



Berichte aus dem TFZ

Miscanthus: Anbau und Nutzung

- Informationen für die Praxis -

Projektpartner

Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau
Abteilung Landespflege



Miscanthus: Anbau und Nutzung



Miscanthus: Anbau und Nutzung

– Informationen für die Praxis –

Dr. Maendy Fritz (TFZ)
Beate Formowitz (TFZ)

Projektpartner

Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau
Abteilung Landespflege



Steffen Jodl (LWG)
Angelika Eppel-Hotz (LWG)
Werner Kuhn (LWG)

Berichte aus dem TFZ 19

Straubing, September 2009

Titel: Miscanthus: Anbau und Nutzung
- Informationen für die Praxis -

Projektleiter: Dr. Bernhard Widmann
Dr. Maendy Fritz
Jürgen Eppel
Angelika Eppel-Hotz

Bearbeiter und Autoren TFZ: Dr. Maendy Fritz
Beate Formowitz

Bearbeiter und Autoren LWG: Angelika Eppel-Hotz
Steffen Jodl
Werner Kuhn

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Vorhaben wurden teilweise mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, der Europäischen Union und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR e.V.) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

© 2009

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

Alle Rechte vorbehalten.

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

ISSN: 1614-1008

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

E-Mail: poststelle@tfz.bayern.de

Internet: www.tfz.bayern.de

und Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
Abteilung Landespflege
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim

E-Mail: poststelle@lwg.bayern.de

Internet: www.lwg.bayern.de

Redaktion: Dr. M. Fritz, B. Formowitz, W. Schwimmer

Verlag: Eigenverlag TFZ

Erscheinungsort: Straubing

Erscheinungsjahr: 2009

Gestaltung: Graphiken: Rita Haas, Beate Formowitz, TFZ

Fotonachweis: Sötz (25); Dr. Fritz (Titel, 25); Eppel-Hotz (13; 28); Jodl (17)

Vorwort

Seit 1988 beschäftigt sich die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG), in Zusammenarbeit mit der Firma TINPLANT Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH, mit Untersuchungen zu Miscanthus hinsichtlich verbesserter Überwinterungsraten, erhöhter Winterfestigkeit züchterisch veränderter Sorten sowie einer möglichen Samenvermehrung. Im gleichen Zeitraum wurden von der früheren Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), Freising, und der LWG an insgesamt 12 verschiedenen Standorten Bayerns Miscanthusbestände etabliert, um an ihnen grundsätzliche Fragen zu Sortenwahl und Düngebedarf zu erforschen. An allen Standorten konnte eine Sortenprüfung mit Herausarbeitung der günstigsten Standort- und Klimabedingungen durchgeführt werden. Viele dieser Bestände wurden im Laufe der Jahre aufgegeben.

Seit seiner Gründung im Jahr 2002 ist das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing, zuständig für spezielle Energiepflanzenkulturen. Daher hat das TFZ die drei noch bestehenden Miscanthusversuche federführend übernommen, die weiterhin für Langzeiterhebungen genutzt werden. Da je nach Versuchsstandort und -ansteller unterschiedliche Fragestellungen im Fokus standen, unterscheiden sich diese drei verbliebenen Parzellenversuche hinsichtlich der angebauten Miscanthussorten, der Bemessung und Variation der Stickstoff-Düngung sowie der Kombination beider Faktoren. Das TFZ führt seitdem weitere Versuche und Modellvorhaben zu Miscanthus durch, die in diesen Bericht einfließen. Die Bestandespflege der Versuche in Veitshöchheim erfolgt aufgrund der räumlichen Entfernung durch die LWG, die dafür finanziell und personell durch das TFZ unterstützt wird.

Die Ergebnisse der nun nahezu 20-jährigen Miscanthusforschung von LBP, LWG und TFZ werden in diesem Kurzbericht zusammengefasst. Eine ausführliche Darstellung der Forschungsergebnisse finden Sie in dem Bericht „Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff – Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten“, erschienen in der TFZ-Schriftenreihe, Band Nr. 18.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	7
1 Charakterisierung	9
2 Standortansprüche.....	10
3 Vermehrung und Pflanzgutqualität	15
3.1 Erzeugung von Pflanzgut	15
3.2 Vergleich Meristem- und Rhizomvermehrung.....	16
3.3 Vermehrung über Saatgut und Selektion winterharter Genotypen.....	16
3.4 Austriebsverhalten von Rhizom-Pflanzgut.....	18
3.5 Winterhärte und Reservestoffeinlagerung	21
4 Produktionsverfahren	23
4.1 Neuanlage von Miscanthusbeständen, Bestandesdichte und Sortenwahl.....	23
4.2 Pflanzenschutz	25
4.3 Düngung	26
4.4 Beerntung und Verarbeitung des Miscanthus-Strohs	27
5 Verwertungsmöglichkeiten von Miscanthus	29
5.1 Stoffliche Verwertung.....	30
5.2 Energetische Verwertung	30
5.2.1 Thermische Verwertung von Miscanthus	30
5.2.2 Miscanthus als Biogassubstrat	32
6 Fazit.....	34
Quellenverzeichnis	35

1 Charakterisierung

Miscanthus ist eine in Europa nicht heimische Pflanze, die seit den 1980er Jahren u. a. als Nachwachsener Rohstoff angebaut wird. Miscanthus oder auch Chinaschilf stammt ursprünglich aus dem ostasiatischen Raum (China, Korea, Japan). Er ist ausdauernd (perennierend) und wird in der Familie der Süßgräser (Poaceae) in die Unterfamilie der Bartgrasgewächse (Andropogonoideae) eingeordnet. Miscanthus gehört zu den C4-Pflanzen, aber sein Photosynthesemechanismus scheint besser an niedrige Temperaturen angepasst zu sein als bei anderen C4-Pflanzen wie z. B. Mais oder Hirse [18].

Die Gattung Miscanthus lässt sich in 17 bis 20 Arten untergliedern [9]. Während für den Zierpflanzenbau fertile, weniger ertragreiche Varietäten über z. B. Sämlingsaufzucht angezogen werden können, ist der für die Landwirtschaft zur Biomasseerzeugung interessante Cultivar Miscanthus x giganteus ein steriler Hybrid aus der tetraploiden Form von Miscanthus sacchariflorus und einer diploiden Form von Miscanthus sinensis [5]. Er bildet unterirdische, runde bis ovale Rhizome mit der Tendenz zur Verkahlung im Innenbereich, welche dadurch ringförmig auseinanderwachsen. Aufgrund der Sterilität der landwirtschaftlich genutzten Sorten bzw. Cultivare, können diese bislang nur vegetativ über Meristemkultur oder über Rhizomzerteilung vermehrt werden [5]. Dies resultiert in hohen Kosten für das Pflanzgut und die Anlage neuer Flächen. Miscanthus besitzt ein hohes Ertragspotenzial bei einem geringen Einsatz an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Des Weiteren bietet er eine Vielzahl von Verwertungsmöglichkeiten, u. a. als Brennstoff, Mulchmaterial, Tiereinstreu, Dämmstoff, Baumaterial sowie als Kunststoffersatz.

In zunehmendem Maße wird Miscanthus auch als Strukturelement und Deckungsfläche eingesetzt. Für größere Säuger wie Reh oder Feldhase stellt der Miscanthusbestand eine wichtige Ersatzstruktur für Hecken und Feldgehölze dar. Gerade im Winter wird diese Funktion noch erhöht, da die bis zu vier Meter hohen Pflanzen bei einer regulären Frühjahrsernte über den gesamten Winter hinweg Schutz vor Räufern und Witterungseinflüssen bieten. Welche Auswirkung der großflächige Anbau von Miscanthus x giganteus auf die Natur hat, wurde in einer vergleichenden Erhebung mit Mais und der natürlichen Monokultur Schilf erarbeitet. In einem ca. 1 ha großen Miscanthus-Bestand (4. Anbaujahr), einer gleich großen Maisfläche und einer ca. 2.000 m entfernten ungenutzten Schilffläche (50 x 50 m) wurde das Auftreten von Arthropoden, Kleinsäufern, größeren Säugern und Vögeln anhand von Fallen, Stimmen, Spuren und/oder Sichtbeobachtungen von Mitte Juni bis Mitte Oktober 1995 ermittelt.

Kleinsäuger scheinen Miscanthusbestände als Lebensraum Mais- und Schilfflächen vorzuziehen (Tabelle 1). Im Gegensatz zu der Maisfläche findet auf der Miscanthusfläche keine Bodenbearbeitung statt und im Vergleich mit dem Schilfbestand ist der Boden unter normalen Anbaubedingungen von Miscanthus nicht staunass. Beide Faktoren forcieren das Vorhandensein von Erdhöhlenbauenden Kleinsäufern. Auch für Vögel wurde über die Schutzfunktion hinaus eine Nutzung als Brut- und Nahrungshabitat erkannt, z. B. belegt durch ein älteres Nest eines Teichrohrsängers. Die relativ hohe Akzeptanz der Miscanthusfläche durch Vögel beruht vermutlich auf einem größeren und vielfältigeren Nahrungsangebot (Insekten, Wildkräuter) im nicht ganz geschlossenen Bestand.

Tabelle 1: Nachweis (●) von Kleinsäugetern und Vögeln in Miscanthus-, Mais- und Schilfflächen (1995)

	Miscanthus	Mais	Schilf
Erdmaus	●	●	
Waldmaus	●	●	●
Wanderratte	●		
Zwergmaus	●		●
Zwergspitzmaus	●		●
Feldlerche	●	●	
Goldammer	●		
Grünfink	●		
Hänfling	●		
Mäusebussard	●		
Rebhuhn	●		
Sperber		●	
Teichrohrsänger	vorjähriges Nest		●
Wachtel	●	●	

Insgesamt 104 Käfer- und Spinnenarten konnten im Miscanthusbestand nachgewiesen werden, 94 in der Schilffläche und 82 auf dem Maisacker. 24 Käfer- und 21 Spinnenarten fand man sogar nur im Miscanthusbestand, welche als sogenannte Differentialarten die Unterscheidung der Untersuchungsflächen ermöglichen. Während in der Schilffläche eine ähnlich hohe Zahl an Differentialarten zu finden war, wurden auf dem Maisacker 19 Käfer- und fünf Spinnenarten als Differentialarten nachgewiesen. Entscheidend scheint vor allem der horstartige Wuchs der Pflanzen, welcher in diesem Alter noch offene Stellen zwischen den Pflanzen zulässt, und die Streuauflage zu sein.

2 Standortansprüche

Miscanthus ist in seinen Ansprüchen an Boden und Klima dem Mais sehr ähnlich. Gut durchwurzelbare, humose Mineralböden mit guter Wasserversorgung, großem Luftporenvolumen und hoher Bodenzahl sind bevorzugte Standorte. Mittel- und tiefgründige Braun- oder Parabraunerden mit hohem Humusanteil sind besonders günstig, doch können auch schwerere Böden nach intensiver mechanischer Lockerung zur Kultivierung genutzt werden. Staunasse oder anmoorige Böden sind für den Miscanthusanbau nicht geeignet. Auch auf allgemein ungünstigen Standorten kann Miscanthus sein Ertragspotential nicht ausschöpfen, da sich dort die Bestände nur zögerlich entwickeln und die standortbedingte höchstmögliche Ertragsleistung erst spät, im vierten bis fünften Jahr, erreichen.

Für ein hohes Ertragspotential sind 700 bis 800 mm jährliche Niederschlagsmenge erforderlich. Eine gute Verteilung in der Hauptwachstumsphase von Mai bis September begünstigt das Wachstum. Eine hohe Wasserkapazität des Bodens wirkt sich ebenso förderlich aus wie eine lange Vegetationszeit und hohe Durchschnittstemperaturen während der Vegetationsperiode. Trockenperioden können sich negativ auf die Erträge auswirken [4][8]. Hinsichtlich eines gesicherten hohen

Ertrags ist von Lagen mit einer Durchschnittstemperatur unter 7 °C bzw. über 700 m ü. NN abzuraten. Niedrige Tagesmitteltemperaturen im Frühjahr wirken sich negativ auf die Jugendentwicklung aus, da sie ein rasches Wachstum behindern. Zudem sind häufige Spätfröste oder kältestauende Tallagen problematisch. Frühfröste im Herbst können sich ebenso negativ auswirken wie häufige Wechsel von Frost-/Tauperioden und Staunässe im Winter. An exponierten Lagen ist die Lagergefahr durch angewehrte Schneemengen erhöht, hier kann es zu deutlichen Ertragseinbußen durch abgeknickte oder lagernde Halme kommen.

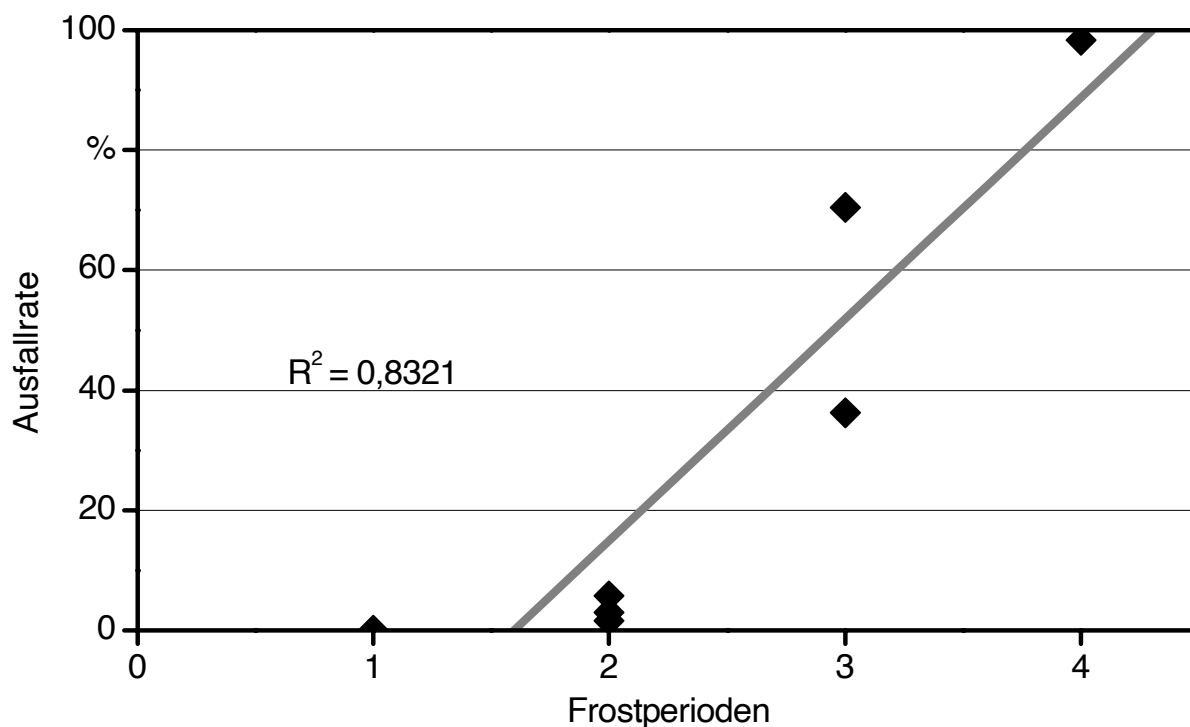


Abbildung 1: Ausfallraten von *Miscanthus x giganteus* in Abhängigkeit von Frostperioden in 5 cm Bodentiefe (Temperaturmittel $\leq -0,5$ °C an mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen) in Würzburg

Eine entscheidende Rolle für die Überwinterungsrate von *Miscanthus* nach dem 1. Anbaujahr spielt das Kleinklima des Anbaustandorts, vor allem die Temperaturverläufe im Winter. So besteht für die Anzahl der Frostperioden (Temperaturmittel $\leq -0,5$ °C an mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen) in 5 cm Bodentiefe ein direkter Zusammenhang mit der Höhe der Ausfallraten (Abbildung 1). Beim Vergleich verschiedener bayerischer Standorte erwies sich eine Temperatur unter - 5 °C als kritisch für die Rhizome, wobei Jungpflanzen aufgrund des späten Wachstumsabschlusses besonders gefährdet sind. Exponierte Lagen mit der Gefahr von starken Frösten, vor allem ohne schützende Schneedecke, eine häufige Abfolge von Frost-Tau-Ereignissen, die damit verbundene Überflutung der Rhizome bei nachfolgendem Regen oder Schneeschmelze sowie eine eventuell folgende Vereisung durch einsetzenden Frost erhöhen die Ausfallrate. Überlagert werden diese Vorgänge von der Froststärke, dem Zeitpunkt des ersten Frostes und dem Ver-

lauf der vorausgegangenen Vegetationsperiode in Bezug auf Bodenfeuchte und Temperatur sowie der Vitalität des Pflanzgutes.

In Abbildung 2 sind die Versuchsstandorte in Bayern mit ihren wichtigsten Kennzahlen dargestellt. Von diesen ursprünglich sechs Standorten werden zur Zeit nur noch die Versuche in Puch, Freising und Güntersleben (Kläranlage) weitergeführt.

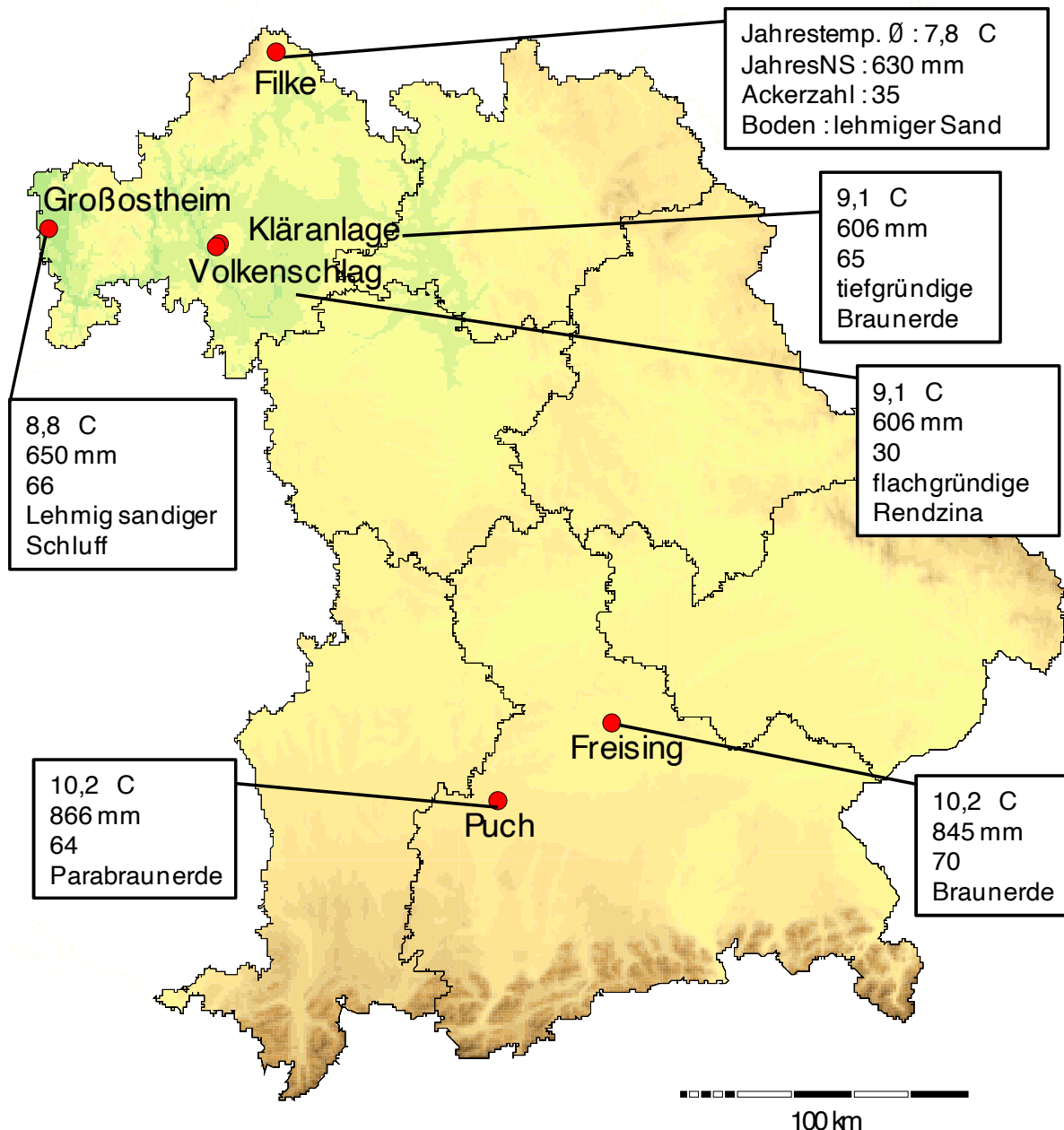


Abbildung 2: Übersicht und Beschreibung der Versuchsstandorte in Bayern

Die zu erwartenden Ertragsunterschiede zwischen einem Gunststandort und einer ungünstigeren Lage werden auf den ersten Blick deutlich (Abbildung 3), wobei beide Flächen in Güntersleben liegen. Am Standort „Kläranlage“ (Gunststandort, Ackerzahl 65) werden in einigen Jahren Erträ-

ge von 20 t je Hektar überschritten (Abbildung 5), während am Standort „Volkenschlag“ (ungünstigere Bedingungen, Ackerzahl 30) im gesamten Beobachtungsraum keine 8 t/ha erreicht werden (Abbildung 4). Auch Standort Filke ist nicht für den Anbau von *Miscanthus x giganteus* geeignet.



Abbildung 3: *Miscanthus x giganteus* am ertragsschwachen Standort „Volkenschlag“ (links) und am ertragreicheren Standort „Kläranlage“ (rechts)

Am günstigen Standort Freising hingegen erreicht *Miscanthus x giganteus*, gedüngt mit 75 kg N je Hektar und Jahr, über den gesamten Versuchszeitraum ab 1995 einen durchschnittlichen jährlichen Trockenmasseertrag von 27 t/ha, mit Spitzenerträgen von 34 t/ha Trockenmasse in einzelnen Jahren (Abbildung 5). In Puch sind bei gleicher Düngungsstufe im Durchschnitt seit 1995 jährlich durchschnittlich 17 t/ha erreichbar, mit einzelnen Spitzenerträgen von 26 t/ha. Die Erträge von *Miscanthus x giganteus* fallen in Güntersleben am Standort Kläranlage, trotz um 25 kg N je Hektar höherer Stickstoffdüngergabe, 3 bis 17 t/ha geringer aus als in Freising, und liegen so im langjährigen Durchschnitt bei 19 t je Hektar und Jahr, mit Spitzenerträgen in einzelnen Jahren von 25 t/ha. Der deutliche Ertragseinbruch am Standort „Kläranlage“, in den Standjahren 1994 und 1995, beruht auf einer Umpflanzung des Bestandes im Februar 1994.

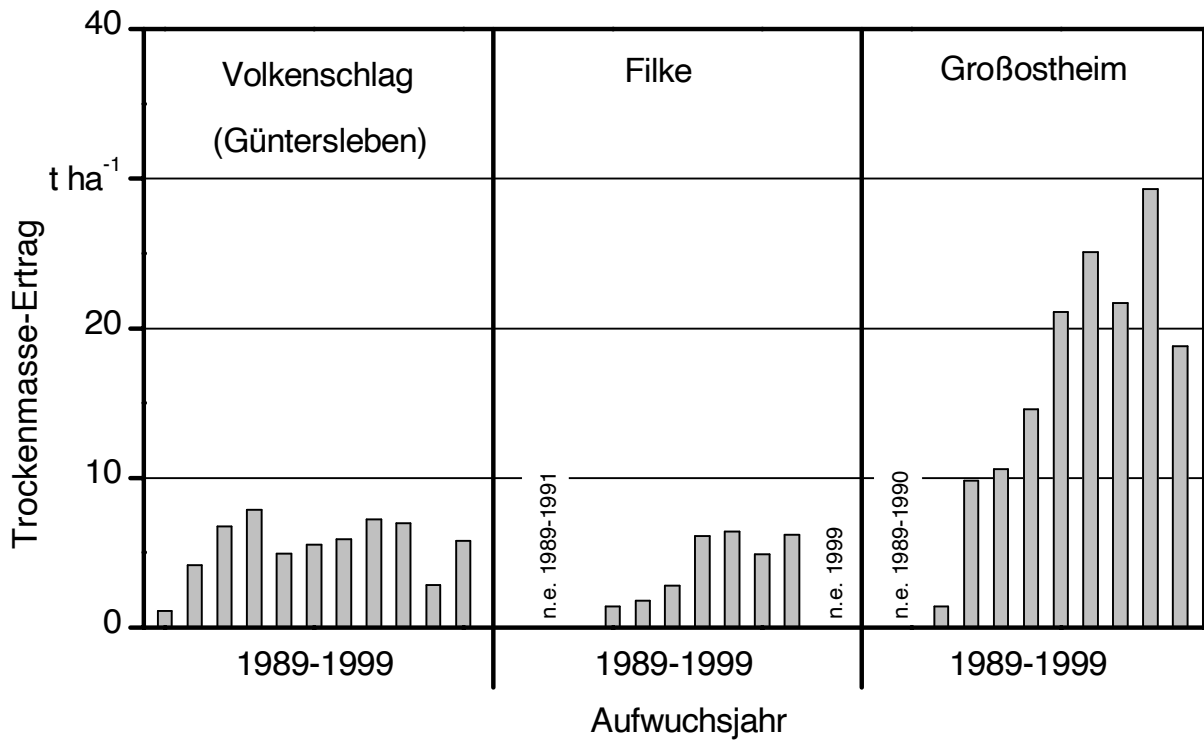


Abbildung 4: Trockenmasseerträge von *Miscanthus x giganteus* an den Standorten Volkenschlag (ohne Düngung), Filke (75 kg N/ha) sowie Großostheim (100 kg N/ha)

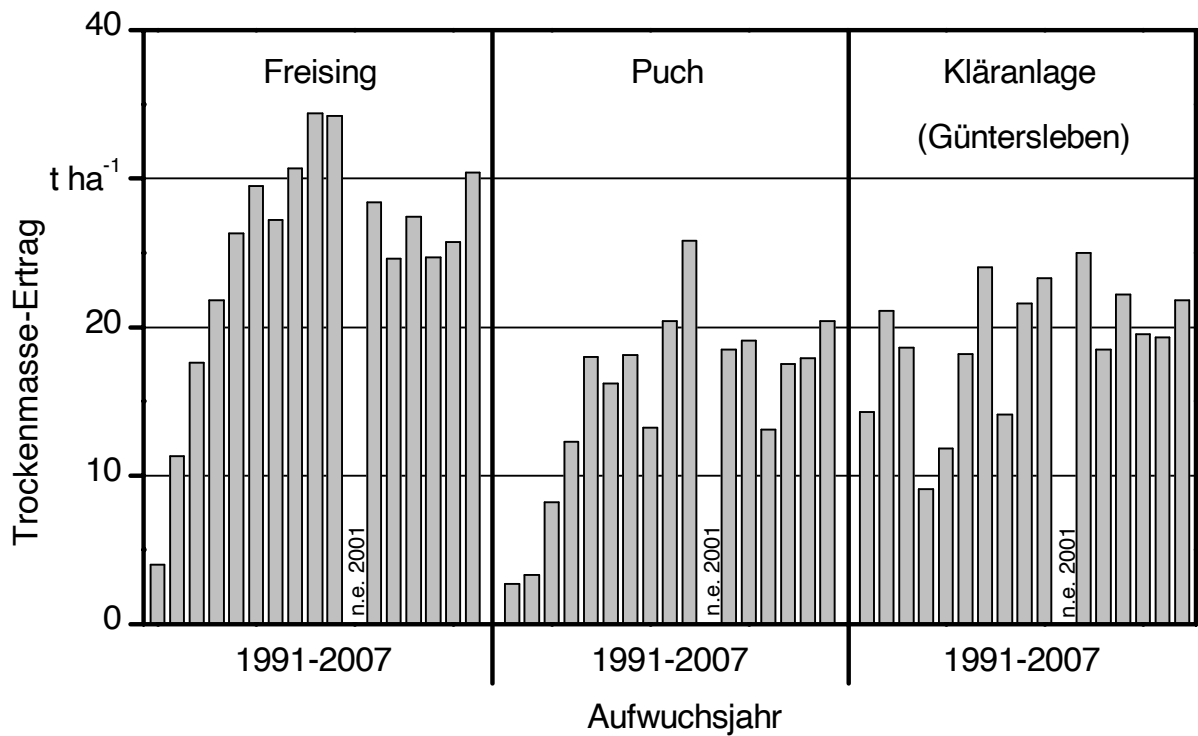


Abbildung 5: Trockenmasseerträge von *Miscanthus x giganteus* an den Standorten Freising und Puch gedüngt mit 75 kg N/ha sowie 100 kg N/ha in Güntersleben (Kläranlage)

Die unterschiedlichen Trockenmasseerträge der drei Langzeitversuche lassen sich mit den spezifischen Witterungs- und Standortbedingungen erklären. So entstehen die Ertragsunterschiede der Standorte in Güntersleben, „Volkenschlag“ und „Kläranlage“, durch die unterschiedlich fruchtbaren Böden. Während es sich am Standort „Kläranlage“ um einen recht nährstoffreichen, tiefgründigen Lössboden handelt, liegt am Standort „Volkenschlag“ eine flachgründige Rendzina mit deutlich geringerer Ackerzahl vor. In Güntersleben handelt es sich zwar generell um eine geschützte Tallage, doch treten hier frühe Fröste auf. Entscheidend für die geringeren Erträge in Güntersleben im Vergleich zu Freising sind die um 260 mm geringeren Jahresniederschläge. Die Versuchsfläche in Puch hingegen ist exponiert und damit schutzlos gegen Wind sowie Schneeeinfall. Darüber hinaus sind die halbjährigen Temperaturen während der Hauptwachstumsphase (April bis September) im Durchschnitt 0,7 °C geringer als in Freising. In Puch und Güntersleben ist die Wuchsperiode durch häufige, frühe Fröste im Winter und später auftretende Bodenerwärmungen im Frühjahr verkürzt und somit der Ertrag verringert. Freising ist auch von der Lagerhäufigkeit her günstig: in Güntersleben und Puch trat beispielsweise Lager in fünf aufeinanderfolgenden Jahren auf, während dies in Freising nur in drei einzelnen Jahren vorkam.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Anbau der Dauerkultur *Miscanthus* nur nach sorgfältiger Flächenauswahl erfolgen sollte, um langjährig hohe und sichere Erträge zu erzielen.

Standortansprüche von *Miscanthus* kurzgefasst:

- gut durchwurzelbare, humose Böden
- Durchschnittstemperatur von min. 7 °C und von April bis September min. 16 °C
- Niederschlagssumme min. 700 mm/Jahr mit guter Verteilung über die Vegetationsperiode
- Standorte mit Staunässe sind nicht geeignet
- Standorte mit ausgeprägten Trockenperioden vermeiden
- exponierte Flächen ohne Schutz vor Wind- und Schneeeinfall erhöhen Gefahr von Lager im Winter und Ernteverlusten
- häufige und starke Fröste, vor allem ohne Schneebedeckung, erhöhen Winterausfallrate in den ersten zwei Jahren

3 Vermehrung und Pflanzgutqualität

3.1 Erzeugung von Pflanzgut

Bei der mikrovegetativen Vermehrung, auch Meristemkultur oder *In-vitro*-Vermehrung genannt, werden aus den Blattachsen Gewebeteile entnommen und unter sterilen Bedingungen im Labor angezogen und vermehrt [10]. Diese Vermehrungsart ist gängig, u. a. bei Orchideen, aber vergleichsweise teuer. Weiterer Nachteil sind die bei Meristemkulturen im Vergleich zu rhizomvermehrten Flächen höheren Auswinterungsverluste.

Unter makrovegetativer Vermehrung ist die Teilung der Mutterpflanze in kleine Rhizomstücke oder das Abstecken der unteren Stängelabschnitte zu verstehen [10], die entweder im Gewächshaus vorgezogen oder direkt ausgepflanzt werden. Zum Einen kann die Gewinnung makrovegetativen Pflanzgutes über mechanische Zerkleinerung der Mutterrhizome im Boden mittels gezogen oder zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten wie z. B. Grubber, Kreiselegge, Zinkenrotor oder Fräse, mit anschließendem Auflösen durch z. B. Kartoffelroder, Steine- oder Blumenzwiebelsammler geschehen [15]. Zum Anderen kann die Entnahme ganzer Mutterrhizome mittels Pflug oder eines geeigneten Rodeaggregates und anschließender Zerkleinerung außerhalb des Bodens durchgeführt werden [15]. Nach der Abfuhr vom Feld lassen sich diese Rhizome problemlos mit einem Schlegelhacker zerkleinern, während sich eine manuelle Zerkleinerung aufgrund des hohen Zeitaufwands nur für kleine Verarbeitungsmengen eignet [26]. Allerdings ist bei der manuellen Zerkleinerung eine Selektion auf vitales Pflanzgut mit vielen Augen möglich. Die Klassifizierung in große und kleine Rhizome ist in der Literatur sehr unterschiedlich.

3.2 Vergleich Meristem- und Rhizomvermehrung

Die über Meristemkultur erzeugten Pflanzen verfügen zunächst über ein kräftiges und dichtes Wurzelsystem, jedoch der für den Wiederaustrieb notwendige und nährstoffspeichernde Rhizomwuchs ist nur in geringem Umfang vorhanden und setzt erst im Laufe der Vegetationsperiode ein. Bei diesen „Meristempflanzen“ sind hohe Ausfallraten im ersten Winter häufig. Bei makrovegetativer Vermehrung über Rhizomabschnitte ist, je nach Größe des Pflanzrhizoms, bereits ein mehr oder minder großer Reservestoffspeicher vorhanden, in den zeitiger Reservestoffe rückverlagert werden als bei „Meristempflanzen“ [25].

Die anfänglichen Unterschiede zwischen Meristem- und Rhizompflanzen, wie z. B. geringere Triebzahlen bei letzteren, verwachsen sich nach zwei bis drei Jahren völlig [25]. Eine schnellere Bestandesentwicklung für Pflanzgut des einen oder anderen Vermehrungsverfahrens ist bei optimalen Pflanzbedingungen nicht gegeben. Die Rhizomvermehrung hat sich aufgrund der geringeren Pflanzgutkosten und den verminderten Ausfällen im Winter [25] etabliert. Ein weiterer Vorteil ist die Nutzungsmöglichkeit bestehender Miscanthusbestände zur Pflanzguterzeugung.

3.3 Vermehrung über Saatgut und Selektion winterharter Genotypen

Wenn es gelänge, Miscanthus über Saatgut zu vermehren, könnten die Aufwendungen für die Pflanzguterzeugung deutlich verringert werden. Durch Kreuzung und Selektion sollten Hybriden gefunden werden, die sich über Saatgut vermehren lassen, winterhart und leistungsstark sind und bevorzugt spät reifen, damit es nicht zur Samenbildung und damit einhergehend zu unkontrollierter Ausbreitung kommt. In Zusammenarbeit mit der Firma TINPLANT Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH wurden Jungpflanzen aus Kreuzungen von *Miscanthus sacchariflorus* und *Miscanthus sinensis*-Typen am Gunststandort „Meidl“ in Güntersleben in einem Abstand von

0,90 m x 0,80 m in tiefgründigem Lössboden (Ackerzahl 83) ausgepflanzt. Im langjährigen Mittel fallen dort 606 mm Niederschlag bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 9,1 °C.

Angefangen mit einer Kreuzungsreihe 1999, von der 25 Absaaten (F1-Generation) Ende Mai 2000 ausgepflanzt wurden, gab es weitere Pflanzungen neuer Kreuzungsreihen, die Anfang Juni 2001 und Mitte Juni 2002 gepflanzt wurden. Die Pflanzenzahlen schwankten jeweils in Abhängigkeit des Saatgutertrages der jeweiligen Kreuzung (von 21 bis zu 1.256 Pflanzen). Trotz einer Anwachsrate von nur 84 % lieferten erfolgreiche Kreuzungen bereits nach dem dritten Standjahr (inkl. Pflanzjahr) einen Trockenmasseertrag von 15,7 t/ha (Hochrechnung). Bestände dieser F1-Generationen waren im Vergleich zu Klonpflanzen deutlich inhomogener, doch zeigten sich keine negativen Auswirkungen auf den Gesamtertrag (Abbildung 6).



Abbildung 6: Aus der im Jahr 2000 gepflanzten F1-Generation in 2003 selektierte Miscanthuspflanzen, 3. Standjahr (Oktober 2007)

Insgesamt belegen die hohen Überwinterungsraten von bis zu 100 % und Versuchserträge bis rund 16 t Trockenmasse je Hektar nach dem dritten Standjahr, dass es sich bei der Anzucht von Jungpflanzen über Saatgut um eine erfolgversprechende Methode zur Etablierung von Miscanthusbeständen handelt. Die Pflanzgutkosten sind vergleichbar mit den Kosten einer Rhizomvermehrung. Allerdings zeigten nur 6 Kreuzungen ein einheitlich spätes Blühverhalten. Für andere erzeugte Kreuzungen besteht wiederum die Gefahr einer Florenverfälschung, da einige Nachkommen als kritisch im Hinblick auf eine eventuelle Aussamung eingestuft werden müssen. Grundsätzlich bestehen Chancen auf eine direkte Aussaat auf die Fläche, was durch weitere Arbeiten zu überprüfen ist.

3.4 Austriebsverhalten von Rhizom-Pflanzgut

Die Beseitigung von alten oder nicht mehr benötigten Miscanthusbeständen ist relativ zeit- und kostenaufwändig, daher wird in der Praxis häufig eine Rodung zur Gewinnung von neuem Pflanzgut durchgeführt, um eine zusätzliche Wertschöpfung zu erzielen. Pflanzgut aus den älteren Rhizomteilen oder generell älteren Miscanthusbeständen könnte eine geringere Triebkraft aufweisen oder sogar schon abgestorben sein. Je nach Alter der Mutterrhizome, aus denen das Pflanzgut gewonnen wird, und der Lage gewonnener Rhizomstücke innerhalb des Mutterrhizoms, kann sich das Austriebsverhalten stark unterscheiden. Tote oder triebschwache Rhizomabschnitte können zu verfahrensbedingten Lücken im Neubestand führen, die zusätzlich zu Pflanzfehlern einkalkuliert werden müssen.

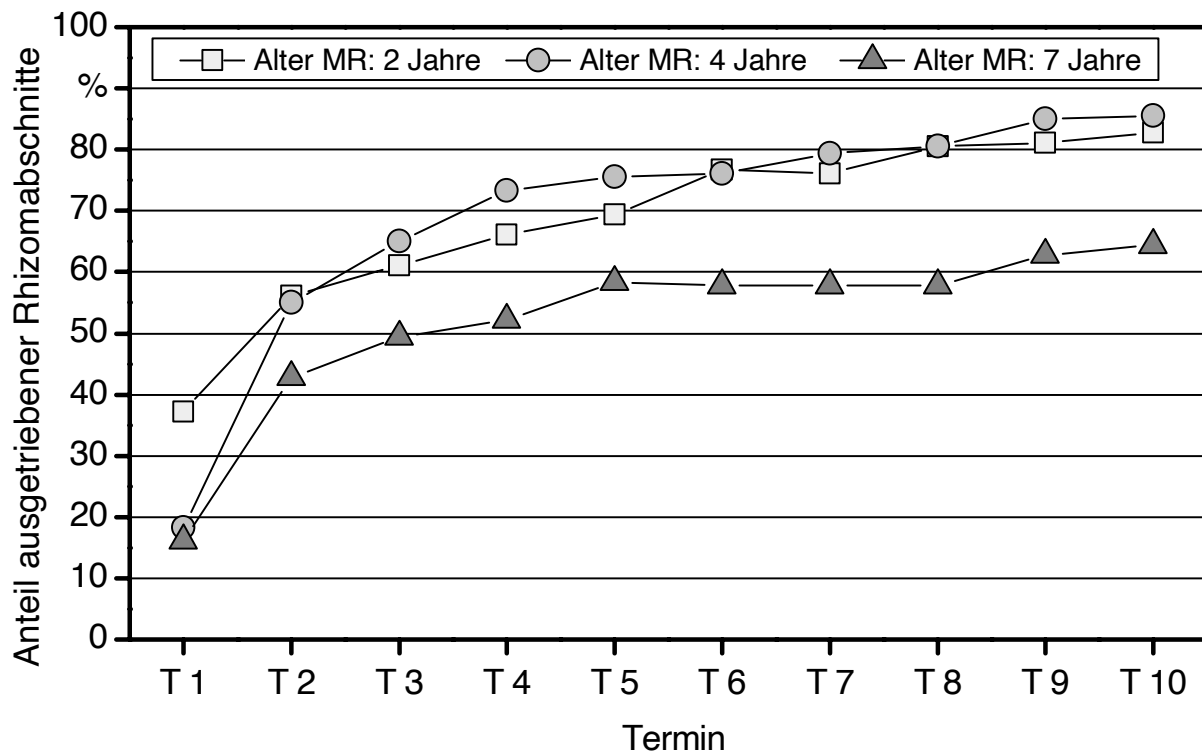


Abbildung 7: Anteil mit oberirdischen Sprossen ausgetriebener Rhizomabschnitte aus 2-, 4- und 7-jährigen Mutterrhizomen (MR) über eine Versuchsdauer von 91 bis 99 Tagen

Jedes der im Versuch verwendeten handverlesenen Rhizomstücke aller Altersklassen der Mutterrhizome (hier: 2, 4 und 7 Jahre) verfügt über mehrere Augen. In Abbildung 7 ist der zu erwartende Feldaufgang aus den Rhizomstücken zu sehen. Ab dem zweiten Termin ist ein deutlich höherer Anteil ausgetriebener Rhizomabschnitte bei Stücken 2- bis 4-jähriger Mutterrhizome im Vergleich zu den Abschnitten der 7-jährigen Mutterrhizome zu verzeichnen. Bis zum Ende der Erhebungen steigern sich die Anteile ausgetriebener Rhizomabschnitte auf durchschnittlich 82,8 % für die 2-jährigen, 85,6 % für die 4-jährigen und 64,4 % für die 7-jährigen Mutterrhizome. Es sind also 14

bis 17 % Fehlstellen im Neubestand trotz triebfreudigen Pflanzguts unvermeidbar, bei Pflanzmaterial aus 7-jährigen Beständen sogar bis zu 35 %.

Die Rhizomabschnitte wurden in jeder Altersstufe nach ursprünglicher Lage im Mutterrhizom getrennt. Für alle Altersstufen ist die höchste Triebkraft für die Abschnitte 1-jährig außen festzustellen, den jüngsten Bereichen der Mutterrhizome. Auch aus den älteren Mutterrhizomen stammende Abschnitte zeigen noch über 80 % Austrieb. Die Austribskraft der Abschnitte aus dem Bereich mehrjährig innen der 7-jährigen Mutterrhizome liegt im Gegensatz dazu unter 40 % (Abbildung 8), obwohl auch diese bei der Vorselektion als vital eingestuft wurden. Dies verursacht den insgesamt schlechten Feldaufgang des Pflanzguts aus älteren Mutterrhizomen und bestätigt die als gering angenommene Austribskraft innenliegender Bereiche.

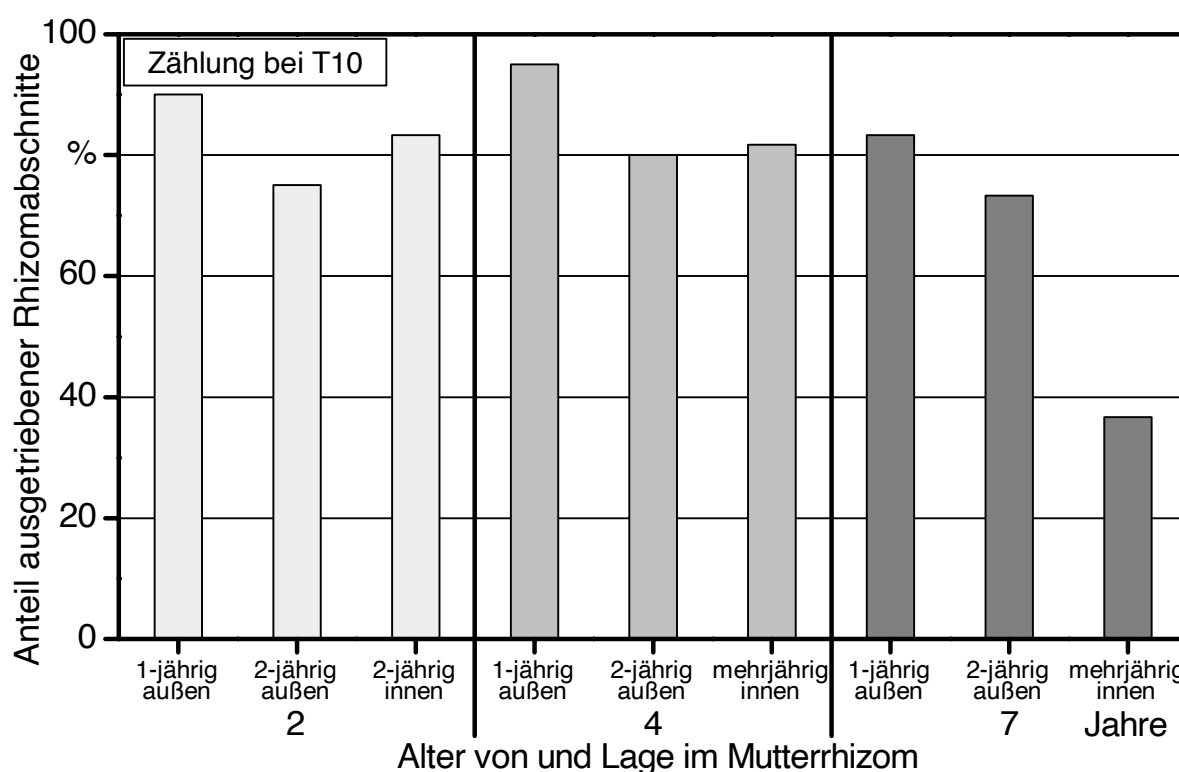


Abbildung 8: Anteil ausgetriebener Rhizomabschnitte aus 2-, 4- und 7-jährigen Mutterrhizomen mit Unterscheidung der Ursprungslage zum 10. Termin

Für alle Lagen der Rhizomabschnitte aus den 2- und 4-jährigen Mutterrhizomen wird zu Versuchsende eine maximale Sprosslänge von knapp 400 mm und darüber gemessen (Abbildung 9). Für die Rhizomabschnitte der ältesten Mutterrhizome können nur maximale Sprosslängen von 212 mm, für die Abschnitte mehrjährig innen sogar nur 120 mm ermittelt werden. Obwohl die 1-jährigen Abschnitte aus den 7-jährigen Mutterrhizomen bezüglich der Anzahl an Austrieben nicht gravierend von denen der anderen Altersstufen abweichen, ist die Wuchskraft dieser Sprosse deutlich vermindert, was einen bedeutenden Nachteil für die Neuanlage von *Miscanthus*-beständen darstellt.

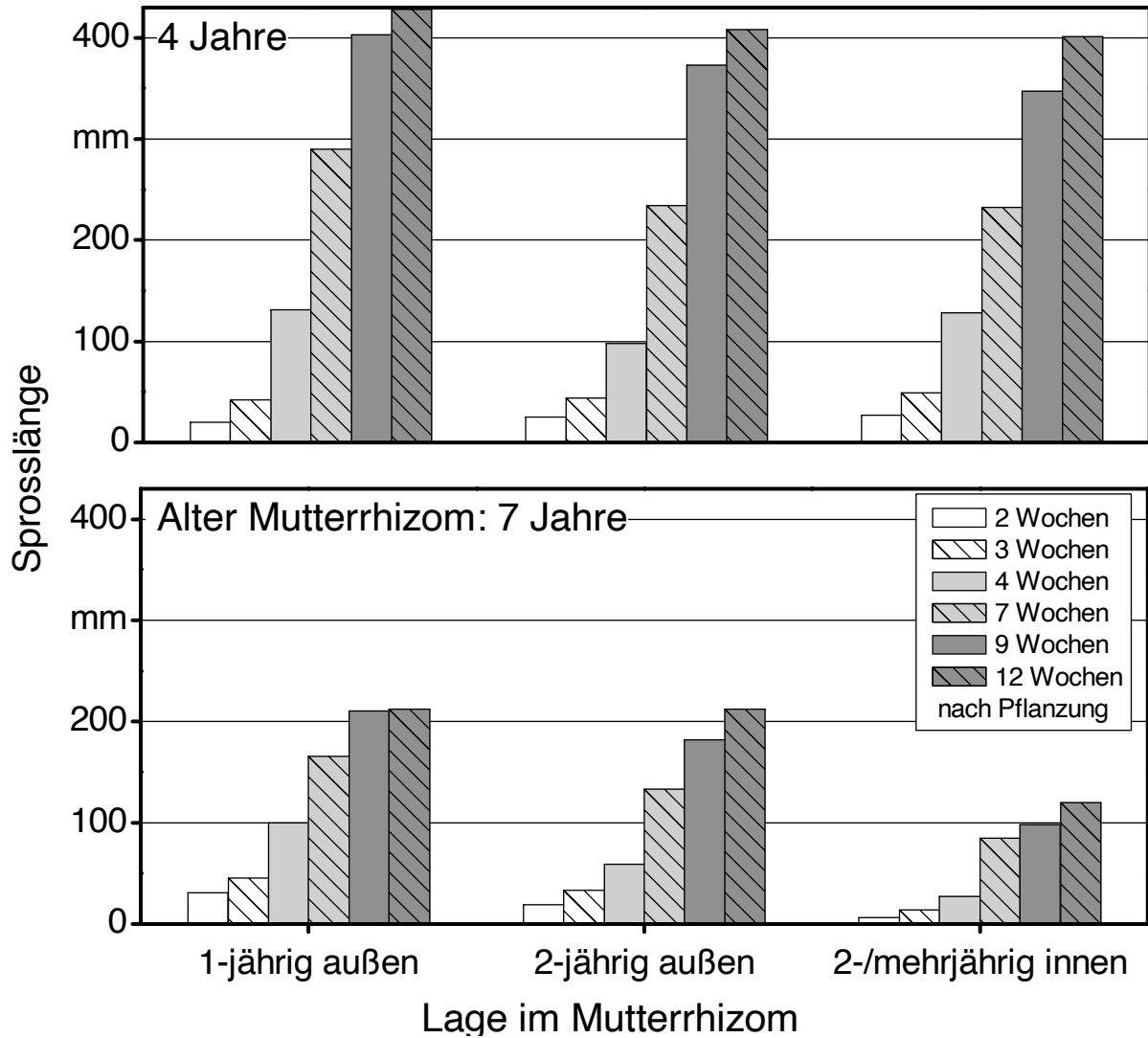


Abbildung 9: Längenentwicklung von Sprossen aus Rhizomabschnitten der 4- und 7-jährigen Mutterrhizome über eine Versuchsdauer von 12 Wochen nach der Pflanzung

Bei einer Übertragung der in dem vorgestellten Versuch ermittelten Daten auf Feldbedingungen ist zu berücksichtigen, dass sowohl bei der Entnahme der Mutterrhizome als auch bei der Erzeugung der Rhizomabschnitte eine Selektion auf besonders vital erscheinendes Pflanzgut erfolgte. Diese Selektionsschritte sind in der Praxis, vor allem aus Kosten- und Zeitgründen, so nicht durchführbar, so dass dort mit entsprechend geringerer Triebkraft zu rechnen ist. Fehlstellen von 35 % und deutlich geringere Wuchskraft bei Rhizomabschnitten aus den 7-jährigen Mutterrhizomen machen deutlich, dass sich ältere Miscanthusbestände nur bedingt zur Rhizomvermehrung eignen. Mit den momentan verfügbaren Vermehrungs- und Neuanlagemethoden sind Fehlstellen von deutlich über 15 % unvermeidbar, da zusätzliche Fehlstellen durch Pflanzfehler, mangelnden Bodenschluss, Mäusefraß etc. noch hinzukommen können. Eine Methode zur Gewinnung von qualitativ hochwertigem Pflanzgut ist noch nicht vollständig entwickelt und etabliert.

3.5 Winterhärte und Reservestoffeinlagerung

Als ein entscheidender Faktor für die Winterhärte von *Miscanthus*-Pflanzen hat sich der Abschlusszeitpunkt des Pflanzenwachstums herausgestellt. Pflanzen, die zum Zeitpunkt des 1. Frostes ihr Wachstum noch nicht abgeschlossen haben, zeigen erhöhte Ausfallraten. Austriebstests mit Rhizomen verschiedener *Miscanthus*-Sorten und -Altersstufen bestätigen diese Freilandbeobachtungen. Den raschesten Wiederaustrieb und die somit geringste Winterruhe zeigten im Versuch Jungpflanzen von *Miscanthus x giganteus*, die der Versuchshypothese entsprechend wohl noch nicht den Abschlusszeitpunkt erreicht hatten.

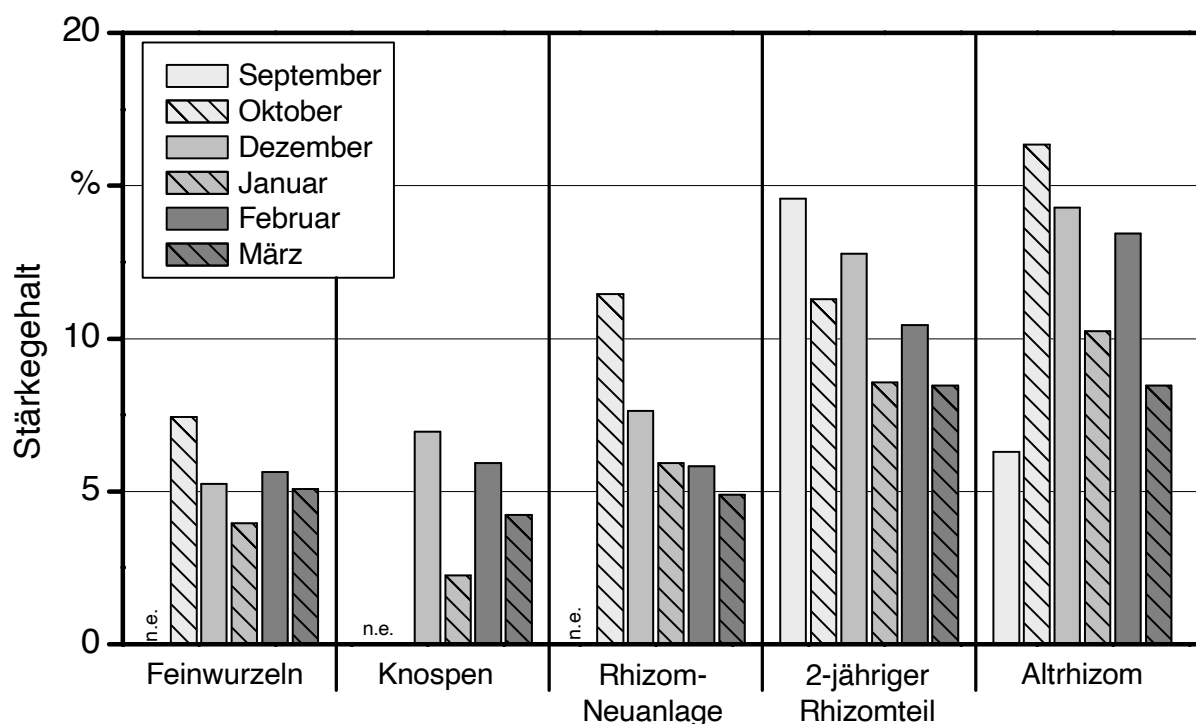


Abbildung 10: Verteilung des Stärkegehalts innerhalb verschiedener, unterirdischer Biomassebereiche eines 6-jährigen *Miscanthus x giganteus*-Rhizoms (Sept.1996 bis März 1997)

Im Altrhizom einer 6-jährigen *Miscanthus x giganteus*-Pflanze wurde fast der doppelte Stärkegehalt im Vergleich zu jungen Rhizomteilen festgestellt (Abbildung 10). Dies bestätigt die Angaben in der Literatur, wonach in erster Linie bereits gebildete, mehrjährige Rhizomteile als Reservestoffspeicherung dienen. Im Hinblick auf die Kohlenhydratkonzentration (Abbildung 11) ist eine gegenläufige Synchronisation festzustellen, mit Ausnahme der Knospen und Feinwurzeln. Höchste Kohlenhydratwerte wurden in den Knospen gemessen. Von September bis Dezember ist ein Anstieg der Kohlenhydratkonzentration zu verzeichnen, die in den Wintermonaten auf hohem Niveau bleibt und als Frostschutz interpretiert werden kann. Erst im März nimmt die Konzentration ab, was auf Atmungsverluste zurückzuführen sein dürfte. Der Stickstoffgehalt der einzelnen Fraktionen ist in den Knospen am höchsten. Knospen und Rhizomneuanlagen sind Orte mit po-

tenziell hohem Syntheseleistungsvermögen und daher grundsätzlich im Stickstoff- und Mineralhaushalt gut versorgt. Altrhizom und 2-jähriges Rhizom, Organe mit überwiegender Speicherfunktion, stehen im Gegensatz dazu im Stärkegehalt an höchster Stelle. Eventuell ist der höhere Stärkeanteil älterer Rhizomteile positiv für die Überwinterungsfähigkeit älterer Pflanzen.

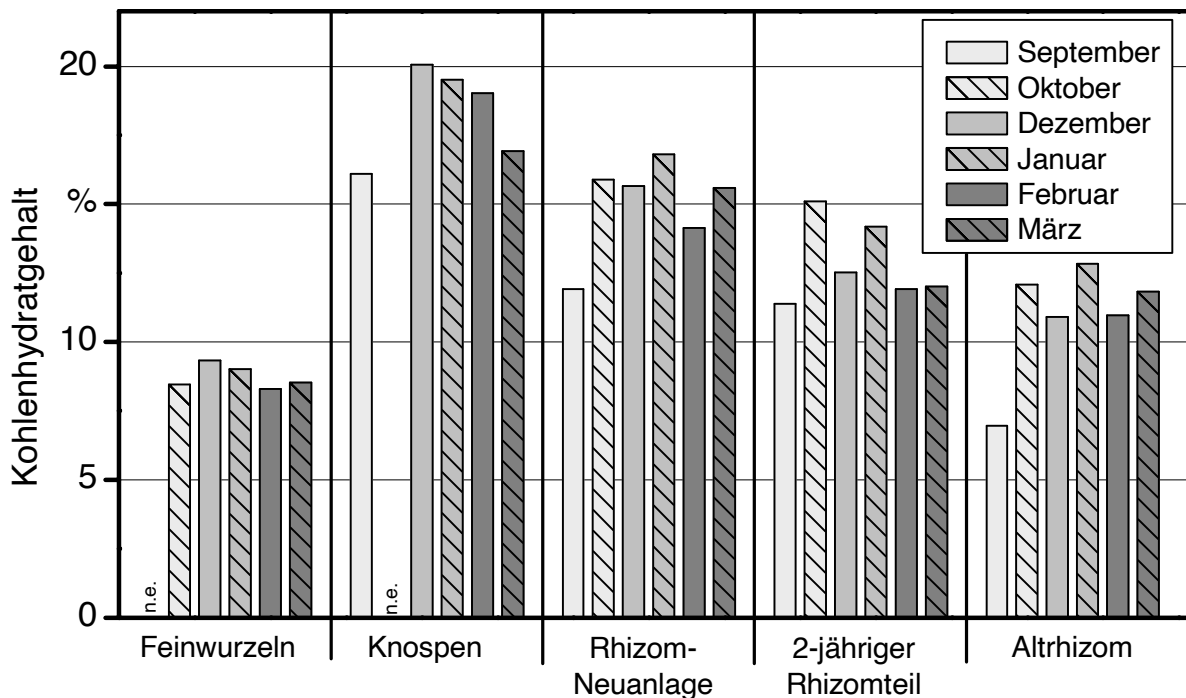


Abbildung 11: Verteilung des Kohlenhydratgehalts innerhalb verschiedener, unterirdischer Biomassebereiche eines 6-jährigen *Miscanthus x giganteus*-Rhizoms (Sept.1996 bis März 1997)

Vermehrung und Pflanzgutqualität von *Miscanthus* kurzgefasst:

- Erzeugung von Rhizompflanzgut über unterschiedliche Verfahrensketten möglich
- Vermehrung über Rhizomteilung ist kostengünstiger als Meristemkultur
- Vermehrung über Saatgut noch nicht praxisreif, darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Florenverfälschung durch Selbstverbreitung
- nach 91 bis 99 Tagen ist der maximale Feldaufgang nach Neuanlage erreicht
- allein durch Rhizompflanzgut sind Fehlstellen bis 17 % bei Pflanzgut aus 2- bis 4-jährigen Mutterbeständen und bis zu 35 % bei 7-jährigen Rhizomen zu erwarten
- geringe Austriebsfähigkeit und Wuchskraft des Rhizompflanzgutes aus älteren Beständen
- Pflanzgutqualität ist entscheidend für eine erfolgreiche Bestandesetablierung
- Fehlstellen in Dauerkultur *Miscanthus* können langfristige Mindererträge zur Folge haben

4 Produktionsverfahren

4.1 Neuanlage von Miscanthusbeständen, Bestandesdichte und Sortenwahl

Neupflanzungen sind sowohl im Frühjahr, Sommer als auch im Herbst möglich, wobei nur für Meristempflanzen der Sommer empfohlen werden kann, da bei Rhizomabschnitten ein zu hohes Austrocknungsrisiko besteht. Der Pflanztermin sollte im Frühjahr so früh wie möglich sein, aber nach den letzten Spätfrösten [4]. Von einer Pflanzung auf Standorten mit hohen N_{\min} -gehalten (z. B. nach Grünlandumbruch) wird abgeraten, da das hohe Stickstoffangebot das oberirdische Pflanzenwachstum auf Kosten der Rhizomausbildung fördert, so dass das Auswinterungsrisiko stark steigt. In bayerischen Versuchen wurde bei Frühjahr- und Herbstpflanzung ein deutlich besseres Anwachsen und Überwintern größerer Rhizome, auch unter Trockenheit, festgestellt [25]. Bei der Ablagetiefe gehen die Angaben, vermutlich aufgrund unterschiedlicher Rhizomgrößen, weit auseinander. Als positiv für die Überwinterungsraten hat sich eine Pflanztiefe von ca. 10 bis 20 cm erwiesen [15].

Da Miscanthus im Anlagejahr als sehr konkurrenzschwach gilt, sollte eine gründliche Vorbereitung des Saatbettes dem jeweiligen Standort angepasst und wie für eine Maisaussaat durchgeführt werden, mit dem Ziel einer tiefgründig gelockerten und unkrautfreien Pflanzfläche. Für die Pflanzung haben sich in der Praxis zwei- bis vierreihige Geräte bewährt, die nach dem Prinzip von halbautomatischen Kartoffellegemaschinen arbeiten [8], sowie Pflanzmaschinen aus dem Gemüsebau und Forst [19]. Eine weitere Möglichkeit ist das breitflächige Ausbringen der Rhizomabschnitte (z. B. mit einem Miststreuer) mit anschließendem Unterpflügen. Auf schweren Böden können jedoch Hohlräume zwischen den Erdschollen zu einer unzureichenden Bedeckung der eingepflügten Rhizomabschnitte führen und somit das Risiko des Austrocknens erhöhen.

Weitgehend in der Praxis durchgesetzt hat sich eine Pflanzdichte von 1 Pflanze je m^2 , mit Reihenabständen von 75, 100 oder 133 cm. Für eine bessere Standraumverteilung und schnellerem Lückenschluss bei Ausfällen, hat sich in der Praxis eine versetzte Ablage (halber Abstand in der Reihe) zur benachbarten Reihe bewährt.

Die richtige Sortenwahl je Standort und Verwendungsrichtung ist der Garant für einen gewinnbringenden Anbau. Auf guten Böden mit entsprechendem Klima ist Miscanthus x giganteus der ertragsstärkste Cultivar. Selbst auf exponierten Flächen wie in Puch mit ungehindertem Windeinfall und in Höhen- oder Tallagen mit frühen Frösten kann der Anbau von Miscanthus x giganteus ertragreicher sein als der Anbau anderer Sorten (Abbildung 12). Auf deutlich ungünstigen Flächen, wie z. B. in Filke, ist eher M. sinensis 'Goliath' geeignet. Neben der Ertragsleistung muss bei der Sortenwahl auch die geplante Nutzungsrichtung beachtet werden, nicht für alle Verwendungen ist jede Sorte gleich gut geeignet.

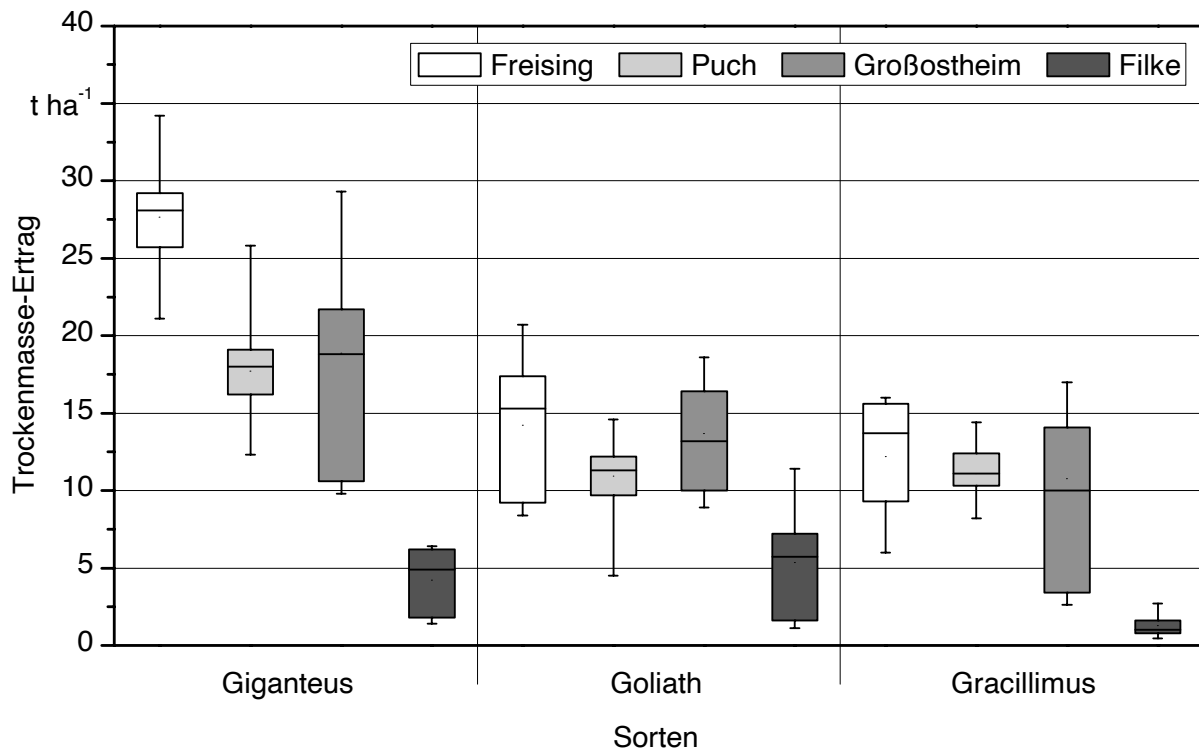


Abbildung 12: Trockenmasseerträge ab dem dritten Standjahr (Freising und Puch = 1994 bis 2007; Großostheim und Filke = 1992 bis 1998) von *Miscanthus x giganteus*, *M. sinensis* 'Goliath' und *M. sinensis* 'Gracillimus' in Freising, Puch, Großostheim und Filke. Boxen werden durch 25- und 75-Perzentile und Whisker durch 5- und 95-Perzentile bestimmt

Das Blatt-Stängel-Verhältnis spielt für die Ertragsunterschiede zwischen *Miscanthus x giganteus* und *Miscanthus sinensis* 'Gracillimus' ebenfalls eine Rolle. Während die Blatt-Stängel-Verhältnisse des Cultivars 'Giganteus' und der Sorte 'Goliath' sehr ähnlich sind und bei der Ernte im Frühjahr einen Stängelanteil zwischen 78 bis 96 % in Freising und 92 bis 98 % in Puch aufweisen, verhält sich dies bei der Sorte 'Gracillimus' anders. Diese hat einen weitaus größeren Blattanteil sowie viel feinere Blätter (Abbildung 13) und kommt somit bei der Ernte im Frühjahr nur auf einen Stängelanteil von 57 bis 85 % in Freising und 77 bis 87 % in Puch. Je höher der Anteil Blätter im Häckselgut, desto höher ist der Gehalt von N und aschebildenden Elementen [23], und je höher der Aschegehalt, desto geringer ist die Qualität als Brennstoff, da sich unter anderem die Verschlackungsneigung erhöht. Aufgrund der höheren Ertragsleistung und/oder des besseren Blatt-Stängel-Verhältnisses ist *Miscanthus x giganteus* den Sorten 'Goliath' und 'Gracillimus' derzeit überlegen. Hier könnte nur die Züchtung neuer Typen basierend auf den Sinensis-Typen Konkurrenzsorten hervorbringen.



Abbildung 13: Bei beiden Fotos, aufgenommen in Freising im Oktober 2005 (links) und Juni 2009 (rechts), jeweils links im Bild *Miscanthus sinensis* 'Gracillimus' und jeweils rechts im Bild *Miscanthus x giganteus*

4.2 Pflanzenschutz

Miscanthus reagiert im Frühstadium der Entwicklung, vor allem in den ersten beiden Standjahren, sehr empfindlich auf Konkurrenz hinsichtlich Stickstoff und Licht. Deshalb ist eine Ausschaltung unerwünschter, vor allem hochwachsender Konkurrenten wie z. B. Melde, Amaranth, Distel und ausdauernde Ungräser (Quecke, Hirse) im Anpflanzjahr die Voraussetzung für eine schnelle Bestandesetablierung.

Vor der Pflanzung oder bei starker Verungrasung nach dem ersten Standjahr im zeitigen Frühjahr vor dem Neuaustrieb im zweiten Jahr empfiehlt sich ein glyphosathaltiges Totalherbizid mit einer Aufwandmenge von 3 bis 5 l je ha [2][8]. In jungen *Miscanthus*-beständen können alle Mais- und Getreideherbizide eingesetzt werden [27]. Nach Erfahrungen aus Versuchen des TFZ wird allerdings von Herbiziden mit den Wirkstoffen Nicosulfuron oder Dicamba abgeraten. *Miscanthus* ist herbizidverträglich gegenüber Gropper, Starane 180 und Duplosan, wobei Gräsermittel bis Triebhöhen < 5 cm einsetzbar sind [29]. Gute Erfolge wurden auch mit Stomp SC bei Einsatz im 2. und 3. Standjahr beobachtet [1]. Bayerische Untersuchungen ergaben keine Schadeinwirkung durch Wachstumsstoffe wie z. B. DP, MCPA, MCPP, 2-4 D, durch Sulfonylharnstoffe wie z.B. Pointer, Concert oder durch andere Mittel wie z. B. Lontrel [19]. Bei der Novellierung des Pflanzenschutzgesetzes (PflSchG) wurde die sogenannte Indikationszulassung eingeführt. Für *Miscanthus* gibt es derzeit in Deutschland kein zugelassenes Herbizid, jedoch kann der Landwirt nach § 18 b PflSchG bei der zuständigen Behörde eine Einzelfallgenehmigung beantragen.

Wenn chemische Maßnahmen nicht in Frage kommen, kann die Unkrautbekämpfung erfolgreich mit Hackstriegel und Hackgerät durchgeführt werden. Im Anlagejahr sind *Miscanthus*-bestände noch relativ empfindlich, daher kann ein Striegeleinsatz nur vorsichtig [8], aber durchaus alle 10 Tage ohne Schädigung durchgeführt werden, im zweiten Jahr bis etwa 50 cm Wuchshöhe [29].

4.3 Düngung

Die Rückverlagerung von Nährstoffen im Herbst aus den Halmen in das Rhizom sowie der Blattfall über Winter erlauben die Kultivierung von *Miscanthus* als Low-input-Pflanze bezüglich der Düngergaben. Im Frühjahr stehen die im Rhizom eingelagerten Nährstoffe für den Wiederaustrieb zur Verfügung [18]. Entscheidend für die Entzugswerte ist u. a. der Zeitpunkt der Ernte. In einer Untersuchung des Erntegutes zu verschiedenen Zeitpunkten nahm die Konzentration an Aschebildnern, Stickstoff, Chlor und Schwefel von Dezember bis Februar signifikant ab [23]. Die Entzugswerte für die wichtigsten Nährstoffe liegen je nach Quellenangabe für N bei 1,2 bis 6,7 kg/ha je t TM, für P_2O_5 bei 0,2 bis 1,1 kg/ha je t TM und für K_2O bei 4 bis 9 kg/ha je t TM [14][21][22][28]. Aufgrund des schnellen Wachstums im Zeitraum von Mai bis Juli hat *Miscanthus x giganteus* zu dieser Zeit auch den höchsten Nährstoffbedarf. Auf vielen Böden kann auf eine N-Gabe verzichtet werden, ansonsten reichen 50 bis max. 75 kg N je Hektar und Jahr aus, da *Miscanthus* durch seine tiefen Wurzeln ein großes Nährstoffeffassungsvermögen hat [12].

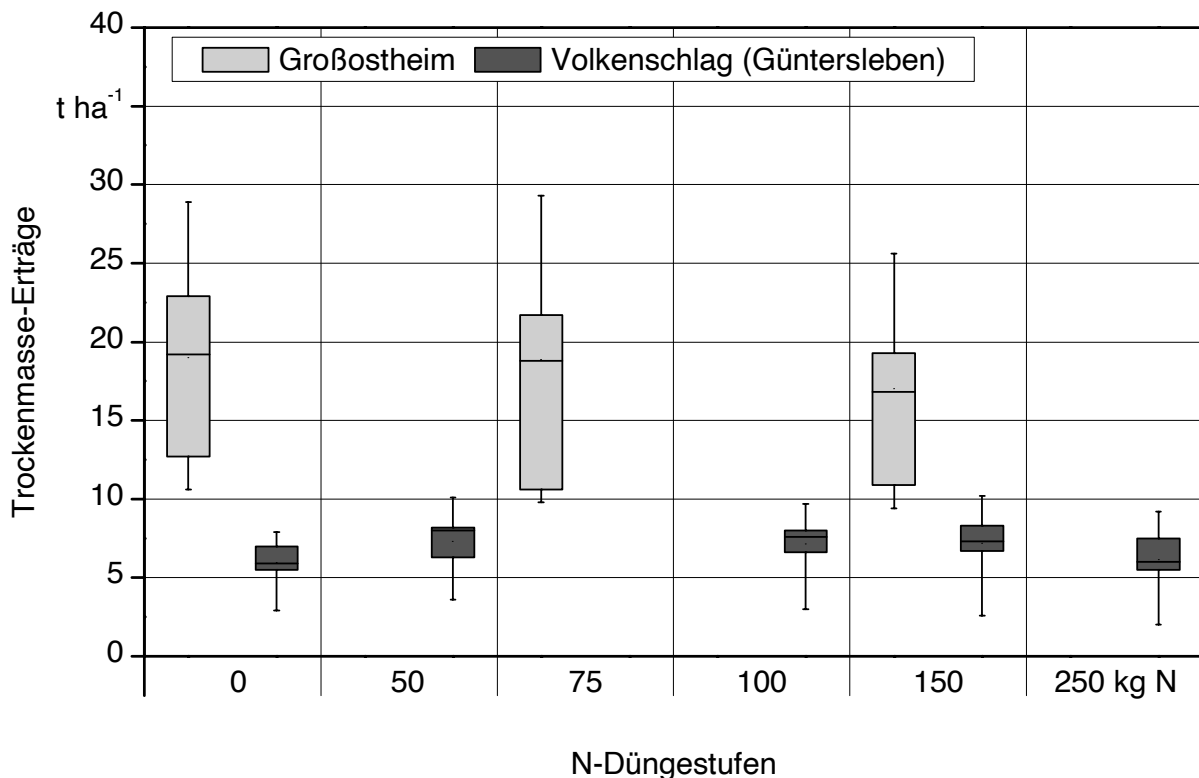


Abbildung 14: Trockenmasseerträge von *Miscanthus x giganteus* über den gesamten Versuchszeitraum (1992 – 2000) in Abhängigkeit unterschiedlicher N-Düngestufen [kg/ha] in Großostheim und Güntersleben (Volkenschlag)

Im Vergleich mehrerer bayerischer Standorte ist deutlich zu erkennen, dass eine mineralische Stickstoffdüngung nicht unbedingt zu Ertragssteigerungen führt (Abbildung 14; Abbildung 15). Nur in Freising zeigt sich ein positiver Effekt der erhöhten N-Düngung. Die Stickstoffgaben zeigen nur dann ertragssteigernde Effekte, wenn nicht andere Faktoren wie Temperatur und Wassergehalt eine limitierende Rolle spielen [3]. In Güntersleben und Großostheim werden Wachstum

und Ertrag durch verschiedene Faktoren begrenzt, so dass die erhöhten N-Düngung nicht genutzt werden können.

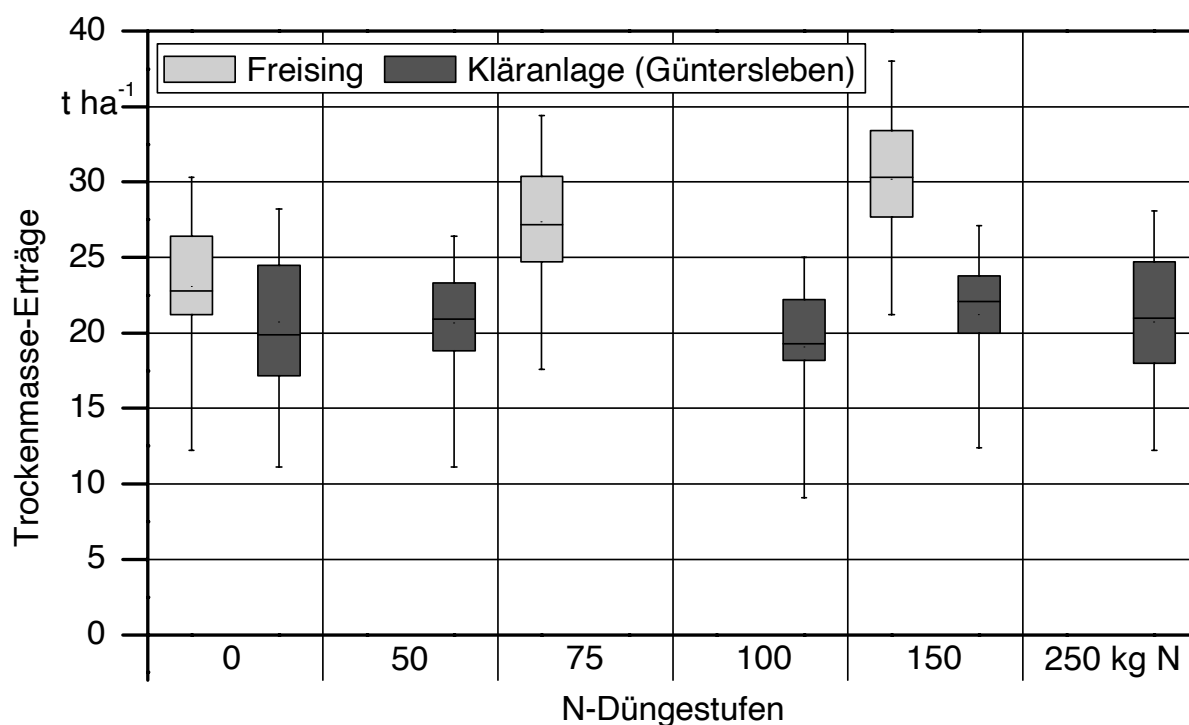


Abbildung 15: Trockenmasseerträge von *Miscanthus x giganteus* über den gesamten Versuchszeitraum (1993 – 2007) in Abhängigkeit unterschiedlicher N-Düngestufen [kg/ha] in Freising und Güntersleben (Kläranlage)

In Freising wurde in einzelnen Jahren eine mit der Erhöhung der Stickstoffdüngung einhergehende, leichte Anreicherung des Blattanteils im Frühjahr um 5 % für die 75 kg N Variante und um 9 % für die 150 kg N Variante festgestellt. Eine Stickstoffdüngung auf guten Standorten kann zwar zu einer Ertragssteigerung führen, jedoch unter Umständen die Qualität des Ernteguts und die potenziellen Nutzungsmöglichkeiten durch vermehrte Blattanteile verringern.

4.4 Beerntung und Verarbeitung des Miscanthus-Strohs

Durch den Blattfall im Winter sind die Erntemengen im Frühjahr deutlich geringer als im Herbst, mit 14,3 bis 45 % Verlust ist zu rechnen [2]. Aufgrund des hohen Wassergehalts ($\geq 50\%$) zur Ernte in den Wintermonaten, liegt der zu bevorzugende Erntezeitraum zwischen Anfang März und Mitte April (Wassergehalte möglichst unter 15 %).

Sofern die Transportkosten aufgrund kurzer Wege eine untergeordnete Rolle spielen, eignet sich die reihenunabhängige Häckslerkette analog zur Silomaisbergung mit Selbstfahrern [16]. Das Material wird lose abgefahren und entweder als unbefestigter Haufen oder in einem Fahrsilo gela-

gert. Eine Lagerung unter Dach zum Schutz vor Regen wird empfohlen, eine Abdeckung mit Folie im Freien stellt nur ein Provisorium dar. Das Schüttgewicht von Miscanthushäckselgut ist mit ca. 70 bis 90 kg je Kubikmeter relativ gering [12][15]. Die Transportkosten können bei größeren Entfernungen nur durch Einsatz großvolumiger Abfuhreinheiten niedrig gehalten werden. Sind große Entfernungen zu überbrücken oder ist nur geringer Lagerraum vorhanden, ist eine feldseitige Vorverdichtung z. B. von Langstroh in Groß- oder Quaderballen sinnvoll [16], so dass diese mit herkömmlicher Technik abgefahren und eingelagert werden können. Bei der Lagerung kann es zur Schimmel- und damit auch Klumpenbildung kommen, wenn der Wassergehalt über 20 % liegt [24]. Für eine eventuell notwendige Trocknung eignet sich eine Belüftungstrocknung in Kombination mit einer Kühlbelüftung.



Abbildung 16: Aus Miscanthus-Material erzeugte Briketts und Pellets

Um hohe volumetrische Energiedichten zu erzeugen, werden Kolbenstrangpressen zum Brikettieren (Endprodukt Miscanthus-Taler) oder Kollergangpressen zum Pelletieren (Miscanthus-Pellets) eingesetzt (Abbildung 16). Pelletieranlagen für Sägemehl können bei Miscanthus verwendet werden, der mit Exakthäckslern geerntet wurde [15]. Zugabe von Klebstoffen oder Bindemitteln ist nicht notwendig, allerdings muss das Material mittels Hammermühle sehr fein (< 5 mm) zerkleinert werden und der Pressgang darf nicht länger als 40 mm sein, da es sonst zur Erwärmung und Verstopfung kommt. Logistischen Vorteilen, günstigen Fließ- und Dosiereigenschaften und geringer Staubeentwicklung bei der Brikettierung bzw. Pelletierung stehen hohe Produktionskosten von bis zu 90 € je Tonne Miscanthus und die genannten technischen Schwierigkeiten gegenüber.

Produktionsverfahren kurzgefasst:

- Pflanzung am besten im Frühjahr nach den Spätfrösten
- nur meristemvermehrte Pflanzen können im Sommer gepflanzt werden
- Flächenvorbereitung wie für Maissaat
- Pflanzdichte 1 Pflanze/m² mit Pflanzabständen von z. B. 0,75 x 1,33 m
- bessere Anwachs- und Überwinterungsraten bei größeren Rhizomstücken sowie Pflanztiefen von 10 bis 20 cm
- Sortenwahl je nach Standorteignung und Verwertungsrichtung treffen
- Unkrautregulierung in den ersten zwei Jahren aufgrund der Konkurrenzschwäche nötig
- für chemischen Pflanzenschutz Einzelfallgenehmigung nach § 18 b PflSchG notwendig
- abgeraten wird von Herbiziden mit den Wirkstoffen Nicosulfuron oder Dicamba
- vorsichtiger Striegeleinsatz möglich
- Düngbedarf von höchstens 50 bis 75 kg N je Hektar und Jahr auf humosen Böden
- bei guter Nachlieferung aus dem Boden keine direkte Ertragswirkung der N-Düngung, aber evtl. geminderte Brennstoffqualität durch Erhöhung des Blattanteils im Erntegut
- Erntezeitpunkt im Frühjahr des Folgejahres bei unter 15 % Wassergehalt, damit das Erntegut direkt lagerfähig ist
- Miscanthus kann analog zur Silomaisbergung mit Häckslerkette geerntet werden
- loses Häckselgut hat nur geringe Schüttdichte, benötigt große Transport- und Lagervolumen
- Bergung und Lagerung als Langstroh, gepresst zu Großballen, möglich
- Brikettierung oder Pelletierung erzeugt hohe volumetrische Energiedichte

5 Verwertungsmöglichkeiten von Miscanthus

Miscanthus ist sowohl im Bereich der stofflichen und energetischen Verwertung vielseitig einsetzbar, als auch in anderweitiger Verwendung z. B. als Lebensraum und Deckung für Wildtiere (Abbildung 17). Bei der stofflichen und thermischen Verwertung sind die Anforderungen an das Ausgangsmaterial je nach Zielrichtung sehr unterschiedlich und können diesen sowohl durch die Sortenwahl, den Erntezeitpunkt, mechanische Bearbeitung bei oder nach der Ernte oder auch chemische Maßnahmen angepasst werden.

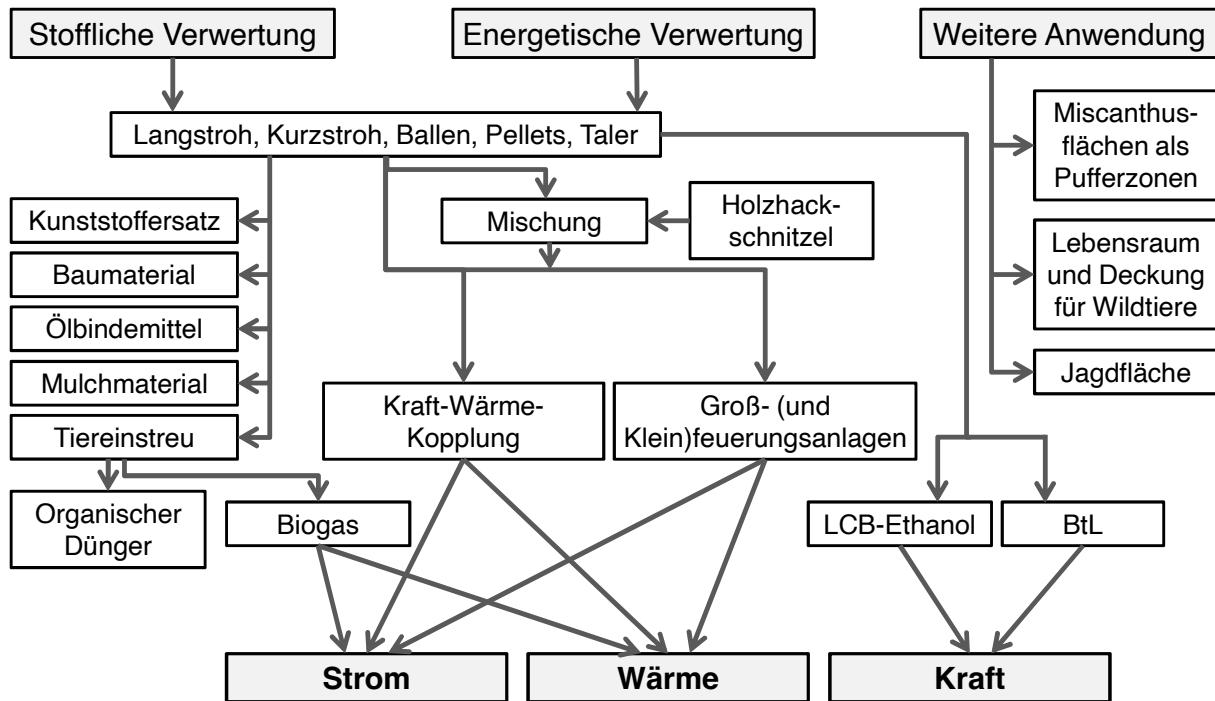


Abbildung 17: Verwertungsmöglichkeiten von Miscanthus

5.1 Stoffliche Verwertung

Als Baumaterial lässt sich Miscanthus als Einzelwerkstoff oder im Verbund mit anderen Materialien gut verwerten. Für das Verkehrswesen wurden schalldämmende Vorwand-Schutzelemente auf der Basis Beton mit speziell aufbereiteten Hanfschäben und Miscanthus hergestellt, die die vorgegebenen Mindestwerte hinsichtlich Schalldämmung und Brandschutz übertreffen [20].

Durch mechanisch-thermische Bearbeitung entsteht aus Miscanthus ein biologisch abbaubares Granulat, das spritz-, press- und gussfähig ist und als Kunststoffersatz verwendet werden kann [7]. Darüber hinaus scheint sich Miscanthus vor allem in der Pferdehaltung als hochwertige Tiereinstreu zu eignen [7]. Miscanthushäckselgut kann ebenfalls im Garten- und Landschaftsbau sowie im Weinbau als Mulchmaterial zur Bodenabdeckung verwendet werden [6]. Weiterhin sind die niedrigen Silizium- und Hemizellulosegehalte mit vielen langen Fasern und hohen Zellulosegehalten optimal für die Papierherstellung [22]. In China wird zur Papierherstellung vorrangig Miscanthus sacchariflorus verwendet, der so eine gute Alternative zu Holz darstellt.

5.2 Energetische Verwertung

5.2.1 Thermische Verwertung von Miscanthus

Miscanthus kann neben der stofflichen Nutzung zur thermischen Verwertung herangezogen werden. Entsprechend der 1. BImSchV gilt Miscanthus als Regelbrennstoff und darf daher in geneh-

mitigten Feuerungsanlagen von 15 bis 100 kW verbrannt werden. Bei der Verwertung als Festbrennstoff lässt sich aus Miscanthus in Großfeuerungsanlagen, Kraft-Wärmekopplungsanlagen und in Biomasseheizungen, die für die Verbrennung von strohähnlichem Material geeignet sind, Wärme und ggf. auch Strom erzeugen. Der wasserfreie Heizwert von Miscanthus liegt bei 17,7 MJ/kg, der entsprechende Brennwert bei 19,1 MJ/kg [11]. Dies entspricht einem Heizöläquivalent von 2,4 kg Miscanthus je Liter (Tabelle 2).

Tabelle 2: Heizwerte von Miscanthus-Halmgut in Abhängigkeit des Wassergehalts [11]

Wasser- gehalt %	Heiz- wert kWh/kg	Heizöl- äquivalent kg/Liter	Quaderballen			Häckselgut		
			Gewicht kg/m ³	Heizwert kWh/m ³	Heizöl- äquivalent Liter/m ³	Gewicht kg/m ³	Heizwert kWh/m ³	Heizöl- äquivalent Liter/m ³
0	4,90	2,0	136	667	67	94	458	46
10	4,35	2,3	151	657	66	104	451	45
20	3,79	2,6	170	644	65	117	443	44
30	3,23	3,1	194	627	63	134	431	43
40	2,67	3,7	227	605	61	156	416	42

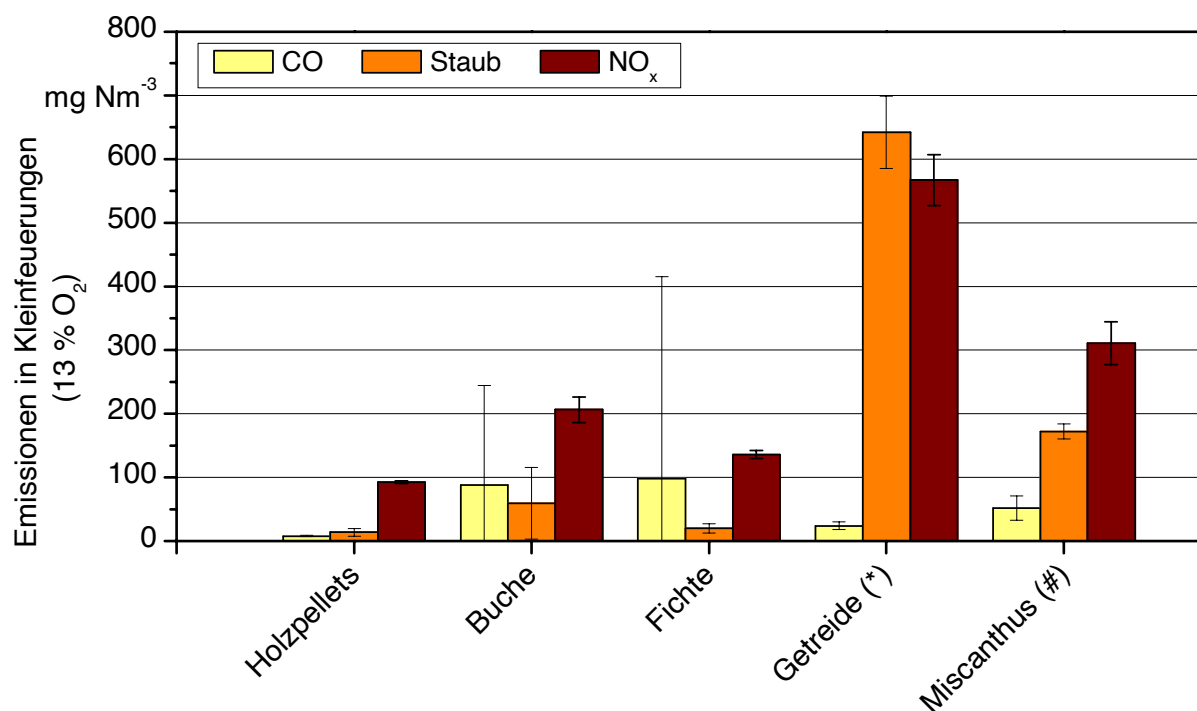


Abbildung 18: Bei der Verbrennung gemessene Emissionen an CO, Staub und NO_x verschiedener Brennstoffe (*Ganzpflanzen-Pellets; # gehäckselte)

Allerdings führen bei *Miscanthus*, wie bei allen Halmgutbrennstoffen, die deutlich höheren Gehalte an Aschebildnern im Vergleich zu Holz zu erhöhten NO_x - und SO_x -Emissionen (Abbildung 18) und einem acht- bis zu zehnfach höheren Ascheanfall. Weiterhin kann der niedrige Ascheschmelzpunkt zu Verschlackungen führen. Höhere Cl-Gehalte fördern durch Bildung von Salzsäure (HCl) die Korrosion, außerdem können Dioxine und Furane gebildet werden. Daher müssen die verwendeten Feuerungsanlagen speziell auf die Verbrennung von *Miscanthus* abgestimmt sein. Solche Anlagen sind auf dem Markt verfügbar.

5.2.2 *Miscanthus* als Biogassubstrat

Mit seinen hohen Aufwuchsraten erscheint *Miscanthus x giganteus* als potenzieller Substratlieferant für Biogasanlagen, da nach Abschluss der Hauptwachstumsphase im Sommer große Mengen noch grüner Biomasse bereitstehen, die theoretisch für die Biogasgewinnung genutzt werden können. Eine frühe Beerntung des grünen Aufwuchses verhindert jedoch den Blattfall über Winter (ca. 30 % der Biomasse), die damit verbundene Nährstoffrückführung und eine Humusakkumulation im Boden [3]. Zudem stellen die im Herbst von oberirdischer Biomasse ins Rhizom verlagerten Nährstoffe im Frühjahr das wichtigste Nährstoffreservoir für den Neuaustrieb dar [13]. Frühe Schnitte könnten die Reservestoffeinlagerung ins Rhizom verringern und so zu einer langfristigen Schwächung des Bestandes führen.

In einem Versuch wurden zwei verschiedene Sommerschnitt-Varianten (Var. 1 = Sommerschnitt 2006 und reguläre Ernte 2008; Var. 2 = Sommerschnitte 2006 und 2007) mit einer Kontrolle (Var. 3 = reguläre Ernte 2006, 2007 und 2008) verglichen. Schon nach dem ersten Sommerschnitt erreichten die Varianten 1 und 2 im Herbst nur ca. 1/6 der Wuchshöhe, die die Kontrolle (ca. 370 cm) zeigte. Diese Wachstumsdepression der Varianten 1 und 2 setzte sich auch im Folgejahr fort. Der erste Sommerschnitt grüner Biomasse 2006 in den Varianten 1 und 2 lieferte 136 bzw. 128 dt/ha Trockenmasse bei einem Trockensubstanzgehalt von 29 bis 30 %, der theoretisch als Biogassubstrat genutzt werden kann. Es kann jedoch keine Aussage über die Silierbarkeit oder Gasausbeute getroffen werden, da diese weder direkt oder indirekt über Inhaltsstoffanalysen untersucht wurden. Allerdings geht aus anderer Quelle hervor [17], dass die Methanausbeute von *Miscanthus* mit ca. 200 l je kg oTM deutlich unter der von Mais mit 245 bis 431 l je kg oTM liegt.

Der zweite Sommerschnitt der Variante 2 im August 2007 bringt nur noch 24 dt Trockenmasse je Hektar bei einem Trockensubstanzgehalt von 35 % hervor, was nur 18 % des im selben Jahr aufgewachsenen und im Mai 2008 beernteten Trockenmasseertrags der Kontrollvariante entspricht. Bei der Ernte zum normalen Frühjahrstermin 2008 erreicht auch Variante 1, die 2007 ungestört wachsen konnte, nur 40 % des Trockenmasseertrags der Kontrollvariante (Abbildung 19). Bei einem Vergleich der im Versuchszeitraum erbrachten, aufsummierten Erträge bleibt Variante 1 13 % hinter der Kontrolle zurück, während Variante 2 mit den beiden aufeinanderfolgenden Sommerschnitten im Vergleich zur Kontrolle 27 % weniger Ertrag bringt.

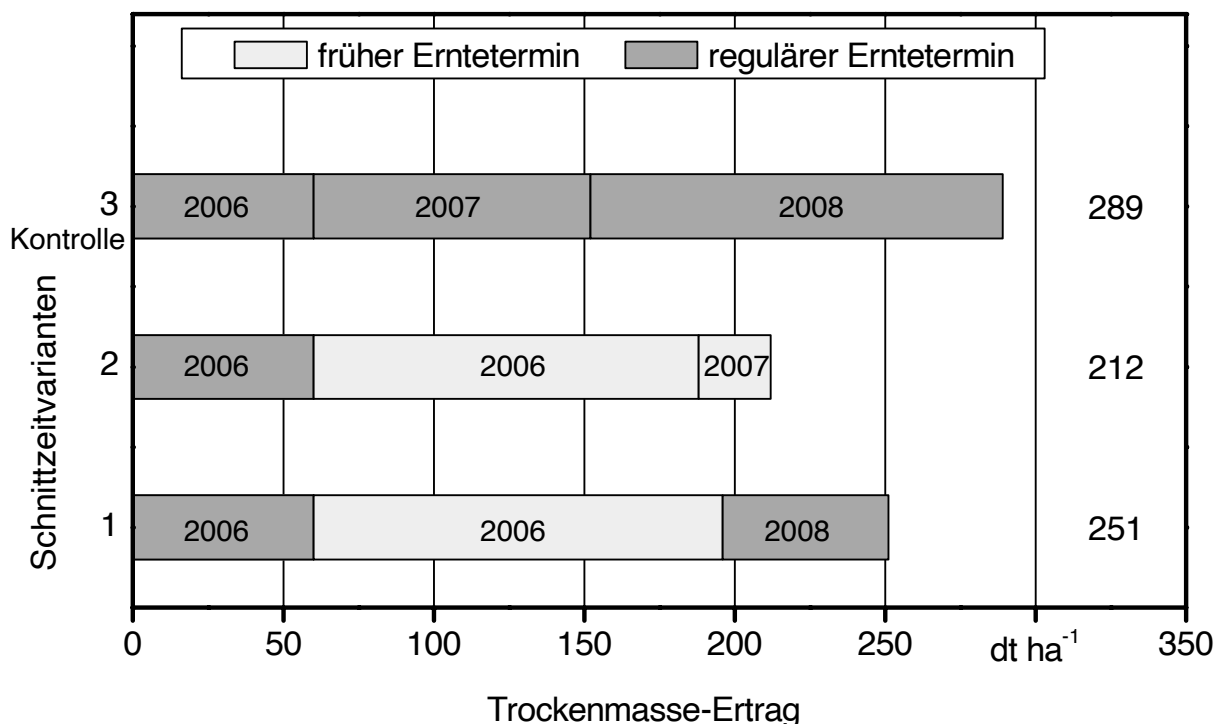


Abbildung 19: Trockenmasseerträge unter folgenden Schnittregimen: Var. 1 = Sommerschnitt 2006 und reguläre Ernte 2008, Var. 2 = Sommerschnitte 2006 und 2007, Var. 3 = reguläre Ernte 2006, 2007 und 2008

Nach jetzigem Kenntnisstand ist Miscanthus nicht als biogassubstratliefernde Kultur zu empfehlen, da die Beerntung im Sommer den Bestand langfristig schwächt. Ob ein anderes Schnittregime, z. B. mitten in der Hauptwachstumsphase im Mai oder kurz vor bzw. zu Beginn der Abreife im Herbst, oder eine entsprechende Ausgleichsdüngung ausreichende Qualität und Quantität für die Nutzung in Biogasanlagen liefern und einen normalen Aufwuchs im Folgejahr gewährleisten könnte, sollte in Zukunft noch untersucht werden.

Verwendungsmöglichkeiten von Miscanthus kurzgefasst:

- stoffliche Nutzung z. B. als Kunststoffersatz, Baumaterial, Ölbindemittel, Mulchmaterial, Tiereinstreu möglich
- energetische Nutzung in Groß- und Kleinfeuerungsanlagen generell möglich
- spezifische Brennstoffeigenschaften wie z. B. hoher Ascheanfall, niedriger Ascheschmelzpunkt, höhere NO_x-Emissionen beachten
- für Miscanthus geeignete Feuerungsanlagen auf dem Markt verfügbar
- von Nutzung als Biogassubstrat wird abgeraten, da die Ernte grüner Biomasse den Bestand schädigt und Erträge langfristig vermindert

6 Fazit

Angesichts der hohen Ertragsleistung, umfangreicher Nutzungsmöglichkeiten, geringer Ansprüche an Düngung und Pflanzenschutz sowie der positiven Ergebnisse der faunistischen Untersuchungen kann Miscanthus als eine interessante Energie- und Rohstoffpflanze innerhalb der zahlreichen Möglichkeiten nachwachsender Rohstoffe gesehen werden. Die langjährige Nutzungsdauer bietet einerseits Vorteile hinsichtlich ökologischer Aspekte (Reduzierung von Wind- und Wassererosion sowie von Nitrateinträgen ins Grundwasser) und des produktionstechnischen Aufwands. Andererseits verhindert die mindestens 20-jährige Bindung an eine Kultur die flexible Reaktion des Landwirts auf geänderte ökonomische Rahmenbedingungen durch den Anbau einjähriger Kulturen.

Offen ist derzeit noch eine verlässlich quantifizierbare Pflanzgutqualität für die optimale Neuanlage von Miscanthusbeständen. Eine belastbare ökonomische Bewertung steht noch aus und auch die grundsätzliche technologische Vorzüglichkeit im Vergleich zu etablierten Verwertungspfaden (z. B. Holz oder Stroh) konnte bislang noch nicht nachgewiesen werden. Wie bei allen Energie- und Rohstoffpflanzen und entsprechenden Verwertungsmöglichkeiten sind auch bei Miscanthus jeweils im Einzelfall eine differenzierte technische und ökonomische Prüfung und der Vergleich mit anderen Alternativen erforderlich. Weitere wissenschaftliche Arbeiten zu den genannten offenen Fragen sollten den Anbau in der Praxis begleiten.

Quellenverzeichnis

- [1] BOELCKE, B. (1995): Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Pflanzzeit und des Termins der Stickstoffdüngung auf die Ertragsbildung von *Miscanthus*. In: Symposium *Miscanthus*: Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Vorstellung der Ergebnisse aus dem BML/VEBA OEL AG-Verbundvorhaben, Dresden, 06.-07.12.1994. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Nr. 4. Münster: Landwirtschaftsverlag, S. 71-86, ISBN 3-7843-2745-1
- [2] BOELCKE, B. (2000): Ertragsniveau und Nährstoffentzüge langjährig genutzter Bestände von *M. x giganteus* im Nordosten Deutschlands. In: *Miscanthus – vom Anbau bis zur Verwertung*. Kurzfassung der Vorträge, Bonn, 23.-24.02.2000. Witterschlick/Bonn: M. Wehle, S. 38-42
- [3] BOELCKE, B.; BEUCH, S.; ZACHARIAS, S.; KAHLE, P.; BELAU, L.; AMELUNG, D. (1997): Bewertung der Umweltwirkung des Anbaus von *Miscanthus* als nachwachsender Rohstoff. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Heft 16. Schwerin: Buchbinderei Buckentin, 184 Seiten
- [4] DEUTER, M. (2005): *Miscanthus – ein potentieller nachwachsender Rohstoff*. Vortrag beim Fachbeirat NWR am MLU am 27.06.2005, Steckbrief, 2 Seiten
- [5] DEUTER, M.; ABRAHAM, J. (2000): Wissensstand in der *Miscanthus*züchtung. In: PUDE, R. (Hrsg.): *Miscanthus – vom Anbau bis zur Verwertung*. Kurzfassung der Vorträge, Bonn, 23.-24.02.2000. Beiträge zu Agrarwissenschaften, Bd. 19. Witterschlick/Bonn: M. Wehle, S. 8-14, ISBN 3-89573-101-3
- [6] EPPEL-HOTZ, A. (2002): Mulchstoffe – Materialien, Anwendung, Wirkung. Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflge, Heft 63. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, S. 53-60
- [7] FREUDIGER, U. (2002): Interessengemeinschaft *Miscanthus* (IGM Schweiz). In: PUDE, R. (Hrsg.): *Anbau und Verwertung von Miscanthus in Europa*, 2. Internationale *Miscanthus*-Tagung. Kurzfassung der Vorträge, Bonn, 26.-28.08.2002. Beiträge zu Agrarwissenschaften, Nr. 26, 1. Aufl. Bad Neuenahr: P. Wehle, S. 80-82, ISBN 3-935307-12-8
- [8] FRÜHWIRTH, P.; GRAF, A.; HUMER, M.; HUNGER, F.; KÖPPL, H.; LIEBHARD, P.; THUMFART, K. (2006): *Miscanthus sinensis* “Giganteus“ – Chinaschilf als nachwachsender Rohstoff. Landwirtschaftskammer Österreich und Bundes-LFI, Broschüre. Salzburg: Salzburger Druckerei, 72 Seiten, ISBN 3-902325-02-X
- [9] GREEF, J. M.; DEUTER, M. (1993): Syntaxonomy of *Miscanthus x giganteus* Geef et Deu. *Angewandte Botanik*, Nr. 67, S. 87-90
- [10] HAASE, E. (1995): Die Mikrovermehrung von *Miscanthus giganteus*. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (Hrsg.): Symposium *Miscanthus*: Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Vorstellung der Ergebnisse aus dem BML/VEBA OEL AG-Verbundvorhaben, Dresden, 06.-07.12.1994. Münster: Landwirtschaftsverlag, S. 31-34, ISBN 3-7843-2745-1
- [11] HARTMANN, H.; BÖHM, T.; MAIER, L. (2000): Naturbelassene biogene Festbrennstoffe – umweltrelevante Eigenschaften und Einflussmöglichkeiten. In: BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (HRSG.): *Umwelt und Entwicklung*. Materialien, Nr. 154, München, 155 Seiten

- [12] HARTMANN, H.; KALTSCHMITT, M. (2002): Techniken und Verfahren. In: HARTMANN, H.; KALTSCHMITT, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Münster: Landwirtschaftsverlag, S. 93-104
- [13] HIMKEN, M.; LAMMEL, J.; NEUKIRCHEN, D.; CZYPIONKA-KRAUSE, U.; OLFS, H.-W. (1997): Cultivation of Miscanthus under West European conditions: Seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil*, Nr. 189, S. 117-126
- [14] JODL, S.; HOTZ, A.; CHRISTIAN, D. G. (1996): Nutrient demand and translocation processes of miscanthus x giganteus. In: CHARTIER, P.; FERRERO, G. L.; HERIUS, U. M.; HULTBERG, S.; SACHAU, J.; WIINBLAD, M. (Eds.): Biomass for Energy and the Environment. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, 24-27 June 1996, Copenhagen, Denmark. Oxford: Elsevier Science, S. 517-522, ISBN 0-08-0428-495
- [15] JOERGENSEN, U. (1995): Macro Propagation of Miscanthus. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (Hrsg.): Symposium Miscanthus: Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Vorstellung der Ergebnisse aus dem BML/VEBA OEL AG-Verbundvorhaben, Dresden, 06.-07.12.1994. Münster: Landwirtschaftsverlag, S. 27-30, ISBN 3-7843-2745-1
- [16] JOHANNING, B.; WESCHE, H. (1993): Erntetechnik für Miscanthus. *Landtechnik*, Jg. 48, Heft 5, S. 232-236
- [17] KAISER, F.; GRONAUER, A. (2007): Methanproduktivität nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen. *LfL-Information*. Freising: Lerchl Druck, 21 Seiten
- [18] KICHERER, A.; SPLIETHOFF, H.; HEIN, K. R. G.; LEWANDOWSKI, I.; EGHBAL, K.; KAHN, G. (1994): Große Erträge und hoher Ausbrand. *Energie*, Jg. 46, Nr. 3, S. 33-41
- [19] KOLB, W.; MÜNZER, W.; HOTZ, A. (1994): Nachwachsende Rohstoffe – C₄-Pflanzen in Bayern: Gemeinsamer Zwischenbericht 1994 zum Forschungsvorhaben. Würzburg: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau und Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 18 Seiten
- [20] KURSAWE, K. (2006): Vorwand-Schallschutzelemente für das Verkehrswesen. In: PUDE, R. (Hrsg.): Miscanthus – Potentiale und Perspektiven – Regionale und überregionale Anbau- und Verwertungskonzepte, 4. Internationale Miscanthus-Tagung. Tagungsband zur Tagung in Trier, 07.-08.11.2006. Bonn: Universitätsdruckerei der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, S. 54-55, ISBN 978-3-932887-85-7
- [21] LEWANDOWSKI, I. (2001): Energiepflanzenproduktion. In: KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin u. a.: Springer-Verlag, S. 57-93
- [22] LEWANDOWSKI, I.; CLIFTON-BROWN, J. C. (2000): Einflüsse auf die Beschaffenheit der Biomasse von Miscanthus. In: PUDE, R. (Hrsg.): Miscanthus – vom Anbau bis zur Verwertung. Kurzfassung der Vorträge, Bonn, 23.-24.02.2000. Beiträge zu Agrarwissenschaften, Bd. 19. Witterschlick/Bonn: M. Wehle, S. 53-57, ISBN 3-89573-101-3
- [23] LEWANDOWSKI, I.; HEINZ, A. (2003): Delayed harvest of miscanthus – influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*, Jg. 19, S. 45-63

- [24] MAYR, R. (2000): Ernte-, Lagerungs- und Heizungstechnik bei Miscanthus in Österreich. In: PUDE, R. (Hrsg.): Miscanthus – vom Anbau bis zur Verwertung. Kurzfassung der Vorträge, Bonn, 23.-24.02.2000. Beiträge zu Agrarwissenschaften, Bd. 19. Witterschlick/Bonn: M. Wehle, S. 80-83, ISBN 3-89573-101-3
- [25] MÜNZER, W. (2001): Prüfung verschiedener Anbauverfahren bei Miscanthus giganteus zur Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit von Jungpflanzen sowie zur Kostensenkung von Bestandesgründungen – Abschlußbericht über das Forschungsvorhaben N/96/7. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 40 Seiten
- [26] QUAS, M. (1995): Landtechnische Belastungen auf Miscanthus sowie verfahrenstechnische Lösungen zum Umbruch – Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Kiel: Eigenverlag, 166 Seiten
- [27] SERAFIN, F.; AMMON, H.-U. (1995): Unkrautbekämpfung in Chinaschilf. Die Grüne, Nr. 6, S. 2-3
- [28] THIEMANN, R. (1995): Produktionstechnik von Miscanthus. In: Symposium Miscanthus: Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Vorstellung der Ergebnisse aus dem BML/VEBA OEL AG-Verbundvorhaben, Dresden, 06.-07.12.1994. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Nr. 4. Münster: Landwirtschaftsverlag, S. 103-111, ISBN 3-7843-2745-1
- [29] WERNER, I. (1995): Umweltaspekte im Miscanthusanbau – Wurzeluntersuchungen, phytosanitäre Untersuchungen und Untersaaten. In: Symposium Miscanthus: Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Vorstellung der Ergebnisse aus dem BML/VEBA OEL AG-Verbundvorhaben, Dresden, 06.-07.12.1994. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Nr. 4. Münster: Landwirtschaftsverlag, S. 87-101, ISBN 3-7843-2745-1

Berichte im Rahmen dieser Schriftenreihe

Berichte aus dem TFZ:

1	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Projektphase 1: Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis
2	Erprobung der Brennwerttechnik bei häuslichen Holzhackschnitzelheizungen mit Sekundärwärmetausche
3	Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland
4	Untersuchungen zum Feinstaubausstoß von Holzzentralheizungsanlagen kleiner Leistung
5	Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards
6	Entwicklung einer Prüfmethode zur Bestimmung der Cetanzahl von Rapsölkraftstoff
7	Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenöлтаuglichen Motoren
8	Wärmegewinnung aus Biomasse – Begleitmaterialien zur Informationsveranstaltung
9	Maize as Energy Crop for Combustion – Agricultural Optimisation of Fuel Supply
10	Staubemissionen aus Holzfeuerungen – Einflussfaktoren und Bestimmungsmethoden
11	Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren
12	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen
13	Getreidekörner als Brennstoff für Kleinf Feuerungen – Technische Möglichkeiten und Umwelteffekte –
14	Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl- und Dieselmkraftstoff betriebenen Traktors
15	Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen
16	Schnellbestimmung des Wassergehaltes im Holzsplit
17	Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell
18	Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff – Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten –
19	Miscanthus: Anbau und Nutzung – Informationen für die Praxis –

