Na ⁴
		Nährstoffentzug in kg pro Tonne TM-Ertrag						
		n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2
Mehrschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	13,49 b	5,50 ab	21,38 ab	2,41 a	4,55 a	0,63 c	0,66 bc
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	12,32 b	4,70 ab	20,06 ab	2,45 a	4,41 a	0,60 c	0,79 b
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	12,90 b	4,47 ab	22,05 ab	2,51 a	5,11 a	0,84 bc	1,30 a
	<i>Agropyron intermedium</i>	13,20 b	4,24 ab	18,37 ab	1,93 a	5,11 a	0,66 c	0,13 c
	<i>Agropyron desertorum</i>	14,72 b	4,81 ab	16,38 b	2,43 a	6,79 a	0,69 bc	0,13 c
	<i>Agropyron trachycaulum</i>	19,54 a	4,35 ab	18,31 ab	2,59 a	7,07 a	0,81 bc	0,19 c
	<i>Agropyron repens</i>	13,80 b	5,38 ab	20,72 ab	2,32 a	7,00 a	0,72 bc	0,12 c
	<i>Elymus hoffmannii</i>	13,01 b	4,58 ab	17,59 ab	2,16 a	5,53 a	0,66 c	0,11 c
	<i>Elymus junceus</i>	16,26 ab	3,78 b	25,84 ab	2,26 a	8,47 a	1,30 ab	0,14 c
	<i>Bromus inermis</i>	14,47 b	3,67 b	19,64 ab	2,55 a	7,07 a	0,81 bc	0,13 c
	<i>Bromus marginatus</i>	12,33 b	4,93 ab	20,90 ab	2,08 a	7,77 a	0,87 bc	0,12 c
	<i>Festuca arundinacea</i>	11,21 b	4,70 ab	23,37 ab	2,78 a	5,53 a	1,48 a	0,40 bd
	<i>Dactylis glomerata</i>	10,00 b	6,42 a	26,98 a	2,23 a	7,56 a	1,21 abc	0,11 c
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	12,27 b	4,24 ab	19,46 ab	2,21 a	5,60 a	0,87 bc	0,12 c
<i>Agrostis gigantea</i>	12,58 b	4,24 ab	19,58 ab	2,53 a	6,72 a	1,03 abc	0,14 c	
		n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2
Mehrschnitt, N-Steigerungsversuch	<i>Agropyron elongatum</i> 0 kg N Aufw. ⁻¹	11,38 a	5,50 bc	19,82 c	2,45 d	4,34 c	0,57 c	1,45 a
	<i>Agropyron elongatum</i> 75 kg N Aufw. ⁻¹	13,12 a	5,61 bc	25,30 bc	2,64 cd	5,11 bc	0,78 bc	1,27 a
	<i>Agropyron elongatum</i> 150 kg N Aufw. ⁻¹	16,34 a	4,93 c	25,48 bc	2,77 bc	5,67 ab	0,84 bc	1,35 a
	<i>Dactylis glomerata</i> 0 kg N Aufw. ⁻¹	17,33 a	7,45 a	28,01 abc	2,92 b	6,79 a	1,06 ab	0,20 b
	<i>Dactylis glomerata</i> 75 kg N Aufw. ⁻¹	19,78 a	6,65 ab	32,89 ab	2,99 b	6,30 a	1,15 a	0,14 b
	<i>Dactylis glomerata</i> 150 kg N Aufw. ⁻¹	14,75 a	5,61 bc	36,14 a	3,25 a	6,72 a	1,24 a	0,18 b
		n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1
Einschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	8,55	3,21	10,12	1,93	5,18	0,78	0,39
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	9,35	3,44	8,91	2,17	6,02	0,72	0,32
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	9,67	2,98	10,36	2,09	4,62	0,60	0,55
	<i>Panicum virgatum</i>	5,70	2,06	7,71	1,56	5,04	0,78	0,48
	<i>Agropyron desertorum</i>	9,25	2,75	8,91	2,00	4,62	0,66	0,94
	<i>Festuca arundinacea</i>	11,63	4,58	19,15	2,83	5,88	1,63	0,22

¹ "Szarvasi I" ² "Anonym" ³ "Alkar"

⁴ Analyse: Labor der Landwirtschaftskammer Niederösterreich

Für die Ermittlung der Nährstoffentzüge der Versuchsgräser wurde Erntegut vom Standort Groß Enzersdorf aus dem Jahr 2009 analysiert (Tabellen 17 und 18). Es wurde in Ein- und Zweischnittnutzung unterschieden. Zur Absicherung der Ergebnisse müssen zusätzliche Proben aus mehreren Versuchsjahren und Versuchsstandorten in die Beurteilung einbezogen werden.

Tabelle 18: Entzüge in kg pro t TM-Ertrag bei den Mikronährstoffen Fe, Cu, Zn und Mn mit dem Erntegut bei Mehrschnittnutzung, unterschiedlicher N-Düngung und Einschnittnutzung am Standort Groß Enzersdorf, Versuchsjahr 2009

		Fe	Cu	Zn	Mn
		Nährstoffentzug in kg pro Tonne TM-Ertrag			
		n=2	n=2	n=2	n=2
Mehrschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	0,107 a	0,0032 b	0,012 a	0,037 d
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	0,088 a	0,0026 b	0,008 a	0,039 d
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	0,108 a	0,0032 b	0,012 a	0,049 cd
	<i>Agropyron intermedium</i>	0,125 a	0,0032 b	0,009 a	0,069 bcd
	<i>Agropyron desertorum</i>	0,123 a	0,0047 ab	0,016 a	0,073 bcd
	<i>Agropyron trachycaulum</i>	0,209 a	0,0032 b	0,013 a	0,075 bcd
	<i>Agropyron repens</i>	0,115 a	0,0032 b	0,011 a	0,065 bcd
	<i>Elymus hoffmannii</i>	0,107 a	0,0042 ab	0,011 a	0,057 bcd
	<i>Elymus junceus</i>	0,169 a	0,0037 b	0,013 a	0,076 bcd
	<i>Bromus inermis</i>	0,103 a	0,0042 ab	0,011 a	0,146 ab
	<i>Bromus marginatus</i>	0,165 a	0,0058 a	0,014 a	0,102 bcd
	<i>Festuca arundinacea</i>	0,110 a	0,0032 b	0,010 a	0,054 bcd
	<i>Dactylis glomerata</i>	0,264 a	0,0047 ab	0,013 a	0,189 a
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	0,114 a	0,0032 b	0,010 a	0,072 bcd
<i>Agrostis gigantea</i>	0,087 a	0,0037 b	0,014 a	0,142 abc	
		n=2	n=2	n=2	n=2
Mehrschnitt, N-Steigerungsversuch	<i>Agropyron elongatum</i> 0 kg N Aufw. ⁻¹	0,118 a	0,0032 a	0,009 a	0,032 b
	<i>Agropyron elongatum</i> 75 kg N Aufw. ⁻¹	0,111 a	0,0048 a	0,016 a	0,047 b
	<i>Agropyron elongatum</i> 150 kg N Aufw. ⁻¹	0,120 a	0,0048 a	0,016 a	0,056 b
	<i>Dactylis glomerata</i> 0 kg N Aufw. ⁻¹	0,132 a	0,0043 a	0,010 a	0,142 a
	<i>Dactylis glomerata</i> 75 kg N Aufw. ⁻¹	0,114 a	0,0053 a	0,015 a	0,147 a
	<i>Dactylis glomerata</i> 150 kg N Aufw. ⁻¹	0,143 a	0,0069 a	0,016 a	0,126 a
		n=1	n=1	n=1	n=1
Einschnittnutzung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	0,125	0,0021	0,005	0,041
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	0,162	0,0021	0,009	0,055
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	0,174	0,0021	0,011	0,043
	<i>Panicum virgatum</i>	0,098	0,0043	0,027	0,041
	<i>Agropyron desertorum</i>	0,131	0,0021	0,006	0,034
	<i>Festuca arundinacea</i>	0,187	0,0021	0,016	0,059

¹ "Szarvasi I" ² "Anonym" ³ "Alkar"

Analyse: Futtermittellabor der Landwirtschaftskammer Niederösterreich

Bei Einschnittnutzung fielen die im Vergleich zu den übrigen Versuchsgräsern hohen Entzüge von *F. arundinacea*, insbesondere bei den Nährstoffen P_2O_5 , K_2O , MgO und Zn , auf. Verantwortlich dafür war der hohe Anteil junger Blätter im Erntegut, welcher auf einen vorzeitigen Neuaustrieb (bereits vor der Ernte) zurückzuführen ist. Bei Verwendung des Erntegutes als Heizmaterial können solche Gehaltswerte Probleme verursachen (vgl. Abschnitt 4.4 „*Brennstoffeigenschaften ausgewählter Gräser*“). Zusätzlich erfordern hohe Entzüge eine jährlich hohe Düngung.

Die Unterschiede zwischen den Gräserarten waren bei Zweischnittnutzung geringer als bei Einschnittnutzung. *D. glomerata* hob sich mit den höchsten Entzügen (pro Tonne Erntegut) bei den bedeutenden Makronährstoffe P_2O_5 und K_2O heraus (Tabelle 17).

Mit steigender N-Düngung nahmen die S- und Ca-Entzüge pro Tonne Erntegut von *A. elongatum* messbar zu. *D. glomerata* entzog bei zunehmender N-Düngung signifikant mehr S, aber zugleich weniger P_2O_5 .

4.3 Qualitätskriterien Biogassubstrat

4.3.1 Methanausbeute

Die mittlere Methanausbeute war wie erwartet bei der Mehrschnittnutzung (333 NI kg o TS⁻¹, Standarddüngung) höher als bei der Einschnittnutzung (265 NI kg o TS⁻¹). Eine Vergleichsprobe von Silomais ergab 328 NI kg o TS⁻¹. Maisversuche an mehreren Standorten in Deutschland ergaben Methanausbeuten zwischen 310 und 338 NI CH₄ kg o TS⁻¹ (EDER, 2009) und lagen damit auf vergleichbarem Niveau. Bei der Gesamt-Methanausbeute gab es nur geringe und meist nicht signifikante Unterschiede zwischen den Gräserarten. Nachweisbare Unterschiede zwischen den Arten traten nur zu Beginn (Tag Sieben) der insgesamt 39-tägigen Laborversuche auf (Tabelle 19; Abbildung 23).

Tabelle 19: F-Statistik der Methanausbeute (Spezifischer Methanertrag), Tage 1 bis 7 sowie 1 bis 39

	Spez. Methanertrag, Tage 1 bis 7	Spez. Methanertrag, Tage 1 bis 39
Effekt	PR > F	PR > F
Mehrschnittnutzung		
Art	<0,0001	0,0512
Standort	<0,0001	0,2641
Aufwuchssumme	<0,0001	0,0317
Aufwuchssumme*Art	0,0062	0,3428
Standort*Art	0,0001	0,5006
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch		
Düngung	0,2673	0,0743
Standort	0,6154	0,1844
Aufwuchssumme	0,0242	0,0161
Standort*Düngung	0,4170	0,4528
Düngung*Aufwuchssumme	0,4900	0,2837

Einfluss des Standortes auf die Methanausbeute

Bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) konnte bis Tag Sieben der Labortests ein Einfluss des Standortes auf die Methanausbeute nachgewiesen werden (Tabelle 19). Zu diesem Zeitpunkt betragen die Methanausbeuten der Proben vom Standort Groß Enzersdorf 153 und vom Standort St. Leonhard/F. 177 NI kg o TS⁻¹.

Die Gesamt-Methanausbeuten unterschieden sich nicht signifikant und waren am Standort Groß Enzersdorf mit 329 NI kg o TS⁻¹ nur geringfügig niedriger als am Standort St. Leonhard/F. (337 NI kg o TS⁻¹).

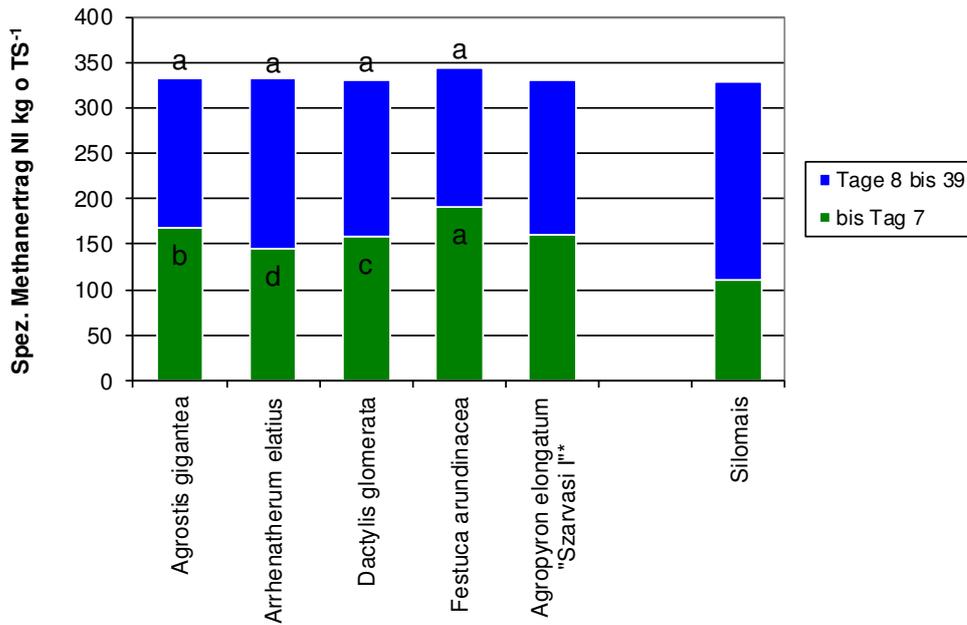
Einfluss der Gräserart auf die Methanausbeute

Die höchste Gesamt-Methanausbeute pro Kilogramm organischer Trockensubstanz ergab *F. arundinacea* (343 NI), gefolgt von *A. elatius* (332 NI), *A. gigantea* (331 NI), *D. glomerata* (330 NI), *A. elongatum* „Szarvasi I“ (330 NI) und Silomais (328 NI). Die über den Werten von Silomais liegenden Methanausbeuten der Gräser decken sich mit den Versuchen von GEISSENDÖRFER (2012), welcher mit *A. elongatum* „Szarvasi I“ ebenfalls überlegene Methanerträge erzielte. Die Unterschiede zwischen Mais und dem Energiegras waren mit $\geq 10 \text{ NI kg o TS}^{-1}$ bei GEISSENDÖRFER (2012) allerdings größer.

Statistisch signifikante Unterschiede gab es nur bis Tag 7 der Laboranalysen. In diesem Versuchsabschnitt lag *F. arundinacea* ($192 \text{ NI kg o TS}^{-1}$) signifikant vor *A. gigantea* ($168 \text{ NI kg o TS}^{-1}$) und *D. glomerata* ($158 \text{ NI kg o TS}^{-1}$).

Der zeitliche Verlauf der Methanbildung war bei den untersuchten Gräserarten und Silomais unterschiedlich. Bei Silomais setzte die Methanbildung besonders rasch ein und war während der ersten drei Tage besonders hoch. Bei den Gräsern startete die Methangärung langsamer, stieg aber in der ersten Woche stetig an, sodass bis zum siebenten Tag alle angeführten Gräser mehr Methan produzierten als Silomais. Bis zum Ende der Analysen nach 39 Tagen waren Gräser und Silomais auf vergleichbarem Niveau, bei geringem (nicht nachweisbarem) Vorsprung der Gräser. Die Ergebnisse decken sich mit Beobachtungen von Biogasanlagenbetreibern, wonach die Biogasproduktion bereits wenige Stunden nach dem Einbringen von Silomais in den Fermenter ansteigt, während bei Gras im gleichen Zeitraum kaum Zunahmen zu bemerken sind. Durch das langsame Einsetzen der Umsetzung bei Gräsern wird deren Methanbildungsvermögen in der Praxis zu gering eingeschätzt. Während bei Verwendung von Silomais die Methanproduktion einer Biogasanlage durch Erhöhung oder Reduzierung der Substrateinbringung kurzfristig geregelt werden kann, wird dies durch die anfangs langsame Methanbildung bei Gräsern erschwert.

A. elongatum „Szarvasi I“ wies im Versuchsjahr 2010 bei Mehrschrittnutzung und Standarddüngung mit 23 bis 49 % Fläche Unkraut- und Ungrasdeckung einen besonders hohen Ruderalpflanzenanteil auf. Dadurch bestand die Gefahr einer Verfälschung bei der Analyse der Methanausbeute, weshalb *A. elongatum* „Szarvasi I“ nur im Jahr 2009 analysiert wurde. Eine statistische Auswertung war somit bei dieser Grasart (wegen zu geringem Stichprobenumfangs) nicht möglich.



* Methanausbeute nur von 2009 verfügbar, auf 2010 hochgerechnet

Abbildung 23: Mittlere Methanausbeuten in NI kg o TS⁻¹ bei ausgewählten Gräsern bei Mehrschnittnutzung/Standarddüngung im Vergleich zu Silomais (n=10)

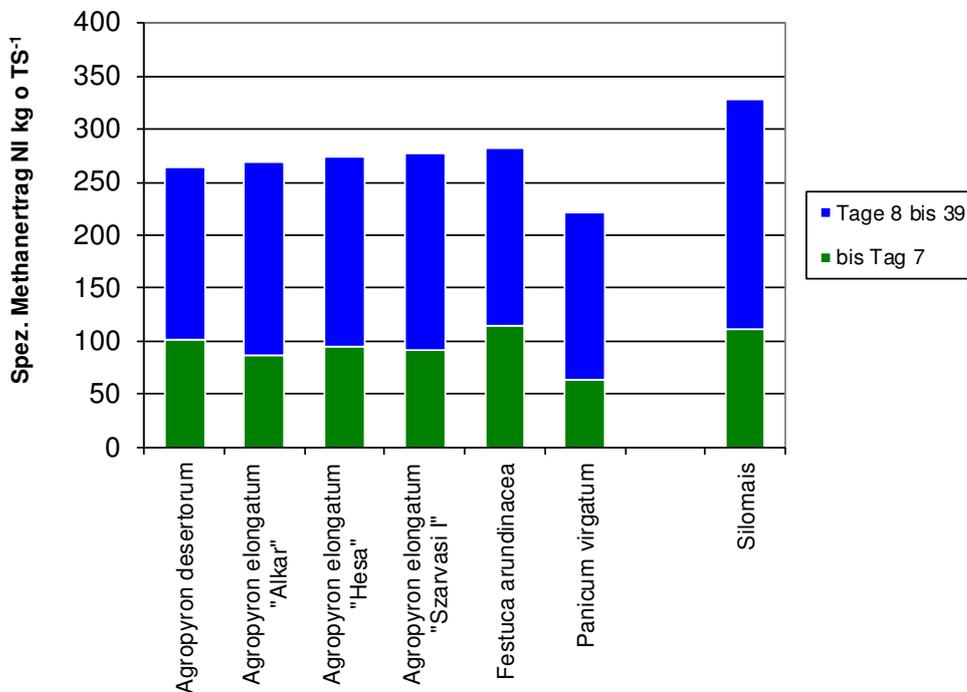


Abbildung 24: Mittlere Methanausbeuten in NI kg o TS⁻¹ bei ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung im Vergleich zu Silomais (n=2), Versuchsjahr 2010

Bei Einschnittnutzung lagen die Methanausbeuten zwischen 221 (*P. virgatum*) und 283 (*F. arundinacea*) NI kg o TS⁻¹ (Abbildung 24). Die Werte lagen damit um 46 bis 107 NI kg o TS⁻¹ unter jenen von Silomais. Die Methanbildung startete noch zögerlicher als bei Mehrschnittnutzung. So waren bei Mehrschnittnutzung bis zum Tag 7 der Analysen bereits 47 % der gesamten Methanmenge gebildet, während dieser Wert bei Einschnittnutzung nur 33 % betrug.

Einfluss der Düngung auf die Methanausbeute

Der Einfluss der Düngung auf die Methanausbeute von *D. glomerata* war nicht signifikant (Tabelle 19). Am höchsten war die Methanausbeute bei einer Düngung von 75 kg N (ha*Aufsuchs)⁻¹ (329 NI kg o TS⁻¹), gefolgt von der Variante ohne N-Düngung (326 NI kg o TS⁻¹). Die geringste Methanausbeute lieferte die höchste N-Düngevariante 150 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ (317 NI kg o TS⁻¹).

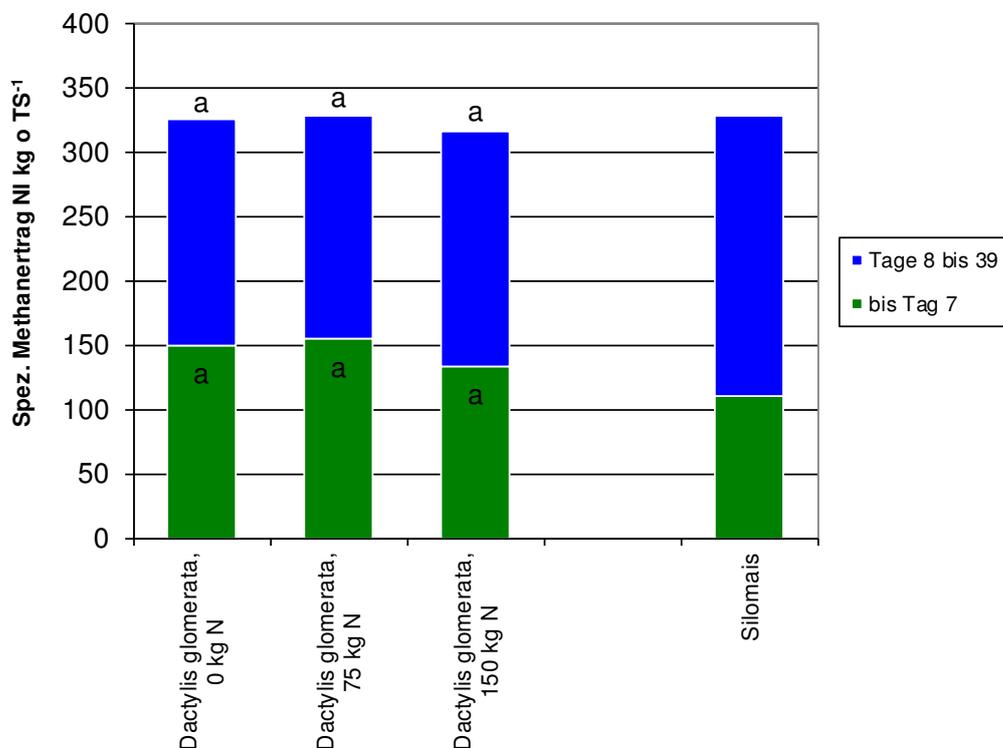


Abbildung 25: Mittlere Methanausbeuten in NI kg o TS⁻¹ bei *D. glomerata* bei Mehrschnittnutzung und unterschiedlicher N-Düngung im Vergleich zu Silomais (n=10)

Die vorliegenden Ergebnisse wiesen auf einen negativen Einfluss bei überhöhter N-Düngung auf die Methanausbeute hin (vergleichbar mit dem Qualitätsparameter Verdaulichkeit – vgl. Abbildung 36). Dies könnte im Ähren- und Rispenanteil des Substrates begründet sein, welcher mit Erhöhung der N-Düngung anstieg. Bei den N-Düngungsvarianten 0, 75 und 150 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ hatten zur Erntezeit im Mittel 20,2, 25,7 und 31,7 % (*A. elongatum*) sowie 16,1, 25,3 und 32,8 % (*D. glomerata*) der Pflanzen Fruchtstände und somit auch Stängel mit hohen Anteilen an nicht abbaubarem Lignin ausgebildet.

4.3.2 Methan-Hektarertrag

Die Methanerträge ergaben sich durch Multiplikation der Methanausbeute und der organischen Trockensubstanz. Die Werte betragen im Mittel bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) 3602 m³ ha⁻¹ und bei Einschnittnutzung 2748 m³ ha⁻¹.

Tabelle 20: F-Statistik vom Methan-Hektarertrag

	Methan-Hektarertrag
Effekt	PR > F
Mehrschnittnutzung, Standarddüngung	
Art	<0,0001
Standort	<0,0001
Jahr	<0,0001
Standort*Art	0,0437
Art*Jahr	<0,0001
Jahr*Standort	0,4772
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch	
Düngung	<0,0001
Standort	<0,0001
Jahr	0,6153
Standort*Düngung	0,0141
Standort*Jahr	<0,0001
Düngung*Jahr	0,0003
Einschnittnutzung	
Art	<0,0001
Standort	0,0003
Jahr	0,0051
Standort*Art	<0,0001
Art*Jahr	0,0626
Jahr*Standort	<0,0001

Einfluss des Standortes auf den Methan-Hektarertrag

Am Standort St. Leonhard/F. waren die Methan-Hektarerträge sowohl bei Ein- als auch bei Mehrschnittnutzung höher als am Standort Groß Enzersdorf. Die Methanerträge betrugen am Standort St. Leonhard/F. $4093 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Mehrschnittnutzung, Standarddüngung) und $2999 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Einschnittnutzung) sowie am Standort Groß Enzersdorf 3111 bzw. $2497 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Die Unterschiede waren signifikant (Tabelle 20).

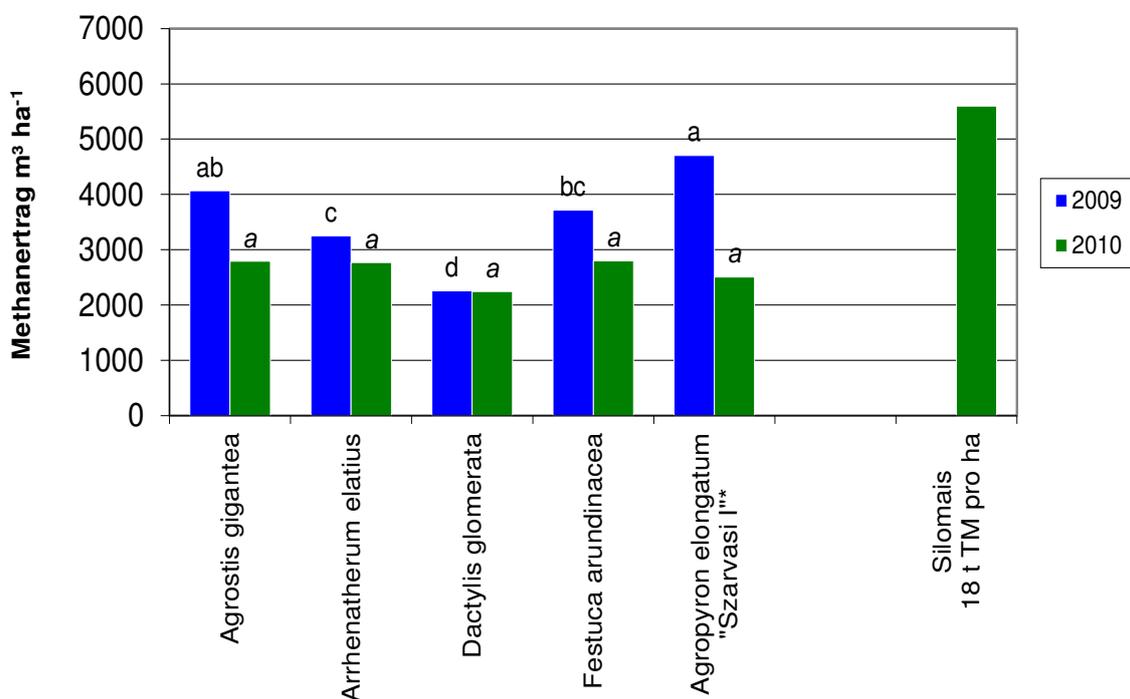
Einfluss der Gräserart auf den Methan-Hektarertrag

Die Gräserart hatte sowohl bei Ein- als auch bei Mehrschnittnutzung einen signifikanten Einfluss auf den Methanertrag.

Bei Mehrschnittnutzung lieferte im Jahr 2009 an beiden Standorten *A. elongatum* den höchsten Methanertrag und lag am Standort St. Leonhard/F. mit 5734 m^3 Methan pro Hektar trotz extensiver Düngung der Gräser mit $75 \text{ kg N (ha*Jahr)}^{-1}$ vor Silomais ($5600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ bei Annahme eines Maisertrages von $18\,000 \text{ kg TM ha}^{-1}$ und einer N-Düngung mit 180 kg ha^{-1} , Abbildung 27). Dieses „speziell gute Ergebnis“ konnte im Folgejahr (2010) allerdings nicht erreicht werden. 2010 fiel der Methanertrag von *A. elongatum* auf $3658 \text{ m}^3 \text{ (ha*Jahr)}^{-1}$ am Standort St. Leonhard/F. und $2508 \text{ m}^3 \text{ (ha*Jahr)}^{-1}$ am Standort Groß Enzersdorf ab. Die Methan-Hektarerträge wurden 2010 bei *A. elongatum* am Standort Groß Enzersdorf von *A. gigantea*, *A. elatius* und *F. arundinacea* sowie in St. Leonhard/F. von *F. arundinacea* und *D. glomerata* übertroffen (die Unterschiede waren meist nicht signifikant, Abbildung 26). Die Ursache für den Rückgang des Methanertrages von *A. elongatum* lag im TM-Ertrag, welcher sich aufgrund kürzerer Lebenszeit mit fortschreitender Versuchsdauer reduzierte. Auch bei den Versuchen von GEISSENDÖRFER (2012) und RUMPLER (2014) kam es bei *A. elongatum* zum Rückgang des Methanertrages, allerdings auf sehr unterschiedlichem Niveau. Bei GEISSENDÖRFER (2012) sank der Ertrag von $6755 \text{ m}^3 \text{ (ha*Jahr)}^{-1}$ auf $5920 \text{ m}^3 \text{ (ha*Jahr)}^{-1}$, bei RUMPLER (2014) von $4690 \text{ m}^3 \text{ (ha*Jahr)}^{-1}$ auf $1760 \text{ m}^3 \text{ (ha*Jahr)}^{-1}$.

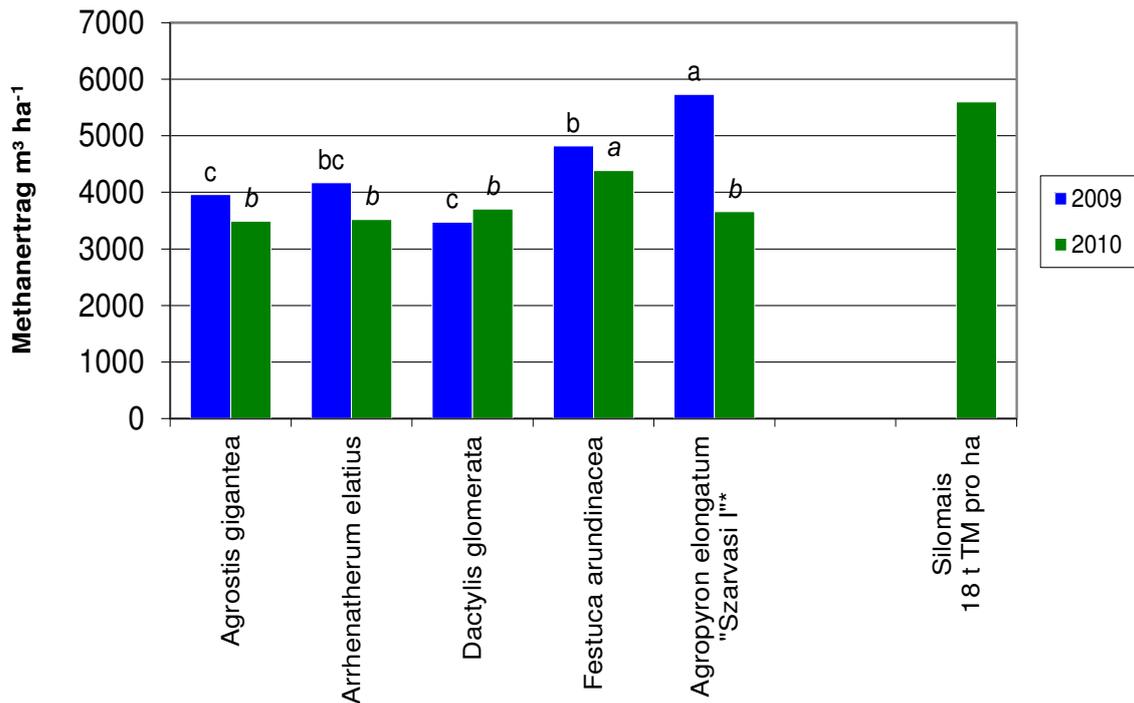
Bei Einschnittnutzung blieben die Methanerträge bei allen Sorten von *A. elongatum* im Gegensatz zur Mehrschnittnutzung über beide Versuchsjahre hinweg stabil (Abbildung 28). Den höchsten Wert erreichte die Herkunft „Hesa“, welche im Jahr 2009 am Standort St. Leonhard/F. mit $5022 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ nahe an den Wert von Silomais ($5600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) kam. *F. arundinacea* und *A. desertorum* waren mit einem Methanertrag von 2208 und $1437 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ unterlegen. *P. virgatum* konnte bei der Einschnittvariante am Standort Groß Enzersdorf

überzeugen und lieferte in beiden Beurteilungsjahren den höchsten Methanertrag. Die Unterschiede, insbesondere zu *A. elongatum*, waren aber nicht immer signifikant. Ein anderes Ergebnis zeigte *P. virgatum* am Standort St. Leonhard/F., wo im Jahr 2009 nur durchschnittliche und im Jahr 2010 unterdurchschnittlich hohe Methanerträge erzielt wurden. Ursache war die geringere Methanausbeute aufgrund späterer Ernte (180 NI kg o TS⁻¹ in St. Leonhard/F. bei Ernte am 9. Februar und 262 NI kg o TS⁻¹ am Standort Groß Enzersdorf bei Ernte am 17. November) und der geringere TM-Ertrag im Jahr 2010.



* Methanausbeuten nur aus 2009 verfügbar, auf 2010 hochgerechnet

Abbildung 26: Methanerträge in m³ ha⁻¹ von ausgewählten Gräsern bei Mehrschnittnutzung und Standarddüngung am Standort Groß Enzersdorf im Vergleich zu Silomais



* Methanausbeuten nur aus 2009 verfügbar, auf 2010 hochgerechnet

Abbildung 27: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von ausgewählten Gräsern bei Mehrschnittnutzung und Standarddüngung am Standort St. Leonhard/F. im Vergleich zu Silomais

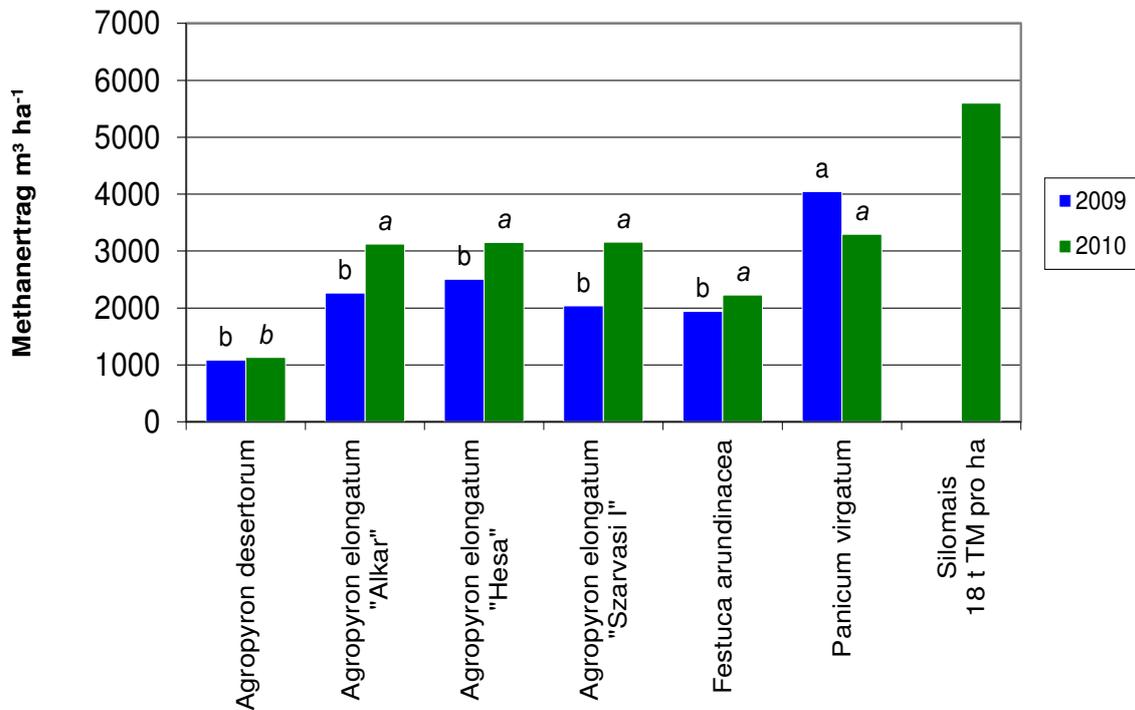


Abbildung 28: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung am Standort Groß Enzersdorf im Vergleich zu Silomais

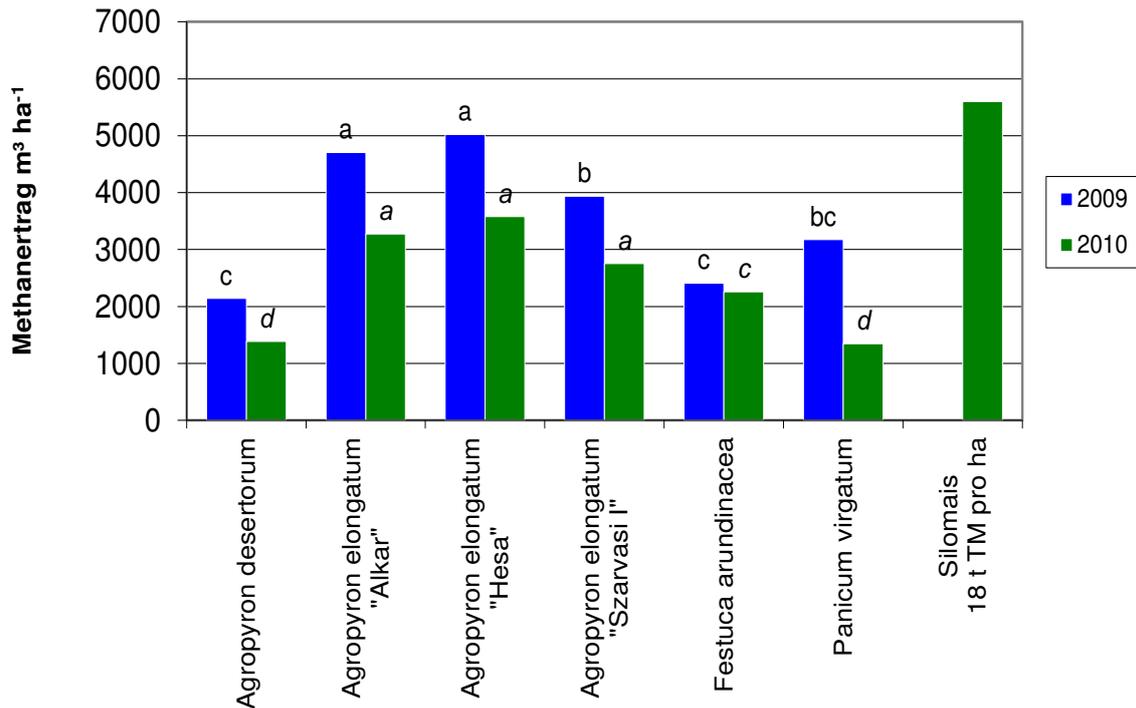


Abbildung 29: Methanerträge in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung am Standort St. Leonhard/F. im Vergleich zu Silomais

Einfluss der Düngung auf den Methan-Hektarertrag

Vom N-Steigerungsversuch konnten nur die Methan-Hektarerträge von *D. glomerata* ermittelt werden, da das Erntegut von *A. elongatum* aufgrund des hohen Anteiles von Ruderalpflanzen nicht auswertbar war. Die Variante ohne N-Düngung ergab meist signifikant geringere Methan-Hektarerträge als die Varianten mit 75 und 150 kg N $(\text{ha} \cdot \text{Aufwuchs})^{-1}$ (Abbildungen 30 und 31). *D. glomerata* erreichte am Standort St. Leonhard/F. im Jahr 2010 bei 3-Schnitt-Nutzung annähernd die Methan-Hektarerträge von Silomais. Der Unterschied betrug bei einer N-Düngung der Gräser von 75 kg $(\text{ha} \cdot \text{Aufwuchs})^{-1}$ nur 479 NI kg o TS⁻¹ und bei 150 kg N $(\text{ha} \cdot \text{Aufwuchs})^{-1}$ nur 609 NI kg o TS⁻¹. N-Düngermengen von 150 kg $(\text{ha} \cdot \text{Aufwuchs})^{-1}$ sind in der Praxis üblicherweise nicht möglich und auch nicht sinnvoll.

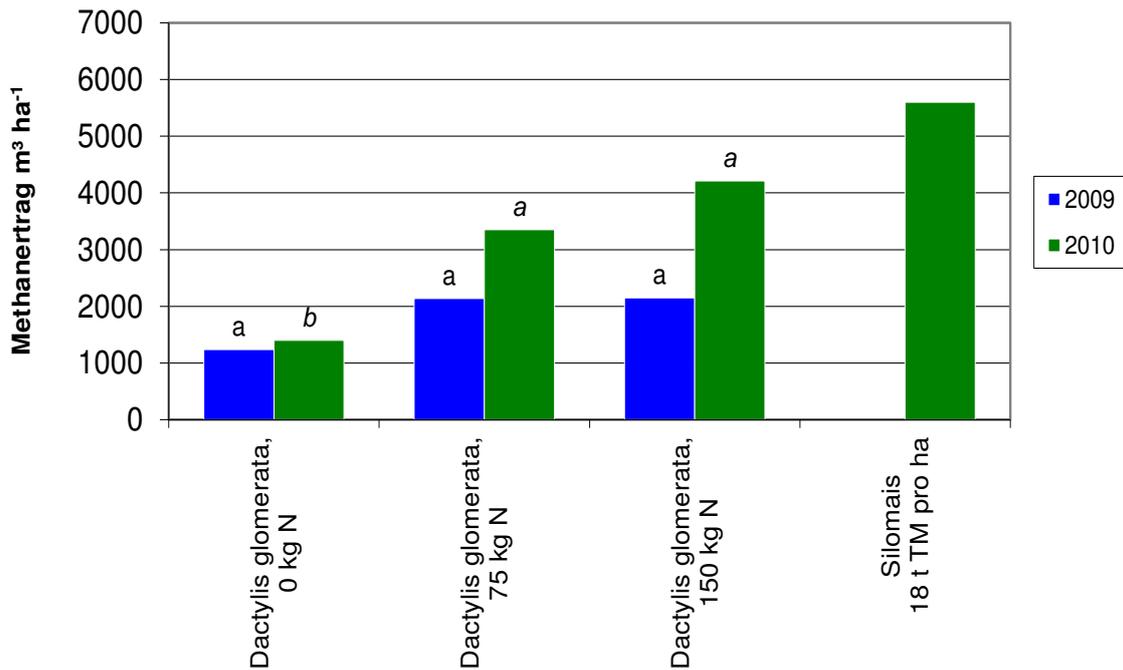


Abbildung 30: Methanerträge in m³ ha⁻¹ von *D. glomerata* bei Mehrschnittnutzung und unterschiedlicher N-Düngung am Standort Groß Enzersdorf im Vergleich zu Silomais

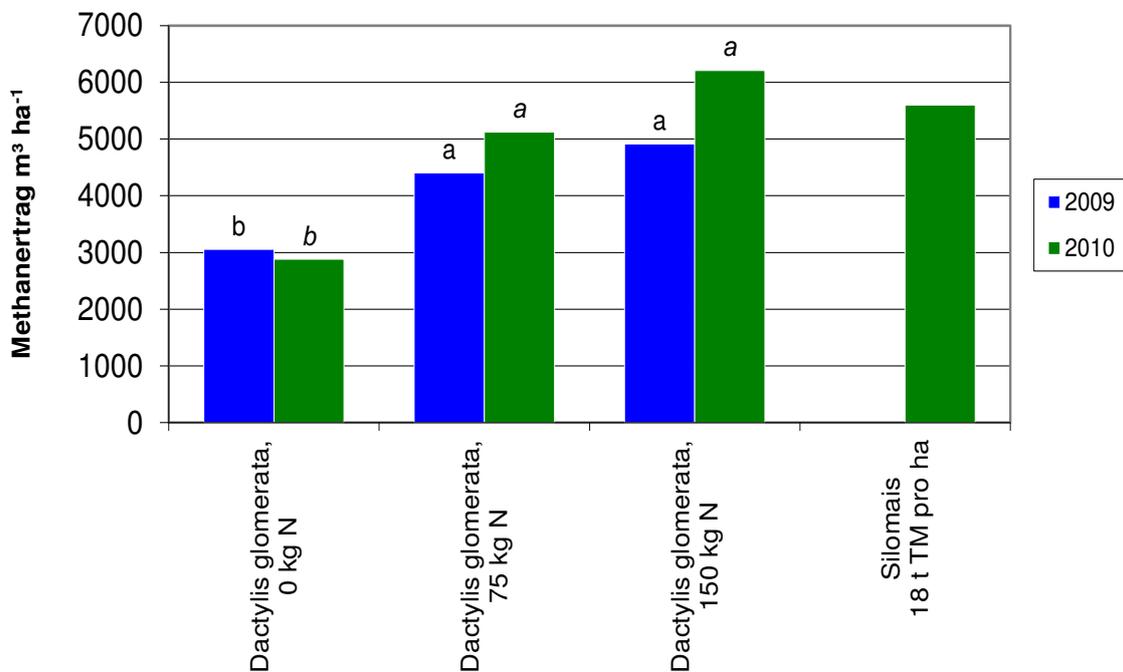


Abbildung 31: Methanerträge in m³ ha⁻¹ von *D. glomerata* bei Mehrschnittnutzung und unterschiedlicher N-Düngung am Standort St. Leonhard/F. im Vergleich zu Silomais

Tabelle 21: Methankonzentration in Vol.-% des trockenen Gases und Organische Masse in g OM kg TM⁻¹ von ausgewählten Gräserarten und Sorten

		Methankonzentration	Organische Masse ³
		in Vol.-% des trockenen Gases	in g OM kg TM ⁻¹
		n = 10 ¹	n = 10 ¹
Mehrschnittnutzung, Standarddüngung	Agropyron elongatum "Szarvasi I" ¹	54,04 a	919 a
	Festuca arundinacea	54,72 a	896 a
	Dactylis glomerata	55,47 a	901 a
	Arrhenatherum elatius	55,43 a	912 a
	Agrostis gigantea	54,62 a	903 a
		n = 10	n = 10
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch	Dactylis glomerata 0 kg N Aufwuchs ⁻¹	55,16 b	899 a
	Dactylis glomerata 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	55,79 a	903 a
	Dactylis glomerata 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	55,84 a	906 a
		n = 2	n = 2
Einschnittnutzung²	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	57,84 a	917 a
	Agropyron elongatum "Anonym"	57,56 a	913 a
	Agropyron elongatum "Alkar"	57,44 a	914 a
	Panicum virgatum	56,01 a	919 a
	Agropyron desertorum	57,84 a	907 a
	Festuca arundinacea	57,17 a	850 a
		n = 1	n = 1
Silomais		55,31	948,10

¹ Daten von Agropyron elongatum "Szarvasi I" sind nur aus dem Jahr 2009 verfügbar (n = 4)

² Daten nur aus dem Jahr 2010 verfügbar

³ Analyse: HBLFA Raumberg-Gumpenstein

4.3.3 Bedeutung der Biomassequalität für die Biogasproduktion

Methanbildende Mikroorganismen („Methanomicrobia“) können Makromoleküle wie Cellulose und Hemicellulose weniger rasch in Methan umsetzen als das Disaccharid Saccharose. Bei entsprechend langer Verweildauer im Fermenter kann aber auch die langsam abbaubare Substanz gut verwertet werden. Das aus der Futtermittelanalyse bekannte Kriterium Energiedichte (MJ NEL) ist für den spezifischen Methanertrag von geringer Bedeutung, da selbst höhere Rohfasergehalte nicht zwingend zu geringeren Methanerträgen führen. Von Bedeutung ist neben der Verweilzeit in der Biogasanlage insbesondere der Ligninanteil, welcher nicht in Biogas umgesetzt werden kann (ELSÄSSER et al., 2012; MESSNER und ELSÄSSER, 2012).

Um mögliche Prozessstörungen durch die Bildung von Schwimmschichten in der Biogasanlage zu verhindern, müssen Grünlandaufwüchse unter entsprechendem

Energieaufwand kurz gehäckselt und im Fermenter mit angepassten Rührwerken gerührt werden. In der Praxis wird bei Verwendung blattreicher Biomasse eine geringere Neigung zur Bildung von Schwimmschichten beobachtet als beim Einsatz halmreichen Erntegutes (ENTENFELLNER, 2015).

Wie aus der Tierernährung bekannt, besteht der Stängel im Gegensatz zu den Blättern überwiegend aus den Gerüstsubstanzen Cellulose, Hemicellulose und Lignin. Mit fortschreitender Vegetation verändert sich die Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen, und der Anteil an nicht abbaubarem Lignin im Stängel nimmt zu. Lignin bildet zudem mit Hemicellulose Komplexverbindungen und macht diese dadurch selbst schwerer abbaubar (BUCHGRABER et al., 2008).

Gräserarten mit geringen Anteilen an Fruchtständen, wie *A. repens*, *E. junceus* und *F. arundinacea* sind somit positiv zu beurteilen. *A. elatius*, *B. marginatus* und *A. trachycaulum* lassen aufgrund der höheren Fruchtstandanteile bei gleicher Schnittfrequenz eine gesteigerte Gefährdung für die Bildung von Schwimmschichten im Fermenter und geringere Methanausbeuten erwarten (vgl. Abbildung 34).

Die Mehrschnittnutzung ist aufgrund der durchschnittlich um 31 % höheren Methanerträge, der rascheren Methanproduktion und der geringeren Anteile an Fruchtständen im Erntegut für die Produktion von Biogassubstrat vorteilhafter als Einschnittnutzung.

Bei Mehrschnittnutzung wird *F. arundinacea* wegen günstiger Methanerträge, unterdurchschnittlicher Rispenbildung und langjähriger Ausdauer das höchste Potenzial zur Biogaserzeugung ausgewiesen. *A. elongatum* konnte im Methanertrag ebenfalls überzeugen, zeigte aber bei drei Schnitten pro Jahr unzureichende Ausdauer und bei zwei Schnitten pro Jahr erhöhte Stängelanteile.

4.4 Brennstoffeigenschaften ausgewählter Gräser

Bei der Verbrennung von Gräsern werden andere Anforderungen an die Biomasse gestellt als bei der Futter- oder Biogasproduktion. Bei der Fütterung ist meist ein hoher N-Gehalt (Rohproteingehalt) erwünscht, während dieser bei der thermischen Nutzung für umweltschädliche NO_x-Emissionen verantwortlich ist. Von besonderer Bedeutung sind der Ascheschmelzpunkt, der Wassergehalt, der Brenn- und Heizwert sowie Inhaltstoffe mit Wirkung auf Emissionen.

4.4.1 Ascheschmelzpunkt

Durch Erhitzung kann Asche partiell oder vollständig schmelzen. Durch Abkühlung verfestigt sich die Asche und es kommt zur Versinterung oder Verschlackung. Bei einer Erweichung der Asche während des Brennvorganges kann es zu Problemen mit der Funktion der Anlage, zur Verschlackung des Wärmetauschers, zur Verringerung der Effizienz der Verbrennung sowie zu erhöhtem Wartungsaufwand kommen. Der Ascheschmelzpunkt hängt von der Brennstoffzusammensetzung ab. Während Kalium und Natrium den Schmelzpunkt erniedrigen, wird er durch Kalzium, Magnesium und Aluminium erhöht (OECHSNER, 2006).

Untersuchungen zum Ascheschmelzverhalten wurden von Proben der Einschnittnutzung aus dem Versuchsjahr 2010 durchgeführt. Auf Analysen der Proben aus dem Jahr 2009 musste aufgrund der durch Überschwemmungen hervorgerufenen Verschmutzungen verzichtet werden.

Die Konsistenz der untersuchten Ascheproben bei Erhitzung wies deutliche Unterschiede auf und reichte von „lockere Asche“ bis „geschmolzen“ (vgl. Tabelle 22). Das Erntegut vom Standort St. Leonhard/F. neigte tendenziell früher und stärker zum Ascheschmelzen. Bei sechs der 12 Analysen waren die Proben vom Standort St. Leonhard/F. stärker, bei vier gleich stark und bei zwei (beide *P. virgatum*) weniger stark geschmolzen als jene von Groß Enzersdorf. Als Vergleichsbrennstoff wurde Holz (Pellets nach ÖNORM M7135) untersucht, welches sowohl bei 900°C wie auch bei 1000°C keine Ascheerweichung zeigte (Ascheschmelzversuche der Firma KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH). Besonders lockere und maximal leicht versinterte Asche hatte auch *P. virgatum* vorzuweisen, jedoch nur vom Standort St. Leonhard/F.. Hier dürfte sich der spätere Erntezeitpunkt am 9. Februar

positiv ausgewirkt haben. *P. virgatum* lag damit bei später Ernte vor allen Vergleichsgräsern sowie vor *Miscanthus`Giganteus´*, Getreidestroh und Maisspindeln. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch RAMPEREZ et al. (2008) welche bei Biomasse von im März geerntetem *P. virgatum* einen Schmelzpunkt von etwa 1400°C nachwiesen, während dieser bei zeitgleich geerntetem *Miscanthus`Giganteus´* nur zwischen 800 und 900°C lag. Bei früher Ernte (17. November, Standort Groß Enzersdorf) wies *P. virgatum* ungünstigere und mit den übrigen Versuchsgräsern vergleichbare Ascheeigenschaften auf. Die stärkste Ascheerweichung zeigte *F. arundinacea*.

Da die Untersuchungen des Ascheschmelzpunktes ohne Wiederholungen durchgeführt wurden, war keine Varianzanalyse möglich. Die Ergebnisse dieser Schnellmethode sind daher als nicht gesicherte Ergebnisse anzusehen.

Tabelle 22: Aschekonsistenz bei Veraschung bei 900°C und 1000°C ausgewählter Gräser bei Einschnittnutzung im Vergleich zu Holz, `Miscanthus´, Getreidestroh und Maisspindeln

	Konsistenz der Asche bei Veraschung mit			
	900°C		1000°C	
	Gr. Enzersdorf	St. Leonhard/F.	Gr. Enzersdorf	St. Leonhard/F.
Agropyron elongatum "Szarvasi I"	versintert	stark versintert / geschmolzen	stark versintert / geschmolzen	geschmolzen
Agropyron elongatum "Anonym"	leicht versintert	leicht versintert	stark versintert / geschmolzen	stark versintert / geschmolzen
Agropyron elongatum "Alkar"	leicht versintert	leicht versintert	stark versintert / geschmolzen	geschmolzen
Panicum virgatum	sehr leicht versintert	lockere Asche	stark versintert / geschmolzen	sehr leicht versintert
Agropyron desertorum	leicht versintert	stark versintert / geschmolzen	stark versintert / geschmolzen	geschmolzen
Festuca arundinacea	versintert	größtenteils geschmolzen	geschmolzen	geschmolzen
Vergleich:				
Holz (Pellets ÖNORM M7135)	lockere Asche		lockere Asche	
Miscanthus `Giganteus´	leicht versintert		stark versintert / geschmolzen	
Getreidestroh	leicht versintert		stark versintert / geschmolzen	
Maisspindel	stark versintert / geschmolzen		geschmolzen	

Analyse: KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH

4.4.2 Inhaltstoffe mit Wirkung auf Emissionen

Für umweltschädliche Emissionen sind insbesondere die Gehalte an Asche (Staubemission), Stickstoff (insbesondere NO_x-Emission), Chlor (insbesondere HCl-Emission) und Schwefel (insbesondere SO₂-Emission) verantwortlich (OECHSNER, 2006).

Die in Tabelle 25 angeführten Aschegehalte lagen bei den ausgewählten Gräsern im Mittel bei 6,2 % TS und somit deutlich über Holz (<0,5 % bei Pellets nach ÖNORM M7135) oder Miscanthus `Giganteus` (ca. 3 %). Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gräsern waren gering.

Der N-Gehalt der untersuchten Gräser lag mit 0,71 bis 1,55 % TS (Tabelle 23) über Miscanthus `Giganteus` (0,4 % TS) und Holz (<0,3 % TS bei Pellets nach ÖNORM M7135). Ungünstige, überdurchschnittlich hohe N-Gehalte hatten *F. arundinacea* und *A. desertorum* vorzuweisen.

Die Schwefelgehalte der Versuchsgräser lagen zwischen 0,15 und 0,24 % TS und somit über Miscanthus `Giganteus` (0,06 % TS) und Holz (<0,04 % TS bei Pellets nach ÖNORM M7135).

Der Chlorgehalt von *A. elongatum*, Sorte „Szarvasi I“, betrug 0,26 % TS und lag somit im Bereich von Miscanthus `Giganteus` (0,22 % TS) (SCHRABAUER, 2010a; KALTSCHMITT et al., 2009). Günstiger erwies sich die Gräserart *P. virgatum*, welche laut RAMPEREZ et al. (2008) geringere Chlorgehalte als Miscanthus `Giganteus` aufweist (0,029 % und 0,074 % TS).

Tabelle 23: Stickstoff- und Schwefelgehalte in % TS der ausgewählten Gräserarten und Sorten bei Einschnittnutzung (n=1) im Vergleich zu Holz und Miscanthus `Giganteus`

	N in % TS		S in % TS	
	Gr. Enzersdorf	St. Leonhard/F.	Gr. Enzersdorf	St. Leonhard/F.
Agropyron elongatum "Szarvasi I"	0,91	0,92	0,19	0,20
Agropyron elongatum "Anonym"	1,03	0,73	0,19	0,15
Agropyron elongatum "Alkar"	0,96	0,87	0,19	0,16
Panicum virgatum	0,71	0,92	0,16	0,17
Agropyron desertorum	1,12	1,55	0,20	0,21
Festuca arundinacea	1,24	1,45	0,23	0,24
Vergleich:				
Holz (Pellets ÖNORM M7135)	<0,3		<0,04	
Miscanthus `Giganteus`*	0,40		0,06	

* Quelle: Hartmann, 2007

4.4.3 Brennwert, Heizwert und Wassergehalt

Bezüglich Brennwert ($H_{s, wf}$) unterschieden sich die ausgewählten Gräser nur gering und erreichten Werte zwischen 18,00 (*F. arundinacea*) und 18,73 MJ kg⁻¹ (*A. desertorum*). Die Gräser wiesen im Vergleich zu Fichtenholz (20,20 MJ kg⁻¹) und Miscanthus 'Giganteus' (19,1 MJ kg⁻¹) niedrigere Werte auf.

Von maßgeblicher Bedeutung ist der Wassergehalt der Biomasse. Hohe Wassergehalte vermindern den Heizwert und reduzieren die Verbrennungstemperatur, wodurch ein unvollständiger Ausbrand begünstigt wird (LASSELSBERGER, 2014). Durch die Verdampfung des Wassers während der Verbrennung wird Wärme verbraucht. Bei der Verbrennung von Holz mit einem Wassergehalt von 60 % ist der Heizwert um zirka 70 % geringer als bei der Verbrennung von absolut trockenem Holz (VERSCHEURE, 1998).

Wie Tabelle 25 zeigt, lagen die TS-Gehalte der ausgewählten Gräser für die thermische Verwertung (Einschnittnutzung) zwischen 42 % (*F. arundinacea*, St. Leonhard/F.) und 72 % (*P. virgatum*, Standort St. Leonhard/F.).

Nach KALTSCHMITT et al. (2009) werden die Heiz- und Brennwerte von hohen Aschegehalten beeinflusst. Auch im vorliegenden Versuch ergab die Gräserart mit dem geringsten Aschegehalt, *P. virgatum*, zugleich den höchsten Brennwert (Tabellen 24 und 25).

Tabelle 24: Brennwert $H_{s, wf}$ von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung (n=1) im Vergleich zu Holz und Miscanthus 'Giganteus'

	Brennwert $H_{s, wf}$ in $MJ\ kg^{-1}$	
	Gr. Enzersdorf	St. Leonhard/F.
Agropyron elongatum "Szarvasi I"	18,54	18,41
Agropyron elongatum "Anonym"	18,59	18,54
Agropyron elongatum "Alkar"	18,61	18,42
Panicum virgatum	18,84	18,65
Agropyron desertorum	18,81	18,73
Festuca arundinacea	17,99	18,00
Vergleich:		
Holz (Fichte, mit Rinde)*	20,20	
Miscanthus 'Giganteus'*	19,10	

* Quelle: FNR, 2000

Analyse: HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg

Tabelle 25: Trockensubstanzgehalt in % FM bei der Ernte sowie Aschegehalt in % TS bei Veraschung bei 815°C von ausgewählten Gräsern bei Einschnittnutzung (n=1) im Vergleich zu Holz

	TS bei Ernte in % FM		Asche bei 815°C* in % TS	
	Gr. Enzersdorf	St. Leonhard/F.	Gr. Enzersdorf	St. Leonhard/F.
Agropyron elongatum "Szarvasi I"	51	43	6,00	6,00
Agropyron elongatum "Anonym"	48	48	6,10	5,60
Agropyron elongatum "Alkar"	45	47	5,70	5,90
Panicum virgatum	71	72	5,10	6,40
Agropyron desertorum	49	51	6,10	6,00
Festuca arundinacea	45	42	8,20	7,30
Vergleich:				
Holz (Pellets ÖNORM M7135)	>90		<0,5	
Miscanthus 'Giganteus'	ca. 84		ca. 3	

* Analyse: HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg

4.4.4 Auswirkungen der Brennstoffqualität auf den Verbrennungsprozess

Bei Verbrennung von Gräsern in Holzfeuerungsanlagen ist aufgrund des geringen Ascheschmelzpunktes der Gräser unter anderem mit Problemen durch Verschlackung zu rechnen. Einzig *P. virgatum* könnte, bei später Ernte, nach vorliegenden Ergebnissen in Anlagen mit Feuerbetttemperaturen bis etwa 1000°C ohne größere Probleme durch schmelzende Asche eingesetzt werden. Bei der Verbrennung der übrigen ausgewählten Gräser sind Maßnahmen zur Minderung der Schlackebildung erforderlich. Nach OECHSNER (2012) eignen sich hierzu

- der Zusatz von Additiven (z.B. Kalk),
- die Reduzierung der Temperatur im Glutbett (durch spezielle Verbrennungsluftführung, Abgasrückführung, oder gekühltes Glutbett),
- eine Bewegung des Brennstoffes,
- die Brennstoffverwirbelung sowie
- ein zweistufiger Verbrennungsprozess.

Aufgrund der hohen Aschegehalte der angeführten Gräserarten bzw. Sorten (durchschnittlich 6 %) ist mit erhöhten Staubemissionen und erschwertem Aschemanagement in den Verbrennungsanlagen zu rechnen, wodurch sich besondere Anforderungen an die Feuerungstechnik (Brennraumgestaltung, Ascheaustragung, Abgasentstaubung) ergeben.

Durch die Oxidation des im Brennstoff vorhandenen Stickstoffes entstehen Stickoxide, welche in der Literatur als „Brennstoff-Stickoxide“ bezeichnet werden. Die NO_x-Emissionen steigen mit zunehmendem N-Gehalt im Brennstoff und mit zunehmendem Luftüberschuss im Brennraum an. Stickoxide gelten als Ursache für bodennahes Ozon und sind an der Bildung sauren Regens beteiligt (BEU, 2008). Die über Holz und *Miscanthus `Giganteus`* liegenden N-Gehalte der ausgewählten Gräserarten erfordern Maßnahmen zur Entstickung der Abgase. Als besonders ungünstig erwiesen sich *F. arundinacea* und *A. desertorum*.

Auch Schwefel, ein weiterer Inhaltsstoff im Rohstoff mit Wirkung auf die Emissionen, ergab höhere Gehaltswerte als bei Holz und *Miscanthus `Giganteus`*. Schwefel kommt insbesondere als Bestandteil von Aminosäuren und Enzymen in organischem Material vor. Er wird durch den Verbrennungsprozess hauptsächlich zu Schwefeldioxid (SO₂) oxidiert und kann anschließend mit dem Wasserdampf des Rauchgases zu Schwefelsäure und

schwefeliger Säure reagieren. Schwefelsäure ist für die Niedrigtemperatur-Korrosion in Verbrennungsanlagen verantwortlich. Zudem kann sich aus SO₂ in der Erdatmosphäre Schwefelsäure bilden und zu saurem Regen führen (BEU, 2008).

Durch die Verbrennung chlorhaltiger Biomasse oder die Sulfatierung anorganischer Chlorverbindungen im Rauchgas entsteht Chlorwasserstoff (HCl). Chlor ist reaktionsfreudig und führt zur Hochtemperatur-Chlorkorrosion in Verbrennungsanlagen (BEU, 2008). Aufgrund der korrosiv wirkenden Chlor- und Schwefelgehalte ergibt sich der Bedarf an einer nichtrostenden Ausführung des Brennraumes sowie der Wärmetauscherflächen.

Hohe Wassergehalte reduzieren den Heizwert und führen zu Lagerverlusten, weshalb für halmgutartige Biomasse TS-Gehalte von mindestens 80 % empfohlen werden (OECHSNER, 2006). Da mit Ausnahme von *P. virgatum* alle ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten frosthart sind und zum Teil auch über den Winter grün bleiben, können die erforderlichen TS-Gehalte bei diesen Gräsern nur durch Heuen, ähnlich wie bei der Futterheuproduktion, erreicht werden. Die Ernte muss rechtzeitig im Spätsommer abgeschlossen werden, weil in den späten Herbst- und Wintermonaten die Witterung für eine ausreichende Trocknung nicht mehr ausreicht. Wenn während des Heuens Regenschauer auftreten, ist im Gegensatz zur Futterheuproduktion mit keinen Qualitätseinbußen zu rechnen. Laut STRUSCHKA und JUSCHKA (2006) sowie KALTSCHMITT et al. (2009) ist verregnetes Heu bei der Verbrennung aufgrund des höheren Ascheschmelzpunktes sowie der geringeren Chlor- und Kaliumgehalte sogar von Vorteil.

Im Gegensatz zu winterharten Gräsern friert die oberirdische Biomasse von *P. virgatum* nach den ersten Frösten im Herbst sicher ab und gibt dann rasch Wasser ab. Diese Grasart bildet Rhizome aus, welche als Überdauerungsorgan dienen und – analog zu *Miscanthus 'Giganteus'* – über die Wintermonate Nährstoffe speichern (HECKATHORN und DELUCIA, 1994). Wird die Ernte erst nach dem Abfrostern durchgeführt, kann die Nährstoffverlagerung von den oberirdischen Pflanzenteilen in die Rhizome sicher abgeschlossen werden. So kann selbst ohne Heuen relativ trockenes Material geerntet werden. ADLER et al. (2006) beschreiben zudem die Möglichkeit der Ernte nach dem Winter. Sie konnten im Vergleich zur Ernte im Herbst (nach Frosteinwirkung) eine Zunahme des TS-Gehaltes von 65 auf 93 % nachweisen. Der TS-Ertrag verminderte sich durch Bröckelverluste und Nährstoffauswaschung um 40 %.

4.5 Futterqualität

Für eine Futternutzung gilt die gewählte Nutzungsfrequenz von zwei bis drei Schnitten pro Jahr als relativ gering und ist auf den Schwerpunkt der Versuche auf Energieproduktion ausgerichtet. Dadurch konnte bei Zweischnittnutzung (Versuchsjahr 2009) der für die Futterproduktion von Hochleistungstieren empfohlene Schnitt im Rispen-/Ährenschieben nur selten eingehalten werden (BUCHGRABER und GINDL, 2004; Abbildung 34).

Erntegut aus Einschnittnutzung erreichte wie erwartet für Futternutzung ungenügende Rohprotein- und Energiegehalte (im Mittel 65 g XP kg TM⁻¹ und 4,05 MJ ME kg TM⁻¹). Außerdem weist das Erntegut von *A. elongatum* besonders harte Stängel und Blätter auf (deutlich härter als Stroh), welche eine verminderte Futteraufnahme erwarten lassen. Hygienische Probleme durch Abbauprozesse an bereits abgestorbenen Halmen und Fruchtständen im Erntegut waren insbesondere bei *F. arundinacea* und *A. desertorum* zu beobachten. Aufgrund der geringen Eignung der Einschnittnutzung zur Fütterung wird diese Schnittvariante in diesem Kapitel nicht weiter behandelt.

4.5.1 Rohfasergehalt

Bei der Fütterung von Wiederkäuern ist Rohfaser aus Grundfutter aufgrund der Strukturwirksamkeit von besonderer Bedeutung. Um die Speichelsekretion zu fördern und dadurch einen pH-Wert im Pansen aufrechtzuerhalten, welcher für die dort lebenden Bakterien erforderlich ist, soll beispielsweise in der Milchkuhfütterung der Rohfasergehalt 18 % der Gesamtration (bezogen auf Trockenmasse) nicht unterschreiten (WEISS et al., 2000). Durch einen übermäßigen Anstieg der Rohfasergehalte vermindern sich der Energie- und Rohproteingehalt, daher sollen die Rohfaseranteile zur Erzielung hoher Grundfutterleistungen gerade so hoch sein, dass die benötigte Strukturwirksamkeit gegeben und eine hohe Futteraufnahme bestmöglich gewährleistet ist. Die Rohfasergehalte steigen mit späteren Schnittzeitpunkten (BUCHGRABER, 2008).

Analysenergebnisse der Rohfasergehalte liegen nur aus dem Jahr 2009 vor. Der Mittelwert betrug bei Zweischnittnutzung 343,6 g XF kg TM⁻¹ und 360,8 g kg TM⁻¹ bei Einschnittnutzung. Bei Zweischnittnutzung und Standarddüngung ergaben die drei Sorten von *A. elongatum* (durchschnittlich 381,7 g kg TM⁻¹) ungünstig hohe XF-Werte. Die niedrigsten Rohfasergehaltswerte wurden bei *A. repens* mit 303,3 und *F. arundinacea* mit 304,8 g XF kg

TM⁻¹ erzielt. Bezüglich Rohfaser kam keine angeführte Gräserart über eine „geringe bis mindere“ Futterqualität (> 300g XF kg TM⁻¹) hinaus (Abbildung 32).

Die unterschiedlichen N-Düngemengen bei Zweischnittnutzung ergaben im Rohfasergehalt keine signifikanten Unterschiede (Abbildung 33).

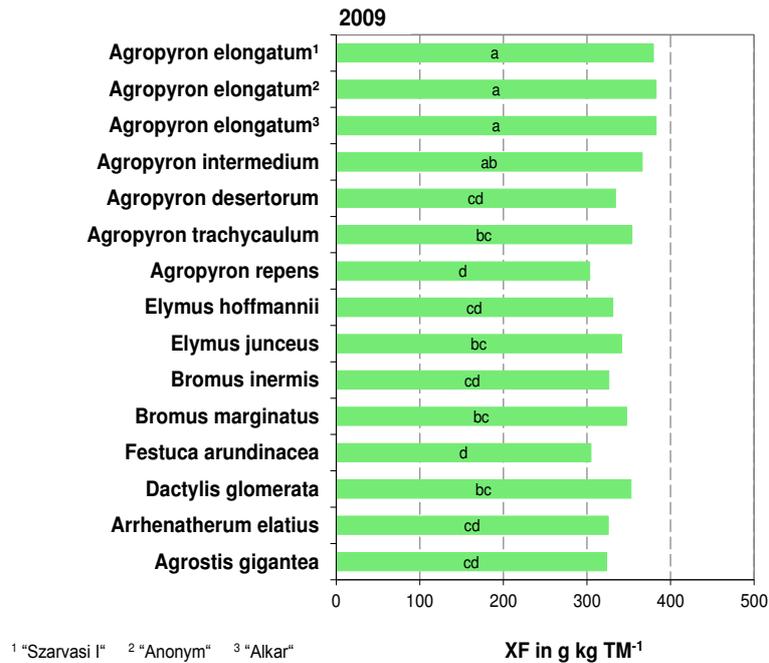


Abbildung 32: Rohfasergehalt unterschiedlicher Gräserarten in g kg TM⁻¹ bei Standarddüngung und Mehrschnittnutzung im Versuchsjahr 2009 (n=4)

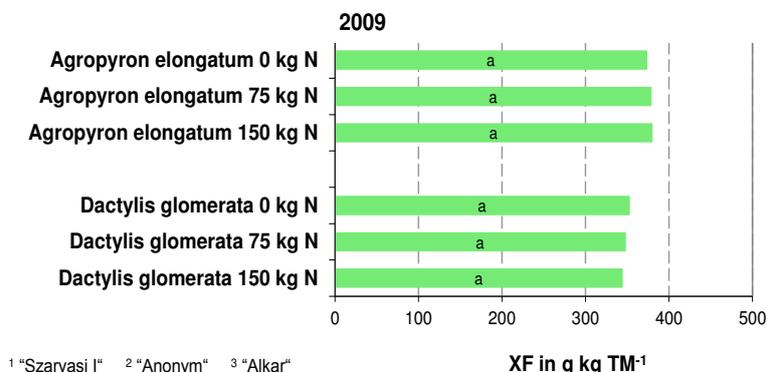
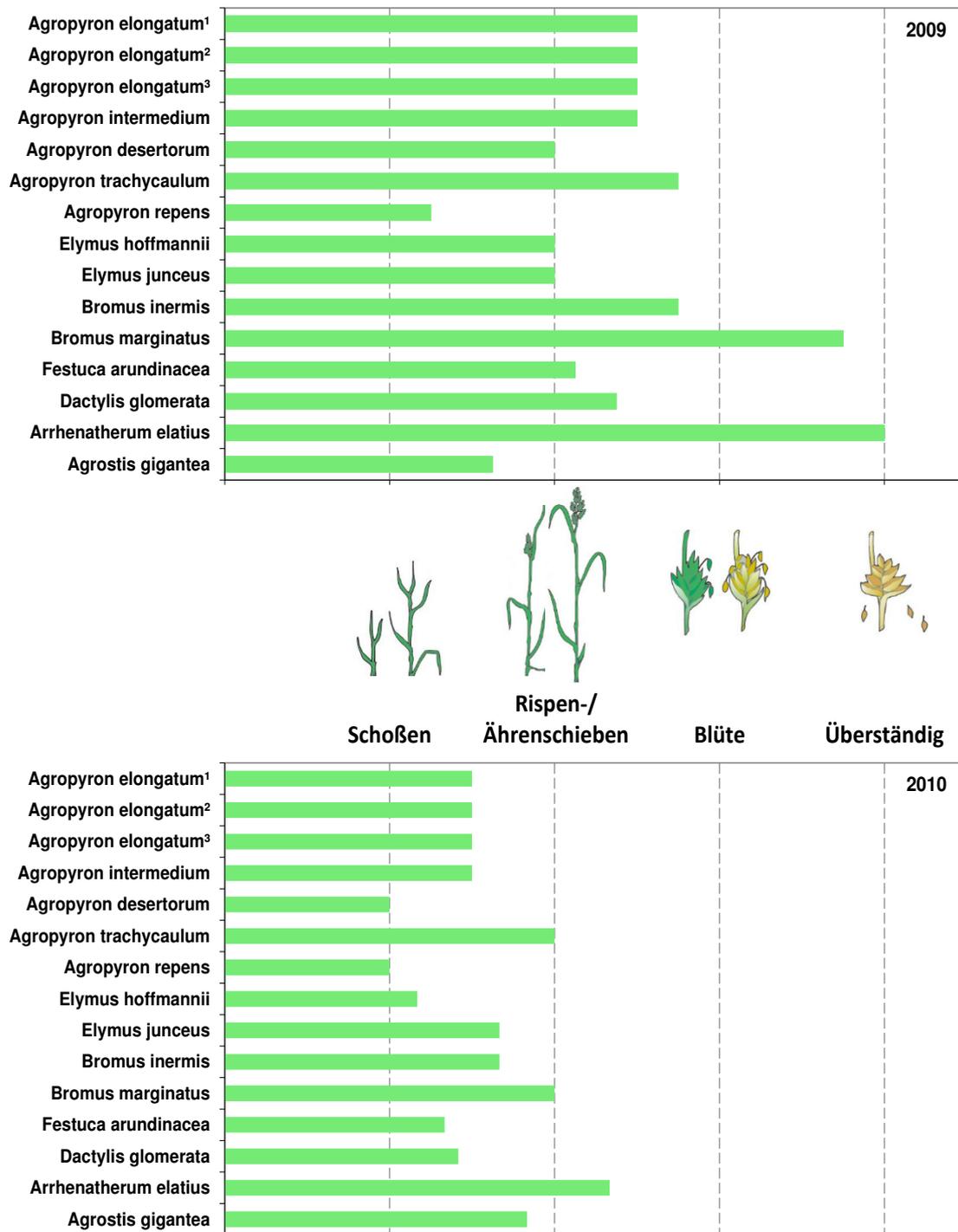


Abbildung 33: Rohfasergehalt unterschiedlicher Gräserarten in g kg TM⁻¹ bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung im Versuchsjahr 2009 (n=4)



¹ "Szarvasi I" ² "Anonym" ³ "Alkar"

Abbildung 34: Mittleres Entwicklungsstadium der ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten bei der Ernte, Mehrschnittnutzung, Versuchsjahre 2009 und 2010 (in Anlehnung an BUCHGRABER et al., 1994)

4.5.2 Verdaulichkeit

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz betrug im Mittel 56,9 % bei den angeführten Gräserarten- bzw. Sortenproben bei Standarddüngung und 54,9 % bei Proben aus dem N-Steigerungsversuch.

Tabelle 26: F-Statistik von der Verdaulichkeit der organischen Substanz und vom Rohproteingehalt

	Verdaulichkeit der organischen Substanz	Rohproteingehalt
Effekt	PR > F	PR > F
Mehrschnittnutzung, Standarddüngung		
Art	0,0033	0,0587
Standort	0,0193	0,0388
Aufwuchssumme	<0,0001	<0,0001
Aufwuchssumme*Art	0,4658	0,9738
Standort*Art	0,8892	0,9954
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch		
Art	0,0525	0,0800
Düngung	0,0561	0,0003
Standort	0,2033	0,204
Aufwuchssumme	0,0100	<0,0001
Art*Düngung	0,9182	0,8747
Standort*Düngung	0,7946	0,9425
Düngung*Aufwuchssumme	0,9913	0,8948
Standort*Art	0,1157	0,5249

Einfluss des Standortes auf die Verdaulichkeit

Der Einfluss des Standortes auf die Verdaulichkeit war bei der Variante Mehrschnittnutzung mit N-Standarddüngung signifikant, beim N-Steigerungsversuch hingegen nicht (Tabelle 26). Die Verdaulichkeit war am Standort Groß Enzersdorf höher als am Standort St. Leonhard/F. (58,2 und 55,7 % DOM bei Standarddüngung). Somit erzielte jener Standort mit den höheren Niederschlägen und den höheren N_{\min} -Gehalten im Boden die geringere Verdaulichkeit im Erntegut. Dies betraf auch Gräserarten wie *D. glomerata* und *F. arundinacea*, welche kaum Ruderalpflanzen in den Parzellen aufwiesen. Die Unterschiede sind auf den negativen Einfluss der Ähren- und Rispenanteile auf die Verdaulichkeit zurückzuführen. Zum Zeitpunkt der Ernte hatten bei Mehrschnittnutzung und Standarddüngung am Standort Groß Enzersdorf im Mittel 22,5 % und am Standort St. Leonhard/F. 28,2 % der Pflanzen

Fruchtstände ausgebildet. Der Einfluss der Stickstoffverfügbarkeit auf die Verdaulichkeit wird im Abschnitt „Einfluss der Düngung auf die Verdaulichkeit“ diskutiert.

Einfluss der Gräserart auf die Verdaulichkeit

Ein signifikanter Einfluss der Gräserart auf die Verdaulichkeit des Erntegutes konnte nachgewiesen werden (Tabelle 26, Abbildung 35). Im Mittel über beide Versuchsjahre und beide Versuchsstandorte wies *A. intermedium* die höchste Verdaulichkeit auf (62,1 % DOM), gefolgt von *F. arundinacea* (60,2 %) und *B. inermis* (59,6 % DOM). Die geringste Verdaulichkeit wies *E. junceus* mit durchschnittlich 51,2% DOM auf.

Eine in Bezug auf Verdaulichkeit lediglich „geringe bis mindere Qualität“ (< 55 % DOM) wurde im Versuchsjahr 2009 bei 2-Schnitt-Nutzung bei *D. glomerata*, *E. junceus*, *E. hoffmannii*, *A. repens* und *A. elongatum* (Sorte Szarvasi I) erzielt. Aufgrund der höheren Schnitthäufigkeit im Versuchsjahr 2010 (3-Schnitt-Nutzung) erreichten mit Ausnahme von *A. elatius* alle angeführten Gräserarten bzw. Sorten eine mittlere bis gute Qualität (55 bis 70 % DOM).

Einfluss der Düngung auf die Verdaulichkeit

Mit steigender N-Düngungsmenge kam es bei *A. elongatum* und *D. glomerata* gleichermaßen zur Minderung der Verdaulichkeit, welche nicht signifikant war (Tabelle 26, Abbildung 36). Die Ergebnisse von OBERGRUBER (1990) sowie DIEPOLDER und RASCHBACHER (2011) zeigen, dass die höhere Verdaulichkeit (beziehungsweise der niedrigere Energiegehalt) bei extensiver N-Düngung und extensiver Nutzung auf höhere Leguminosen- oder Kräuteranteile im Bestand zurückzuführen sind; dies konnten nicht bestätigt werden. In sämtlichen N-Düngungsvarianten nahm der Leguminosenanteil nie über sporadisch vorkommende Einzelindividuen zu. Das steigende N-Düngungsangebot führte im Mittel bei *A. elongatum* zu einer Zunahme des Kräuteranteiles und bei *D. glomerata* zu lediglich 0,3 % Fläche geringeren Kräuteranteilen. Die Ursache für die Abnahme der Verdaulichkeit war im zunehmenden Ähren- und Rispenanteil begründet (vergleichbar mit dem Qualitätsparameter Methanausbeute – vgl. Tabellen 28 und 29). Bei den N-Düngungsvarianten 0, 75 und 150 kg (ha*Aufwuchs) hatten zur Erntezeit im Mittel 20,2, 25,7 und 31,7 % (*A. elongatum*) sowie 16,1, 25,3 und 32,8 % (*D. glomerata*) der Pflanzen schwerer verdauliche Fruchtstände ausgebildet.

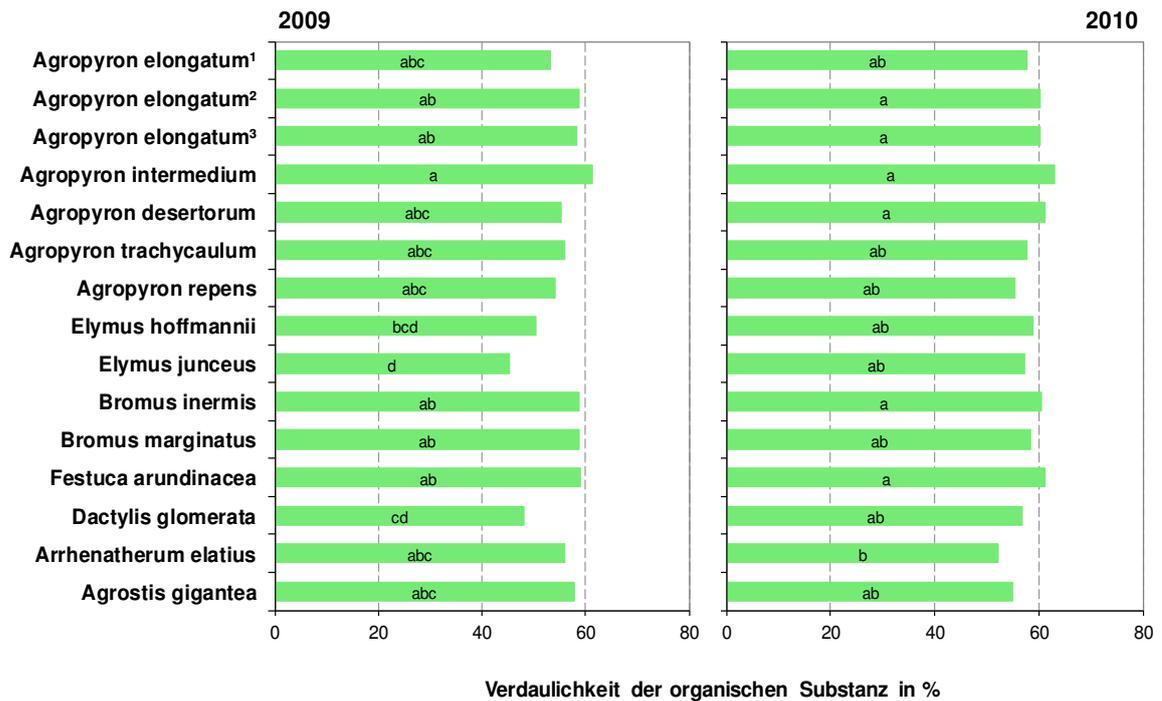


Abbildung 35: Verdaulichkeit der organischen Substanz unterschiedlicher Gräserarten in % o TS bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)

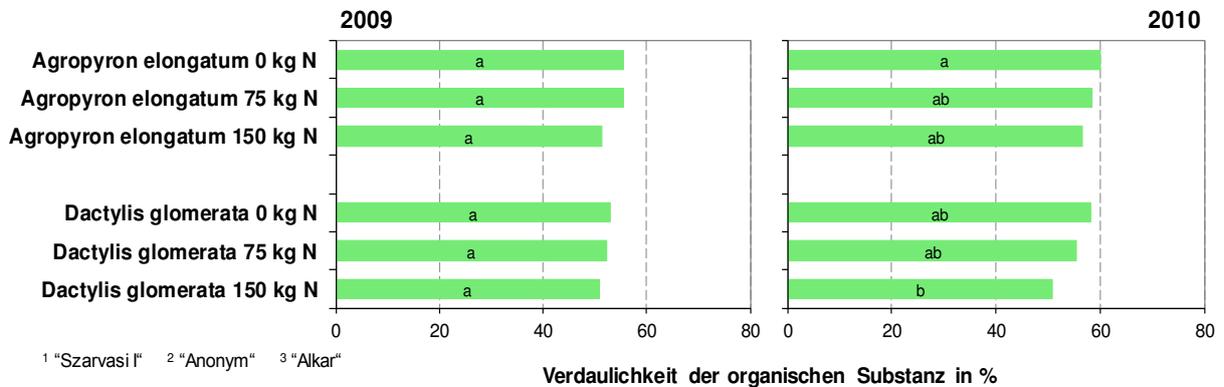


Abbildung 36: Verdaulichkeit der organischen Substanz unterschiedlicher Gräserarten in % o TS bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)

4.5.3 Energiegehalt

Der mittlere Energiegehalt im Erntegut betrug bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) 4,87 MJ NEL kg TM⁻¹.

Tabelle 27: F-Statistik von Nettoenergie Laktation (NEL) und Schwefelgehalt

	Nettoenergie Laktation (NEL)	Schwefelgehalt
Effekt	PR > F	PR > F
Mehrschnittnutzung, Standarddüngung		
Art	0,0022	0,0010
Standort	0,0203	0,0246
Aufwuchssumme	<0,0001	<0,0001
Aufwuchssumme*Art	0,3794	0,3531
Standort*Art	0,8849	0,4462
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch		
Art	0,0611	<0,0001
Düngung	0,0510	0,7931
Standort	0,2230	0,1966
Aufwuchssumme	0,0071	<0,0001
Art*Düngung	0,9195	0,8153
Standort*Düngung	0,7774	0,5088
Düngung*Aufwuchssumme	0,9897	0,2023
Standort*Art	0,1106	0,6139

Einfluss des Standortes auf den Energiegehalt

Ein Einfluss des Standortes auf den Energiegehalt konnte nur beim Teilversuch Mehrschnittnutzung/Standarddüngung nachgewiesen werden (Tabelle 27). Mit durchschnittlich 5,04 MJ NEL kg TM⁻¹ war der Energiegehalt am Standort Groß Enzersdorf höher als am Standort St. Leonhard/F. (4,71 MJ NEL kg TM⁻¹).

Einfluss der Gräserart auf den Energiegehalt

Bei Mehrschnittnutzung und Standarddüngung hatten *A. elongatum* („Anonym“ und „Alkar“), *A. intermedium*, *B. inermis*, *B. marginatus* und *F. arundinacea* mit über 5 MJ NEL kg TM⁻¹ relativ hohe Werte vorzuweisen. Die Kategorie „mittlere bis gute Qualität“ (4,5 bis 5,8 MJ NEL kg TM⁻¹) erreichten mit Ausnahme von *A. elongatum* „Szarvasi I“, *A. repens*, *E. hoffmannii*, *E. junceus* und *D. glomerata* im Jahr 2009 sowie *A. elatius* im Jahr 2010 alle Gräser (Abbildung 37).

Einfluss der Düngung auf den Energiegehalt

Bei den N-Steigerungsvarianten (Mehrschnittnutzung) kam es sowohl bei *A. elongatum* als auch bei *D. glomerata* mit zunehmendem N-Düngungsangebot zur Abnahme des Energiegehaltes. Die Unterschiede waren nicht signifikant, es ist ein Trend ersichtlich

(Abbildung 38). Bei einer Erhöhung der N-Düngung von 75 auf 150 kg pro Aufwuchs ging der Energiegehalt um 0,41 (*A. elongatum*) und 0,39 MJ NEL kg TM⁻¹ (*D. glomerata*) zurück, das ergab einen Rückgang von 0,0022 und 0,0021 MJ NEL kg TM⁻¹ pro Kilogramm zusätzlicher Jahres-N-Düngermenge.

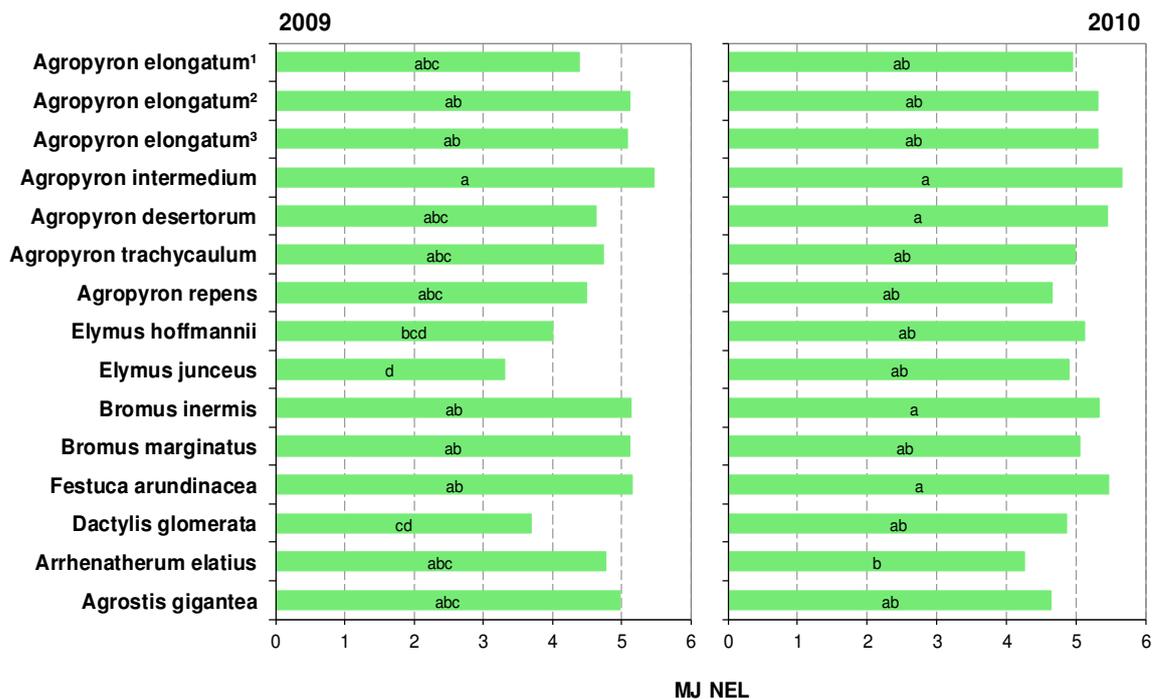
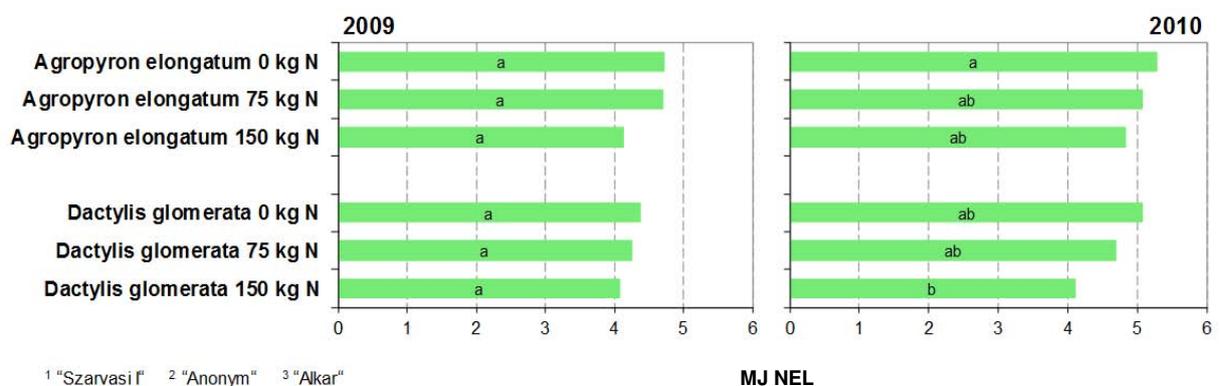


Abbildung 37: Energiegehalt (MJ NEL) unterschiedlicher Gräserarten bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)



¹ "Szarvasi" ² "Anonym" ³ "Alkar"

Abbildung 38: Energiegehalt (MJ NEL) unterschiedlicher Gräserarten bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)

4.5.4 Rohproteingehalt

Der Rohproteingehalt betrug im Mittel über alle Gräserarten bzw. Sorten bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) 102,2 g kg TM⁻¹.

Einfluss des Standortes auf den Rohproteingehalt

Der Standort hatte mit Ausnahme des N-Steigerungsversuches erwartungsgemäß einen Einfluss auf den Rohproteingehalt (Tabelle 26). Die Gehaltswerte waren am Standort St. Leonhard/F. stets höher und betrug dort im Mittel 106,1 g XP kg TM⁻¹ (Mehrschnittnutzung, Standarddüngung) sowie am Standort Groß Enzersdorf 98,1 g XP kg TM⁻¹.

Tabelle 28: Energiegehalt (MJ ME) und nutzbares Rohprotein (nXP) bei ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten, Mehrschnittnutzung und N-Standard bzw. N-Steigerung

		MJ ME		nXP	
		2009	2010	2009	2010
		n = 6	n = 6	n = 6	n = 6
Mehrschnittnutzung, Standarddüngung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	7,77 abc	8,57 ab	96,8	116,2
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	8,82 ab	9,09 ab	103,8	116,1
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	8,77 ab	9,08 ab	102,7	117,5
	<i>Agropyron intermedium</i>	9,33 a	9,60 a	111,1	124,0
	<i>Agropyron desertorum</i>	8,13 abc	9,29 a	105,5	126,2
	<i>Agropyron trachycaulum</i>	8,26 abc	8,61 ab	112,0	119,4
	<i>Agropyron repens</i>	7,91 abc	8,14 ab	100,9	121,7
	<i>Elymus hoffmannii</i>	7,21 bcd	8,80 ab	95,6	117,9
	<i>Elymus junceus</i>	6,20 d	8,49 ab	99,6	118,3
	<i>Bromus inermis</i>	8,85 ab	9,13 ab	106,1	123,3
	<i>Bromus marginatus</i>	8,81 ab	8,73 ab	111,6	119,4
	<i>Festuca arundinacea</i>	8,87 ab	9,34 a	103,6	117,0
	<i>Dactylis glomerata</i>	6,76 cd	8,45 ab	86,8	110,2
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	8,30 abc	7,60 b	101,1	105,3
<i>Agrostis gigantea</i>	8,62 abc	8,13 ab	104,7	112,0	
		2009	2010	2009	2010
		n = 6	n = 6	n = 6	n = 6
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch	<i>Agropyron elongatum</i> 0 kg N Aufwuchs ⁻¹	8,24 a	9,06 a	99,6	118,0
	<i>Agropyron elongatum</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	8,20 a	8,76 ab	102,0	119,5
	<i>Agropyron elongatum</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	7,39 a	8,40 ab	102,5	122,6
	<i>Dactylis glomerata</i> 0 kg N Aufwuchs ⁻¹	7,73 a	8,75 ab	103,4	115,1
	<i>Dactylis glomerata</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	7,56 a	8,20 ab	108,2	114,8
	<i>Dactylis glomerata</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	7,30 a	7,35 b	104,4	116,1

¹ "Szarvasi" ² "Anonym" ³ "Alkar"

Einfluss der Gräserart auf den Rohproteingehalt

Bei Mehrschnittnutzung und N-Standarddüngung wiesen im Jahr 2009 *E. junceus* (118,5 g kg TM ha⁻¹) und im Jahr 2010 *A. repens* (134,6 g kg TM ha⁻¹) die höchsten Rohproteingehalte auf (Abbildung 39). *A. trachycaulum* erreichte in beiden Versuchsjahren den zweithöchsten Rohproteingehalt. Geringe Werte mit durchschnittlich 90,6 und 90,3 g XP kg TM⁻¹ wiesen in beiden Jahren *F. arundinacea* und *D. glomerata* auf. 2009 erreichten nur *A. trachycaulum* und *E. junceus* über 10 g XP kg TM⁻¹ und damit die Kategorie „Mittlere bis gute Qualität“, während 2010 alle angeführten Gräserarten bzw. Sorten dieser Kategorie zuzurechnen waren. Nicht alle Unterschiede waren signifikant.

Einfluss der Düngung auf den Rohproteingehalt

Mit steigender N-Düngung kam es, mit Ausnahme des Jahres 2009, zu einer Zunahme des Rohproteingehaltes. Im Jahr 2010 erreichte sowohl *A. elongatum* als auch *D. glomerata* bei 150 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ signifikant höhere Rohproteingehalte als die Varianten mit 0 und 75 kg N (ha*Aufwuchs)⁻¹ (Abbildung 40).

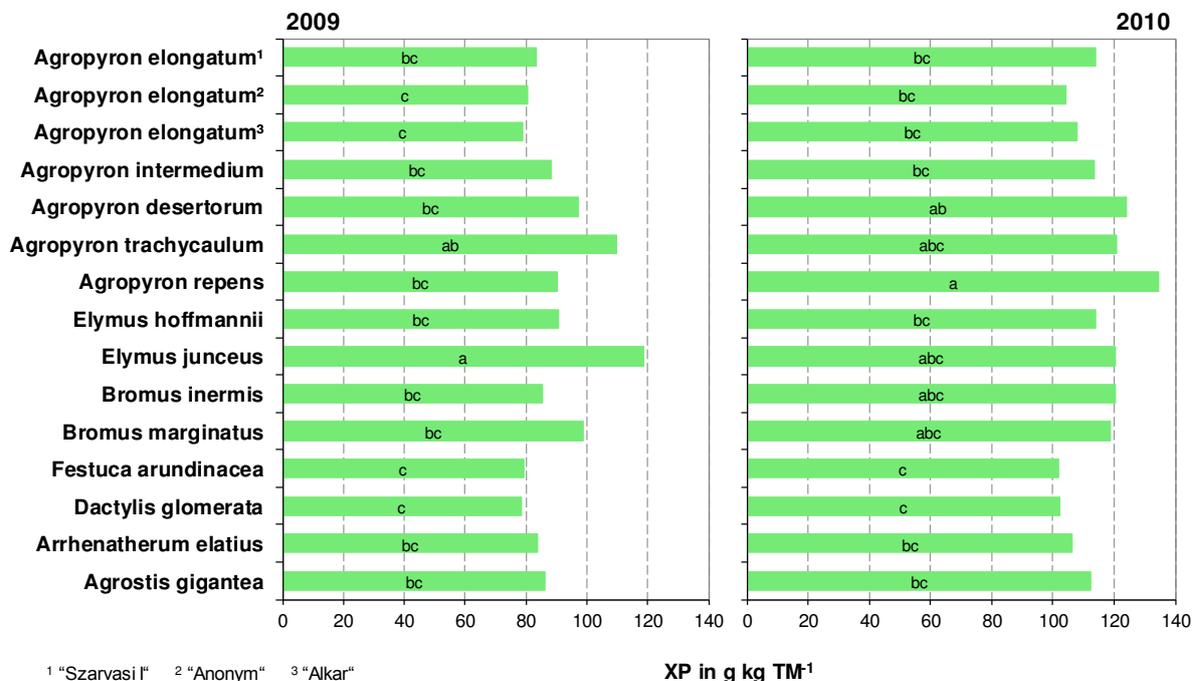


Abbildung 39: Rohproteingehalt ausgewählter Gräserarten in g kg TM⁻¹ bei Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)

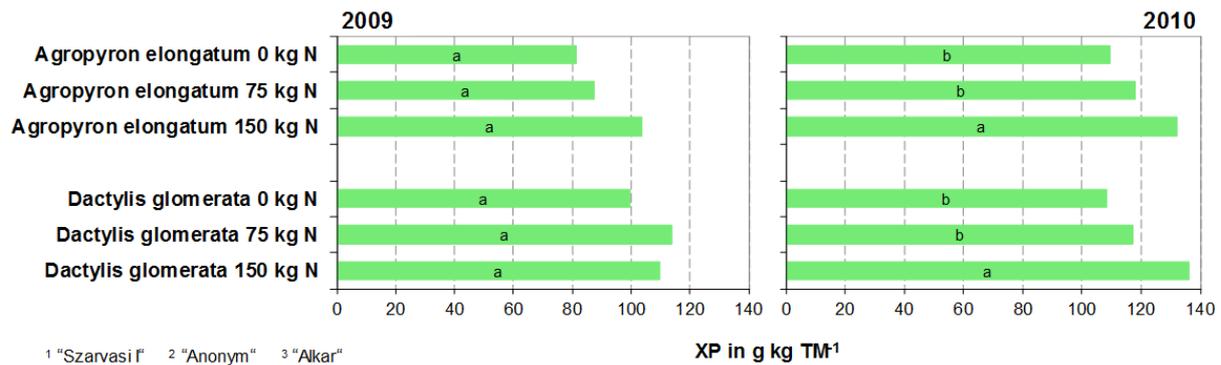


Abbildung 40: Rohproteingehalte in g kg TM⁻¹ ausgewählter Gräserarten bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)

4.5.5 Rohproteinерtrag

Der bereinigte Rohproteinерtrag wurde durch Multiplikation des Rohproteingehaltes und des bereinigten TM-Ertrages ermittelt. Der Rohproteinерtrag lag bei Mehrschnittnutzung zwischen 275 kg XP ha⁻¹ (*A. trachycaulum*, St. Leonhard/F., Jahr 2010) und 2786 kg XP ha⁻¹ (*D. glomerata*, 150 kg N-Düngung pro Hektar und Aufwuchs, St. Leonhard/F., Jahr 2010; Tabelle 30). Zum Vergleich: Bei einem Sojabohnen-Kornertrag von 2784 kg ha⁻¹ (mittlerer Ertrag der Jahre 2009 und 2010 in Österreich, Grüner Bericht 2011, BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT, 2014) und einem Rohproteingehalt von 414 g kg⁻¹ wird ein Rohproteinерtrag von 1153 kg erzielt. Bei der Sojabohne erfolgt üblicherweise keine Stickstoffdüngung.

Über den Versuchszeitraum 2009 bis 2010 erreichten stabile und überdurchschnittlich hohe XP-Erträge bei Mehrschnittnutzung (Standarddüngung) *B. inermis*, *F. arundinacea*, *A. elatius* und *A. gigantea* (Tabellen 29 und 30). Bei den Sorten von *A. elongatum* erzielte „Alkar“ die höchsten Werte. Einige Arten erzielten im Jahr 2009 trotz geringerer Schnitthäufigkeit (2 Schnitte) und um 37,5 kg ha⁻¹ geringerer Jahres-Stickstoffdüngermenge höhere Rohproteinерträge als im Jahr 2010. Diese Arten waren *A. elongatum* (alle Sorten), *A. intermedium*, *A. desertorum*, *A. trachycaulum*, *E. hoffmannii* und *E. junceus* – alle Gräser des Tribus *Triticeae* mit Ausnahme von *A. repens*. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann geschlossen werden, dass diese Gräser von häufigeren Schnittnutzungen und höherer N-Düngung nicht profitieren und teils mit verminderter Ausdauer und geringerer N-Verwertung reagieren.

Die N-Düngungserhöhung führte bei *A. elongatum* nur am Standort Groß Enzersdorf im Jahr

Tabelle 29: F-Statistik vom bereinigten Rohproteinерtrag

	Rohproteinерtrag bereinigt
Effekt	PR > F
Mehrschnittnutzung, Standardдüngung	
Art	<0,0001
Standort	<0,0001
Jahr	<0,0001
Art*Jahr	<0,0001
Art*Standort	<0,0001
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch	
Art	<0,0001
Дüngung	<0,0001
Standort	<0,0001
Jahr	<0,0001
Art*Дüngung	<0,0001
Standort*Дüngung	0,1044
Дüngung*Jahr	0,6674
Standort*Art	0,1300

Tabelle 30: Bereinigter Rohproteinерtrag in kg XP ha⁻¹ ausgewählter Gräserarten bei Mehrschnittnutzung sowie unterschiedlicher N-Дüngung

		Groß Enzersdorf		St. Leonhard/F.	
		2009	2010	2009	2010
		kg XP ha ⁻¹			
		n=6	n=9	n=6	n=9
Mehrschnittnutzung, Standardдüngung	<i>Agropyron elongatum</i> ¹	771 def	595 efg	1255 abcd	698 de
	<i>Agropyron elongatum</i> ²	851 cdef	641 efg	1191 bcd	694 de
	<i>Agropyron elongatum</i> ³	1091 a	693 ef	1231 abcd	735 de
	<i>Agropyron intermedium</i>	1086 a	611 efg	1175 bcd	842 d
	<i>Agropyron desertorum</i>	671 fg	555 fg	810 fg	388 f
	<i>Agropyron trachycaulum</i>	1050 ab	488 g	1306 abc	275 f
	<i>Agropyron repens</i>	576 gh	494 g	940 efg	1146 bc
	<i>Elymus hoffmannii</i>	895 bcde	480 g	805 fg	666 de
	<i>Elymus junceus</i>	742 defg	547 fg	778 g	304 f
	<i>Bromus inermis</i>	919 abcd	920 bc	1011 def	1317 ab
	<i>Bromus marginatus</i>	696 fg	718 de	1385 ab	565 e
	<i>Festuca arundinacea</i>	796 def	901 bc	1321 abc	1487 a
	<i>Dactylis glomerata</i>	471 h	748 de	1082 cde	1219 bc
	<i>Arrhenatherum elatius</i>	729 efg	844 cd	1026 def	1080 c
	<i>Agrostis gigantea</i>	977 abc	987 b	1445 a	1026 c
		n=6	n=9	n=6	n=9
Mehrschnittnutzung, N-Steigerungsversuch	<i>Agropyron elongatum</i> 0 kg N Aufwuchs ⁻¹	543 a	386 d	1216 d	685 d
	<i>Agropyron elongatum</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	695 a	588 cd	1703 b	535 d
	<i>Agropyron elongatum</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	671 a	709 c	2163 a	517 d
	<i>Dactylis glomerata</i> 0 kg N Aufwuchs ⁻¹	451 a	488 cd	907 e	988 c
	<i>Dactylis glomerata</i> 75 kg N Aufwuchs ⁻¹	862 a	1252 b	1532 c	2053 b
	<i>Dactylis glomerata</i> 150 kg N Aufwuchs ⁻¹	872 a	1976 a	2183 a	2786 a

¹ "Szarvasi I" ² "Anonym" ³ "Alkar"

2010 und am Standort St. Leonhard/F. im Jahr 2009 zur Erhöhung des Rohproteinertes. *D. glomerata* erreichte hingegen mit höheren N-Düngermengen auch höhere Rohproteinertes. Die Effizienz der Stickstoffdüngung von *A. elongatum* betrug 0,92 kg XP kg N-Düngung⁻¹ (zwischen 0 und 75 kg N pro Hektar und Aufwuchs) und 0,72 kg XP kg N-Düngung⁻¹ (zwischen 75 und 150 kg N pro Hektar und Aufwuchs). Die höchste Effizienz erreichte *D. glomerata* mit 3,82 kg XP kg N-Düngung⁻¹ (zwischen 0 und 75 kg N pro Hektar und Aufwuchs) und 2,83 kg XP kg N-Düngung⁻¹ (zwischen 75 und 150 kg N pro Hektar und Aufwuchs).

4.5.6 Schwefelgehalt

Im Rinderfutter sollte der Schwefelgehalt 0,2 % in der Trockenmasse nicht unterschreiten (EGGER, 2014). Bei Mehrschnittnutzung wurde dieser Wert von allen Gräserarten bzw. Sorten erreicht.

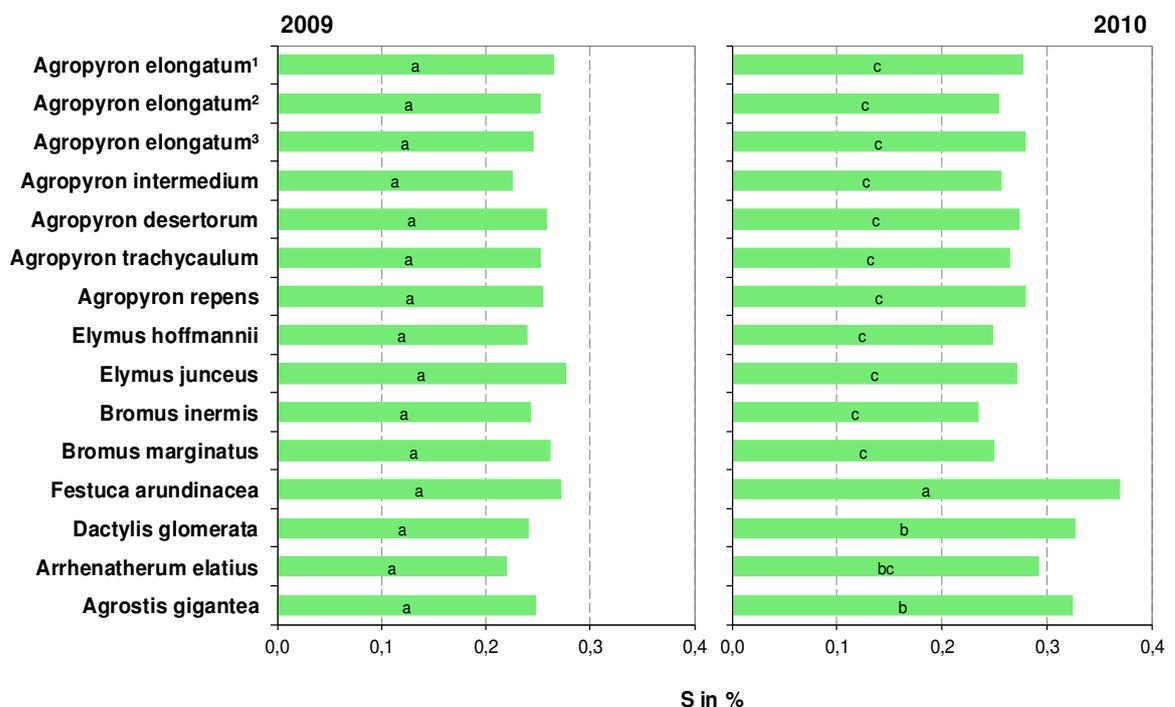


Abbildung 41: Schwefelgehalt in % TS ausgewählter Gräserarten bei Mehrschnittnutzung in den Jahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)

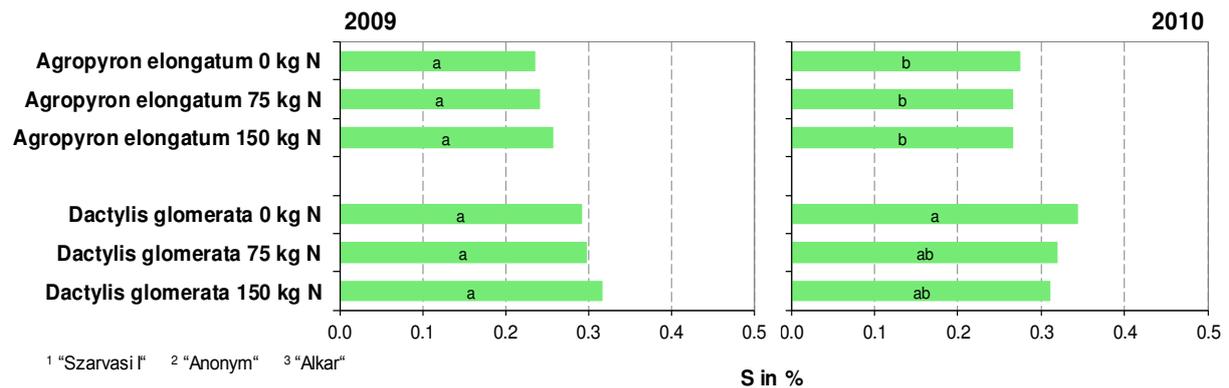


Abbildung 42: Schwefelgehalt in % TS ausgewählter Gräserarten bei unterschiedlicher N-Düngung und Mehrschnittnutzung in den Versuchsjahren 2009 (n=4) und 2010 (n=6)

4.5.7 Einsatzmöglichkeiten der angeführten Gräser in der Fütterung

Tabelle 31 zeigt die Futterqualitäten der Gräserarten im Vergleich. Die Mehrschnitt-Versuche wurden mit zwei- bis drei Schnitten pro Jahr und 37,5 kg N-Düngung pro Hektar und Aufwuchs unter extensiven Bedingungen durchgeführt. Die Nährstoffgehalte des Erntegutes können in Abhängigkeit von der Gräserart für die Versorgung von extensiv gehaltenen Tieren wie Freizeitpferden, Mutterkühen oder trockenstehenden Kühen ausreichen. Für die Fütterung von Hochleistungstieren ist ein gehaltvolleres, mit höherer Intensität erzeugtes Futter erforderlich. Obwohl in den vorliegenden Mehrschnitt-Versuchen alle Versuchsgräser gleich häufig geerntet wurden (zweimal im Jahr 2009, dreimal im Jahr 2010), lassen die vorliegenden Ergebnisse Rückschlüsse auf eine mögliche Intensivierbarkeit (Erhöhung der Düngung und/oder der Nutzungshäufigkeit) zu (Tabelle 31). Bei Gräserarten bzw. Sorten mit verhaltenem Nachtrieb, hoher Lageranfälligkeit und unterdurchschnittlichem Ertragspotenzial ist eine Erhöhung der Intensität nicht empfehlenswert. Die Folgerungen sind durch weitere Versuche zu prüfen. Es wird davon ausgegangen, dass sich mit steigendem N-Düngungsangebot die Proteingehalte und bei Erhöhung der Schnitzzahl sowohl die Protein- wie auch die Energiegehalte optimieren.

A. elongatum wies bezüglich Energiegehalt und Verdaulichkeit eine „mittlere bis gute Qualität“, beim Rohproteingehalt eine „geringe bis mindere Qualität“ auf. Der Futterwert reicht für die Versorgung von Pferden mit leichter bis mittlerer Arbeitsbelastung und trockenstehenden Milchkühen. Der geringe Energiegehalt der Sorte „Szarvasi I“ ist zu

berücksichtigen. Die Blätter und Stängel sind vor allem beim ersten Aufwuchs besonders rau, was zu einer negativen Beeinflussung der Schmackhaftigkeit und Futteraufnahme führt. Ob die Blattrauheit durch Konservierung reduziert werden kann - ähnlich wie bei Rohrschwengel (PERATONER et al., 2012), ist nicht bekannt. Eine Intensivierung wird auf den angeführten Standorten nicht empfohlen, da sowohl steigende Schnitthäufigkeiten (mehr als ein bis zwei Schnitte pro Jahr) als auch eine höhere N-Düngung (über 37,5 kg N ha Aufwuchs⁻¹) zur Schwächung von *A. elongatum* und zur Zunahme von Ruderalpflanzen führten.

A. intermedium ergab eine ähnliche Futterqualität wie *A. elongatum*, aber mit geringfügig höheren Energie- und Rohproteingehalten. Die Blätter und Stängel sind rauher als bei den üblichen heimischen Futtergräsern, aber weicher als bei *A. elongatum*. Die Energie- und Rohproteingehalte reichen für die Versorgung von Pferden mit leichter bis mittlerer Arbeitsbelastung und von trockenstehenden Milchkühen. Der Energiegehalt wäre zudem für Mutterkühe von der Mitte bis zum Ende der Säugeperiode ausreichend. Eine Erhöhung der Intensität erscheint aufgrund des langsamen Nachtriebes und der Lageranfälligkeit nicht sinnvoll.

A. desertorum reicht im Rohproteingehalt für die Fütterung von Pferden (mit leichter bis mittlerer Arbeitsbelastung), Mutterkühen (Mitte bis Ende Säugeperiode) und trockenstehenden Milchkühen. Für eine ausreichende energetische Versorgung ist eine Ergänzung mit Kraftfutter erforderlich. *A. desertorum* liefert Futter von „mittlerer bis guter Qualität“. Aufgrund der mäßigen Ertragsfähigkeit wird eine intensive Kulturführung bei dieser Gräserart nicht empfohlen.

A. trachycaulum produzierte Futter von „mittlerer bis guter Qualität“. Aufgrund der geringen Schnittverträglichkeit soll bei Reinsaaten eine intensive Nutzung unterbleiben. Bei einer Verwendung als Deckfrucht in Saatgutmischungen ist die Bestandesführung auf die erfolgreiche Etablierung der ausdauernden Mischungspartner auszulegen (vorsichtige N-Düngung, eventl. Reinigungsschnitt).

A. repens ist ein gefürchtetes Ackerungras und wird daher im Wirtschaftsgrünland nicht ausgesät. In unterschiedlich hohen Anteilen kommt diese Gräserart auf Grünlandschlägen vor und wird durch Trockenheit, Überschwemmung, intensive Gülledüngung sowie ausdauerndes Brachliegen gefördert (DIETL und JORQUERA, 2004). In den Laboranalysen wies das Erntegut von *A. repens* „mittlere bis gute Futterqualität“ auf (mit unterdurchschnittlicher Verdaulichkeit) und konnte in den angeführten Qualitätskriterien mit bedeutenden

Futtergräsern wie *D. glomerata* oder *A. elatius* mithalten. *A. repens* wird aber nach DIETL und JORQUERA (2004) von Weidetieren nicht gerne gefressen. Bei Lager weist das Futter einen muffigen Geruch auf.

E. hoffmannii liefert Futter von vergleichbarem Futterwert wie *A. repens*. Auch die Blatt- und Halmstruktur ist ähnlich wie bei *A. repens*, muffiger Geruch wurde aber nicht festgestellt. Auf den Standorten des vorliegenden Versuches war dieses Gras wenig ausdauernd und wies nur eine mäßig hohe Ertragsfähigkeit auf. Laut Angaben des Saatguthandels (MILLER SEED, 2014; PAWNEE BUTTES SEED INC., 2013) wächst die Art gut auf salzhaltigen Böden, vergleichbar mit *A. elongatum*. Auf Standorten mit Salzböden könnte der Anbau von *E. hoffmannii* das vorhandene Pflanzenartenspektrum ausweiten und die Futterqualität verbessern.

E. junceus produzierte drahtig-blattreiche Aufwüchse mit „geringer bis minderer Qualität“ bei den Futterqualitätskriterien Energiegehalt und Verdaulichkeit sowie „mittlerer bis guter Qualität“ beim Rohproteingehalt. Auffällig war der überdurchschnittlich hohe Rohproteingehalt bei gleichzeitig unterdurchschnittlichem Energiegehalt. Aufgrund der selbst bei früher Nutzung relativ groben Blattstruktur sowie des nur mäßigen Ertragspotenzials erscheint eine Intensivierung der Kulturführung nicht sinnvoll.

B. inermis ergab eine „mittlere bis gute Futterqualität“. Die Inhaltsstoffe reichen für die Versorgung von Pferden mit leichter bis mittlerer Arbeitsbelastung sowie trockenstehenden Milchkühen. *B. inermis* hat etwas gröbere Stängel als die üblichen Futtergräser. Eine stärkere Erhöhung der N-Düngung ist bei geringer Schnitthäufigkeit aufgrund der Lagergefahr nicht möglich. Eine positive Auswirkung einer Erhöhung der N-Düngung und der Schnitthäufigkeit auf den Pflanzenbestand und die Futterqualität sind aus den vorliegenden Ergebnissen nicht zu erwarten.

B. marginatus ergab eine ähnliche Futterqualität wie *B. inermis*, auch die Verwendungsmöglichkeiten sind vergleichbar. *B. marginatus* schießt relativ früh und produziert bei geringer Schnitthäufigkeit zu jedem Aufwuchs halmreiches Futter. Durch häufigere Nutzung kann dem relativ frühen Verholzen des Aufwuchses vorgebeugt werden. Es besteht die Gefahr, dass sich damit die unterdurchschnittliche Ausdauer von *B. marginatus* nochmals weiter verschlechtert.

F. arundinacea ergab eine „mittlere bis gute Qualität“ beim Energiegehalt und der Verdaulichkeit sowie eine „geringe bis mindere Qualität“ beim Rohproteingehalt. Der unterdurchschnittliche Rohproteingehalt könnte durch eine gemeinsame Verfütterung mit

Futterleguminosen ausgeglichen werden. Der Blattanteil im Futter war hoch, besonders nach dem ersten Aufwuchs wurden beinahe keine Halme mehr gebildet. Die in den Versuchen verwendete Sorte „Belfine“ ist eine weichblättrige Sorte. Wie PERATONER et al. (2012) nachwiesen, hat die Blattrauheit keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit bzw. den Energiegehalt, die Rauheit konnte durch Konservierung (Trocknung oder Silierung) reduziert werden. Bei Beweidung oder Grünfütterung werden raublättrige Sorten sowie in der Natur vorkommende (raue) Ökotypen von Tieren nicht gerne gefressen. Eine Intensivierung ist durch Erhöhung der N-Düngung möglich. Zunehmende Rohproteingehalte und höhere TM-Erträge sind zu erwarten. Nach LECLECH et al. (2012) werden von *F. arundinacea* Düngemengen von 160 kg N (ha*Jahr)⁻¹ gut verwertet, sofern keine große Wasserknappheit herrscht. Die Ergebnisse von GRÖBLINGHOFF et al. (2009) zeigen, dass eine Erhöhung der Schnitthäufigkeit auf über drei Schnitte pro Jahr zur Abnahme der TM-Erträge führt. Die Versuchsergebnisse weisen darauf hin, dass der Ertragsrückgang bei Erhöhung der Nutzungsintensität größer ist als bei *D. glomerata*, wodurch der Ertragsvorsprung von *F. arundinacea* gegenüber *D. glomerata* verloren geht.

D. glomerata bildete ähnlich wie *F. arundinacea* nach der Ernte des ersten Aufwuchses besonders blattreiches Futter, aber von weicherer Blattstruktur. Beide Gräserarten hatten einen gleich hohen Rohproteingehalt. Bei der Verdaulichkeit und beim Energiegehalt war das Erntegut von *D. glomerata* unter den extensiven Versuchsbedingungen mit „geringer bis minderer Qualität“ minderwertiger. GRAISS et al. (2011) erzielten andere Ergebnisse, die Autoren wiesen für *D. glomerata* eine höhere Verdaulichkeit als für *F. arundinacea* nach. Die Ursache dieser widersprüchlichen Ergebnisse waren andere Sorten von *F. arundinacea* und eine häufigere Schnitzzahl bei GRAISS et al. (2001). Der Rohproteingehalt im Erntegut reicht für die Versorgung von Pferden mit leichter bis mittlerer Arbeitsbelastung. Eine Erhöhung des XP- und Energiegehaltes durch häufigere Nutzung sowie eine XP-Erhöhung durch Erhöhung der N-Düngung ist möglich. Bei über drei Schnitten pro Jahr kommt es aber zum Rückgang des Jahresertrages (GRÖBLINGHOFF et al., 2009). Auch höhere N-Gaben wurden gut verwertet und erhöhten sowohl den TM-Ertrag als auch den Rohproteingehalt.

A. elatius ergab im Energiegehalt eine „mittlere bis gute Qualität“ und bei der Verdaulichkeit sowie den Rohproteingehalten „geringe bis mindere Qualität“. Mit einer bedarfsgerechten Ergänzung durch protein- und energiereiches Kraftfutter ist die Versorgung von Mutterkühen, Freizeitpferden oder trockenstehenden Milchkühen möglich. Bei mehr als drei

Nutzungen pro Jahr kommt es zum Rückgang des Ertrages (GRÖBLINGHOFF et al., 2009) und aufgrund der Nutzungsempfindlichkeit (BUCHGRABER und GINDL, 2004) zu einer verminderten Ausdauer. Eine überhöhte N-Düngung führt zu Lager.

A. gigantea lieferte bezüglich Energie, Verdaulichkeit und Rohprotein Futter von „mittlerer bis guter Qualität“. Eine Erhöhung der Nutzungshäufigkeit auf über zwei bis drei Schnitte pro Jahr führt zur Verminderung des TM-Ertrages. Düngemengen von 150 kg N ha Jahr⁻¹ führten zu Lager (SCHRABAUER, 2010) und muffig riechendem Futter. Eine extensive Bestandesführung und Nutzung ist trotz Qualitätsverminderung des Erntegutes zu bevorzugen.

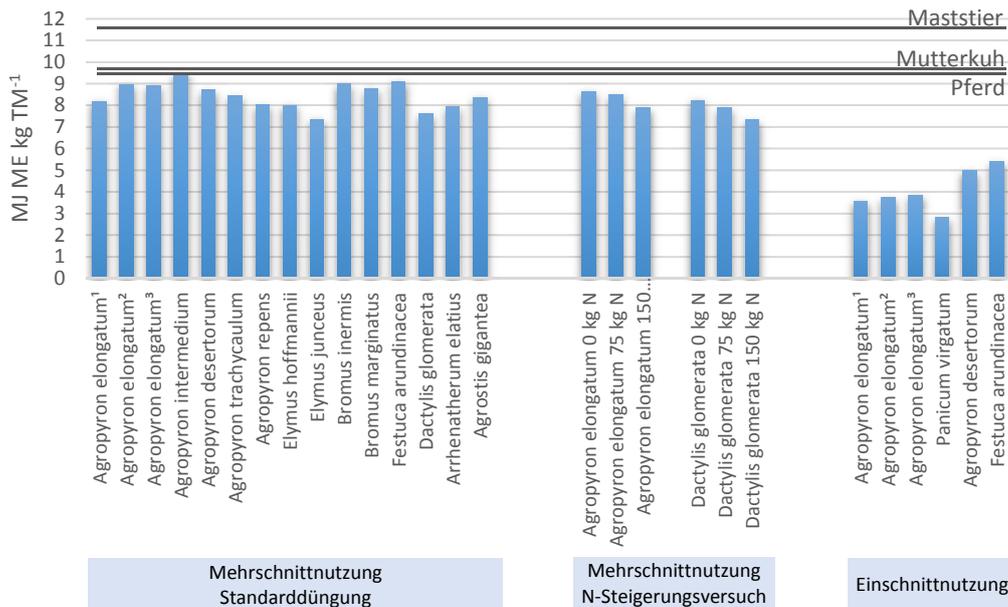
Tabelle 31: Energiegehalt (NEL), Verdaulichkeit und Rohproteingehalt ausgewählter Gräserarten bzw. Sorten bei Zwei- bis Dreischnittnutzung und erwartetes Potenzial für eine Futterqualitätssteigerung durch Intensivierung

	Energiegehalt (NEL)	Verdaulichkeit	Rohprotein	Futterqualitätssteigerung durch Intensivierung möglich ⁴
<i>Agropyron elongatum</i> ¹	o (-)	o (-)	- (o)	nein (mehr als 2 Nutzungen pro Jahr reduzieren Ausdauer)
<i>Agropyron elongatum</i> ²	o	o	-	
<i>Agropyron elongatum</i> ³	o	o	-	
<i>Agropyron intermedium</i>	o (+)	o	o (-)	
<i>Agropyron desertorum</i>	o	o	o	geringfügig (Ertragspotenzial gering)
<i>Agropyron trachycaulum</i>	o	o (-)	o	geringfügig (Verwendung bevorzugt als Deckfruchtersatz)
<i>Agropyron repens</i>	o (-)	- (o)	o	geringfügig (nicht anbauwürdig da invasiv)
<i>Elymus hoffmannii</i>	o (-)	- (o)	o	geringfügig (Ertragspotenzial gering)
<i>Elymus junceus</i>	-	-	o	nein (Ertragspotenzial gering)
<i>Bromus inermis</i>	o	o	o	nicht abschätzbar
<i>Bromus marginatus</i>	o	o	o	geringfügig (Ausdauer eventuell mäßig)
<i>Festuca arundinacea</i>	o (+)	o	-	ja
<i>Dactylis glomerata</i>	-	-	-	ja
<i>Arrhenatherum elatius</i>	o (-)	- (o)	-	geringfügig
<i>Agrostis gigantea</i>	o	o (-)	o (-)	geringfügig

¹ "Szarvasi" ² "Anonym" ³ "Alkar"

⁴ vorläufige Einschätzungen, zur endgültigen Beurteilung sind weitere Versuche erforderlich

- = geringe bis mindere Qualität o = mittlere bis gute Qualität + = sehr gute Qualität

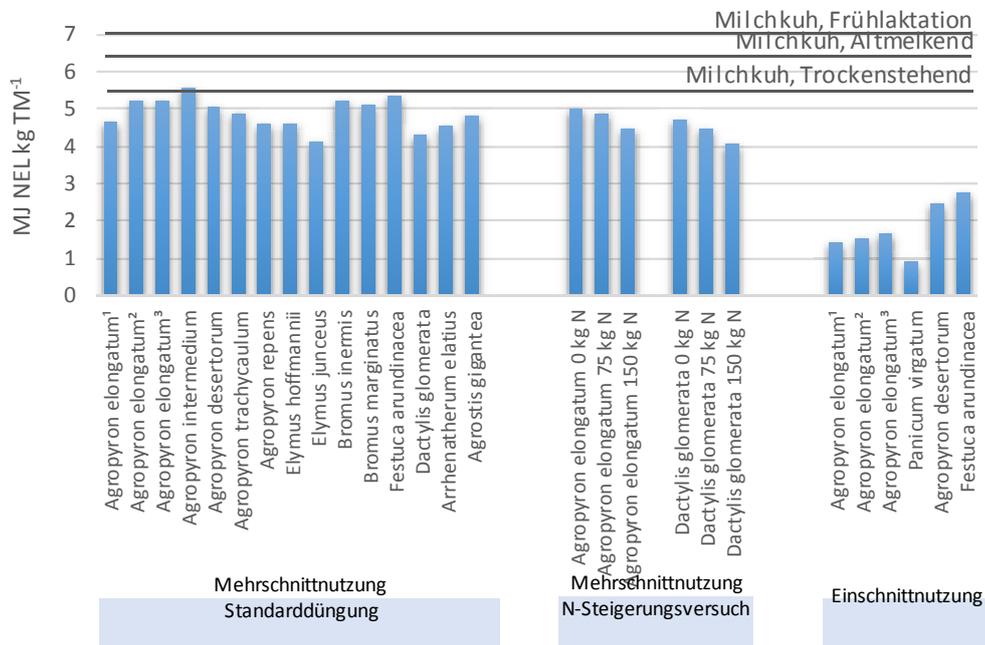


Annahmen:

Maststier: 11,5 MJ ME, 400 kg LG, 1350 g Tageszunahmen (LFL, 2013a)

Mutterkuh: 9,6 MJ ME, Mitte bis Ende Säugeperiode (BRÄNDLE et al., 2009)

Abbildung 43: Energiegehalte (MJ ME) von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf ausgewählter Tierarten



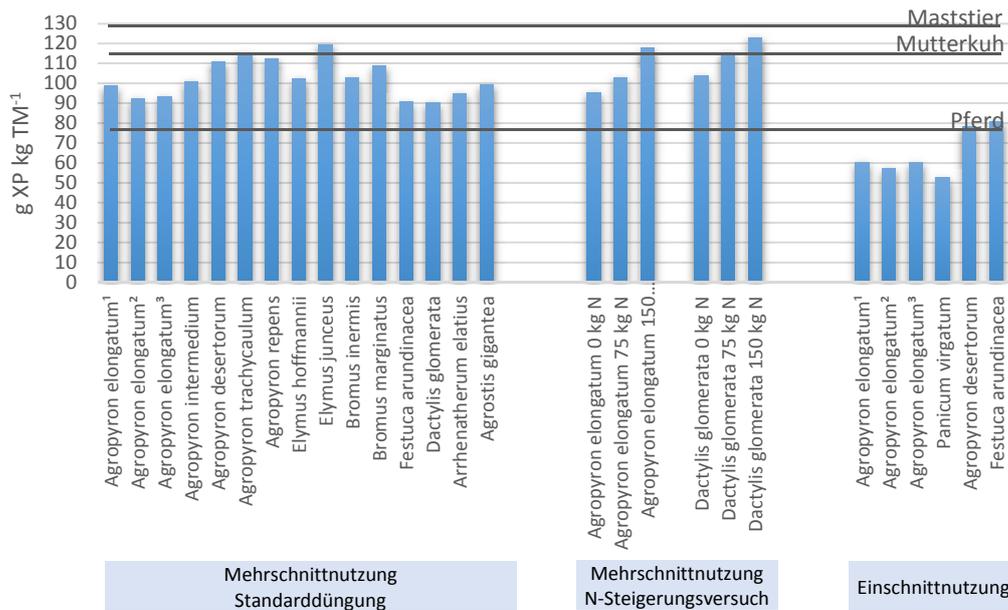
Annahmen (LFL, 2013b):

Milchkuh, Frühlaktation: 7,1 MJ NEL kg TM⁻¹

Milchkuh, Altmelkend: 6,5 MJ NEL kg TM⁻¹

Milchkuh, Trockenstehend: 5,6 MJ NEL kg TM⁻¹

Abbildung 44: Energiegehalte (MJ NEL) von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf bei Milchkuhen in unterschiedlichen Laktationsphasen



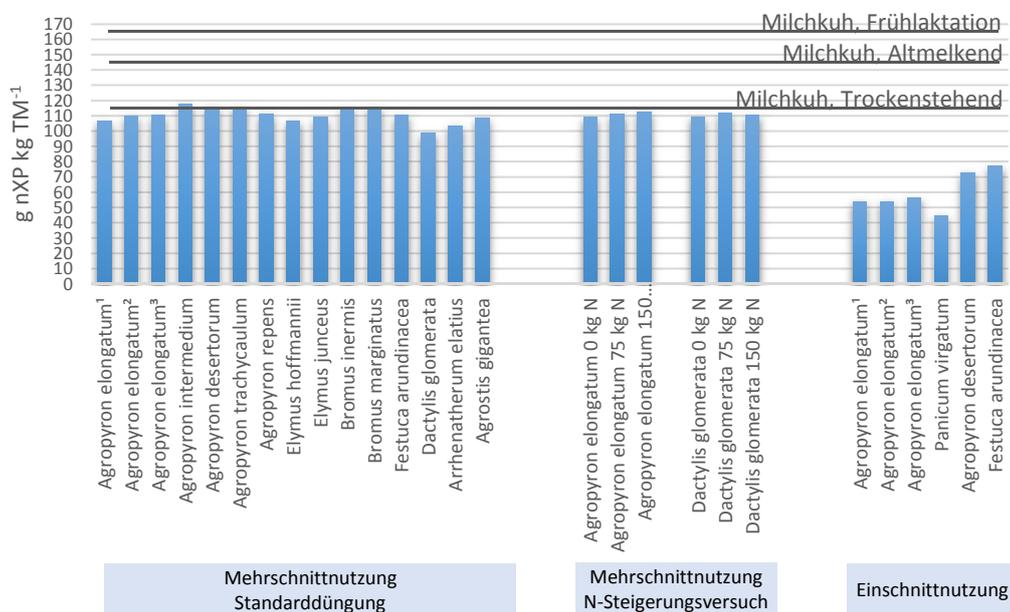
Annahmen:

Maststier: 128 g XP kg TM⁻¹, 400 kg LG, 1350 g Tageszunahmen (LFL, 2013a)

Mutterkuh: 115 g XP kg TM⁻¹, Mitte bis Ende Säugeperiode (BRÄNDLE et al., 2009)

Pferd: 78 g kg TM⁻¹, 600 kg LG, Arbeitsbeanspruchung leicht/mittel (AGRO-KESSLER.CH, 2014)

Abbildung 45: Rohproteingehalte in g XP kg TM⁻¹ von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf ausgewählter Tierarten im Überblick



Annahmen (LFL, 2013b):

Milchkuh, Frühlaktation: 165 g nXP kg TM⁻¹

Milchkuh, Altmelkend: 145 g nXP kg TM⁻¹

Milchkuh, Trockenstehend: 118 g nXP kg TM⁻¹

Abbildung 46: nXP-Gehalte in g kg TM⁻¹ von ausgewählten Gräserarten bzw. Sorten und Bedarf bei Milchkuhen in unterschiedlichen Laktationsphasen

5 CONCLUSIO UND AUSBLICK

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Gräserarten gefunden, welche nach vorliegenden Ergebnissen das Potenzial haben, das derzeit in Mitteleuropa angebaute Pflanzenartenspektrum zu ergänzen.

Ausgewählte Gräserarten erweisen sich als vorteilhaft für die Produktion von Biogassubstrat (*F. arundinacea* und *A. elongatum*), Brennstoff (*P. virgatum*) und strukturreichem Futter (*F. arundinacea*). *A. trachycaulum* eignet sich speziell auch für die Verwendung als Deckfrucht bei einer gemeinsamen Saat mit langsamwüchsigen Pflanzenarten. *F. arundinacea*, *A. elongatum*, *A. trachycaulum* und *P. virgatum* sind trockentolerant und können daher auch in Regionen angebaut werden, welche aufgrund des fortschreitenden Klimawandels künftig häufig von Trockenperioden betroffen sein werden.

Ein möglicher Ansatz zur Verwendung in Biogasfruchtfolgen ist die Etablierung spezieller Gräserarten als Maisuntersaat. Die Kosten für die Etablierung von Gräsern werden dadurch reduziert (Einsparung von Bodenbearbeitungsgängen, geringere Saatstärke, kein Ertragsausfall durch Etablierungszeit). Durch das Vorhandensein einer frostharten Winterbegrünung nach der Maisernte sind zudem positive Effekte auf die Umwelt zu erwarten. Hierzu wurde auf einer 2,35 ha großen Fläche in direkter Umgebung des Versuchsfeldes in St. Leonhard/F. ein vielversprechender Vorversuch angelegt (Abbildungen 47 und 48). *A. elongatum* und *F. arundinacea* wurden gleichzeitig mit Mais zur standortüblichen Maissaatzeit gesät. Während sich *A. elongatum* unter Mais nicht ausreichend etablierte und wieder umgebrochen werden musste, konnte *F. arundinacea* ausreichend dichte Pflanzenbestände entwickeln, welche im Folgejahr Hektarerträge von 13100 kg TM lieferten. Eine Saatstärke von 12 kg pro Hektar war bei *F. arundinacea* ausreichend und verursachte keine sichtbare Konkurrenz zu Mais. Eine Saatmenge von 40 kg pro Hektar führte hingegen zu einem merkbaren Ertragsrückgang bei Mais. Für die Schadhirse- und Unkrautbekämpfung wurden die Wirkstoffe Dicamba und Topramezone erfolgreich eingesetzt.

Es gilt Strategien zu entwickeln, um die positiven Effekte dieser Gräserarten – wie Schutz vor Nitratauswaschung und Erosion, Humusaufbau oder phytosanitäre Wirkung – optimal in der

Praxis nutzen zu können. Hierfür sind weiterführende Untersuchungen zum Einsatz in Saatgutmischungen und zur Integration in bestehende Fruchtfolgen notwendig.

Für Folgeprojekte wird zudem vorgeschlagen, das Verhalten der aussichtsreichsten Gräserarten auch unter künstlich hervorgerufener Trockenheit und beim Anbau in Höhenlagen zu untersuchen.

Die bereits veröffentlichten Zwischenergebnisse wurden mehrfach bei der Planung neuer Versuche berücksichtigt, etwa an der Universität Hohenheim (GEISSENDÖRFER und BUSCH, 2013) oder am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Eifel (THIELEN, 2013). Die vorliegende Arbeit lieferte einen wesentlichen Beitrag für die Ausdehnung der Anbaufläche des Energiegrases *A. elongatum* für die Produktion von Biogassubstrat auf derzeit etwa 5000 Hektar in Deutschland (HEINZ, 2014, zitiert nach SHAW, 2014).

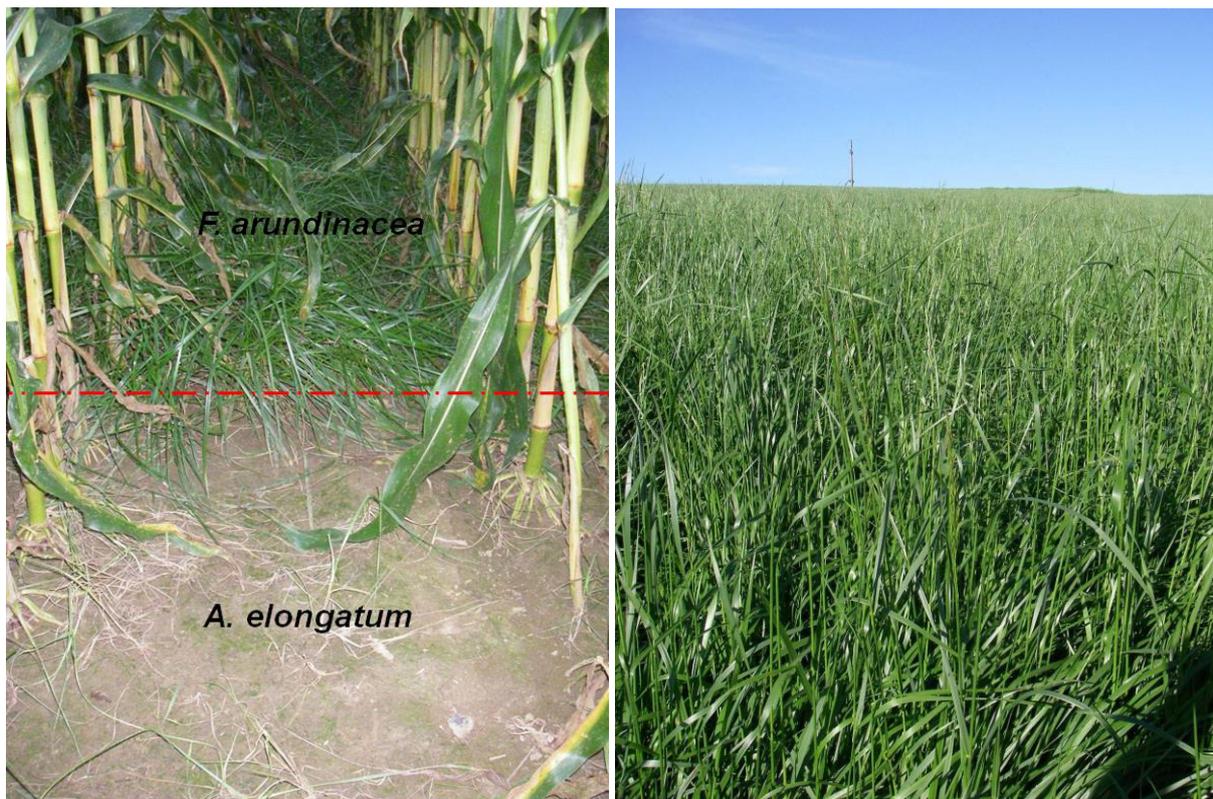


Abbildung 47: Etablierung als Maisuntersaat in einem Vorversuch führte nur bei *F. arundinacea* zum Erfolg (links), durch Maisuntersaat etablierter *F. arundinacea*-Bestand im Jahr nach der Saat, aufgenommen am Standort St. Leonhard/F.



Abbildung 48: Etablierung von *F. arundinacea* als Maisuntersaat in einem Vorversuch zu den Terminen Juni (links) und August (rechts), aufgenommen am Standort St. Leonhard/F.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- ADLER, P. R., M. A. SANDERSON, A. BOATENG, P. J. WEIMER und H.-J. G. JUNG (2006): Biomass yield and biofuel quality of switchgrass harvested in fall or spring. *Agronomy Journal*, **98/6**, 1518-1525.
- AGRO-KESSLER.CH (2014): Cavallino 810 Pferde-Alleinfutter. Im Internet abgerufen unter: <www.agro-kessler.ch> am 15. Juli 2014.
- ALLARD, G., C. J. NELSON und S. G. PALLARDY (1991): Shade effects on growth of tall fescue: I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. *Crop Science*, **31**, 163–167.
- AMUNDSON, R. (2001): The carbon budget in soils. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **29**, 535–562.
- ANDERSON, B. (2004): Switchgrass Pastures Can Be Deadly Feed For Horses. Im Internet abgerufen unter <http://www.yankton.net/neighbors/article_ee2b5e93-be2d-5809-b054-c4be7872d640.html> am 16. Juli 2014.
- ARGE KOMPOST UND BIOGAS ÖSTERREICH (2013): Schriftliche Mitteilung, zitiert nach STÜRMER et al. (2014)
- ASHOUR, T., H. WIELAND, H. GEORG, F.-J. BOCKISCH und W. WU (2010): The influence of natural reinforcement fibres on insulation values of earth plaster for straw bale buildings. *Materials and Design*, **31**, 4676-4685.
- BENKE, M. (2006): Erste Ergebnisse zum Anbau von Ackerfuttergräsern zur Biogaserzeugung. Workshop Futterpflanzen - Perspektiven für die energetische Nutzung, 9. März 2006, Freising-Weihenstephan, im Internet abgerufen unter <http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/workshop_futterpflanzen_benke_lwk_nieders.pdf> am 15. Februar 2015.
- BEU, J. (2008): Emissionsminderungskonzepte für eine stationäre Wirbelschichtfeuerung kleiner Leistung. Dissertation, Fakultät Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock, Rostock.
- BFL (2002): Methoden für Saatgut und Sorten. Richtlinien für die Sortenprüfung. Sorten- und Saatgutblatt. Schriftenreihe 59/2002. Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2006): Richtlinien für die Sachgerechte Düngung – Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage.
- BMLFUW (2013): Grüner Bericht 2013 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

- BMLFUW (2014a): Grüner Bericht 2014 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2014b): Sonderrichtlinie LE.2.1.14/05-III/9/2014 des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) zur Abfederung der Zusatzaufwendungen für Ersatzfuttermittel in von der Dürre 2013 besonders betroffenen Betrieben mit Futterflächen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BODDEY, R. M. und J. DOBEREINER (1995): Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. *Fertilizer research Journal*, **42/1**, 241-250.
- BOHNER, A., C. HUEMER, J. SCHAUMBERGER und P. LIEBHARD (o. J.): Phosphor in landwirtschaftlich genutzten Böden in einem Teileinzugsgebiet der Antiesen im oberösterreichischen Innviertel. HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN (Hrsg.): Das INTERREG IV A-Projekt "Gewässer-Zukunft" 2009 – 2013, 45-57.
- BRÄNDLE, S., G. HECKENBERGER, J. MARTIN, A. MEYER, H. SCHOLZ und S. STEINBERGER (2009): Empfehlungen zur Fütterung von Mutterkühen und deren Nachzucht. DLG e.V., Frankfurt am Main.
- BREDE, D. (2000): Turfgrass maintenance reduction handbook: sports, lawns, and golf: research-proven strategies for maintaining your lawn, park, sports field, or golf course with less water, fertilizer, mowing, pesticide, and water effort. Sleeping Bear Press, Chelsea MI.
- BUCHGRABER, K. (2004): Energetisch und stofflich nutzbare Biomasse aus dem österreichischen Grünland. BUNDESANSTALT FÜR ALPENLÄNDISCHE LANDWIRTSCHAFT GUMPENSTEIN (Hrsg.): Alternative Biomassennutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft. 10. Alpenländischen Expertenforum Biogasproduktion, 18. - 19. März 2004, 15-19.
- BUCHGRABER K. (2008): Grünlandbewirtschaftung und Futterqualität im Alpenraum. LEHR- UND FORSCHUNGSZENTRUM FÜR LANDWIRTSCHAFT RAUMBERG-GUMPENSTEIN (Hrsg.): Fortbildung für Tierärzte, 05. - 07. Juni 2008, 5-7
- BUCHGRABER, K. (2009): Protein aus Feldfutter. *Der Fortschrittliche Landwirt*, **8/2009**, 24-25.
- BUCHGRABER, K. (2010): Eine Frage des Zeitpunktes. *Pferd plus*, **6/2010**, 48-49.
- BUCHGRABER, K., A. DEUTSCH und G GINDL (1994): Pflanzenbau 2 – Acker – Grünland. II. Teil Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung, Leopold Stocker Verlag, Graz.
- BUCHGRABER, K. und S. M. GERL (2000): Grünlandmischungen mit den richtigen Sorten. *Der fortschrittliche Landwirt: Saatgutmischungen für Grünland*, **11/2000**.
- BUCHGRABER, K. und G. GINDL (2004): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung – 2. Auflage. Leopold Stocker Verlag, Graz.

- BUCHGRABER, K. und A. SCHAUMBERGER (2006): Grünlandbewirtschaftung in Österreich. Ländlicher Raum - Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Jahrgang 2006, im Internet abgerufen unter http://www.bmlfuw.gv.at/land/laendl_entwicklung/Online-Fachzeitschrift-Laendlicher-Raum.html am 09. Februar 2015.
- BUCHGRABER, K., R. RESCH und A. SCHAUMBERGER (2004): Auswirkungen der Trockenschäden für Grünland und Viehwirtschaft. Der Alm- und Bergbauer, **4/04**, 3-6.
- BUCHGRABER, K., L. GRUBER, A. PÖLLINGER, E. M. PÖTSCH, R. RESCH, W. STARZ und A. STEINWIDDER (2008): Futterqualität – darauf kommt es an. Der Fortschrittliche Landwirt: Futterqualität aus dem Grünland ist wieder mehr wert. Info **5/2008**, 2-3.
- BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2014): Grüner Bericht 2011. Im Internet abgerufen unter http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=gruenerbericht2013&no_cache=1 am 5. Juli 2014.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1972): Österreichische Bodenkartierung – Erläuterungen zur Bodenkarte 1 : 25 000 – Kartierungsbereich Grossenzersdorf – Niederösterreich. Selbstverlag, Wien.
- BURNER, D. M. (2003): Influence of alley crop environment on orchardgrass and tall fescue herbage. Crop Science, **95**, 1163–1171.
- CASLER, M. D. und A. R. BOE (2003): Cultivar x environment interactions in switchgrass. Crop Science, **43**, 2226-2233.
- DE LA TORRE UGARTE, D. G., M. E. WALSH, H. SHAPOURI und S. P. SLINSKY (2000): The Economic Impacts of Bioenergy Crop Production on U.S. Agriculture. U.S. Department of Agriculture, Washington Dc.
- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (1997): DLG – Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt.
- DIEPOLDER, M. und S. RASCHBACHER (2011): Erträge, Futterqualität und Nährstoffgehalte des Sickerwassers bei unterschiedlicher Grünlanddüngung. Im Internet abgerufen unter http://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/20049/linkurl_0_20.pdf am 31. März 2015.
- DIETL, W. und J. LEHMANN (2004): Ökologischer Wiesenbau – Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.
- DIETL, W. und M. JORQUERA (2004): Wiesen- und Alpenpflanzen – Erkennen an den Blättern freuen an den Blüten, 2. Auflage 2004. AV Buch, FAL Reckenholz, Leopoldsdorf - Zürich.
- DIGMAN, M. F., K. J. SHINNERS, M. D. CASLER, B. S. DIEN, R. D. HATFIELD, H. - J. G. JUNG, R. E. MUCK und P. J. WEIMER (2010): Optimizing on-farm pretreatment of perennial grasses for fuel ethanol production. Bioresource Technology, **101**, 5305-5314.
- DUBOIS, A., W. RICHNER und D. DUBOIS (2014): Stickstoff-Effizienz: Output-Input-Verhältnis im Schweizer Ackerbau. Im Internet abgerufen unter <http://www.pag-ch.ch/fileadmin/>

- [Fichiers PAG/pdf/JA 2012/Conferences/Infomarkt ProfiCrops N.pdf](#)> am 9. Dezember 2014.
- ECKNER, J., C. STRAUß, A. NEHRING und A. VETTER (2014): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II) – Abschlussbericht zum Teilprojekt 1. Im Internet abgerufen unter <http://www.eva-verbund.de/uploads/media/AbschB_TP1_EVAII.pdf> am 18. Februar 2015.
- EDER, B. (2009): Pflanzenbauliche Untersuchungen zum Einfluss von Genotyp und Anbauverfahren auf die Ertragsbildung und das Methanbildungspotenzial von Mais (*Zea mays* L.). Dissertation, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München, Weihenstephan.
- EDER, G. (2001): Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumauswaschung bei Wirtschaftsdüngeranwendung im Grün- und Ackerland. BUNDESANSTALT FÜR ALPENLÄNDISCHE LANDWIRTSCHAFT GUMPENSTEIN (Hrsg.): 9. Gumpensteiner Lysimetertagung, 24. und 25. April 2001, Gumpenstein, 61-66.
- EGGER, H. (2014): Schwefeldüngung im Grünland sinnvoll? Im Internet abgerufen unter: <<http://www.lko.at/?+Schwefelduengung-im-Gruenland-sinnvoll-Landwirtschaftskammer-Bodenschutz-Duengung+&id=2500,2190054,1298013,,bW9kZT1uZXh0JnBhZ2luZz15ZXNfXzA>> am 9. Juli 2014.
- EITZINGER, J. (2007): Einfluss des Klimawandels auf die Produktionsrisiken in der österreichischen Landwirtschaft und mögliche Anpassungsstrategien. Ländlicher Raum - Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Jahrgang 2007, im Internet abgerufen unter <http://www.bmlfuv.gv.at/land/laendl_entwicklung/Online-Fachzeitschrift-Laendlicher-Raum.html> am 09. Februar 2015.
- EITZINGER, J., H. KROMP-KOLB, H. FORMAYER, M. TRNKA, E. KLAGHOFER, E. STENITZER, E. MURER, L. GASSNER, K. BUCHGRABER, A. SCHAUMBERGER und J. RESCH (2006): Ein Trockenschadenmodell für das österreichische Grünland. Ländlicher Raum - Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Jahrgang 2006, im Internet abgerufen unter <**Fehler! Hyperlink-Referenz ungültig.**> am 09. Februar 2015.
- EKL (2005): Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Statusbericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL). Schriftenreihe Umwelt Nr. 384, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft, Bern.
- ELBERSEN, H. W., D.G. CHRISTIAN, N. EL BASSAM, G. SAUERBECK, E. ALEXOPOULOU, N. SHARMA und I. PISCIONERI (2004): A Management guide for planting and production of switchgrass as a biomass crop in Europe. 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, Italy, 10-14 May 2004, 140-142.

- ELLENBERG, H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht. Einführung in die Phytologie, **4**, 2.
- ELSÄSSER, M. (2003): Möglichkeiten der Verwendung alternativer Verfahren zur Verwertung von Grünlandmärgut: Verbrennen, Vergären, Kompostieren. Berichte über Landwirtschaft: Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, **81**, 512-526.
- ELSÄSSER, M., J. MESSNER, U. KEYMER, R. ROßBERG und F. SETZER (2012): Biogas aus Gras – Wie Grünlandaufwüchse zur Energieerzeugung beitragen können. DLG-Merkblatt 386, DLG e. V., Frankfurt am Main.
- ENTENFELLNER, F. (2015): Mündliche Mitteilung vom 4. März 2015.
- EUROPEAN COMMISSION (2009): Klimawandel: Kommission unterstreicht die Bedeutung der Böden. Pressebericht IP/09/353, 5. März 2009.
- EUROSTAT (2010): Land use. Im Internet abgerufen unter <**Fehler! Hyperlink-Referenz ungültig.**> am 16. Juli 2010.
- FNR – FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (2000): Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Selbstverlag, Gülzow.
- FORMAYER, H., S. EITZING, H. NEFZGER, S. SIMIC und H. KROMP-KOLB (2001): Auswirkungen einer Klimaveränderung in Österreich: Was aus bisherigen Untersuchungen ableitbar ist. Universität für Bodenkultur, Wien.
- FRÜHWIRTH, P. und P. LIEBHARD (2006): Nährstoffrückführung durch Asche. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH, BUNDES-LFI (Hrsg.): Miscanthus sinensis `Giganteus` - Chinaschilf als nachwachsender Rohstoff. Wien, 43-44.
- GEISSENDÖRFER, H. (2012): Energiepflanzen – Gibt es einen Weg aus den Mais und Rapsmonokulturen? 7. Master Class Course Confernece „Renewable Energies“ - Erwartung, Entwicklung und Umsetzung - Wege in das neue Energiezeitalter, 3. - 7. Dezember 2012, Berlin, im Internet abgerufen unter <<http://www.hnee.de/de/Forschung/Projekte-aktuell/Erneuerbare-Energien/MCCC-Renewable-Energies/7.-Master-Class-Course-Conference-Renewable-Energies-Erwartung-Entwicklung-und-Umsetzung-Wege-in-das-neue-Energiezeitalter-E5849.htm>> am 17. Februar 2014.
- GEISSENDÖRFER, H. (2012): Riesenweizengras Szarvasi 1: Erste Ergebnisse aus Bayern. Fachgespräch Dauerkulturen und Exoten im Energiepflanzenanbau, Jena, 26. März 2012, im Internet abgerufen unter <http://www.biobeth.de/fileadmin/download/Vortraege/Fachgespraech_Exoten_26032012/04_Geissendoerfer_Riesenweizengras.pdf> am 2. April 2015.
- GEISSENDÖRFER, H. und N. BUSCH (2010): Dem Mais gewachsen? Triesdorfer Versuche mit weiteren Energiepflanzen. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, **49/2010**, 45-46.

- GEMEINNÜTZIGE FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2015): Verwendung des Energiegrases „Szarvasi I“. Im Internet abgerufen unter <http://www.energiafu.hu/energia_de.html> am 5. Februar 2015.
- GERSTL, M. (2008): Biogasbildungsvermögen von Grünlandbiomasse in Abhängigkeit vom Nährstoff- und Energiegehalt. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- GRAISS, W., B. KRAUTZER und E. M. PÖTSCH (2011): Suitability of alternative grass species for grassland management in Austria under changing climatic conditions. *Grassland Science in Europe*, **16**, 440-442.
- GRÖBLINGHOFF, F.-F., N. LÜTKE ENTRUP, K. BLOCK, C. BERENDONK, J. CLEMENS, S. WULF, K. SPOTH und C. RIEKER (2009): Chancen des Gräserinsatzes in Biogasanlagen. Seminar für Betreiber von Biogasanlagen, Wittlich, 17. Februar 2009. Im Internet abgerufen unter <[http://www.dlr.rlp.de/internet/global/themen.nsf/28fd0aad703279efc12570050048c399/964a034d271dc943c1257561004b8be0/\\$FILE/Graseinsatz_Biogas.pdf](http://www.dlr.rlp.de/internet/global/themen.nsf/28fd0aad703279efc12570050048c399/964a034d271dc943c1257561004b8be0/$FILE/Graseinsatz_Biogas.pdf)> am 12. August 2014.
- GUO, L. und R. GIFFORD (2002): Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, **8**, 345–360.
- HAAS W., U. WEISZ, M. BALAS, S. MCCALLUM, W. LEXER, K. PAZDERNIK, A. PRUTSCH, K. RADUNSKY, H. FORMAYER, H. KROMP-KOLB und I. SCHWARZL (2008): Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich: 1. Phase, 2008. Lebensministerium, Wien.
- HANELT, P. (2001): Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops 5. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- HARTMANN, H. (2007): Normung von Mischbrennstoffen für KFA und Handlungsbedarf. Fachgespräch „Mischpellets- und Alternativbrennstoffe für KFA- Potentiale und Handlungsbedarf“, Fachveranstaltung der FNR, Straubing, 1. März 2007.
- HEATON, E. A., F. G. DOHLEMAN und S. P. LONG (2008): Meeting US biofuel goals with less land: The potential of Miscanthus. *Global Change Biology*, **14**, 2000-2014.
- HERSENER, J.-L., F. DINKEL und T. NUSSBAUMER (1998): Programm Biomasse - Pflichtenheft Energiegrasfeuerungen. Bundesamt für Energie, Wiesendangen – Basel – Zürich.
- HECKATHORN, S. A. und E. H. DELUCA (1994): Drought-Induced Nitrogen Retranslocation in Perennial C-4 Grasses of Tallgrass Prairie. *Ecology* **75**, 1877-1886.
- HÜLSBERGEN, K.-J. (2011): C-Sequestrierung in landwirtschaftlich genutzten Böden. H&K aktuell, **01/2 2011**, 1-4.
- HUREK, T., L. L. HANDLEY, B. REINHOLD-HUREK und Y. PICHE (2002): *Azoarcus* grass endophytes contribute fixed nitrogen to the plant in an unculturable state. *Molecular Plant-Microbe Interactions Journal*, **15**, 233-242.
- INFODIENST LANDWIRTSCHAFT - ERNÄHRUNG - LÄNDLICHER RAUM (2014): Direktsaat - Ein Ackerbausystem für Baden-Württemberg - Veränderungen der Düngung bei Direktsaat.

- Im Internet abgerufen unter <<https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/Iratue/Direktsaat%20Duengung%20.pdf>> am 30. Dezember 2014.
- IPCC (2007): Climate Change: The Physical Science Basis. SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR, H.L. MILLER (Hrsg.): Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. ALDUNCE, P., T. DOWNING, S. JOUSSAUME, Z. KUNDZEWICZ, J. PALUTIKOF, J. SKEA, K. TANAKA, F. TANGANG, C. WENYING, Z. XIAO-YE (Hrsg.): Synthesis Report of the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- JENA, P. K., T. K. ADHYA und V. R. RAO (1990): Effect of pesticide-fertilizer N combination on nitrogen fixation and populations of nitrogen-fixing bacteria associated with rice soils. *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, **27/1**, 3-12.
- JOHANNSON, C., J. E. MATTSSON und S.-E. SVENSSON (2013): Växtnäring från trekammarbrunnar till energigräs - Plant nutrients from three-chamber septic tanks in production of energy grass. Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- KALTSCHMITT, M., H. HARTMANN und H. HOFBAUER (2009): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- KAYSER, M., SEIDEL, K., MÜLLER, J. und J. ISSELSTEIN (2008): The effect of succeeding crop and level of N fertilization on N leaching after break-up of grassland. *European Journal of Agronomy*, **29**, 200-207.
- KRAUTZER, B., K. BUCHGRABER, H. EGGER, P. FRANK, P. FRÜHWIRTH, M. HIETZ, J. HUMER, C. LEONHARDT, H. W. LUFTENSTEINER, K. MECHTLER, C. MEUSBURGER, G. PERATONER, E. M. PÖTSCH und W. STARZ (2013): Handbuch für ÖAG-Empfehlungen von ÖAG-kontrollierten Qualitätssaatgutmischungen für das Dauergrünland und den Feldfutterbau (Mischungssaison 2014/15/16). Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG) – Fachgruppe Saatgutproduktion und Züchtung von Futterpflanzen, Gumpenstein.
- LANGE, G., J. GRÄBLER und U. VON BORSTEL (2003): Neue Mischungskonzepte für Grünlandansaaten in Norddeutschland. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, **5**, 147-150.
- LASSELSBERGER, L. (2014): Grundlagen der Verbrennungstechnik und technische Umsetzung. Im Internet abgerufen unter <http://www.josephinum.at/fileadmin/content/BLT/Publikationen/0758_00.pdf> am 2. November 2014.
- LAUNHARDT, T. (2002): Umweltrelevante Einflüsse bei der thermischen Nutzung fester Biomasse in Kleinanlagen - Schadstoffemissionen, Aschequalität und Wirkungsgrad. Dissertation, Technische Universität München, Weinstadt.

- LEBZIEN, P., J. VOIGT, M. GABEL und D. GÄDEKEN (1996): Zur Schätzung der Menge an nutzbarem Rohprotein am Duodenum von Milchkühen. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **76**, 218–223.
- LECLECH, N., D. STILMANT und H. VON FRANCKEN-WELZ (2012): Anbautechnik der Energiekulturen: Die Lehren des Projekts Enerbiom. Im Internet abgerufen unter <http://www.nawaro.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=1324NJ6834&p1=title%3DENERBIOM+-+Nachhaltige+Produktion+von+Energie-Biomasse+%28September+2008+-+April+2012%29~url%3D%2FInternet%2Fglobal%2Fthemen.nsf%2F%28Web+P+NawaRo+Kat%29%2FAE8AF52E9A2CC4FAC125765B0045F2F0%3FOpenDocument&p3=AK3YMZXD8E&p4=C03BX7L16W> am 3. September 2014.
- LfL (2013a): Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weißenstephan.
- LfL (2013b): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weißenstephan.
- LÜTZOW, M. V., I. KÖGEL-KNABNER, K. EKSCHMITT, E. MATZNER, G. GUGGENBERGER, B. MARSCHNER und H. FLESSA (2006): Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review. *European Journal of Soil Science*, **57**, 426–445.
- MESSNER, J. und M. ELSÄSSER (2012): Gas aus Gras - welche Grünlandaufwüchse eignen sich für die Biogaserzeugung? *Landinfo*, **4/2012**, 28-31.
- MILLER SEEDS (2014): AC Saltlander. Im Internet abgerufen unter <**Fehler! Hyperlink-Referenz ungültig.**> am 7. August 2014.
- MULKEY, V. R., V. N. OWENS und D. K. LEE (2006): Management of switchgrass-dominated Conservation Reserve Program lands for biomass production in South Dakota. *Crop Science*, **46**, 712-720.
- NOBILIS, F., V. WEILGUNI und HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO (2007): Dauer von Trockenperioden. FÜRST, J. und T. HÖRHAN (Hrsg.): *Hydrologischer Atlas Österreichs 3.0.0*, Abschnitt 2.9.
- OBERGRUBER, G. (1990): Auswirkungen der mineralischen Stickstoffdüngung auf die Qualität von Grünfütter. *Die Bodenkultur*, **42/1**, 21-30.
- OBERMAYR, G. und M. PAAR (2004): Biodiversität in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- OECHSNER, H. (2006): Brennstoffeigenschaften von Biomasse. Bioenergienutzung in Baden-Württemberg – Heizen mit Getreide – Workshop, 9. und 22. November 2006. Im Internet abgerufen unter <https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/recht/pdf/2/2006_Getreide_heizen_Drchsner_Hohenheim_Brennstoffeigenschaften%5B1%5D.pdf> am 6. September 2014.

- OECHSNER, H. (2012): Verbrennung halmgutartiger Biomasse und Erfahrungen mit Heuverbrennung. ALB – Fachgespräch „Verbrennung halmgutartiger Biomasse“, Schweich, 28. Februar 2012. Im Internet abgerufen unter <[http://www.dlr-eifel.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/f339ccbf308764f1c12576330041868c/1e66a4cd5cccc0d9c12579bc003de8fb/\\$FILE/ALB_Heuverbrennung_Oechsner.pdf](http://www.dlr-eifel.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/f339ccbf308764f1c12576330041868c/1e66a4cd5cccc0d9c12579bc003de8fb/$FILE/ALB_Heuverbrennung_Oechsner.pdf)> am 9. September 2014.
- OECHSNER, H. und K. MAURER (2006): Neues aus der Getreide- und Heuverbrennung. Tagung Bioenergienutzung in Baden-Württemberg - Auf dem Weg zum nachhaltigen Ausbau, 13. Februar 2006, Stuttgart, im Internet abgerufen unter <<http://lel-bw.de/pb/,Lde/661608?QUERYSTRING=Heuverbrennung>> am 20. Februar 2015.
- OGLE, D., L. ST. JOHN, M. STANNARD und L. HOLZWORTH (2012): Conservation Plant Species for the Intermountain West. Technical Note, TN Plant Materials No. 24, USDA-Natural Resources Conservation Service, Boise, Salt Lake City, Spokane.
- OmniCert (2014): Schriftliche Mitteilung, zitiert nach STÜRMER et al. (2014)
- ÖSTERREICHISCHE HAGELVERSICHERUNG (2015): Dürre im Grünland erstmals in Europa versicherbar. Im Internet abgerufen unter <<https://www.hagel.at/site/index.cfm?objectid=6D96D5FE-5056-A500-094E9302D04FAF26&refid=2C81258A-3005-4277-CFC40E405708392F>> am 22. Januar 2015.
- OTTE, A., T. DONATH, O. GINZLER, B. REGER, D. SIMMERING, R. WALDHARDT und B. ZELLE (2011): Wie sehen unsere Agrar-Ökosysteme in 20 Jahren aus? Zukünftige Entwicklungen der Auenwiesen und des Ackerlandes. VBiO, Landesbiologentagung, 14. Oktober 2011. Im Internet abgerufen unter <https://www.vbio.de/der_vbio/landesverbaende/baden_wuerttemberg/landesbiologentage/e29084/PrsentationFrauOtte.pdf> am 5. Februar 2015.
- PAWNEE BUTTES SEED INC. (2013): Hybrid Wheatgrass. Im Internet abgerufen unter <<http://www.pawneebuttessseed.com/wp-content/uploads/2013/02/pg76-HYBRID-WHEATGRASS.pdf>> am 7. August 2014.
- PERATONER, G., C. KLOTZ, U. FIGL, C. FLORIAN und A. BODNER (2012): Rohrschwengel auf dem Prüfstand. Südtiroler Landwirt, **5/2012**, 46-48.
- POEPLAU, C., A. DON, L. VESTERDAL, J. LEIELD, B. VAN WESEMAELS, J. SCHUMACHER und A. GENSIOR (2011): Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. Global Change Biology, **17**, 2415-2427.
- PÖTSCH, E. M. (2006): Biogasproduktion in Österreich – Energiegewinnung aus Grünland und Feldfutter. Workshop Futterpflanzen - Perspektiven für die energetische Nutzung, 9. März 2006, Freising-Weihenstephan, im Internet abgerufen unter <<http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloads/veranstaltungen/finish/1774-2917-biogas/14925-biogasproduktion-in-oesterreich-energiegewinnung-aus-gruenland-und-feldfutter.html>> am 10. Februar 2015.

- PÖTSCH, E. M. (2008): Potentiale der energetischen Nutzung im alpinen Grünland - Biogasproduktion von Grünland und Feldfutter. Symposium Energie vom Grünland Biomassezentrum Schleswig-Holstein, Juni 2008
- PÖTSCH, E. M. und M. HERNDL (2014): Entwicklung und Aufbau der ClimGrass-Anlage. HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN (Hrsg.): Klimasymposium 2014 - Grünland im Klimawandel: Szenarien, Prozesse, Forschungsansätze, Irdning, Österreich, 16. Oktober 2014, 19-22.
- RAMPEREZ C., M. RAMPEREZ, R. PUDE und M. MÜLLER (2008): Freisetzung anorganischer Spurestoffe und Ascheverhalten bei der Verbrennung von Miscanthus und Switchgrass. 5. Internationale Miscanthus-Tagung, Neuchatel, Schweiz, 27.-28. November 2008. Im Internet abgerufen unter <http://www.miscanthus-society.com/Verbrennung_UniBN_FZJ_f.pdf> am 19. September 2014.
- RATHBAUER J. und H. BAUMGARTNER (2006): Nutzungsalternative Gras als Brennstoff. FAT-Schriftenreihe, **68**, 157-160.
- RESCH, R. (1991): in vitro-Verdaulichkeitsuntersuchung nach Tilley und Terry, 1963. Bericht über die Tagung der ALVA Fachgruppe Versuchswesen, Innsbruck, 22. bis 23. Mai 1991.
- RESCH, R. (2013): Schriftliche Mitteilung vom 20. Februar 2013.
- ROBINSON, A. L., H. JUNKER und L. L. BAXTER (2002): Pilot-Scale Investigation of the Influence of Coal-Biomass Cofiring on Ash Deposition. Energy Fuels, **16**, 343-355.
- RUMPLER, J. (2014): Neue Kulturen für die Bioenergie - Nutzungspotenziale am Beispiel von Switchgrass. Vortrag, 28. Januar 2014, Duben, im Internet abgerufen unter <www.llfg.sachsen-anhalt.de> am 2. April 2015.
- RUPPNER, M. (2010): Zukunft für Wiesen und Weiden - Plädoyer für eine Umkehr im Umgang mit Grünland. Der kritische Agrarbericht 2010, 27-34.
- SAKULIN, M., K. FRIEDRICH, U. BACHHIESL und R. BRAUNSTEIN (2009): Policies for reasonable system integration of renewable energy sources in Austria. 2009 International Conference on Clean Electrical Power, Capri, Italien, 9. bis 11. Juni 2009, 540-544.
- SANDERSON, M. A., R. R. SCHNABEL, W. CURRAN, W. L. STOUT, D. GENITO und B. F. TRACY (2004): Switchgrass and big bluestem yields differ with fire and herbicide management. Agronomy Journal, **96**, 1688-1692.
- SANDERSON, M. A., P. R. ADLER, A. A. BOATENG, M. D. CASLER und G. SARATH (2007): Switchgrass as a biofuels feedstock in the USA. Canadian Journal of Plant Science, **86**, 1315-1325.
- SCHAUMBERGER, A. (2005): Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Diplomarbeit, Technische Universität Graz, Graz.
- SCHAUMBERGER, A. (2007): GIS zur Bestimmung von Grünlanderträgen - Implementierung eines Ertragmodells. Master Thesis, Zentrum für Geoinformatik der Paris Lodron-Universität Salzburg, Irdning.

- SCHAUMBERGER, A. (2011): Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland. Dissertation, Technische Universität Graz, Graz.
- SCHAUMBERGER, A. (2015): Schriftliche Mitteilung vom 25. November 2015.
- SCHIEMENZ, B. und O. SCHÖNERT (2005): Entscheidung und Produktion. 3. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 106.
- SCHOLZ, H. (1975): Grassland Evolution in Europe. *Taxon*, **24**, 81-90.
- SCHRABAUER, J. (2010a): Trockentolerante, perennierende Gräserarten für eine Futternutzung bzw. energetische Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- SCHRABAUER, J. (2010b): Das Grünland mit trockenintoleranten Energiegräsern aufwerten. *Der fortschrittliche Landwirt*, **22/2010**, 30-31.
- SCHRABAUER, J. (2013): Die besten Vier für Biogas. *DLZ Agrarmagazin*, **November 2013**, 112-115.
- SCHRABAUER, J. und J. HUMER (2009): Trockenheitstolerante Futter- und Energiegräser auf dem Prüfstand. *Bauernzeitung*, **52-53**, 7.
- SCHRABAUER, J., J. HUMER und P. LIEBHARD (2009a): Trockentolerante Gräser für eine Futternutzung bzw. energetische Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. Dry spell-tolerant grasses for a fodder use and/or energetic utilization in the semi-humid and semi-arid production area. ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- VETERINÄR- UND AGRARWESEN (ALVA) (Hrsg.): Landwirtschaft - Grundlage der Ernährungssicherung: regional oder global? - ALVA Jahrestagung 2009, Salzburg, Österreich, 18. - 19. Mai 2009, Tagungsbericht 2009, 77-79.
- SCHRABAUER, J., J. HUMER und P. LIEBHARD (2009b): Vergleich ausgewählter trockenintoleranter Gräser bei spezieller Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, **21**, 143-144
- SCHRABAUER, J., P. LIEBHARD und J. HUMER (2010a): Rohrschwengel (*F. arundinacea*) als Alternative zu praxisüblichen Gräsern für mehrjährige Grünlandbestände zur Futternutzung oder als Biogassubstrat. Tall fescue (*F. arundinacea*) - an alternative forage crop in perennial grassland for a fodder use or fermentation in a biogas plant. ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- VETERINÄR- UND AGRARWESEN (ALVA) (Hrsg.): Vom Lebensmittel zum Genussmittel – was essen wir morgen? ALVA Jahrestagung 2010, Wels, Österreich, 31. Mai. - 1. Juni 2010, Tagungsbericht 2010, 135-137.
- SCHRABAUER, J., P. LIEBHARD, J. HUMER und K. BUCHGRABER (2010b): Bestandesbegründung und Kulturführungsmaßnahmen bei Rutenhirse, Rohrschwengel und Riesen-Weizengras zur energetischen Verwertung und Futternutzung. PUDE, R. (Hrsg.): Miscanthus – Netzwerke und Visionen. 6. Internationale Miscanthustagung, Österreich, 24. – 26. November 2010, 55-62.

- SCHRABAUER, J., P. LIEBHARD und K. BUCHGRABER (2014a): Alternative mehrjährige Gräserarten für die energetische Nutzung und Futterproduktion. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, **26**, 116-117.
- SCHRABAUER, J., K. BUCHGRABER, K. MODER und P. LIEBHARD (2014b): Potential of ten alternative grass species under different cutting regimes in Central Europe. Journal für Kulturpflanzen, **66**, 189-202.
- SCHRÖDER, D. (1983): Bodenkunde in Stichworten. Ferdinand Hirt Verlag, Kiel.
- SCHULTZE-MOTEL, J. (1986): Rudolf Mansfelds Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen (ohne Zierpflanzen). Band 3, Akademie-Verlag, Berlin.
- SHAW, P. (2014): Triesdorfer Riesengras ist dem Mais ebenbürtig. Im Internet abgerufen unter <http://www.nordbayern.de/region/gunzenhausen/triesdorfer-riesengras-ist-dem-mais-ebenburtig-1.3744008> am 17. Februar 2015.
- SONNLEITNER, A. (2011): 4. BtL-Kongress - Bericht über den 4. internationalen BtL-Kongress der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe am 1. und 2. Dezember 2010 in Berlin. Bioenergy 2020+ GmbH, Wieselburg - Graz.
- SPIESS, E. (2011): Nitrogen, phosphorus and potassium balances and cycles of Swiss agriculture from 1975 to 2008. Nutrient Cycling in Agroecosystems, **91**, 351–365.
- STANGER, J. (2012): Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten im Grünland auf die Futterkosten sowie den Bedarf an primärer Energie und Futterfläche zur Bereitstellung von Milchviehrationen. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2014a): Agrarstrukturerhebung 2013 - Betriebsstruktur. Schnellbericht 1.17, Statistik Austria, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2014b): Statistiken – Bodennutzung. Im Internet abgerufen unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/bodennutzung/index.html am 14. Januar 2015.
- STRAUSS, P. und E. KLAGHOFER (2006): Status of Soil Erosion in Austria. BOARDMAN, J., POESEN, J. (Hrsg.): Soil Erosion in Europe. John Wiley, London, New York, 205–212.
- STRUSCHKA, M. und W. JUSCHKA (2006): Heu, Stroh und Getreide als Brennstoff - Rechtliche Anforderungen, Verbrennungseigenschaften, technische Lösungen, Abgaswerte. ALB-Fachgespräch, Sonnenbühl, 23. November 2006. Im Internet abgerufen unter <http://www.alb-bw.uni-hohenheim.de/2teOrdnung/pdf-Praesentationen/Juschka.pdf> am 10. September 2014.
- STÜRMER, B. (2011): Ökonomische Potentialanalysen zur landwirtschaftlichen Biomasse und Bioenergieproduktion in Österreich. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.
- STÜRMER, B., F. KIRCHMEYER, S. POLLY, P. STIEGLER, H. KÖPPL, A. LUIDOLT, M. MAYER, A. WERATSCHNIG und C. KIRMAIR (2014): Biogas 2013 – Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen Biogas in Österreich.

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), ARGE Kompost und Biogas Österreich und Ländliches Fortbildungsinstitut (LFI) Österreich, Wien.
- THIELEN, S. (2013): „Neue Energiepflanzen“ - erste Ergebnisse aus Biomasseversuchen in Rheinland-Pfalz. Fachgespräch Biomasse, 9. März 2013, Münchweiler, im Internet abgerufen unter <[http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/717ae2a1c16e1361c1257b4900373910/\\$FILE/Dauerkulturen Biomasse web.pdf](http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/717ae2a1c16e1361c1257b4900373910/$FILE/Dauerkulturen_Biomasse_web.pdf)> am 17. Februar 2015.
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2010): Untersuchungen von N_{\min} -Gehalt und N-Bilanz von Fruchtfolgen im Rahmen des N_{\min} -Monitorings auf Dauertestflächen. Themenblatt-Nr. 21.13.2010/2010, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz, Jena.
- TILLEY, J.M.A und R.A. TERRY (1968): Procedure for the in vitro digestion of herbage samples. The Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire. 29. April 1968.
- TONN, B., V. DENGLER, U. THUMM, H.-P. PIEPHO und W. CLAUPEIN (2011): Influence of leaching on the chemical composition of grassland biomass for combustion. Grass and Forage Science, **66**, 464–473.
- URQUIAGA, S., K. H. S. CRUZ und R. M. BODDEY (1992): Contribution of Nitrogen Fixation to Sugar Cane: Nitrogen-15 and Nitrogen-Balance Estimates. Soil Science Society of America Journal, **56**, 105-114.
- USDA NRCS (2008): Plants Database. Im Internet abgerufen unter <<http://plants.usda.gov/java/>> am 6. Dezember 2008.
- VAINULT, J. (2008): Dubbel användning för nytt energigräs. ATL Lantbrukets Afärstidning, D 2008-03-14, im Internet abgerufen unter <<http://www.atl.nu/lantbruk/dubbel-anvandning-nytt-energigras>> am 19. Februar 2015.
- VALL, P. und C. VIDAL (2014): Stickstoff in der Landwirtschaft. Im Internet abgerufen unter <http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/nitro_de/report.htm> am 27. Dezember 2014.
- VERSCHEURE, P. (1998): Energiegehalt von Hackschnitzeln – Überblick und Anleitung zur Bestimmung. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Freiburg im Breisgau.
- WALLER, S. S. und D. K. SCHMIDT (1983): Improvement of eastern Nebraska tallgrass range using atrazine or glyphosate. Journal of Range Management, **36**, 87–90.
- WALTER, J., F. ESSL, T. ENGLISCH und M. KIEHN (2005): Neophytes in Austria: Habitat preferences and ecological effects. Neobiota, **6**, 13-25.
- WEISS, J., W. PABST, K. E. STRACK und S. GRANZ (2000): Tierproduktion. 12. Auflage, Parey Buchverlag, Berlin – Wien.
- WESTERMAYER, G. (2009): Schriftliche und mündliche Mitteilungen vom 11. November 2009.

- WILMAN D. und Y. GAO (1996): Herbage production and tiller density in five related grasses, their hybrids and mixtures. *Journal of Agricultural Science*, **127**, 57–65.
- WOODIS J. E. und R. D. JACKSON (2008): The effects of clipping height and frequency on net primary production of *Andropogon gerardii* (C₄ grass) and *Bromus inermis* (C₃ grass) in greenhouse experiments. *Grass and Forage Science*, **63**, 458-466.
- ZIMMERMAN, G. (2015): Reed Canary Grass is a Practical Source of Heating Fuel for Michigan's Eastern Upper Peninsula. Im Internet abgerufen unter <http://michigan.gov/documents/dleg/LSSU_Non-technical_299140_7.pdf> am 18. Februar 2015.

7 EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel genutzt habe. Alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen habe ich als solche gekennzeichnet.

Ich versichere außerdem, dass ich die beigefügte Dissertation nur in diesem und keinem anderen Promotionsverfahren eingereicht habe.

8 ANHANG

8.1 Eigene Publikationen

- SCHRABAUER, J. (2010a): Trockentolerante, perennierende Gräserarten für eine Futternutzung bzw. energetische Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- SCHRABAUER, J. (2010b): Das Grünland mit trocken tolerantanten Energiegräsern aufwerten. Der fortschrittliche Landwirt, **22/2010**, 30-31.
- SCHRABAUER, J. (2013): Die besten Vier für Biogas. DLZ Agrarmagazin, **November 2013**, 112-115.
- SCHRABAUER, J., K. BUCHGRABER, K. MODER und P. LIEBHARD (2014): Potential of ten alternative grass species under different cutting regimes in Central Europe. Journal für Kulturpflanzen, **66**, 189-202.
- SCHRABAUER, J. und J. HUMER (2009): Trockenheitstolerante Futter- und Energiegräser auf dem Prüfstand. Bauernzeitung, **52-53**, 7.
- SCHRABAUER, J., J. HUMER und P. LIEBHARD (2009a): Trockentolerante Gräser für eine Futternutzung bzw. energetische Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- VETERINÄR- UND AGRARWESEN (ALVA) (Hrsg.): Landwirtschaft - Grundlage der Ernährungssicherung: regional oder global? - ALVA Jahrestagung 2009, Salzburg, Österreich, 18. – 19. Mai 2009, Tagungsbericht 2009, 77-79.
Dry spell-tolerant grasses for a fodder use and/or energetic utilization in the semi-humid and semi-arid production area.
- SCHRABAUER, J., J. HUMER und P. LIEBHARD (2009b): Vergleich ausgewählter trocken tolerantanter Gräser bei spezieller Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, **21**, 143-144
- SCHRABAUER, J., P. LIEBHARD und K. BUCHGRABER (2014): Alternative mehrjährige Gräserarten für die energetische Nutzung und Futterproduktion. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, **26**, 116-117.
- SCHRABAUER, J., P. LIEBHARD und J. HUMER (2010a): Rohrschwengel (*F. arundinacea*) als Alternative zu praxisüblichen Gräsern für mehrjährige Grünlandbestände zur Futternutzung oder als Biogassubstrat. ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- VETERINÄR- UND AGRARWESEN (ALVA) (Hrsg.): Vom Lebensmittel zum Genussmittel – was essen wir morgen? ALVA Jahrestagung 2010, Wels, Österreich, 31. Mai. - 1. Juni 2010, Tagungsbericht 2010, 135-137.
Tall fescue (*F. arundinacea*) - an alternative forage crop in perennial grassland for a fodder use or fermentation in a biogas plant.

SCHRABAUER J., P. LIEBHARD, J. HUMER und K. BUCHGRABER (2010b): Bestandesbegründung und Kulturführungsmaßnahmen bei Rutenhirse, Rohrschwengel und Riesen-Weizengras zur energetischen Verwertung und Futternutzung. PUDE, R. (Hrsg.): Miscanthus – Netzwerke und Visionen. 6. Internationale Miscanthustagung, Österreich, 24. – 26. November 2010, 55-62.

8.2 Ergänzende Datensätze

8.2.1 Boniturergebnisse

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
		Deckung in % Fl.					%		cm			
1	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	83,0	0,0	0,0	2,0	2,0	85,0	60,0	0,0	0,0	130,0	0,0
1	Agropyron elongatum ("Hesa")	83,0	0,0	0,0	2,0	2,0	85,0	2,0	0,0	0,0	115,0	0,0
1	Agropyron elongatum ("Alkar")	94,0	1,0	0,0	0,0	1,0	95,0	15,0	0,0	0,0	125,0	0,0
1	Agropyron intermedium	94,0	0,0	0,0	1,0	1,0	95,0	95,0	0,0	0,0	150,0	0,0
1	Agropyron desertorum	78,0	0,0	0,0	2,0	2,0	80,0	60,0	0,0	0,0	85,0	0,0
1	Agropyron trachycaulum	87,0	1,0	0,0	2,0	3,0	90,0	5,0	0,0	0,0	75,0	0,0
1	Agropyron repens	96,0	0,0	0,0	1,0	1,0	97,0	10,0	0,0	0,0	100,0	0,0
1	Elymus hoffmannii	96,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,0	90,0	0,0	0,0	140,0	0,0
1	Elymus junceus	88,0	1,0	0,0	5,0	6,0	94,0	20,0	0,0	0,0	125,0	0,0
1	Bromus inermis	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,0	50,0	0,0	0,0	130,0	0,0
1	Bromus marginatus	93,0	0,0	0,0	1,0	1,0	94,0	97,0	0,0	0,0	95,0	0,0
1	Festuca arundinacea	98,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0
1	Dactylis glomerata	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	80,0	0,0	0,0	135,0	0,0
1	Arrhenatherum elatius	90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	95,0	0,0	0,0	165,0	0,0
1	Agrostis gigantea	96,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,0	80,0	0,0	0,0	90,0	0,0
2	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	78,0	8,0	0,0	1,0	9,0	87,0	8,0	0,0	30,0	135,0	0,0
2	Agropyron elongatum ("Hesa")	80,0	5,0	0,0	0,0	5,0	85,0	10,0	0,0	10,0	125,0	0,0
2	Agropyron elongatum ("Alkar")	79,0	5,0	0,0	1,0	6,0	85,0	8,0	0,0	10,0	135,0	0,0
2	Agropyron intermedium	85,0	2,0	0,0	1,0	3,0	88,0	3,0	0,0	15,0	110,0	0,0
2	Agropyron desertorum	88,0	2,0	0,0	0,0	2,0	90,0	1,0	0,0	35,0	85,0	0,0
2	Agropyron trachycaulum	80,0	12,0	0,0	0,0	12,0	92,0	95,0	0,0	55,0	90,0	0,0
2	Agropyron repens	94,0	1,0	0,0	0,0	1,0	95,0	0,0	0,0	30,0	55,0	0,0
2	Elymus hoffmannii	87,0	3,0	0,0	0,0	3,0	90,0	0,0	0,0	75,0	80,0	0,0
2	Elymus junceus	91,0	4,0	0,0	0,0	4,0	95,0	0,0	0,0	20,0	70,0	0,0
2	Bromus inermis	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	1,0	0,0	10,0	90,0	0,0
2	Bromus marginatus	91,5	1,0	0,0	0,5	1,5	93,0	25,0	0,0	20,0	80,0	0,0
2	Festuca arundinacea	98,5	0,5	0,0	0,0	0,5	99,0	1,0	0,0	10,0	93,0	0,0
2	Dactylis glomerata	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0	30,0	95,0	0,0
2	Arrhenatherum elatius	94,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0	15,0	0,0	33,0	100,0	0,0
2	Agrostis gigantea	91,0	1,0	0,0	0,0	1,0	92,0	5,0	0,0	33,0	85,0	0,0

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Mehrschrittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	75,7	2,7	0,0	2,3	5,0	80,7	0,0	0,0	0,0	65,0	0,0
1	Agropyron elongatum "Hesa"	74,0	3,3	0,0	2,3	5,7	79,7	0,0	0,0	0,0	59,7	0,0
1	Agropyron elongatum "Alkar"	74,6	3,7	0,0	1,0	4,7	79,3	0,0	0,0	0,0	61,7	0,0
1	Agropyron intermedium	77,7	2,0	0,0	0,3	2,3	80,0	0,0	0,0	0,0	60,0	0,0
1	Agropyron desertorum	73,7	4,0	0,0	3,0	7,0	80,7	7,3	0,0	0,0	48,3	0,0
1	Agropyron trachycaulum	72,3	8,1	0,0	3,0	11,1	83,3	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0
1	Agropyron repens	82,8	3,4	0,0	1,8	5,2	88,0	0,0	0,0	0,0	46,7	0,0
1	Elymus hoffmannii	77,3	3,7	0,0	0,7	4,4	81,7	4,7	0,0	0,0	63,3	0,0
1	Elymus junceus	74,3	2,0	0,0	0,7	2,7	77,0	13,3	0,0	0,0	78,3	0,0
1	Bromus inermis	80,8	0,8	0,0	0,0	0,8	81,7	25,0	0,0	0,0	88,3	0,0
1	Bromus marginatus	81,7	2,3	0,0	2,0	4,3	86,0	11,7	0,0	0,0	53,3	5,8
1	Festuca arundinacea	92,3	0,0	0,0	0,0	0,0	92,3	21,7	0,0	0,0	66,7	0,0
1	Dactylis glomerata	88,2	0,2	0,0	0,0	0,2	88,3	40,0	0,0	0,0	81,7	0,0
1	Arrhenatherum elatius	80,5	0,5	0,0	1,7	2,2	82,7	68,3	0,0	0,0	103,3	0,0
1	Agrostis gigantea	86,5	1,0	0,0	1,5	2,5	89,0	0,0	0,0	0,0	56,7	11,7
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	50,0	34,7	0,0	2,3	37,0	87,0	38,3	0,0	0,0	120,0	0,0
2	Agropyron elongatum "Hesa"	70,7	16,0	0,0	1,0	17,0	87,7	63,3	0,0	0,0	122,3	0,0
2	Agropyron elongatum "Alkar"	61,7	18,0	0,0	8,3	26,3	88,0	60,0	0,0	0,0	111,7	0,0
2	Agropyron intermedium	49,0	28,3	0,0	10,7	39,0	88,0	21,7	0,0	0,0	105,0	1,7
2	Agropyron desertorum	51,8	31,3	0,0	3,8	35,2	87,0	1,7	0,0	0,0	56,7	2,5
2	Agropyron trachycaulum	72,0	13,0	0,0	3,0	16,0	88,0	90,0	0,0	0,0	86,7	0,0
2	Agropyron repens	52,3	34,7	0,0	4,3	39,0	91,3	0,0	0,0	0,0	29,7	1,7
2	Elymus hoffmannii	44,0	42,7	0,0	1,7	44,3	88,3	0,0	0,0	0,0	52,3	0,8
2	Elymus junceus	79,7	8,0	0,0	1,3	9,3	89,0	0,7	0,0	0,0	44,3	0,0
2	Bromus inermis	91,3	1,3	0,0	0,0	1,3	92,7	2,3	0,0	0,0	80,0	7,5
2	Bromus marginatus	71,0	16,3	0,0	4,3	20,7	91,7	56,7	0,0	0,0	70,7	4,2
2	Festuca arundinacea	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	97,7	0,0	8,3	0,0	52,0	0,0
2	Dactylis glomerata	96,8	0,3	0,0	0,2	0,5	97,3	0,0	7,3	0,0	66,0	0,0
2	Arrhenatherum elatius	93,3	0,0	0,0	0,0	0,0	93,3	10,7	0,0	0,0	105,0	0,0
2	Agrostis gigantea	89,3	0,7	0,0	0,7	1,3	90,7	14,3	0,0	0,0	80,0	20,0
3	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	66,3	19,3	0,0	7,3	26,7	93,0	0,0	0,0	10,0	27,7	0,0
3	Agropyron elongatum "Hesa"	71,7	12,7	0,0	8,3	21,0	92,7	0,0	0,0	6,7	33,7	0,0
3	Agropyron elongatum "Alkar"	74,0	14,3	0,0	3,0	17,3	91,3	0,0	0,0	5,7	25,3	0,0
3	Agropyron intermedium	69,3	16,7	0,0	3,7	20,3	89,7	0,0	0,0	12,3	46,7	0,0
3	Agropyron desertorum	67,7	12,7	0,0	11,3	24,0	91,7	0,0	0,0	11,3	30,3	0,0
3	Agropyron trachycaulum	53,0	20,0	0,0	11,3	31,3	84,3	0,0	0,0	26,7	15,7	0,0
3	Agropyron repens	46,3	35,7	0,0	8,7	44,3	90,7	0,0	0,0	35,0	14,0	5,0
3	Elymus hoffmannii	57,7	16,0	0,0	15,7	31,7	89,3	0,0	0,0	13,0	24,3	2,5
3	Elymus junceus	77,3	9,7	0,0	0,7	10,3	87,7	0,0	0,0	12,7	34,7	0,0
3	Bromus inermis	87,3	1,7	0,0	0,0	1,7	89,0	1,7	0,0	18,3	44,3	20,0
3	Bromus marginatus	91,0	3,0	0,0	1,3	4,3	95,3	0,0	0,0	18,3	46,0	13,3
3	Festuca arundinacea	96,3	0,7	0,0	0,0	0,7	97,0	0,0	0,0	7,3	40,7	5,0
3	Dactylis glomerata	94,3	1,7	0,0	0,0	1,7	96,0	2,0	0,0	31,7	78,3	0,0
3	Arrhenatherum elatius	89,0	1,7	0,0	4,0	5,7	94,7	0,7	0,0	26,7	55,3	11,7
3	Agrostis gigantea	92,0	3,0	0,0	0,0	3,0	95,0	0,0	0,0	7,0	31,3	37,5

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	50,0	0,0	0,0	5,0	5,0	55,0	5,0	0,0	0,0	110,0	0,0
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	63,0	0,0	0,0	17,0	17,0	80,0	20,0	0,0	0,0	110,0	0,0
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	65,0	0,0	0,0	20,0	20,0	85,0	60,0	0,0	0,0	120,0	0,0
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0	10,0	0,0	0,0	100,0	0,0
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	50,0	0,0	0,0	120,0	0,0
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	94,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0	75,0	0,0	0,0	130,0	0,0
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	36,0	4,0	0,0	30,0	34,0	70,0	1,0	0,0	15,0	100,0	0,0
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	49,0	6,0	0,0	30,0	36,0	85,0	1,5	0,0	15,0	110,0	0,0
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	30,0	3,0	0,0	60,0	63,0	93,0	2,0	0,0	15,0	125,0	0,0
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	88,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,0	0,0	0,0	28,0	60,0	0,0
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	92,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92,0	0,0	0,0	28,0	80,0	0,0
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	0,0	0,0	25,0	90,0	0,0

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	52,9	3,7	0,0	15,0	18,7	71,7	0,0	0,0	0,0	70,0	0,0
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	61,6	7,1	0,0	17,7	24,7	86,3	0,0	5,0	0,0	91,7	0,0
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	61,6	10,7	0,0	21,0	31,7	93,3	0,0	25,0	0,0	85,0	0,0
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	74,3	0,5	0,0	0,2	0,7	75,0	16,7	0,0	0,0	60,0	0,0
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	92,3	0,0	0,0	0,0	0,0	92,3	45,0	6,7	0,0	87,7	0,0
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	97,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0	78,3	66,7	0,0	93,3	0,0
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	38,7	21,7	0,0	15,7	37,3	76,0	25,0	0,0	0,0	111,7	0,0
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	13,3	23,3	0,0	55,0	78,3	91,7	21,7	0,0	0,0	106,7	0,0
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	11,0	14,7	0,0	66,7	81,3	92,3	13,3	0,0	0,0	116,7	0,0
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	85,7	1,3	0,0	0,7	2,0	87,7	0,0	0,0	0,0	45,7	0,0
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	94,3	1,0	0,0	0,0	1,0	95,3	0,0	18,3	0,0	76,7	0,0
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	96,7	0,3	0,0	0,3	0,7	97,3	0,3	58,3	0,0	81,7	0,0
3	Agropyron elongatum (0 kg N)	56,7	10,7	0,0	22,3	33,0	89,7	0,0	0,0	6,3	17,3	0,0
3	Agropyron elongatum (75 kg N)	19,0	4,7	0,0	69,7	74,3	93,3	0,0	0,0	3,7	38,7	0,0
3	Agropyron elongatum (150 kg N)	9,7	11,3	0,0	74,3	85,7	95,3	0,0	6,7	4,3	50,0	0,0
3	Dactylis glomerata (0 kg N)	90,7	1,3	0,0	0,3	1,7	92,3	0,0	0,0	28,3	44,0	0,0
3	Dactylis glomerata (75 kg N)	96,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,0	3,0	10,0	28,3	96,7	0,0
3	Dactylis glomerata (150 kg N)	96,3	0,0	0,0	0,0	0,0	96,3	4,3	18,3	28,3	100,7	0,0

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Einschnittnutzung

Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
	Deckung in % Fl.						%			cm	
Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	81,0	1,0	0,0	1,0	2,0	83,0	95,0	10,0	55,0	165,0	0,0
Agropyron elongatum ("Hesa")	82,0	1,0	0,0	2,0	3,0	85,0	95,0	10,0	50,0	185,0	0,0
Agropyron elongatum ("Alkar")	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,0	95,0	15,0	50,0	200,0	0,0
Panicum virgatum	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	95,0	75,0	5,0	170,0	0,0
Agropyron desertorum	71,0	1,0	0,0	3,0	4,0	75,0	95,0	20,0	75,0	85,0	0,0
Festuca arundinacea	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	10,0	60,0	30,0	105,0	0,0

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Einschnittnutzung

Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
	Deckung in % Fl.						%			cm	
Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	98,0	0,0	0,0	0,7	0,7	98,7	90,0	40,0	85,0	196,0	0,0
Agropyron elongatum ("Hesa")	97,3	0,0	0,0	1,3	1,3	98,7	90,0	56,7	80,0	199,0	0,0
Agropyron elongatum ("Alkar")	98,0	0,0	0,0	0,3	0,3	98,3	88,3	48,3	78,3	200,0	0,0
Panicum virgatum	99,3	0,0	0,0	0,0	0,0	99,3	91,7	68,3	41,7	168,3	0,0
Agropyron desertorum	86,7	0,3	0,0	8,0	8,3	95,0	80,0	0,0	78,3	97,3	0,0
Festuca arundinacea	98,7	0,0	0,0	0,0	0,0	98,7	12,7	36,7	60,0	118,3	0,0

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
		Deckung in % Fl.					%			cm		
1	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	84,0	0,0	0,0	1,0	1,0	85,0	90,0	0,0	0,0	165,0	0,0
1	Agropyron elongatum ("Hesa")	81,0	0,0	0,0	4,0	4,0	85,0	50,0	0,0	0,0	155,0	0,0
1	Agropyron elongatum ("Alkar")	94,0	0,0	0,0	1,0	1,0	95,0	80,0	0,0	0,0	175,0	0,0
1	Agropyron intermedium	94,0	0,0	0,0	1,0	1,0	95,0	95,0	30,0	0,0	180,0	0,0
1	Agropyron desertorum	76,0	0,0	0,0	4,0	4,0	80,0	85,0	10,0	0,0	100,0	0,0
1	Agropyron trachycaulum	89,0	0,0	0,0	1,0	1,0	90,0	90,0	0,0	0,0	105,0	0,0
1	Agropyron repens	95,5	0,0	0,0	1,5	1,5	97,0	20,0	45,0	0,0	100,0	0,0
1	Elymus hoffmannii	78,0	15,0	0,0	3,0	18,0	96,0	50,0	0,0	0,0	125,0	0,0
1	Elymus junceus	87,5	5,0	0,0	1,5	6,5	94,0	3,0	0,0	0,0	90,0	0,0
1	Bromus inermis	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,0	50,0	75,0	0,0	125,0	0,0
1	Bromus marginatus	94,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0	98,0	5,0	0,0	105,0	0,0
1	Festuca arundinacea	98,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	30,0	15,0	0,0	120,0	0,0
1	Dactylis glomerata	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	60,0	5,0	0,0	135,0	0,0
1	Arrhenatherum elatius	90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	98,0	45,0	0,0	160,0	0,0
1	Agrostis gigantea	95,0	0,0	0,0	1,0	1,0	96,0	95,0	0,0	0,0	115,0	0,0
2	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	91,0	1,0	0,0	4,0	5,0	96,0	15,0	0,0	20,0	135,0	0,0
2	Agropyron elongatum ("Hesa")	92,0	1,0	0,0	5,0	6,0	98,0	13,0	0,0	20,0	145,0	0,0
2	Agropyron elongatum ("Alkar")	86,0	2,0	0,0	7,0	9,0	95,0	15,0	0,0	20,0	145,0	0,0
2	Agropyron intermedium	94,0	0,0	0,0	3,0	3,0	97,0	3,0	0,0	15,0	125,0	0,0
2	Agropyron desertorum	73,0	2,0	0,0	20,0	22,0	95,0	5,0	0,0	40,0	70,0	0,0
2	Agropyron trachycaulum	91,0	2,0	0,0	2,0	4,0	95,0	95,0	0,0	45,0	90,0	0,0
2	Agropyron repens	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0	45,0	75,0	40,0
2	Elymus hoffmannii	86,0	0,0	0,0	9,0	9,0	95,0	0,0	0,0	35,0	70,0	0,0
2	Elymus junceus	89,0	2,0	0,0	4,0	6,0	95,0	0,0	0,0	30,0	75,0	0,0
2	Bromus inermis	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	3,0	0,0	20,0	115,0	32,5
2	Bromus marginatus	97,0	0,0	0,0	1,0	1,0	98,0	70,0	0,0	45,0	80,0	0,0
2	Festuca arundinacea	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0	20,0	85,0	0,0
2	Dactylis glomerata	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0	40,0	110,0	0,0
2	Arrhenatherum elatius	97,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0	10,0	0,0	40,0	115,0	0,0
2	Agrostis gigantea	97,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0	10,0	0,0	35,0	90,0	0,0

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	55,7	3,3	0,0	35,7	39,0	94,7	11,7	1,7	0,0	86,7	0,0
1	Agropyron elongatum "Hesa"	55,3	5,0	0,0	34,7	39,7	95,0	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
1	Agropyron elongatum "Alkar"	61,7	6,0	0,0	26,3	32,3	94,0	0,0	0,0	0,0	78,3	0,0
1	Agropyron intermedium	70,7	6,0	0,0	17,3	23,3	94,0	0,0	0,0	0,0	75,0	2,5
1	Agropyron desertorum	30,0	4,7	0,0	58,3	63,0	93,0	40,0	0,0	0,0	65,0	0,0
1	Agropyron trachycaulum	29,3	10,0	0,0	56,7	66,7	96,0	0,0	1,7	0,0	60,0	0,0
1	Agropyron repens	88,3	2,7	0,0	5,7	8,3	96,7	0,0	23,3	0,0	56,7	10,0
1	Elymus hoffmannii	47,3	13,3	0,0	33,3	46,7	94,0	26,7	1,7	0,0	68,3	1,7
1	Elymus junceus	29,3	13,3	0,0	50,0	63,3	92,7	5,0	0,0	0,0	36,7	0,0
1	Bromus inermis	83,7	1,3	0,0	5,0	6,3	90,0	65,0	0,0	0,0	103,3	48,3
1	Bromus marginatus	35,7	10,0	0,0	49,0	59,0	94,7	30,0	0,0	0,0	60,0	5,0
1	Festuca arundinacea	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	21,7	1,7	0,0	86,7	2,5
1	Dactylis glomerata	96,3	1,7	0,0	0,7	2,3	98,7	90,0	0,0	0,0	95,0	0,0
1	Arrhenatherum elatius	86,3	3,7	0,0	2,3	6,0	92,3	86,7	6,7	0,0	113,3	4,2
1	Agrostis gigantea	69,3	3,0	0,0	21,0	24,0	93,3	0,0	0,0	0,0	55,0	48,3
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	36,0	3,0	0,0	56,7	59,7	95,7	50,0	0,0	0,0	103,3	0,0
2	Agropyron elongatum "Hesa"	49,0	4,3	0,0	42,7	47,0	96,0	63,3	0,0	0,0	105,0	0,0
2	Agropyron elongatum "Alkar"	41,0	3,3	0,0	48,3	51,7	92,7	63,3	0,0	0,0	98,3	0,0
2	Agropyron intermedium	48,0	4,7	0,0	40,7	45,3	93,3	13,3	0,0	0,0	98,3	0,0
2	Agropyron desertorum	28,7	5,3	0,0	62,7	68,0	96,7	0,0	0,0	0,0	70,0	0,0
2	Agropyron trachycaulum	20,3	5,0	0,0	68,3	73,3	93,7	18,3	0,0	0,0	41,7	0,0
2	Agropyron repens	79,0	0,3	0,0	17,7	18,0	97,0	0,0	4,3	0,0	55,0	42,5
2	Elymus hoffmannii	53,0	4,7	0,0	38,0	42,7	95,7	0,0	3,3	0,0	70,0	5,0
2	Elymus junceus	23,7	14,3	1,0	53,0	68,3	92,0	0,0	6,7	0,0	58,3	0,0
2	Bromus inermis	92,3	0,0	0,0	2,7	2,7	95,0	1,0	0,7	0,0	75,0	55,8
2	Bromus marginatus	48,0	1,0	0,0	48,0	49,0	97,0	53,3	5,0	0,0	76,7	16,7
2	Festuca arundinacea	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,3	10,0	0,0	80,0	4,2
2	Dactylis glomerata	92,3	4,3	0,0	2,3	6,7	99,0	0,0	3,3	0,0	80,0	0,0
2	Arrhenatherum elatius	89,3	0,7	0,0	5,7	6,3	95,7	15,0	3,3	0,0	106,7	0,0
2	Agrostis gigantea	90,7	0,7	0,0	5,0	5,7	96,3	21,7	0,0	0,0	98,3	70,8
3	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	48,0	7,7	1,3	40,3	49,3	97,3	0,0	0,0	11,7	56,0	0,0
3	Agropyron elongatum "Hesa"	47,3	8,0	0,0	42,0	50,0	97,3	0,0	0,0	10,0	59,3	0,0
3	Agropyron elongatum "Alkar"	37,3	6,7	0,0	52,7	59,3	96,7	0,0	0,0	9,0	44,7	0,0
3	Agropyron intermedium	45,3	14,0	2,7	34,0	50,7	96,0	0,0	0,0	13,3	50,0	0,0
3	Agropyron desertorum	26,0	11,0	0,3	60,3	71,7	97,7	0,0	6,7	11,7	38,3	6,7
3	Agropyron trachycaulum	7,3	9,7	0,7	78,0	88,3	95,7	0,3	0,0	16,7	31,7	0,0
3	Agropyron repens	76,7	3,0	0,0	17,7	20,7	97,3	0,0	13,3	21,7	44,0	31,7
3	Elymus hoffmannii	35,3	7,7	2,0	51,3	61,0	96,3	0,0	0,0	11,0	47,7	0,0
3	Elymus junceus	16,7	18,7	2,3	58,0	79,0	95,7	0,0	0,0	5,0	53,0	0,0
3	Bromus inermis	84,7	3,7	0,0	6,7	10,3	95,0	3,3	0,0	5,0	76,3	75,0
3	Bromus marginatus	51,7	3,0	0,3	42,3	45,7	97,3	0,3	15,0	31,7	60,0	8,3
3	Festuca arundinacea	98,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	0,0	1,7	3,0	80,7	3,3
3	Dactylis glomerata	96,3	0,3	0,0	1,3	1,7	98,0	1,7	2,0	21,7	87,7	6,7
3	Arrhenatherum elatius	82,7	2,3	0,3	11,7	14,3	97,0	4,3	8,3	26,7	80,0	0,0
3	Agrostis gigantea	68,3	5,0	0,3	21,7	27,0	95,3	0,0	0,0	11,7	48,0	51,7

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	82,0	0,0	0,0	1,0	1,0	83,0	97,0	0,0	0,0	150,0	0,0
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	88,0	0,0	0,0	2,0	2,0	90,0	97,0	3,0	0,0	155,0	0,0
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	93,0	0,0	0,0	2,0	2,0	95,0	95,0	30,0	0,0	160,0	0,0
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,0	55,0	0,0	0,0	150,0	0,0
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	60,0	10,0	0,0	130,0	0,0
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	65,0	45,0	0,0	115,0	0,0
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	90,0	1,0	0,0	2,0	3,0	93,0	25,0	0,0	5,0	135,0	0,0
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	89,0	2,0	0,0	6,0	8,0	97,0	40,0	0,0	15,0	140,0	0,0
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	91,0	2,0	0,0	5,0	7,0	98,0	50,0	0,0	20,0	150,0	0,0
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0	40,0	105,0	0,0
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0	45,0	125,0	0,0
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0	45,0	120,0	0,0

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	66,0	2,0	0,0	22,3	24,3	90,3	0,0	0,0	0,0	86,7	0,0
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	40,7	1,3	0,0	56,3	57,7	98,3	0,0	11,7	0,0	88,3	0,0
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	36,7	6,3	0,0	56,7	63,0	99,7	0,0	41,7	0,0	88,3	0,0
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	88,7	2,0	0,0	3,7	5,7	94,3	80,0	0,0	0,0	96,7	0,0
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	96,8	1,0	0,0	0,2	1,2	98,0	90,0	30,0	0,0	106,7	0,0
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	98,3	1,0	0,0	0,0	1,0	99,3	90,0	51,7	0,0	108,3	0,0
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	62,3	2,0	0,0	29,3	31,3	93,7	36,7	0,0	0,0	98,3	0,0
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	21,0	0,3	0,0	77,3	77,7	98,7	53,3	0,0	0,0	103,3	0,0
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	19,3	0,0	0,0	79,3	79,3	98,7	53,3	0,0	0,0	111,7	0,0
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	93,0	0,0	0,0	4,0	4,0	97,0	0,0	2,7	0,0	60,0	0,0
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	98,7	0,0	0,0	0,3	0,3	99,0	0,0	9,3	0,0	93,3	5,8
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	99,7	0,0	0,0	0,0	0,0	99,7	0,3	15,0	0,0	106,7	5,0
3	Agropyron elongatum (0 kg N)	57,7	1,7	0,0	36,0	37,7	95,3	0,3	0,0	23,3	50,3	0,0
3	Agropyron elongatum (75 kg N)	22,7	0,3	0,0	75,3	75,7	98,3	1,7	8,3	13,3	97,3	0,0
3	Agropyron elongatum (150 kg N)	9,7	0,0	0,0	88,7	88,7	98,3	0,0	18,3	11,7	84,7	0,0
3	Dactylis glomerata (0 kg N)	94,7	0,0	0,0	0,0	0,0	94,7	0,7	0,0	21,7	59,3	0,0
3	Dactylis glomerata (75 kg N)	98,3	0,0	0,0	0,0	0,0	98,3	2,3	6,7	25,0	103,3	0,0
3	Dactylis glomerata (150 kg N)	98,7	0,0	0,0	0,0	0,0	98,7	3,3	16,7	21,7	112,7	0,0

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Einschnittnutzung

Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
	Deckung in % Fl.						%		cm		
Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	80,0	95,0	80,0	160,0	0,0
Agropyron elongatum ("Hesa")	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	90,0	98,0	85,0	170,0	0,0
Agropyron elongatum ("Alkar")	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	90,0	98,0	85,0	170,0	0,0
Panicum virgatum	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	97,0	95,0	35,0	190,0	0,0
Agropyron desertorum	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	60,0	95,0	80,0	110,0	0,0
Festuca arundinacea	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	25,0	80,0	50,0	130,0	0,0

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Einschnittnutzung

Species (Herkunft)	gesäte Art	Ruderalkräuter	Klee	Ruderalgräser	Ruderalpflanzen gesamt	Deckung gesamt	Pflanzen mit Fruchtständen	Lager	kranke Blattfläche	Wuchshöhe	Ausbreitung in Nachbarparzelle
	Deckung in % Fl.						%		cm		
Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	98,3	0,0	0,0	0,3	0,3	98,7	85,3	88,3	78,3	178,0	0,0
Agropyron elongatum ("Hesa")	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	90,0	90,0	81,7	191,0	0,0
Agropyron elongatum ("Alkar")	98,3	0,0	0,0	0,7	0,7	99,0	88,3	86,7	78,3	185,7	0,0
Panicum virgatum	91,7	0,0	0,0	6,7	6,7	98,3	83,3	56,7	18,3	139,0	0,0
Agropyron desertorum	74,7	0,7	0,0	23,3	24,0	98,7	56,7	78,3	53,3	97,0	0,0
Festuca arundinacea	99,0	0,0	0,0	0,7	0,7	99,7	13,3	65,0	56,7	135,7	0,0

8.2.2 Ertragsergebnisse

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
		%	kg TM ha ⁻¹				
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	30,6	7781	0	0	188	7969
1	Agropyron elongatum "Hesa"	29,5	8820	0	0	213	9032
1	Agropyron elongatum "Alkar"	28,1	10454	111	0	0	10565
1	Agropyron intermedium	34,8	11090	0	0	118	11208
1	Agropyron desertorum	43,0	6094	0	0	156	6250
1	Agropyron trachycaulum	34,7	4787	55	0	110	4953
1	Agropyron repens	38,1	4238	0	0	44	4283
1	Elymus hoffmannii	39,3	8151	0	0	0	8151
1	Elymus junceus	38,9	3961	45	0	225	4232
1	Bromus inermis	39,1	6517	0	0	0	6517
1	Bromus marginatus	36,3	6656	0	0	72	6727
1	Festuca arundinacea	32,4	7307	0	0	0	7307
1	Dactylis glomerata	33,7	4649	0	0	0	4649
1	Arrhenatherum elatius	38,7	6729	0	0	0	6729
1	Agrostis gigantea	34,3	8443	0	0	0	8443
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	39,4	2632	270	0	34	2936
2	Agropyron elongatum "Hesa"	32,0	2992	187	0	0	3179
2	Agropyron elongatum "Alkar"	34,3	3558	225	0	45	3828
2	Agropyron intermedium	44,1	3061	72	0	36	3169
2	Agropyron desertorum	50,3	1935	44	0	0	1979
2	Agropyron trachycaulum	52,2	3962	594	0	0	4556
2	Agropyron repens	44,2	2636	28	0	0	2664
2	Elymus hoffmannii	54,1	3510	121	0	0	3631
2	Elymus junceus	45,9	3302	145	0	0	3447
2	Bromus inermis	40,8	4144	0	0	0	4144
2	Bromus marginatus	41,2	3065	34	0	17	3116
2	Festuca arundinacea	32,6	4455	23	0	0	4478
2	Dactylis glomerata	37,2	3159	0	0	0	3159
2	Arrhenatherum elatius	36,1	3587	0	0	0	3587
2	Agrostis gigantea	41,5	4679	51	0	0	4731

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Mehrschrittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	24,7	3228	114	0	99	3441
1	Agropyron elongatum "Hesa"	25,7	2803	127	0	88	3018
1	Agropyron elongatum "Alkar"	25,8	3275	160	0	46	3481
1	Agropyron intermedium	26,0	3650	94	0	15	3759
1	Agropyron desertorum	28,6	2791	154	0	115	3060
1	Agropyron trachycaulum	27,6	2037	227	0	90	2355
1	Agropyron repens	25,8	2135	82	0	48	2266
1	Elymus hoffmannii	26,8	2257	102	0	18	2377
1	Elymus junceus	28,6	1812	48	0	15	1875
1	Bromus inermis	23,1	3942	41	0	0	3983
1	Bromus marginatus	22,7	2696	76	0	67	2839
1	Festuca arundinacea	24,7	3689	0	0	0	3689
1	Dactylis glomerata	21,6	3308	6	0	0	3315
1	Arrhenatherum elatius	25,1	4993	32	0	102	5127
1	Agrostis gigantea	22,9	4229	49	0	77	4354
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	37,3	2608	1796	0	121	4525
2	Agropyron elongatum "Hesa"	38,7	3976	922	0	57	4955
2	Agropyron elongatum "Alkar"	37,3	3697	1096	0	546	5340
2	Agropyron intermedium	41,0	1517	891	0	412	2820
2	Agropyron desertorum	43,3	1135	700	0	85	1921
2	Agropyron trachycaulum	50,3	2036	350	0	90	2476
2	Agropyron repens	39,2	1103	903	0	80	2086
2	Elymus hoffmannii	40,8	1458	1439	0	54	2951
2	Elymus junceus	42,9	1572	157	0	27	1757
2	Bromus inermis	38,9	2797	40	0	0	2837
2	Bromus marginatus	40,8	1759	407	0	110	2276
2	Festuca arundinacea	32,8	3353	0	0	0	3353
2	Dactylis glomerata	42,0	2652	8	0	4	2664
2	Arrhenatherum elatius	32,9	2317	0	0	0	2317
2	Agrostis gigantea	41,0	3548	25	0	25	3599
3	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	24,9	644	195	0	74	913
3	Agropyron elongatum "Hesa"	27,3	878	154	0	99	1132
3	Agropyron elongatum "Alkar"	24,8	808	159	0	32	999
3	Agropyron intermedium	30,1	730	176	0	39	945
3	Agropyron desertorum	28,5	588	114	0	99	802
3	Agropyron trachycaulum	28,0	400	149	0	93	642
3	Agropyron repens	31,8	567	705	0	104	1376
3	Elymus hoffmannii	28,3	579	162	0	149	889
3	Elymus junceus	33,8	1030	130	0	9	1170
3	Bromus inermis	29,4	1311	24	0	0	1335
3	Bromus marginatus	29,8	1631	53	0	22	1705
3	Festuca arundinacea	28,6	2408	17	0	0	2425
3	Dactylis glomerata	29,6	1725	32	0	0	1757
3	Arrhenatherum elatius	33,1	1547	30	0	74	1651
3	Agrostis gigantea	28,2	1605	46	0	0	1651

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	32	6903	0	0	690	7594
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	31	6405	0	0	1728	8133
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	33	6432	0	0	1979	8411
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	33	2366	0	0	0	2366
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	29	4237	0	0	0	4237
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	29	5233	0	0	0	5233
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	38	1017	113	0	847	1977
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	42	1967	241	0	1204	3412
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	43	1484	148	0	2968	4600
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	36	1938	0	0	0	1938
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	37	3012	0	0	0	3012
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	45	4305	0	0	0	4305

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	24	2190	152	0	614	2956
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	21	4227	448	0	1282	5957
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	18	4670	814	0	1586	7070
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	22	1538	10	0	4	1552
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	19	4955	0	0	0	4955
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	16	7010	0	0	0	7010
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	32	1571	865	0	638	3074
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	28	620	1153	0	2306	4080
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	29	677	863	0	4428	5967
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	28	2041	35	0	20	2095
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	33	3687	47	0	0	3734
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	33	4275	15	0	19	4309
3	Agropyron elongatum (0 kg N)	23	412	76	0	193	681
3	Agropyron elongatum (75 kg N)	22	419	89	0	1690	2199
3	Agropyron elongatum (150 kg N)	19	265	320	0	1996	2580
3	Dactylis glomerata (0 kg N)	29	1222	16	0	4	1243
3	Dactylis glomerata (75 kg N)	28	2866	0	0	0	2866
3	Dactylis glomerata (150 kg N)	26	3609	0	0	0	3609

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Einschnittnutzung

Aufwuchs	TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
	%	kg TM ha ⁻¹				
Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	48	7837	97	0	97	8030
Agropyron elongatum ("Hesa")	49	9969	122	0	243	10333
Agropyron elongatum ("Alkar")	48	9270	0	0	0	9270
Panicum virgatum	46	16179	0	0	0	16179
Agropyron desertorum	49	4159	59	0	176	4393
Festuca arundinacea	37	7455	0	0	0	7455

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Einschnittnutzung

Aufwuchs	TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
	%	kg TM ha ⁻¹				
Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	51	12400	0	0	78	12478
Agropyron elongatum ("Hesa")	48	12995	0	0	156	13151
Agropyron elongatum ("Alkar")	45	12747	0	0	42	12789
Panicum virgatum	71	13324	0	0	0	13324
Agropyron desertorum	49	4233	17	0	407	4657
Festuca arundinacea	45	8550	0	0	0	8550

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
		%	kg TM ha ⁻¹				
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	36,5	10707	0	0	127	10835
1	Agropyron elongatum "Hesa"	32,8	9941	0	0	491	10432
1	Agropyron elongatum "Alkar"	30,8	11259	0	0	120	11379
1	Agropyron intermedium	38,6	10709	0	0	114	10823
1	Agropyron desertorum	47,5	7024	0	0	370	7394
1	Agropyron trachycaulum	39,7	8715	0	0	98	8813
1	Agropyron repens	43,5	5497	0	0	86	5584
1	Elymus hoffmannii	44,8	3132	602	0	120	3855
1	Elymus junceus	41,7	1759	101	0	30	1889
1	Bromus inermis	42,3	7804	0	0	0	7804
1	Bromus marginatus	42,0	8484	0	0	0	8484
1	Festuca arundinacea	34,2	8103	0	0	0	8103
1	Dactylis glomerata	34,5	6350	0	0	0	6350
1	Arrhenatherum elatius	43,0	7869	0	0	0	7869
1	Agrostis gigantea	37,1	10390	0	0	109	10499
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	29,6	5485	60	0	241	5786
2	Agropyron elongatum "Hesa"	28,2	5162	56	0	281	5499
2	Agropyron elongatum "Alkar"	31,0	5960	139	0	485	6584
2	Agropyron intermedium	32,3	4000	0	0	128	4128
2	Agropyron desertorum	36,7	2371	65	0	650	3086
2	Agropyron trachycaulum	42,4	5217	115	0	115	5446
2	Agropyron repens	35,7	4603	0	0	0	4603
2	Elymus hoffmannii	36,6	4599	0	0	481	5081
2	Elymus junceus	41,0	3787	85	0	170	4042
2	Bromus inermis	39,9	5282	0	0	0	5282
2	Bromus marginatus	30,5	3522	0	0	36	3558
2	Festuca arundinacea	24,5	6917	0	0	0	6917
2	Dactylis glomerata	26,5	5219	0	0	0	5219
2	Arrhenatherum elatius	30,5	4332	0	0	0	4332
2	Agrostis gigantea	33,8	5466	0	0	0	5466

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	24,1	3209	193	0	2085	5487
1	Agropyron elongatum "Hesa"	24,0	3134	255	0	1823	5212
1	Agropyron elongatum "Alkar"	22,3	3683	366	0	1589	5638
1	Agropyron intermedium	22,5	4401	373	0	1082	5856
1	Agropyron desertorum	25,0	1610	250	0	3122	4983
1	Agropyron trachycaulum	20,9	1536	544	0	3036	5116
1	Agropyron repens	24,4	3895	108	0	285	4288
1	Elymus hoffmannii	21,9	2772	783	0	1947	5502
1	Elymus junceus	21,5	1381	658	0	2380	4419
1	Bromus inermis	23,2	4856	77	0	289	5222
1	Bromus marginatus	24,9	1846	522	0	2657	5025
1	Festuca arundinacea	22,8	5243	0	0	0	5243
1	Dactylis glomerata	18,8	5489	96	0	37	5622
1	Arrhenatherum elatius	23,2	5565	234	0	149	5949
1	Agrostis gigantea	22,6	3400	147	0	1016	4562
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	32,6	1449	108	0	2257	3814
2	Agropyron elongatum "Hesa"	30,8	2059	180	0	1784	4023
2	Agropyron elongatum "Alkar"	28,1	1856	151	0	2153	4160
2	Agropyron intermedium	32,3	1851	171	0	1566	3587
2	Agropyron desertorum	34,0	905	168	0	1965	3038
2	Agropyron trachycaulum	32,9	652	161	0	2206	3020
2	Agropyron repens	32,6	2432	10	0	520	2962
2	Elymus hoffmannii	32,5	2399	204	0	1724	4328
2	Elymus junceus	31,6	830	490	33	1841	3194
2	Bromus inermis	32,4	3501	0	0	103	3604
2	Bromus marginatus	33,0	1566	30	0	1550	3146
2	Festuca arundinacea	24,3	4313	0	0	0	4313
2	Dactylis glomerata	24,6	3080	146	0	77	3302
2	Arrhenatherum elatius	30,7	2661	18	0	156	2835
2	Agrostis gigantea	29,7	4071	28	0	215	4314
3	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	29,3	1302	205	35	1134	2677
3	Agropyron elongatum "Hesa"	27,3	1298	228	0	1171	2698
3	Agropyron elongatum "Alkar"	25,2	1100	201	0	1589	2890
3	Agropyron intermedium	27,4	1290	385	75	967	2717
3	Agropyron desertorum	29,6	686	288	9	1579	2562
3	Agropyron trachycaulum	23,0	179	247	16	2021	2464
3	Agropyron repens	33,2	1799	70	0	416	2285
3	Elymus hoffmannii	27,8	1040	221	60	1473	2795
3	Elymus junceus	26,4	477	548	68	1683	2776
3	Bromus inermis	31,5	2365	100	0	188	2653
3	Bromus marginatus	30,0	1397	80	9	1155	2641
3	Festuca arundinacea	27,7	4344	0	0	0	4344
3	Dactylis glomerata	30,4	3216	11	0	42	3269
3	Arrhenatherum elatius	33,2	2453	68	9	340	2870
3	Agrostis gigantea	32,2	1828	118	8	565	2518

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
		%	kg TM ha ⁻¹				
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	34	9197	0	0	112	9309
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	33	11545	0	0	262	11807
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	36	13299	0	0	286	13585
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	36	5916	0	0	0	5916
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	35	7890	0	0	0	7890
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	36	8983	0	0	0	8983
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	31	4901	54	0	109	5065
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	32	6993	157	0	471	7622
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	32	7308	161	0	402	7870
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	32	4344	0	0	0	4344
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	26	7011	0	0	0	7011
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	25	8272	0	0	0	8272

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
		%	kg TM ha ⁻¹				
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	26	3342	102	0	1154	4597
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	22	2700	88	0	3789	6577
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	22	2475	439	0	3944	6858
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	23	4691	107	0	196	4995
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	20	7609	79	0	13	7700
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	25	10053	101	0	0	10154
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	32	2048	63	0	973	3084
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	30	856	11	0	3620	4487
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	32	968	0	0	4205	5173
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	27	2414	0	0	99	2513
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	24	4901	0	0	16	4916
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	24	6103	0	0	0	6103

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Einschnittnutzung

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
		%	kg TM ha ⁻¹				
	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	39	15829	0	0	0	15829
	Agropyron elongatum ("Hesa")	46	20197	0	0	0	20197
	Agropyron elongatum ("Alkar")	41	19710	0	0	0	19710
	Panicum virgatum	37	19808	0	0	0	19808
	Agropyron desertorum	49	9578	0	0	0	9578
	Festuca arundinacea	27	13138	0	0	0	13138

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Einschnittnutzung

Aufwuchs		TM-Gehalt	Ertrag gesäte Art	Ertrag Ruderalkräuter	Ertrag Klee	Ertrag Ruderalgräser	Ertrag gesamt
		%	kg TM ha ⁻¹				
	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	43	10397	0	0	38	10435
	Agropyron elongatum ("Hesa")	48	13052	0	0	0	13052
	Agropyron elongatum ("Alkar")	47	12618	0	0	85	12703
	Panicum virgatum	72	7720	0	0	564	8284
	Agropyron desertorum	51	4205	28	0	1317	5550
	Festuca arundinacea	42	8828	0	0	58	8886

8.2.3 Analysenergebnisse

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						NI kgoTS ⁻¹	%	
1	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	56,1	8,3	4,8	63,6	103	19	384	61	473	347,9	54,5
1	Agropyron elongatum ("Hesa")	61,3	9,3	5,5	66,9	103	21	380	65	473	-	-
1	Agropyron elongatum ("Alkar")	60,8	9,2	5,4	75,0	109	23	374	64	455	-	-
1	Agropyron intermedium	57,7	8,6	5,0	72,4	104	24	386	63	459	-	-
1	Agropyron desertorum	60,7	9,2	5,4	75,7	115	22	329	45	542	-	-
1	Agropyron trachycaulum	66,9	10,3	6,2	99,2	118	26	340	60	478	-	-
1	Agropyron repens	61,0	9,2	5,4	75,8	122	30	289	68	529	-	-
1	Elymus hoffmannii	51,9	7,6	4,3	69,8	107	23	369	56	487	-	-
1	Elymus junceus	57,4	8,6	5,0	107,8	117	25	332	78	461	-	-
1	Bromus inermis	57,2	8,5	4,9	71,5	114	20	323	58	534	-	-
1	Bromus marginatus	63,2	9,6	5,7	62,3	114	19	318	53	555	-	-
1	Festuca arundinacea	66,7	10,3	6,1	60,3	113	17	301	67	564	355,8	54,0
1	Dactylis glomerata	56,4	8,4	4,8	50,8	107	26	349	73	494	335,2	55,0
1	Arrhenatherum elatius	60,0	9,1	5,3	56,9	107	18	333	61	548	349,3	54,4
1	Agrostis gigantea	65,1	10,0	5,9	63,9	111	21	340	66	503	341,7	54,2
2	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	47,3	6,6	3,6	105,0	112	16	335	101	440	316,1	54,4
2	Agropyron elongatum ("Hesa")	63,9	9,9	5,9	87,0	107	20	350	91	457	-	-
2	Agropyron elongatum ("Alkar")	60,5	9,2	5,4	86,2	107	18	350	96	449	-	-
2	Agropyron intermedium	62,2	9,5	5,6	92,6	110	19	333	98	457	-	-
2	Agropyron desertorum	51,3	7,4	4,1	108,3	117	17	321	81	472	-	-
2	Agropyron trachycaulum	48,5	6,8	3,7	145,0	111	17	341	93	449	-	-
2	Agropyron repens	48,9	6,9	3,8	96,7	116	16	298	96	491	-	-
2	Elymus hoffmannii	50,2	7,1	4,0	92,9	110	20	324	96	472	-	-
2	Elymus junceus	39,0	4,9	2,4	95,5	110	17	351	80	457	-	-
2	Bromus inermis	62,9	9,7	5,7	109,4	109	20	325	81	502	-	-
2	Bromus marginatus	64,5	10,0	5,9	91,8	105	15	367	95	432	-	-
2	Festuca arundinacea	61,3	9,4	5,5	79,9	113	18	282	100	525	324,5	54,9
2	Dactylis glomerata	47,5	6,6	3,6	74,2	108	13	316	120	457	289,7	55,4
2	Arrhenatherum elatius	57,0	8,5	4,9	96,5	112	16	302	88	519	317,8	54,8
2	Agrostis gigantea	55,3	8,2	4,7	93,4	114	14	284	91	534	307,8	54,6

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NFE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹					N kg o TS ⁻¹	%		
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	71,5	11,1	6,8	103,6	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron elongatum "Hesa"	69,3	10,7	6,5	105,0	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron elongatum "Alkar"	68,2	10,5	6,3	99,3	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron intermedium	74,1	11,6	7,1	104,2	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron desertorum	72,0	11,2	6,8	129,7	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron trachycaulum	69,8	10,8	6,5	129,4	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron repens	64,6	9,9	5,9	142,0	-	-	-	-	-	-	-
1	Elymus hoffmannii	64,9	9,9	5,9	120,8	-	-	-	-	-	-	-
1	Elymus junceus	64,1	9,8	5,8	146,4	-	-	-	-	-	-	-
1	Bromus inermis	72,0	11,2	6,8	112,4	-	-	-	-	-	-	-
1	Bromus marginatus	66,5	10,2	6,1	117,0	-	-	-	-	-	-	-
1	Festuca arundinacea	63,9	9,8	5,8	92,5	-	-	-	-	-	342,8	54,5
1	Dactylis glomerata	68,1	10,5	6,3	93,6	-	-	-	-	-	337,0	55,8
1	Arrhenatherum elatius	56,7	8,5	4,9	79,1	-	-	-	-	-	347,4	55,1
1	Agrostis gigantea	61,0	9,2	5,4	99,2	-	-	-	-	-	336,1	54,8
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	51,9	7,5	4,2	66,3	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron elongatum "Hesa"	54,1	7,9	4,5	56,5	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron elongatum "Alkar"	55,6	8,2	4,7	69,4	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron intermedium	63,3	9,8	5,8	86,1	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron desertorum	62,0	9,5	5,6	92,6	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron trachycaulum	56,7	8,4	4,9	80,5	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron repens	57,4	8,6	5,0	95,1	-	-	-	-	-	-	-
2	Elymus hoffmannii	59,2	8,9	5,2	82,0	-	-	-	-	-	-	-
2	Elymus junceus	57,2	8,5	4,9	89,4	-	-	-	-	-	-	-
2	Bromus inermis	57,2	8,5	4,9	107,3	-	-	-	-	-	-	-
2	Bromus marginatus	57,4	8,6	5,0	95,1	-	-	-	-	-	-	-
2	Festuca arundinacea	60,6	9,2	5,4	87,1	-	-	-	-	-	335,1	51,3
2	Dactylis glomerata	47,7	6,6	3,6	91,8	-	-	-	-	-	323,9	52,7
2	Arrhenatherum elatius	55,6	8,2	4,7	101,5	-	-	-	-	-	326,7	52,3
2	Agrostis gigantea	54,9	8,1	4,6	102,2	-	-	-	-	-	322,7	52,3
3	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	54,6	8,0	4,6	154,6	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum "Hesa"	56,8	8,5	4,9	135,8	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum "Alkar"	53,4	7,8	4,4	138,2	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron intermedium	49,8	7,1	3,9	137,5	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron desertorum	52,8	7,7	4,3	149,2	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron trachycaulum	53,7	7,8	4,4	152,4	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron repens	52,1	7,5	4,2	150,7	-	-	-	-	-	-	-
3	Elymus hoffmannii	42,7	5,6	2,9	153,3	-	-	-	-	-	-	-
3	Elymus junceus	48,7	6,9	3,8	136,6	-	-	-	-	-	-	-
3	Bromus inermis	50,7	7,2	4,0	134,7	-	-	-	-	-	-	-
3	Bromus marginatus	47,2	6,5	3,5	144,4	-	-	-	-	-	-	-
3	Festuca arundinacea	65,8	10,3	6,1	111,1	-	-	-	-	-	318,6	56,7
3	Dactylis glomerata	56,0	8,3	4,8	112,9	-	-	-	-	-	312,9	57,3
3	Arrhenatherum elatius	55,6	8,2	4,7	137,9	-	-	-	-	-	324,1	57,3
3	Agrostis gigantea	54,2	8,0	4,5	127,6	-	-	-	-	-	311,0	57,9

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Mehrschrittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						NI kgo TS ⁻¹		
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	60,3	9,1	5,3	67,7	101	18	399	53	474	-	-
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	64,0	9,8	5,8	83,9	106	20	389	55	463	-	-
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	59,2	8,9	5,2	74,5	111	19	369	53	473	-	-
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	61,6	9,3	5,5	72,1	106	28	344	83	489	320,9	54,3
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	63,1	9,6	5,7	95,3	115	32	322	79	485	336,7	55,1
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	58,9	8,9	5,2	84,6	119	30	333	77	451	328,0	56,3
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	52,7	7,6	4,3	74,5	120	22	309	101	435	-	-
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	51,7	7,4	4,2	80,0	125	20	314	85	431	-	-
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	48,2	6,7	3,7	129,8	124	18	326	87	417	-	-
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	54,6	8,0	4,6	144,5	111	20	335	98	448	308,9	55,5
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	52,3	7,6	4,3	152,0	114	16	325	97	454	309,3	55,2
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	50,8	7,3	4,1	99,8	121	19	326	93	417	151,0	56,5

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Mehrschrittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						NI kgo TS ⁻¹		
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	65,1	10,0	5,9	93,7	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	65,2	10,0	5,9	111,5	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	64,1	9,8	5,8	127,9	-	-	-	-	-	-	-
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	54,3	8,0	4,6	94,9	-	-	-	-	-	328,2	55,3
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	55,7	8,3	4,7	100,5	-	-	-	-	-	336,8	54,8
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	52,0	7,6	4,3	116,3	-	-	-	-	-	337,0	55,6
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	57,3	8,6	4,9	76,4	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	58,8	8,9	5,2	93,1	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	54,0	7,9	4,5	100,6	-	-	-	-	-	-	-
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	60,0	9,1	5,3	91,0	-	-	-	-	-	320,8	52,2
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	47,7	6,7	3,6	103,0	-	-	-	-	-	313,3	52,9
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	49,5	7,0	3,9	122,4	-	-	-	-	-	302,8	53,4
3	Agropyron elongatum (0 kg N)	49,7	7,0	3,9	148,3	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum (75 kg N)	53,0	7,7	4,3	140,8	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum (150 kg N)	44,2	6,0	3,1	163,6	-	-	-	-	-	-	-
3	Dactylis glomerata (0 kg N)	62,9	9,7	5,7	127,6	-	-	-	-	-	321,3	56,6
3	Dactylis glomerata (75 kg N)	63,1	9,7	5,7	130,7	-	-	-	-	-	306,6	58,2
3	Dactylis glomerata (150 kg N)	52,0	7,5	4,2	176,7	-	-	-	-	-	326,6	57,8

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2009, Einschnittnutzung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						NI kg oTS ⁻¹	%	
	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	38,8	5,2	2,6	53,4	100	13	382	62	492	271,2	57,3
	Agropyron elongatum ("Hesa")	41,4	5,7	2,9	58,5	101	13	379	67	486	256,7	57,6
	Agropyron elongatum ("Alkar")	41,4	5,7	2,9	60,4	100	14	384	66	480	260,6	57,7
	Panicum virgatum	36,3	4,8	2,3	35,6	95	18	409	50	487	262,2	57,0
	Agropyron desertorum	47,0	6,7	3,6	57,8	102	17	392	51	486	260,7	57,4
	Festuca arundinacea	41,7	5,7	3,0	72,7	107	11	316	91	516	287,0	56,8

Mittelwerte Groß Enzersdorf 2010, Einschnittnutzung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						N kg oTS ⁻¹	%	
	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	20,7	1,9	0,3	56,7	-	-	-	-	-	271,2	57,3
	Agropyron elongatum ("Hesa")	26,6	3,0	1,0	64,3	-	-	-	-	-	256,7	57,6
	Agropyron elongatum ("Alkar")	17,1	1,3	-0,2	59,8	-	-	-	-	-	260,6	57,7
	Panicum virgatum	15,1	0,9	-0,4	44,7	-	-	-	-	-	262,2	57,0
	Agropyron desertorum	35,4	4,6	2,2	70,3	-	-	-	-	-	260,7	57,4
	Festuca arundinacea	40,7	5,6	2,8	77,4	-	-	-	-	-	287,0	56,8

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NFE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						NI kgoTS ⁻¹	%	
1	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	56,2	8,4	4,8	67,0	89	18	424	47	453	336,3	53,9
1	Agropyron elongatum ("Hesa")	61,3	9,3	5,5	67,1	91	17	420	50	451	-	-
1	Agropyron elongatum ("Alkar")	57,6	8,6	5,0	58,1	93	17	409	51	460	-	-
1	Agropyron intermedium	62,7	9,5	5,6	63,1	93	24	411	46	458	-	-
1	Agropyron desertorum	59,0	8,9	5,2	69,8	105	19	354	36	530	-	-
1	Agropyron trachycaulum	62,4	9,5	5,6	82,4	103	25	381	44	475	-	-
1	Agropyron repens	55,9	8,3	4,8	75,7	119	30	308	56	518	-	-
1	Elymus hoffmannii	57,7	8,6	5,0	80,3	117	25	315	51	525	-	-
1	Elymus junceus	46,3	6,6	3,5	122,4	121	32	331	71	445	-	-
1	Bromus inermis	58,0	8,7	5,0	65,4	112	25	326	52	523	-	-
1	Bromus marginatus	58,6	8,8	5,1	107,7	101	19	362	52	508	-	-
1	Festuca arundinacea	56,3	8,4	4,8	80,5	108	21	317	70	526	368,7	55,4
1	Dactylis glomerata	51,2	7,5	4,2	84,5	97	30	382	72	446	342,5	55,8
1	Arrhenatherum elatius	58,0	8,7	5,0	67,7	99	20	354	50	529	393,9	55,9
1	Agrostis gigantea	57,6	8,6	5,0	84,5	100	26	378	61	465	244,7	50,4
2	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	53,4	7,8	4,4	98,1	102	19	375	80	425	318,7	53,4
2	Agropyron elongatum ("Hesa")	48,5	6,8	3,7	101,4	102	15	381	81	419	-	-
2	Agropyron elongatum ("Alkar")	54,8	8,1	4,6	96,7	98	19	398	79	406	-	-
2	Agropyron intermedium	62,5	9,6	5,7	125,0	113	25	334	95	421	-	-
2	Agropyron desertorum	49,9	7,1	3,9	135,1	118	15	332	70	448	-	-
2	Agropyron trachycaulum	46,6	6,4	3,5	112,7	110	14	353	64	458	-	-
2	Agropyron repens	50,6	7,2	4,0	113,8	115	23	318	74	474	-	-
2	Elymus hoffmannii	41,9	5,5	2,8	120,4	116	24	315	79	467	-	-
2	Elymus junceus	38,2	4,8	2,3	148,5	120	21	352	66	412	-	-
2	Bromus inermis	56,9	8,5	4,9	94,9	108	25	330	81	470	-	-
2	Bromus marginatus	48,5	6,8	3,7	134,0	115	16	343	79	425	-	-
2	Festuca arundinacea	51,9	7,5	4,2	96,7	105	21	319	115	450	337,6	55,6
2	Dactylis glomerata	37,3	4,6	2,2	104,5	104	23	364	84	426	307,6	55,7
2	Arrhenatherum elatius	49,3	7,0	3,8	113,8	114	15	313	88	469	311,4	57,3
2	Agrostis gigantea	53,1	7,7	4,4	103,8	113	25	292	103	478	316,5	56,3

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Mehrschnittnutzung, Standarddüngung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NFE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						N kg o TS ⁻¹	%	
1	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	65,8	10,1	6,0	113,0	-	-	-	-	-	336,3	53,9
1	Agropyron elongatum "Hesa"	68,0	10,5	6,3	109,9	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron elongatum "Alkar"	68,7	10,6	6,4	115,4	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron intermedium	69,6	10,8	6,5	103,9	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron desertorum	66,7	10,3	6,1	117,3	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron trachycaulum	60,7	9,2	5,4	121,8	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron repens	60,0	9,0	5,3	152,0	-	-	-	-	-	-	-
1	Elymus hoffmannii	69,9	10,9	6,6	120,4	-	-	-	-	-	-	-
1	Elymus junceus	69,1	10,7	6,4	115,0	-	-	-	-	-	-	-
1	Bromus inermis	63,2	9,6	5,7	128,6	-	-	-	-	-	-	-
1	Bromus marginatus	68,7	10,6	6,4	116,6	-	-	-	-	-	-	-
1	Festuca arundinacea	58,0	8,7	5,0	109,9	-	-	-	-	-	365,8	55,9
1	Dactylis glomerata	59,6	9,0	5,2	97,7	-	-	-	-	-	349,1	55,5
1	Arrhenatherum elatius	47,7	6,8	3,7	89,0	-	-	-	-	-	339,4	55,2
1	Agrostis gigantea	48,6	7,0	3,8	103,6	-	-	-	-	-	347,4	54,6
2	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	54,5	8,0	4,6	100,3	-	-	-	-	-	318,7	53,4
2	Agropyron elongatum "Hesa"	56,8	8,5	4,9	86,3	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron elongatum "Alkar"	58,9	8,9	5,2	83,4	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron intermedium	67,2	10,5	6,3	112,5	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron desertorum	60,2	9,1	5,3	105,8	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron trachycaulum	55,7	8,2	4,7	95,7	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron repens	50,9	7,3	4,1	114,9	-	-	-	-	-	-	-
2	Elymus hoffmannii	58,3	8,8	5,1	86,1	-	-	-	-	-	-	-
2	Elymus junceus	51,6	7,4	4,2	95,0	-	-	-	-	-	-	-
2	Bromus inermis	59,3	9,0	5,2	111,9	-	-	-	-	-	-	-
2	Bromus marginatus	56,5	8,4	4,8	95,5	-	-	-	-	-	-	-
2	Festuca arundinacea	55,2	8,1	4,7	103,5	-	-	-	-	-	354,2	52,8
2	Dactylis glomerata	53,8	7,9	4,5	104,4	-	-	-	-	-	332,9	53,0
2	Arrhenatherum elatius	48,1	6,7	3,7	87,8	-	-	-	-	-	324,1	52,8
2	Agrostis gigantea	55,3	8,2	4,7	103,7	-	-	-	-	-	341,4	53,4
3	Agropyron elongatum "Szarvasi I"	47,7	6,7	3,6	146,2	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum "Hesa"	56,9	8,5	4,9	132,0	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum "Alkar"	56,5	8,4	4,8	141,1	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron intermedium	53,7	7,8	4,4	136,4	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron desertorum	54,3	8,0	4,5	150,2	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron trachycaulum	49,9	7,1	3,9	144,4	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron repens	47,1	6,5	3,5	153,0	-	-	-	-	-	-	-
3	Elymus hoffmannii	57,7	8,6	5,0	120,2	-	-	-	-	-	-	-
3	Elymus junceus	52,5	7,6	4,3	139,0	-	-	-	-	-	-	-
3	Bromus inermis	60,3	9,2	5,4	127,2	-	-	-	-	-	-	-
3	Bromus marginatus	54,4	8,0	4,5	143,4	-	-	-	-	-	-	-
3	Festuca arundinacea	64,4	10,0	5,9	106,9	-	-	-	-	-	343,0	56,1
3	Dactylis glomerata	56,5	8,4	4,8	112,5	-	-	-	-	-	323,8	58,5
3	Arrhenatherum elatius	50,2	7,1	4,0	143,0	-	-	-	-	-	328,5	59,1
3	Agrostis gigantea	56,3	8,4	4,8	137,6	-	-	-	-	-	330,0	57,7

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						NI kgoTS ⁻¹	%	
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	53,0	7,8	4,4	73,9	88	18	422	54	448	-	-
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	55,2	8,2	4,7	87,4	93	19	424	48	439	-	-
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	51,0	7,4	4,1	104,8	97	17	426	46	430	-	-
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	51,0	7,4	4,1	75,0	97	32	365	79	461	337,8	55,7
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	49,4	7,1	3,9	88,1	99	28	387	71	435	337,7	56,7
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	47,5	6,8	3,7	109,2	109	28	375	71	423	329,6	55,7
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	56,6	8,4	4,8	109,4	103	21	364	91	422	-	-
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	51,4	7,4	4,1	99,1	100	22	387	76	419	-	-
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	46,9	6,5	3,5	105,3	105	17	398	68	414	-	-
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	45,1	6,1	3,3	106,8	103	25	366	89	414	309,7	55,8
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	44,1	5,9	3,1	119,4	109	22	357	86	416	303,5	57,1
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	45,9	6,3	3,4	145,3	117	25	342	84	407	287,6	55,6

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Mehrschnittnutzung, N-Dünger-Steigerungsversuch

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						NI kgoTS ⁻¹	%	
1	Agropyron elongatum (0 kg N)	69,4	10,8	6,5	93,8	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron elongatum (75 kg N)	64,9	9,9	5,9	113,0	-	-	-	-	-	-	-
1	Agropyron elongatum (150 kg N)	65,8	10,1	6,0	131,0	-	-	-	-	-	-	-
1	Dactylis glomerata (0 kg N)	53,3	7,8	4,4	92,0	-	-	-	-	-	335,6	55,5
1	Dactylis glomerata (75 kg N)	56,4	8,4	4,8	109,6	-	-	-	-	-	333,3	55,2
1	Dactylis glomerata (150 kg N)	41,2	5,6	2,9	115,9	-	-	-	-	-	326,6	56,3
2	Agropyron elongatum (0 kg N)	59,1	8,9	5,2	97,7	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron elongatum (75 kg N)	57,3	8,6	4,9	103,9	-	-	-	-	-	-	-
2	Agropyron elongatum (150 kg N)	51,1	7,3	4,1	105,1	-	-	-	-	-	-	-
2	Dactylis glomerata (0 kg N)	57,2	8,5	4,9	111,3	-	-	-	-	-	326,8	52,8
2	Dactylis glomerata (75 kg N)	51,4	7,4	4,1	120,0	-	-	-	-	-	327,9	54,5
2	Dactylis glomerata (150 kg N)	50,8	7,3	4,0	133,2	-	-	-	-	-	318,3	53,0
3	Agropyron elongatum (0 kg N)	60,0	9,1	5,3	146,2	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum (75 kg N)	51,9	7,5	4,2	146,9	-	-	-	-	-	-	-
3	Agropyron elongatum (150 kg N)	61,0	9,3	5,5	163,6	-	-	-	-	-	-	-
3	Dactylis glomerata (0 kg N)	61,2	9,3	5,5	132,0	-	-	-	-	-	322,8	57,9
3	Dactylis glomerata (75 kg N)	58,4	8,8	5,1	140,1	-	-	-	-	-	333,2	58,6
3	Dactylis glomerata (150 kg N)	59,8	9,1	5,3	152,2	-	-	-	-	-	311,3	57,7

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2009, Einschnittnutzung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						Ni kg oTS ⁻¹	%	
	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	35,8	4,7	2,2	74,3	84	12	398	132	390	284,3	58,4
	Agropyron elongatum ("Hesa")	30,1	3,6	1,5	61,0	79	13	384	152	395	292,3	57,5
	Agropyron elongatum ("Alkar")	35,6	4,6	2,2	65,4	87	13	362	151	408	275,8	57,2
	Panicum virgatum	34,3	4,4	2,0	72,6	92	14	362	123	432	179,7	55,0
	Agropyron desertorum	34,5	4,4	2,0	88,6	93	15	333	186	379	267,6	58,3
	Festuca arundinacea	36,9	4,9	2,3	83,0	87	13	229	321	359	278,1	57,5

Mittelwerte St. Leonhard/F. 2010, Einschnittnutzung

Aufwuchs	Species (Herkunft)	DOM	ME	NEL	XP	nXP	XL	XF	XA	NfE	Spez. Methanertrag	Methananteil im Trockengas
		%	MJ kg TM ⁻¹	g kg TM ⁻¹						Ni kg oTS ⁻¹	%	
	Agropyron elongatum ("Szarvasi I")	23,7	2,5	0,7	57,5	-	-	-	-	-	284,3	58,4
	Agropyron elongatum ("Hesa")	24,6	2,6	0,8	45,6	-	-	-	-	-	292,3	57,5
	Agropyron elongatum ("Alkar")	31,1	3,8	1,6	54,5	-	-	-	-	-	275,8	57,2
	Panicum virgatum	16,5	1,2	-0,3	57,5	-	-	-	-	-	179,7	55,0
	Agropyron desertorum	33,1	4,2	1,9	96,7	-	-	-	-	-	267,6	58,3
	Festuca arundinacea	40,0	5,4	2,7	90,7	-	-	-	-	-	278,1	57,5