



Miscanthus als
Nachwachsender
Rohstoff

Ergebnisse aus 20-jähriger
Forschungsarbeit in Kurzfassung

Veitshöchheimer Berichte

Heft 126

www.lwg.bayern.de

Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff

Ergebnisse aus 20-jähriger Forschungsarbeit in Kurzfassung

Bearbeiter: Jodl, S., Eppel-Hotz, A., Kuhn, W.

Herausgeber:

**Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau
Abteilung Landespflege**

An der Steige 15
97209 Veitshöchheim

Telefon: 0931/9801-402
Telefax: 0931/9801-400
e-Mail: poststelle@lwg.bayern.de
Internet: www.lwg.bayern.de



©Bayer. Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, 2008

Das Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Nachdruck, Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung oder Verarbeitung mit elektronischen Systemen ist ohne Genehmigung des Herausgebers unzulässig.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Einleitung	5
Ursachenforschung bezüglich der Winterausfälle.....	6
Wachstum und Nährstoffbedarf.....	11
Standorteignung und Produktivität.....	15
Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit von Miscanthus x giganteus-Jungbeständen.....	20
Selektion neuer überwinterungsfähiger und ertragreicher Miscanthus-Typen	22
Miscanthusanbau durch Vermehrung über Saatgut.....	26
Miscanthus als Lebensraum.....	31
Perspektiven für die Zukunft.....	33

Zusammenfassung

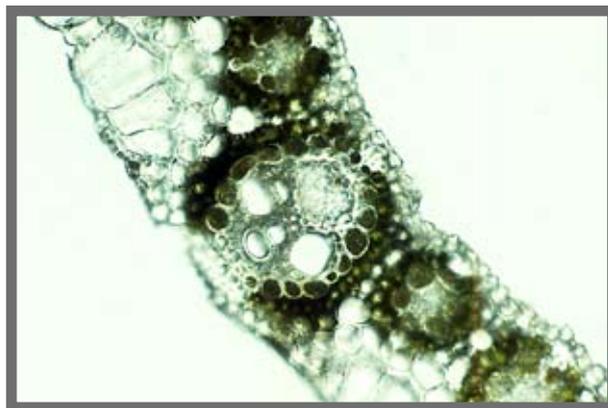
In den vergangenen 20 Jahren hat sich die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Abteilung Landespflege (LWG) intensiv mit der als nachwachsenden Rohstoff bekannten C4-Pflanze der Gattung *Miscanthus* befasst. Gemeinsame Forschungsprojekte wurden mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), in einem EG-Versuchsprojekt mit der Fa. TINPLANT Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH sowie mit dem Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) durchgeführt.

Produktivität und Standorteignung

In einem Langzeitversuch erzielte *Miscanthus x giganteus* an einem leistungsstarken Standort (Bodenzahl 65) im 12. Anbaujahr einen vorläufigen Maximalertrag von 28 t Trockengewicht/ha, völlig ohne Düngung. Im vierten Standjahr wurden 20 t/ha erstmals überschritten. Auf leistungsschwachen Böden werden Erträge von kaum um 10 t/ha erreicht. Die höchsten Erträge lassen sich auf gut durchlüfteten Böden mit hoher Bodenzahl erzielen. Mittel- und tiefgründige Braun- oder Parabraunerden mit hohem Humusanteil haben sich als besonders günstig erwiesen. Die Niederschlagssumme sollte in den Monaten April bis August 250 mm nicht unterschreiten und möglichst gleichmäßig verteilt sein. Eine hohe Wasserkapazität des Bodens wirkt sich ebenso förderlich aus, wie eine lange Vegetationszeit und hohe Durchschnittstemperaturen während der Vegetationsperiode. Exponierte Lagen mit der Gefahr von starken Frösten führen zu hohen Ausfällen und damit geringen Erträgen, vor allem dann, wenn eine schützende Schneedecke fehlt. Frühfröste können sich ebenso negativ auswirken, wie häufige Wechsel von Frost-/Tauperioden und Staunässe im Winter. Als kritische Temperatur für die Rhizome wurde eine Temperatur unter -5°C ermittelt. Jungpflanzen sind aufgrund des späten Abschlusses besonders gefährdet.

Wachstum und Nährstoffbedarf

Das stärkste Wachstum zeigen die Pflanzen in den Monaten Mai bis Juli. Hier herrscht auch der höchste Nährstoffbedarf. Reservestoffeinlagerungen in die Rhizome finden im Herbst statt. Ein entscheidender Faktor für das Wachstum ist jedoch die Wasserverfügbarkeit während der Hauptwachstumsphase, weshalb auch auf einem nährstoffarmen Boden kein eindeutiger Düngeeffekt nachgewiesen werden konnte. Die Notwendigkeit einer Düngergabe hängt primär vom Standort ab. Bei gutem N-Nachlieferungsvermögen oder geringer Wasserverfüg-



*Bild 1: Als C4-Pflanze weist *Miscanthus x giganteus* im Blattquerschnitt einen grünen Zellkranz – die sogenannten Bündelscheidezellen – um die Leitbündel auf. Diese sind verantwortlich für die bessere CO_2 -Ausnutzung.*

barkeit ist eine Düngung nicht angezeigt. Lediglich bei ausreichender Wasserversorgung und geringem Nachlieferungsvermögen sollte je Hektar mit max. 5 bis 8 kg N bzw. K pro Tonne geernteter Trockenmasse gedüngt werden, um den Nährstoffentzug auszugleichen. Dies entspricht 0,5 g bis 0,8 g N bzw. K je m^2 und Tonne Trockenmasse.

Sortenwahl

In mehreren Versuchsreihen selektierte die LWG neue Sorten mit hervorragenden Überwinterungsraten bis zu 100 %. Diese zeigten hohe Ertragsleistungen bis zu knapp 24 t Trockengewicht/ha schon nach dem vierten Standjahr. In einem Sortenvergleich mit sieben verschiedenen bekannten *Miscanthus*-Sorten erwies sich *Miscanthus x giganteus* als die ertragsstärkste Sorte.

Bestandsgründung und Pflege

Die Aufpflanzung erfolgt nach den letzten Spätfrösten Mitte Mai oder im Spätherbst nach Vegetationsabschluss auf tief gelockerten Böden. Verwendet werden können Pflanzmaschinen aus dem Gemüsebau oder Forst (z. B. Kohlpflanzmaschine). Eine Pflanzdichte von einer Pflanze pro m^2 ist empfehlenswert. Eine Unkrautbekämpfung ist lediglich in den ersten zwei bis drei Jahren erforderlich. Der Einsatz von Round up ist im Frühjahr bis spätestens vor dem Austrieb der jungen Triebe möglich. Eine mechanische Unkrautbekämpfung kann erfolgreich mit Hackstriegel und Hackgerät durchgeführt werden. Eine nach der Pflanzung aufgebrachte Mulchschicht aus *Miscanthus*häcksel reduziert den Unkrautwuchs deutlich.

Pflanzgutgewinnung

In Zusammenarbeit mit der Fa. TINPLANT Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH wurden in einem von der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe geförderten Projekt neue Miscanthus-Formen durch Kreuzungen getestet. Hohe Überwinterungsraten von 100 % und Erträge von rund 16 t Trockengewicht/ha schon nach dem dritten Wuchsjahr (inkl. Pflanzjahr) belegen, dass es sich bei der Anzucht von Jungpflanzen über Saatgut in Multitopfpaletten um eine erfolgversprechende Methode zur Etablierung von leistungsstarken Miscanthusbeständen handelt. Mit Kosten in Höhe von ca. 0,18 € pro Pflanze ist dies im Vergleich zur Invitro- oder Rhizomvermehrung (ca. 0,35 € je Pflanze) auch deutlich kostengünstiger. Ziel einer weiteren Forschung sollte eine Direktaussaat auf der Fläche sein, was die Anbaukosten weiter reduzieren würde.

An exponierten Standorten kann die Verwendung ganzer Rhizome mit mehreren Knospen zur Reduktion der Winterausfallrate sinnvoll sein. Jedoch müssen bei der Berechnung der Rhizomstückkosten auch die Etablierungskosten für den Mutterbestand berücksichtigt werden sowie die Gefahr niedrigerer Anwachsrate. Die in der Literatur angegebenen Kosten pro Rhizom von zum Teil nur 0,10 € erscheinen uns daher als zu niedrig angesetzt.



Verwertungsformen

Aktuell am interessantesten erscheint die Verwertung als Mulchmaterial im Garten- oder Gemüsebau. In der Schweiz wird Häckselgut erfolgreich auch zur Tiereinstreu vermarktet. Zudem erachten wir die thermische Verwertung als große Chance. Miscanthusbestände können auch als Lebensraum für zahlreiche Tierarten dienen. Gerade in einer ausgeräumten Landschaft bieten sie wichtige Deckungsflächen und reduzieren gleichzeitig eine Wind- und Wassererosion.



Bild 2: Auch in Form von Briketts oder Pelletts eignet sich Miscanthus-Material zur thermischen Verwertung.



Bild 3: Miscanthus eignet sich in Staudenpflanzungen hervorragend als Mulchmaterial.

Einleitung

Die Gattung *Miscanthus* (Poaceae) lässt sich in 17-20 Arten untergliedern (GREEF und DEUTER, 1993). Das natürliche Verbreitungsgebiet dieser perennierenden C4-Gräser erstreckt sich von den pazifischen Inseln bis nach Nordostasien (DEUTER und ABRAHAM, 2000). Für den Anbau in Europa wurde bisher jedoch meist nur auf eine einzige Art – *Miscanthus x giganteus* – zurückgegriffen. Hierbei handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um einen Bastard zwischen *Miscanthus sacchariflorus* und *Miscanthus sinensis* (GREEF und DEUTER, 1993). Er stammt aus den subtropischen Klimazonen Japans und ist vollständig steril. In Europa tauchte diese Art erstmals in Dänemark im Jahr 1935 auf. Als Klon „Aksel Olsen“ wurde sie von dort weiter verbreitet, so dass alle verwendeten *Miscanthus x giganteus*-Pflanzen wohl auf diesen „Urklon“ zurückzuführen sein dürften.

Als nachwachsender Rohstoff wurde das Chinaschilf mit dem botanischen Namen *Miscanthus* Ende der 80er Jahre entdeckt. Vor allem der zunehmende Anstieg von CO₂ in der Atmosphäre mit der Folge des sogenannten Treibhauseffektes war Grund für das hohe Interesse an dieser Energiepflanze, da bei der Verbrennung nur soviel CO₂ freigesetzt wird, wie beim Wachstum der Pflanzen aus der Atmosphäre gebunden wurde. Weitere Verwertungsmöglichkeiten stehen in der Erprobung bzw. werden schon seit einigen Jahre genutzt. Hier wären zu nennen:

- ◆ *Miscanthus* als Mulchmaterial im Obstbau/Gartenbau oder als Einstreu in der Tierhaltung
- ◆ Recycelbare Pflanztöpfe
- ◆ Dämmstoff
- ◆ Grundlage für Baustoffe/-teile ("Miscanthushaus", "Miscanthusfenster")
- ◆ Verwendung dünnhalmiger *Miscanthus sinensis*-Typen zur Dacheindeckung in Dänemark.

Hohe Winterausfallraten Anfang der 90er Jahre machten deutlich, dass mit *Miscanthus x giganteus* eine Wildpflanze angebaut wurde, deren Winterfestigkeit unter mitteleuropäischen Bedingungen vor allem bei Jungpflanzen nur bedingt gegeben war.

Folgende Faktoren hatte sich als entscheidend für die Überwinterungsfähigkeit erwiesen:

- ◆ Standortwahl (Boden, Witterung und Exposition)
- ◆ Winterfestigkeit der Sorten
- ◆ Beschaffenheit des Pflanzgutes und dessen Qualität
- ◆ Pflanztermin
- ◆ Unkrautbesatz
- ◆ Vorbereitung der Fläche
- ◆ produktionstechnische Vorbeugemaßnahmen vor Winter
- ◆ Witterungsverlauf während der Vegetationsphase
- ◆ Witterungsverlauf während des Winters

Seit 1988 arbeitet die Abteilung Landespflege der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau an der Prüfung von *Miscanthus sinensis*-Varietäten hinsichtlich ihrer Eignung als nachwachsender Rohstoff. Im Rahmen eines europaweiten Projektes sowie in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau wurde die Produktivität von *Miscanthus* getestet. Seit 1990 wurde die genaue Eingrenzung der Ausfallursachen in klimatischer und pflanzenphysiologischer Hinsicht zum Schwerpunkt der Untersuchungen. Es wurden produktionstechnische Vorbeugemaßnahmen zur Verbesserung der Überwinterungsrate erprobt und durch züchterische Verbesserungen der Sorten die Winterfestigkeit erhöht. In Zusammenarbeit mit der Firma TINPLANT Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH wurde zudem an einem von der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Projekt gearbeitet, ertragsstarke *Miscanthus*-Sorten über eine Samenvermehrung kostengünstig anzubauen. Die wichtigsten Ergebnisse dieser langjährigen Untersuchungen werden in diesem Band vorgestellt.



Bild 4: Verwertungs-Produkte aus *Miscanthus*-Fasern.

Ursachenforschung bezüglich der Winterausfälle

Klimaeinflüsse

Eine entscheidende Rolle für die Überwinterungsrate nach dem 1. Anbaujahr bei *Miscanthus* spielt das Kleinklima des Anbaustandortes. Ein Vergleich unterschiedlicher Anbaujahre deutet v. a. auf einen direkten Zusammenhang mit den Temperaturverläufen im Winter hin. Gerade für die Anzahl der Frostperioden (Temperaturmittel $\leq -0,5^\circ\text{C}$ an mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen) in 5 cm Bodentiefe errechnet sich eine statistisch nachweisbare Korrelation mit der Höhe der Ausfallraten. Das Bestimmtheitsmaß R^2 liegt bei 0,83, das entspricht einem Signifikanzniveau von 99 % (Abb. 1).

Möglicherweise führen derartige Temperaturschwankungen zu einer deutlichen Abschwächung der Frostresistenz und erhöhen somit die Winterausfallrate (siehe auch TUMANOV und KRASAVTSEV, 1959). Sicherlich spielen hier auch Bodenfeuchteverhältnisse im Winter eine wichtige Rolle. Nach POMEROY und ANDREWS (1989) führt eine hohe Bodenfeuchtigkeit zur Verringerung der Frostresistenz. Ebenso nimmt der Wassergehalt in den Zellen weniger stark ab, was im engeren Zusammenhang mit der Ausbildung einer Frostresistenz steht (STERGIOS und HOWELL, 1973 und CHEN und GUSTA, 1978). Folgen nach Frostperioden Regenfälle, so führt dies in der Regel zu Staunässe in den Böden. POMEROY und ANDREWS (1989) sprechen vom sogenannten Überflutungsstress nach Schmelzphasen und Regen im Winter. Nachfolgender Frost kann wiederum zu einer Vereisung führen, welche die Frostresistenz vermindert.

Dieser, sich negativ auf die Frosttoleranz auswirkende Wechsel von kalten und milden Perioden, wird überlagert von einzelnen extremen Frostereignissen, welche durchaus alleine zu deutlichen Winterausfällen führen können. Zeitpunkt und Tiefe des Frostes sind hier ausschlaggebend.

Ein Vergleich unterschiedlicher Standorte in Bayern ergab eine kritische Temperatur für *Miscanthus*-Jungpflanzen im Bereich von -5°C . Dies bestätigen auch Frostversuche. Im Verlauf des Winters nahm die Frosthärte jedoch zu. Dies wurde vor allem bei älteren Pflanzen deutlich, die auch insgesamt eine höhere Frosttoleranz aufwiesen.

Insgesamt wird klar, dass nicht nur ein Faktor alleine die Überwinterungsrate bei *Miscanthus*-Jungpflanzen bestimmt. Der klimatische Verlauf des Winters spielt hierbei eine herausragende Rolle. Eine häufige Abfolge von Frost-Tau-Ereignissen im Boden und die hiermit verbundene Überflutung der Rhizome bei nachfolgendem Regen oder Schneeschmelze sowie eine eventuell folgende Vereisung durch einsetzenden Frost, verringern die Frosthärte. Überlagert werden diese Vorgänge von der Froststärke, dem Zeitpunkt des ersten Frostes und dem Verlauf der vorausgegangenen Vegetationsperiode in Bezug auf Bodenfeuchte und Temperatur.

Der Vergleich verschiedener Standorte und Jahre hinsichtlich der Überwinterungsrate birgt eine Reihe von Unsicherheitsfaktoren. Selbst bei gleichen Böden und Exposition des Standortes, ist von unterschiedlichen, kleinklimatisch bedingten Wuchsbedingungen während der Vegetationsperiode auszugehen. Nicht zuletzt spielt auch die Pflanztiefe der Einzelpflanzen eine Rolle.

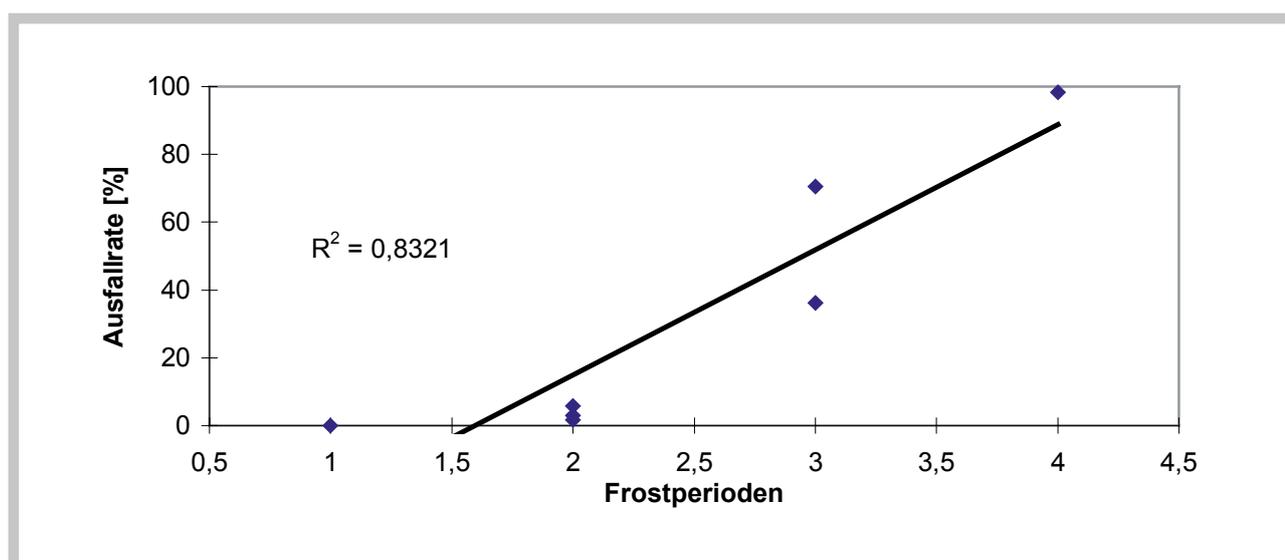


Abb. 1: Korrelation der Anzahl der Frostperioden in 5 cm Bodentiefe (Temperaturmittel $\leq -0,5^\circ\text{C}$ an mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen) mit den jeweiligen Ausfallraten [%] von *Miscanthus x giganteus*-Jungpflanzen in den Wintern 1988/89 bis 1994/95, Standort Würzburg

Die Versuchspflanzen „gehen“ mit unterschiedlichen „Voraussetzungen“ in den Winter (z. B. Menge der eingelagerten Nährstoffe, Ausbildung der Vegetationsruhe). Folglich können sich auch bei vergleichbaren Winterverläufen differente Ausfallraten ergeben, was die Interpretation der Ursachen sehr erschwert.

Abschlusszeitpunkt

Als mit entscheidend für die Winterhärte der Miscanthus-Pflanzen hat sich der Abschlusszeitpunkt herausgestellt. Pflanzen, die zum Zeitpunkt des 1. Frostes ihr Wachstum noch nicht abgeschlossen haben, zeigen erhöhte Ausfallraten. Austriebstests (Tab. 1) bestätigen diese Freilandbeobachtungen. Den raschesten Wiederaustrieb und die somit geringste Winterruhe zeigten im Versuch Jungpflanzen von Miscanthus x giganteus. Von 15 im November ausgegraben und im Gewächshaus getopften Rhizomstücken trieben acht schon im selben Monat wieder aus, fünf im Dezember und nur zwei erst im Januar. Deutlich später war der Wiederaustrieb bei mehrjährigen Giganteus-Pflanzen, der überwiegend erst im Januar/ Februar stattfand. Ende Dezember zeigten sich schon deutliche Schäden bei Giganteus-Jungpflanzen. Nur noch sechs von 15 Rhizomstücken trieben wieder aus, während Jungpflanzen der Sorte Miscanthus sinensis ‚Goliath‘

und 2-jährige Giganteus-Pflanzen zu 100 % wieder austrieben. Geringe Verluste zeigten 5-jährige Giganteus-Pflanzen, allerdings mit der stärksten Winterruhe (fünf Austriebe, die erst im Februar gebildet wurden). Im März 1996 war die Winterruhe bei allen Sorten nur noch schwach ausgeprägt. Nur bei Giganteus-Jungpflanzen waren deutliche Ausfälle zu verzeichnen. Hierbei verwundert v. a., dass hohe Ausfälle bei Miscanthus x giganteus bereits im Dezember auftraten, obwohl die tiefste Temperatur im Boden lediglich einen Wert von -1,6 °C in 5 cm Tiefe erreichte (07.12.1995).



Bild 5: Während der Altbestand im Herbst sein Wachstum bereits abgeschlossen hat, sind die Jungpflanzen im Vordergrund noch grün.

Tab. 1: Wiederaustrieb verschiedener Miscanthus-Sorten bei Topfung im November 95, Dezember 95 und März 96 (je Sorte und Zeitpunkt wurden 5 Rhizome von je 3 Pflanzen getopft).

Novembertopfung	Anzahl der ausgetriebenen Rhizome					Gesamt
Sorten	November	Dezember	Januar	Februar	März	
Giganteus Jungpflanze	8	5	2	0	0	100 %
Giganteus 2-jährig	0	0	5	3	0	53 %
Giganteus 5-jährig	0	1	9	2	0	80 %

Dezembertopfung	Anzahl der ausgetriebenen Rhizome				Gesamt
Sorten	Dezember	Januar	Februar	März	
Giganteus Jungpflanze	0	6	0	0	40 %
Giganteus 2-jährig	0	14	1	0	100 %
Giganteus 5-jährig	0	8	5	0	87 %
Goliath Jungpflanze	0	15	0	0	100 %

Märztopfung	Anzahl der ausgetriebenen Rhizome		Gesamt
Sorten	März	April	
Giganteus Jungpflanze	1	1	13 %
Giganteus 2-jährig	13	0	87 %
Giganteus 5-jährig	15	0	100 %
Goliath Jungpflanze	13	0	87 %

Hierfür könnte eine Schädigung der noch grünen, physiologisch aktiven oberirdischen Biomasse ausschlaggebend für ein Absterben der ganzen Pflanze sein, oder dieser geringe Frost schädigte bereits die Rhizome mit ihren relativ hohen Wassergehalten. Insgesamt wurde deutlich, dass Jungpflanzen von *Miscanthus x giganteus* später eine Winterruhe ausbilden als ältere Pflanzen und somit höhere Ausfallraten zur Folge hatten, als dies bei älteren Pflanzen und Jungpflanzen der Sorte *Miscanthus sinensis* ‚Goliath‘ der Fall war. Dies war bereits augenscheinlich an der Färbung der Pflanzen zu erkennen. Während ältere Pflanzen in der Regel ab Ende Oktober/Anfang November einen deutlichen Chlorophyllabbau verzeichnen – dies äußert sich in einer Braunfärbung der Halme – waren Jungpflanzen beim Einbruch des ersten Frostes grundsätzlich noch auffallend grün gefärbt. Der Frost führte dann zum „Abtrocknen“ im grünen Zustand.

Reservestoffeinlagerung

Vergleichende Untersuchungen ergaben im Altrhizom einer 6-jährigen *Miscanthus x giganteus*-Pflanze nahezu die doppelte Menge an Stärke im Vergleich zu jungen Rhizomteilen (Abb. 2).

Dies bestätigt die in der Literatur genannten Angaben, wonach bereits gebildete mehrjährige Rhizomteile in erster Linie zur Reservestoffspeicherung eingesetzt werden. Ergänzend hierzu sei die von GREEF (1996) beschriebene Beobachtung erwähnt, dass im 1. und 2. Jahr der Etablierung eine erhöhte Stärkeeinlagerung in die Rhizomneuanlagen stattfindet, die mit zunehmenden Alter des Bestandes in die älteren Rhizomteile verlagert wird. Vergleicht man dazu die Gehalte an Kohlenhydraten (Abb. 3), so ist in Hinblick auf die Stärkekonzentration eine gegenläufige Synchronisation festzustellen, mit Ausnahme der Knospen und Feinwurzeln. Es liegt der Schluss nahe, dass ein stetiger Wechsel im Ab- und Aufbau von Stärke und Kohlenhydraten stattfindet. Auch wird deutlich, dass das Altrhizom in erster Linie als Speicherorgan für Stärke dient. Der Speicherumfang an Kohlenhydraten nimmt von der Rhizomneuanlage über das 2-jährige Rhizom zum Altrhizom hin deutlich ab. Höchste Kohlenhydratwerte sind in den Knospen festzustellen, wobei von September bis Dezember ein Anstieg der Kohlenhydratkonzentration zu verzeichnen ist, die in den Wintermonaten auf vergleichsweise hohem Niveau bleibt und als Frostschutz interpretiert werden kann. Erst im März nimmt die Konzentration ab, was auf Atmungsverluste zurückzuführen sein dürfte.

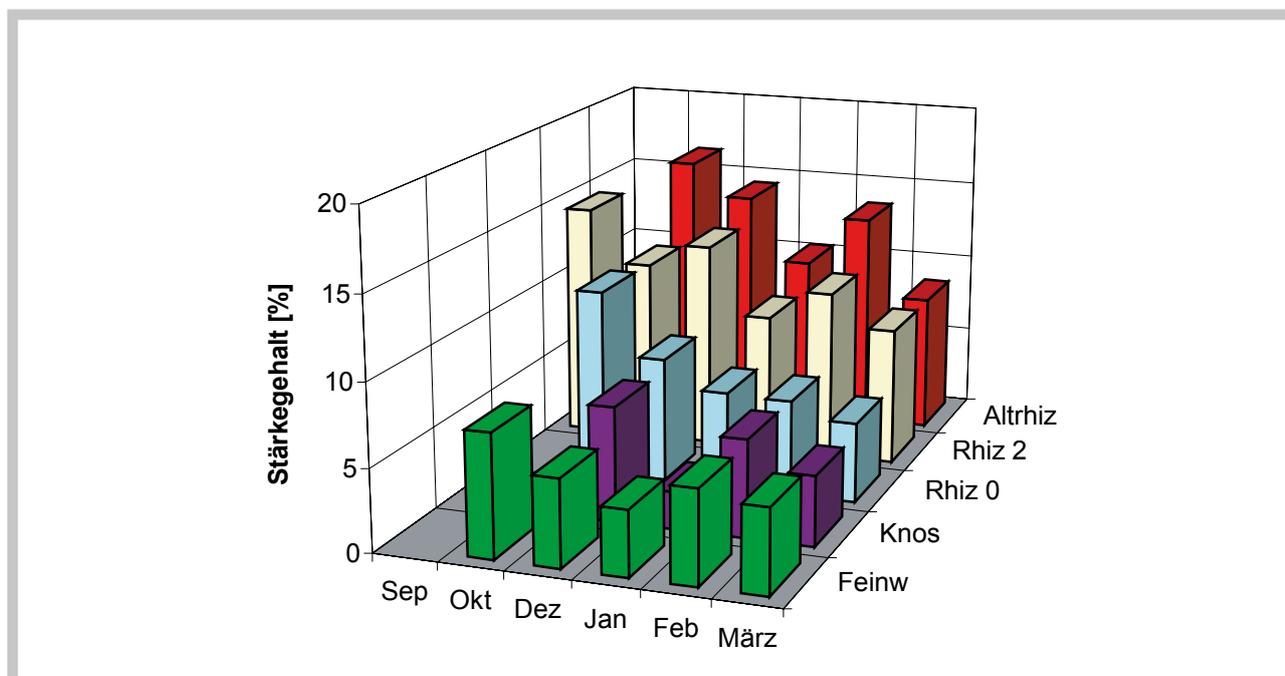


Abb. 2: Verteilung des Stärkegehalts [%] innerhalb der unterirdischen Biomasse von 6-jährigem *Miscanthus x giganteus* im Zeitraum September 1996 bis März 1997 (Feinw = Feinwurzeln, Knos = Knospen, Rhiz 0 = Rhizomneuanlage, Rhiz 2 = 2-jähriges Rhizom, Altrhiz = Altrhizom)

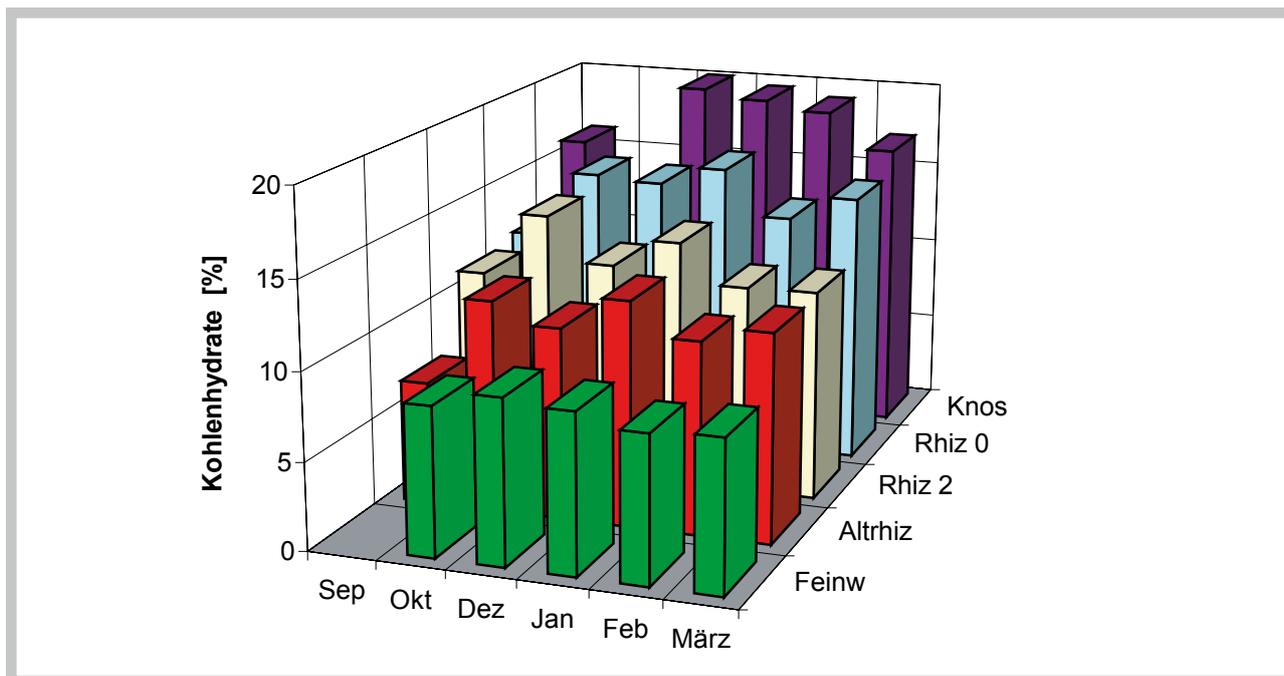


Abb. 3: Verteilung des Kohlenhydratgehaltes [%] innerhalb der unterirdischen Biomasse von 6-jährigem *Miscanthus x giganteus* im Zeitraum September 1996 bis März 1997 (Feinw = Feinwurzeln, Knos = Knospen, Rhiz 0 = Rhizomneuanlage, Rhiz 2 = 2-jähriges Rhizom, Altrhiz = Altrhizom)

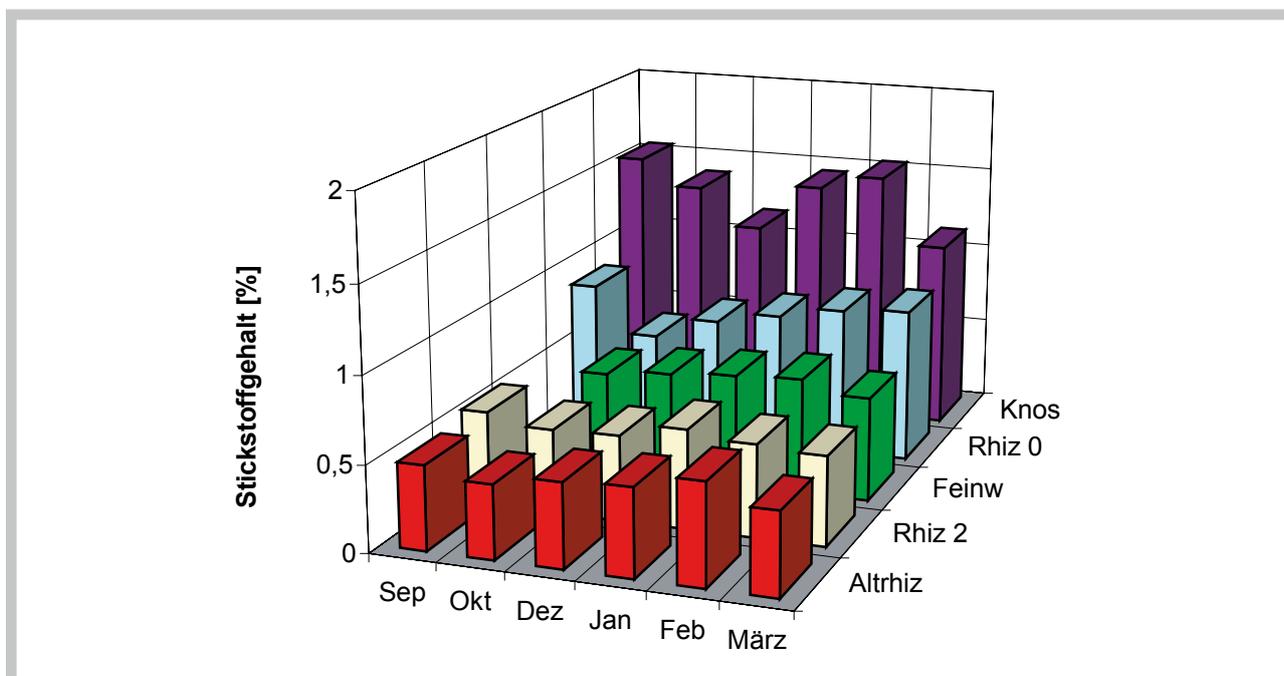


Abb. 4: Verteilung des Stickstoffgehalts in [%] innerhalb der unterirdischen Biomasse differenziert nach den Altersklassen im Winterhalbjahr 1996/97 (Feinw = Feinwurzeln, Knos = Knospen, Rhiz 0 = Rhizomneuanlage, Rhiz 2 = 2-jähriges Rhizom, Altrhiz = Altrhizom).

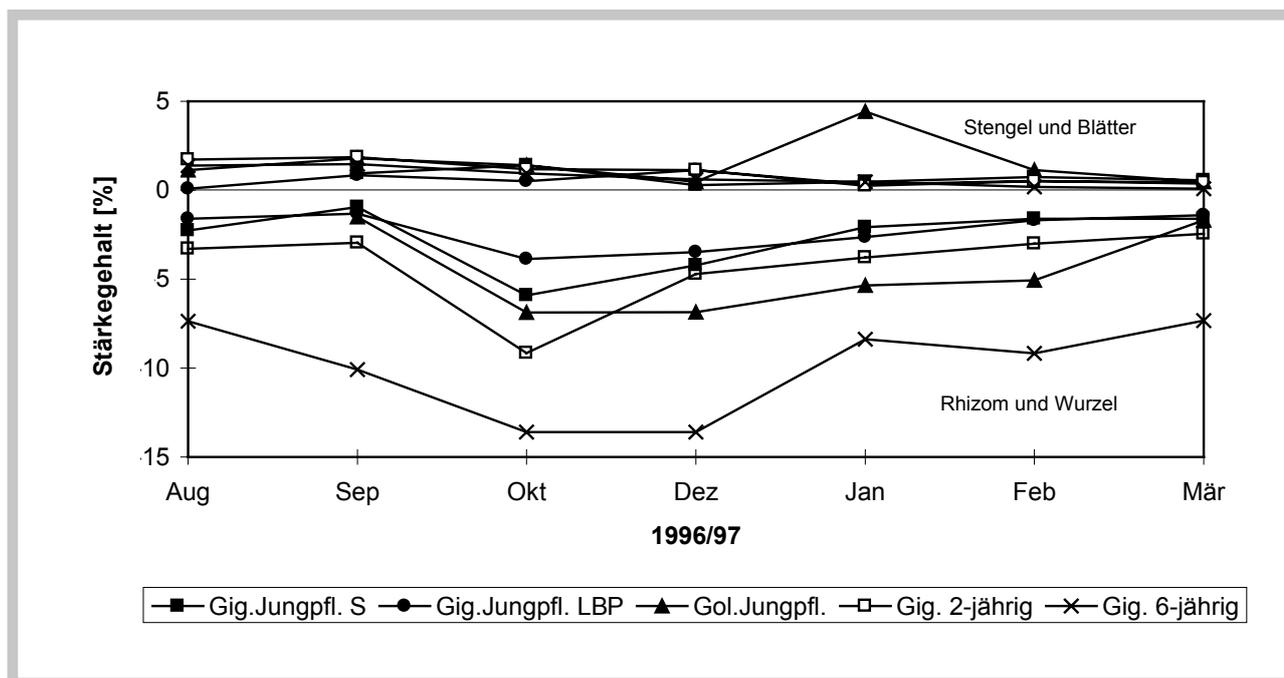


Abb. 5: Entwicklung der Stärkegehalte [%] in ober- und unterirdischen Organen bei verschiedenen Miscanthus-Sorten im Zeitraum August 1996 bis März 1997, $n = 3$, S = Herkunft Schweiz.

Betrachtet man den Stickstoffgehalt der einzelnen Fraktionen (Abb. 4), so stehen die Knospen mit höchsten Werten an der Spitze. Die höchsten Werte zeigen sich hier im September und Februar. Als Quellen könnten Einlagerungen aus dem Spross in Frage kommen. Feinwurzeln, 2-jähriges Rhizom und Altrhizom spielten bei Werten um 0,5 % N nur eine untergeordnete Rolle und wiesen auch nur geringe Schwankungen auf. Knospen und Rhizomneuanlagen sind Orte mit potentiell hohem Syntheseleistungsvermögen und daher grundsätzlich im Stickstoff- und Mineralhaushalt gut versorgt, im Gegensatz zu Altrhizom und 2-jährigem Rhizom, die als Organe mit überwiegender Speicherfunktion im Stärkegehalt an höchster Stelle stehen.

Aufgrund der hohen Stärkeanteile im Altrhizom, liegt der Stärkegehalt im Rhizom älterer Pflanzen insgesamt höher als in Rhizomen von Jungpflanzen, die ja nur Jungrhizome besitzen. Abb. 5 zeigt dies und die Einlagerung im Herbst deutlich. Möglicherweise wirkt sich dies auch positiv auf die Überwinterungsfähigkeit der älteren Pflanzen aus.

Wachstum und Nährstoffbedarf

Miscanthus x giganteus zeigt sein stärkstes Wachstum im Zeitraum Mai bis Juli. Dies ergaben Untersuchungen aus den Jahren 1993 bis 1995. Sowohl die oberirdische Biomasse als auch die unterirdischen Organe (Abb. 6) weisen dann eine rasche Trockengewichtszunahme auf. Auch die Pflanzenhöhe und die Anzahl der Halme (Abb. 7) steigen in diesem Zeitraum deutlich an. Klimatische Ursachen dürfte das 1994 zeitlich verzögert einsetzende Wachstum haben (Abb. 6 und 7). Spätfröste im April und Durchschnittstemperaturen Ende Mai um 10 °C führten zu einer relativ langsamen Biomassezunahme.

Insgesamt steht die Entwicklung von Miscanthus x giganteus im engen Zusammenhang mit der Wasserverfügbarkeit. Hohe Bodenfeuchtegehalte im Winter wirken sich ebenso negativ auf das Wachstum aus, wie Wasserdefizite im Sommer. Auch die Möglichkeit, das Nährstoffangebot auszunutzen zu können, ist vom Wasserangebot abhängig.

Aufgrund des raschen Wachstums vor allem im Zeitraum Mai bis Juli hat Miscanthus x giganteus zu dieser Zeit auch den höchsten Nährstoffbedarf. Vor allem Kalium und Stickstoff sind von großer Bedeutung.

Diesen Bedarf decken die Pflanzen sowohl durch eine Aufnahme aus dem Boden, als auch durch vorangehende Retranslokationsprozesse aus den Rhizomen. Letzteres lässt vor allem die Abnahme der Nährstoffgehalte in den unterirdischen Pflanzenorganen zu Beginn der Vegetationsperiode 1994 vermuten.

Hier sank der Stickstoffgehalt in den Rhizomen von März bis Mai um 10,4 g pro Pflanze und erreicht zu diesem Zeitpunkt mit 6,2 g den tiefsten Wert (weitere Nährstoffe Mai 1994: 6 g Kalium, 0,6 g Phosphat, 0,5 g Magnesium). Das schnelle Wachstum der mit Nährstoffen „angefüllten“ Jungpflanzen führt nun zu einem Ausdünnungseffekt, so dass die Nährstoffkonzentrationen (%/Pflanze) während dieser Wachstumsphase stetig sinken (Abb. 8). Die Nährstoffgehalte (g/Pflanze) steigen jedoch mit Zunahme der Biomasse bis Ende Juli in der gesamten Pflanze rasch an und erreichen im Juli 1994 ein Maximum in der oberirdischen Biomasse von 24,9 g Kalium, 11,2 g Stickstoff, 1,6 g Phosphat und 1 g Magnesium pro Pflanze. Anschließend gehen diese Werte aufgrund von Blattverlusten und beginnenden Umlagerungsprozessen in die Rhizome wieder deutlich zurück (Speicherphase). In den Rhizomen steigt der Nährstoffgehalt pro Pflanze daher im Spätsommer noch einmal an und erreicht 1994 die höchsten Werte im Oktober mit 16,3 g Kalium, 9,5 g Stickstoff, 2,1 g Phosphat und 1,2 g Magnesium.

Eindeutige Düngeeffekte konnten in unseren Versuchprogrammen auch auf unterschiedlichen Standorten nicht nachgewiesen werden. So wurde der Einfluss einer Stickstoffdüngung u. a. an den Standorten „Kläranlage“ und „Volkenschlag“ über mehrere Jahre hinweg untersucht. Der Standort „Volkenschlag“ wird durch einen Boden mit niedriger Produktivität (toniger Lehm, Bodenzahl 30) charakterisiert, der einen eher trockenen Charakter aufweist. Am Standort „Kläranlage“ hingegen, werden Löss-Böden hoher Produktivität vorgefunden (schluffiger Lehm, Bodenzahl 65), mit guter Wasserversorgung.

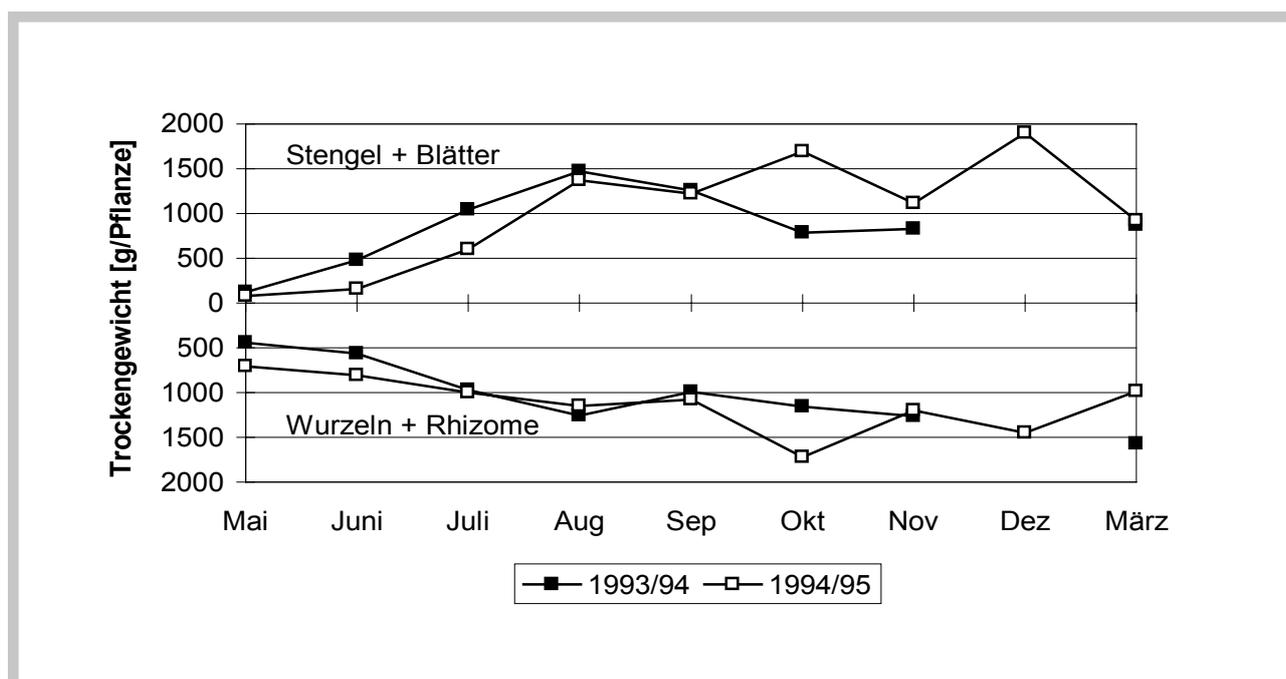


Abb. 6: Entwicklung des Trockengewichtes [g/Pflanze] von Miscanthus x giganteus während der Periode Mai 1993 bis März 1995, Pflanzung Mai 1993

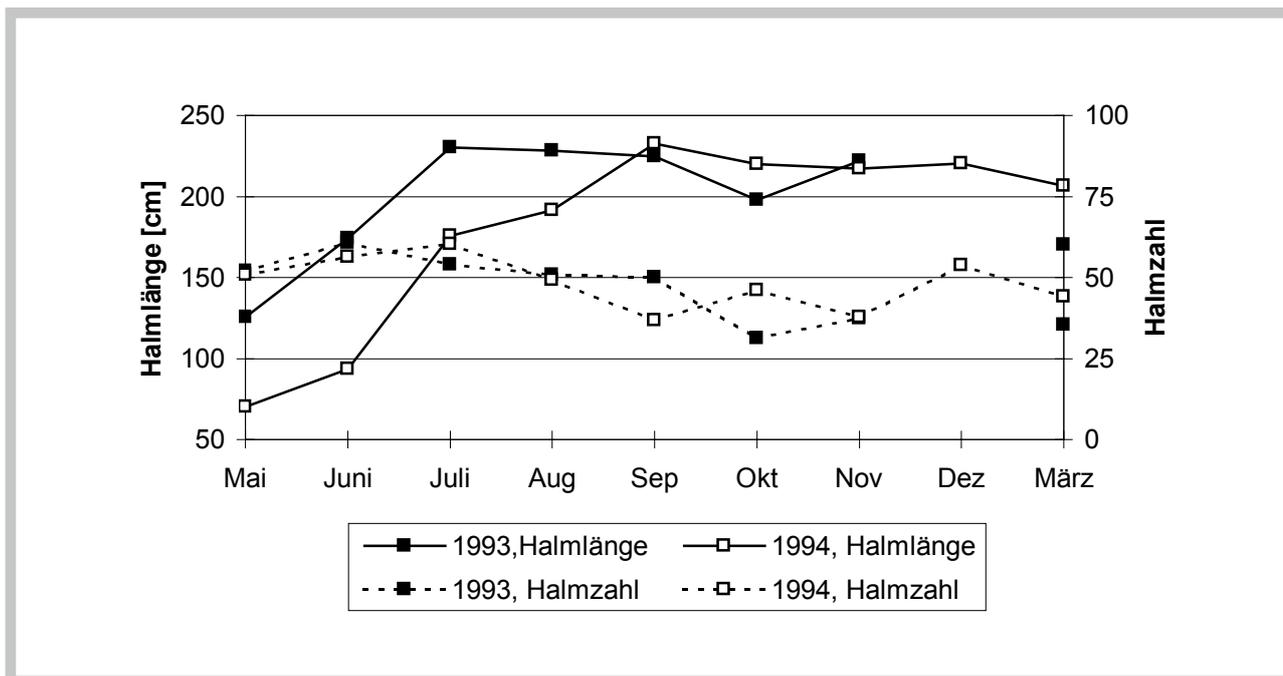


Abb. 7: Entwicklung der Halmlänge [cm] und Halmzahlen von *Miscanthus x giganteus* während der Periode Mai 1993 bis März 1995, Pflanzung Mai 1993

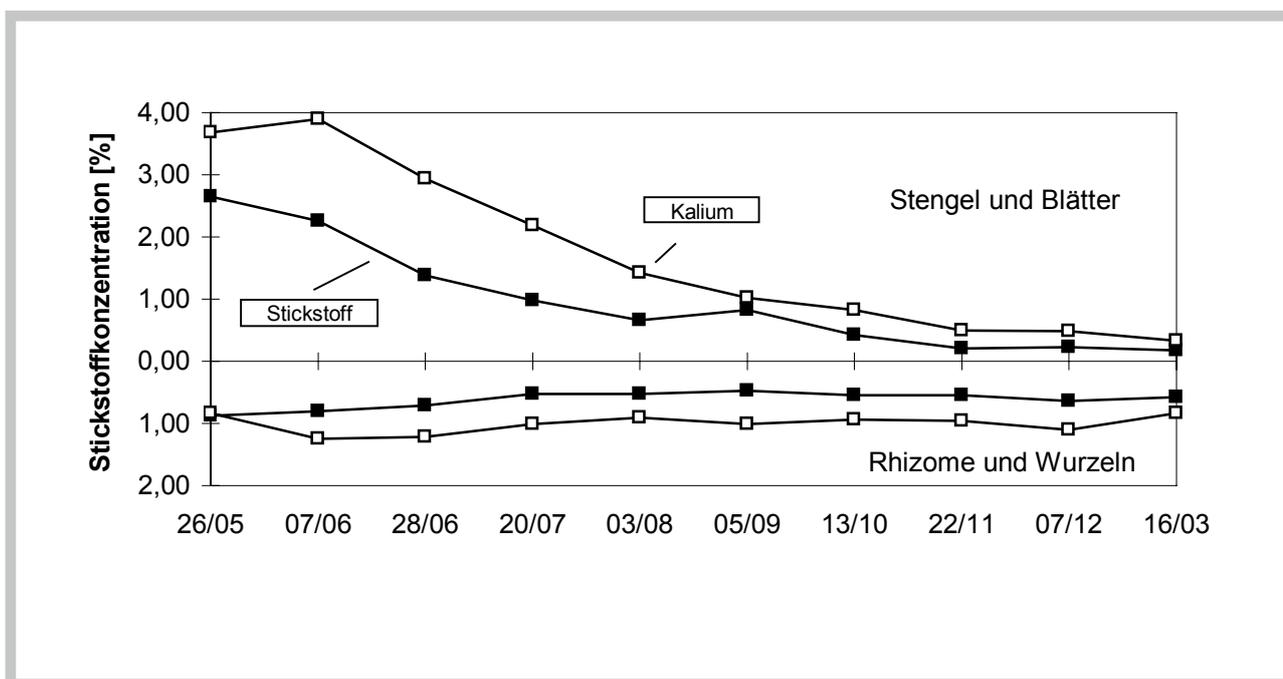


Abb. 8: Entwicklung der Stickstoffkonzentration [%] von *Miscanthus x giganteus* während der Periode Mai 1994 bis März 1995, Pflanzung Mai 1993.

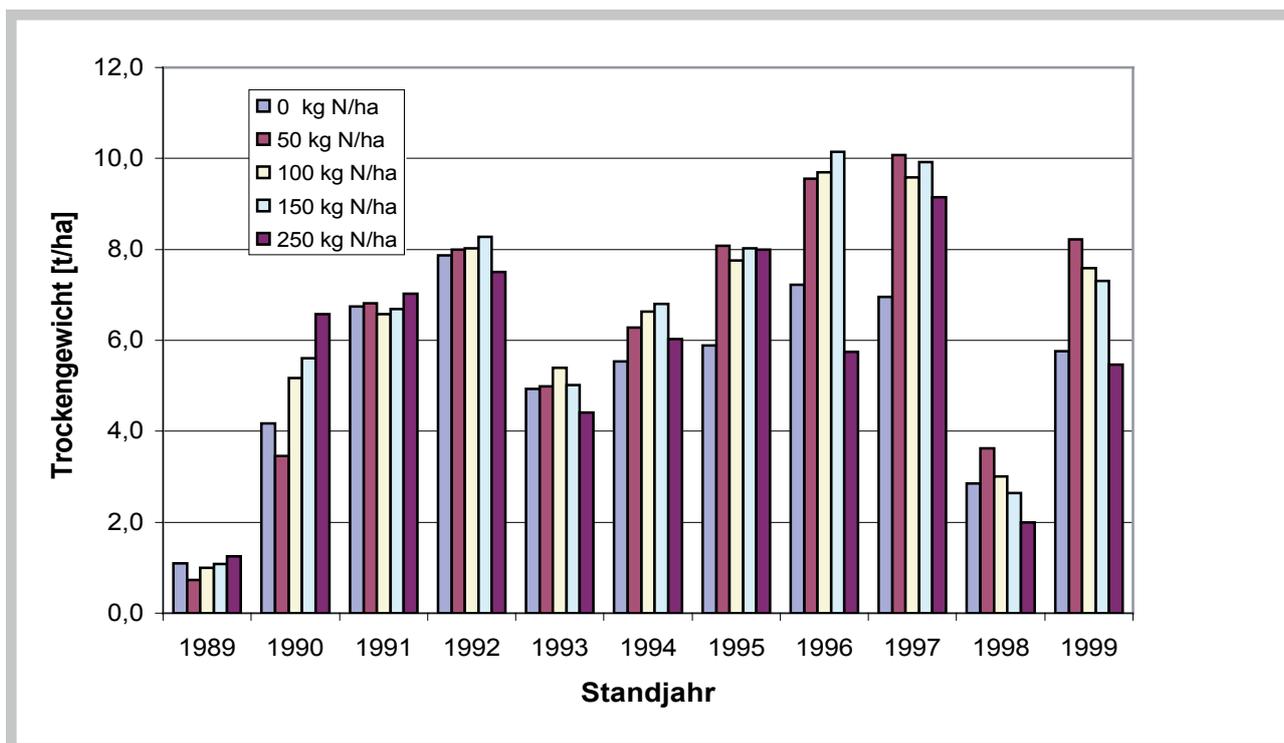


Abb. 9: Trockengewichtsertrag [t/h] von *Miscanthus x giganteus* am Standort „Volkenschlag“ für die Standjahre 1989 bis 1999 bei unterschiedlichen Düngevarianten, Pflanzjahr: 1989

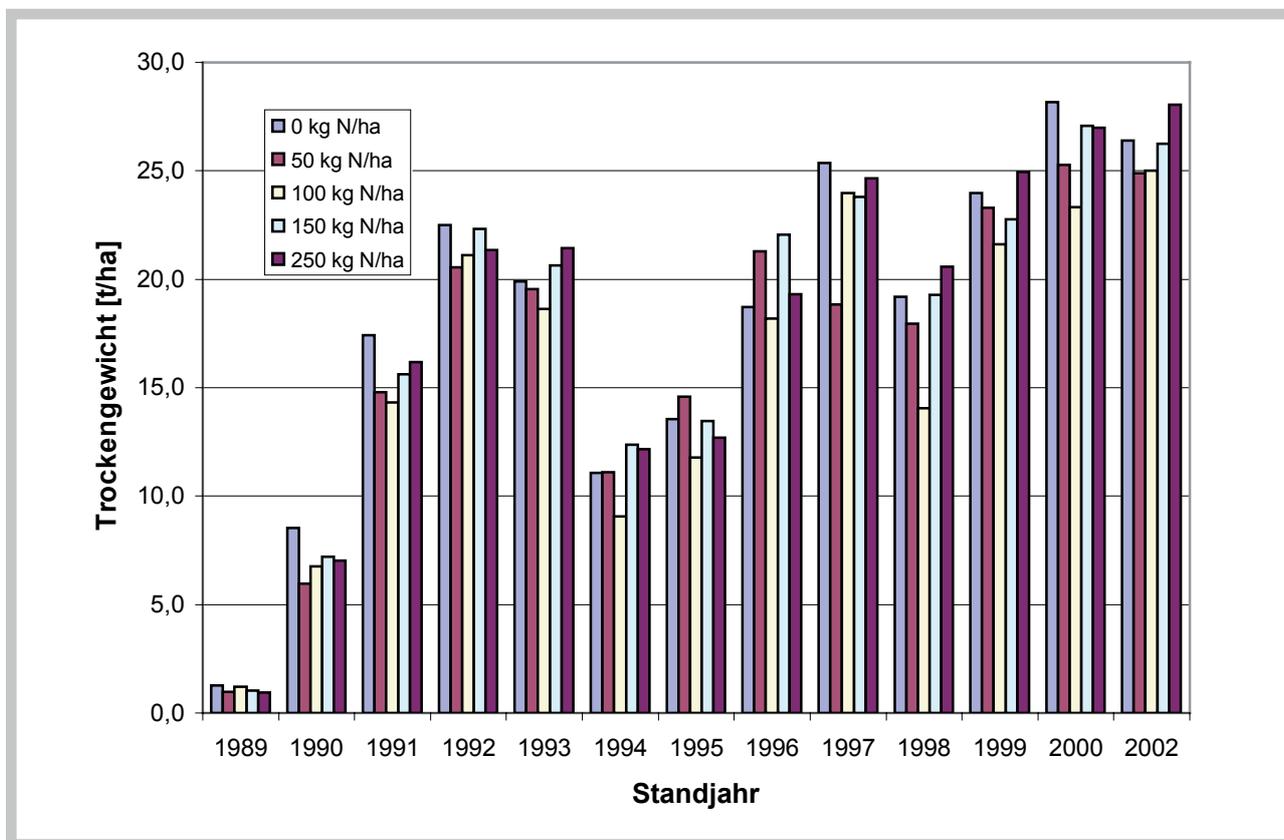


Abb. 10: Trockengewichtsertrag [t/h] von *Miscanthus x giganteus* am Standort „Kläranlage“ für die Standjahre 1989 bis 2002 bei unterschiedlichen Düngevarianten, Pflanzjahr: 1989

Ab dem Jahr 1994 wurde am Standort „Volkenschlag“ (Abb. 9) bei Düngegaben von 50 kg N/ha, 100 kg N/ha und 150 kg N/ha ein deutlich höherer Ertrag beobachtet. Zwischen diesen Düngestufen zeigen sich jedoch keine Düngeeffekte. 250 kg N/ha hatten eher eine ertragsreduzierende Wirkung. Am Standort „Kläranlage“ zeigte sich in keinem Jahr ein Düngeeffekt (siehe Abb. 10). Hier ist die Nachlieferung von Stickstoff über den Boden offensichtlich ausreichend, während am Standort „Volkenschlag“ die Wasserverfügbarkeit den begrenzenden Faktor darstellt.

Auch am Standort Großostheim zeigte sich ein ähnliches Bild (vgl. Abb.11). Dieser Standort zeichnet sich ebenfalls durch eine hohe Produktivität aus. Auch hier sind die Niederschläge eher der begrenzende Faktor als die Nährstoffversorgung im Boden.

Bei höherem Niederschlagsangebot und geringerem N-Nachlieferungsvermögen erscheint jedoch eine N-Düngung durchaus eine Ertragssteigerung zu bewirken. Dies deutet ein Stickstoffsteigerungsversuch der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Weihestephan (Standort „Moyacker“) an, wo z. B. im vierten Anbaujahr mit *Miscanthus x giganteus* folgende Erträge erzielt wurden:

0 kg N/ha	ca. 12 t/ha
75 kg N/ha	ca. 17 t/ha
150 kg N/ha	ca. 21 t/ha

Die Notwendigkeit einer Düngergabe hängt somit vom Standort ab. Bei gutem N-Nachlieferungsvermögen oder geringer Wasserverfügbarkeit ist eine Düngung nicht angezeigt. Lediglich bei ausreichender Wasserversorgung und geringem Nachlieferungsvermögen sollte mit max. 5 kg bis 8 kg N bzw. K pro Tonne geernteter Trockenmasse gedüngt werden, um den Nährstoffentzug auszugleichen. Bodenuntersuchungen, die Aufschluss über den Nitratgehalt und organisch gebundenen Stickstoff geben sind daher unumgänglich. Der Bedarf an Magnesium und Phosphat ist zu vernachlässigen (siehe auch Jodl et. al, 1996).

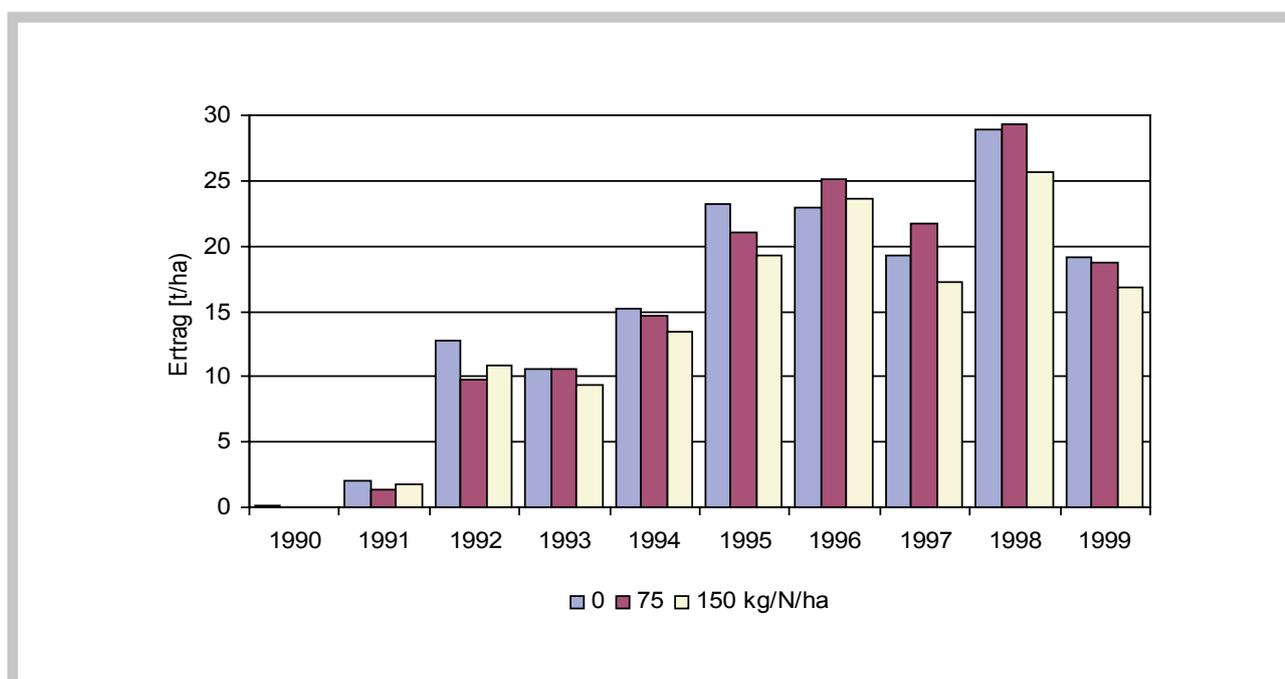


Abb. 11: Trockengewichtsertrag am Standort Großostheim für die Standjahre 1990 bis 1999 bei unterschiedlichen Düngevarianten, Pflanzjahr: 1990

Standorteignung und Produktivität

Die richtige Auswahl des Standortes ist für den erfolgreichen Anbau von *Miscanthus x giganteus* eine grundlegende Voraussetzung. Abb. 12 zeigt die Entwicklung der Trockengewichtserträge von *Miscanthus x giganteus* seit dem Pflanzjahr 1989 an zwei sehr unterschiedlichen Standorten („Kläranlage“ und „Volkenschlag“, Bodenzahl 65 bzw. 30), jeweils ohne Düngung.

Die Unterschiede im Ertrag werden auf den ersten Blick deutlich. Am Standort „Kläranlage“ werden Erträge von 20 t/ha rasch überschritten, während am Standort „Volkenschlag“ im gesamten Beobachtungsraum keine 8 t/ha erreicht werden. Das vorläufige Maximum am Standort „Kläranlage“ wird mit über 28 t/ha im 12. Anbaujahr erzielt. Der deutliche Ertragseinbruch am Standort „Kläranlage“ – in den Standjahren 1994 und 1995 – beruht auf einer Umpflanzung des Bestandes im Februar 1994.

Aber auch die Niederschläge während der Vegetationsperiode wirken sich deutlich auf den Ertrag aus. Vor allem die niederschlagsarmen Monate Juni bis August im Jahr 1998 hatten einen deutlichen Ertragsrückgang zur Folge. Im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961 bis 1990) lag die Niederschlagssumme in diesem Zeitraum mit 84,4 mm bei nur 46 %. Insgesamt wird aus Abb. 12 deutlich, dass ein Unterschreiten von ca. 250 mm Niederschlag im

Zeitraum April-August (ca. 85 % des langjährigen Mittels) zu einem Ertragsrückgang bei älteren Beständen führt. Dies konnte hier ab dem fünften Standjahr in den Jahren 1993 und 1998 festgestellt werden.

Die grundsätzliche Abhängigkeit von der Bodenzahl bestätigt auch ein Versuch in Zusammenarbeit mit der LfL, der im Jahr 1990 angelegt wurde. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die LWG-Standorte und deren Kenndaten. So erzielte *Miscanthus x giganteus* an den Standorten „Filke“ (Bodenzahl 35) und „Wörnitz“ (Bodenzahl 34) insgesamt einen Trockenmasseertrag von weniger als 6 t/ha. Am Standort „Großostheim“ (Bodenzahl 66) wurden Trockenmasseerträge von über 10 t/ha bis knapp 30 t/ha erreicht. Unabhängig von der Bodenzahl wirken sich schlecht durchlüftete Böden und Regionen mit kurzer Vegetationszeit oder Lagen mit exponierter Frostgefahr negativ auf die Ertragsleistung aus. Die höchsten Erträge lassen sich auf gut durchlüfteten Böden mit hoher Bodenzahl erreichen. Mittel- und tiefgründige Braun- oder Parabraunerden mit hohem Humusanteil sind besonders günstig. Die Niederschlagssumme sollte in den Monaten April bis August 250 mm nicht unterschreiten und möglichst gleichmäßig verteilt sein. Eine hohe Wasserkapazität des Bodens wirkt sich förderlich aus. Exponierte Lagen mit der Gefahr von starken Frösten, vor allem ohne schützende Schneedecke, führen zu hohen Ausfällen und damit geringen Erträgen.

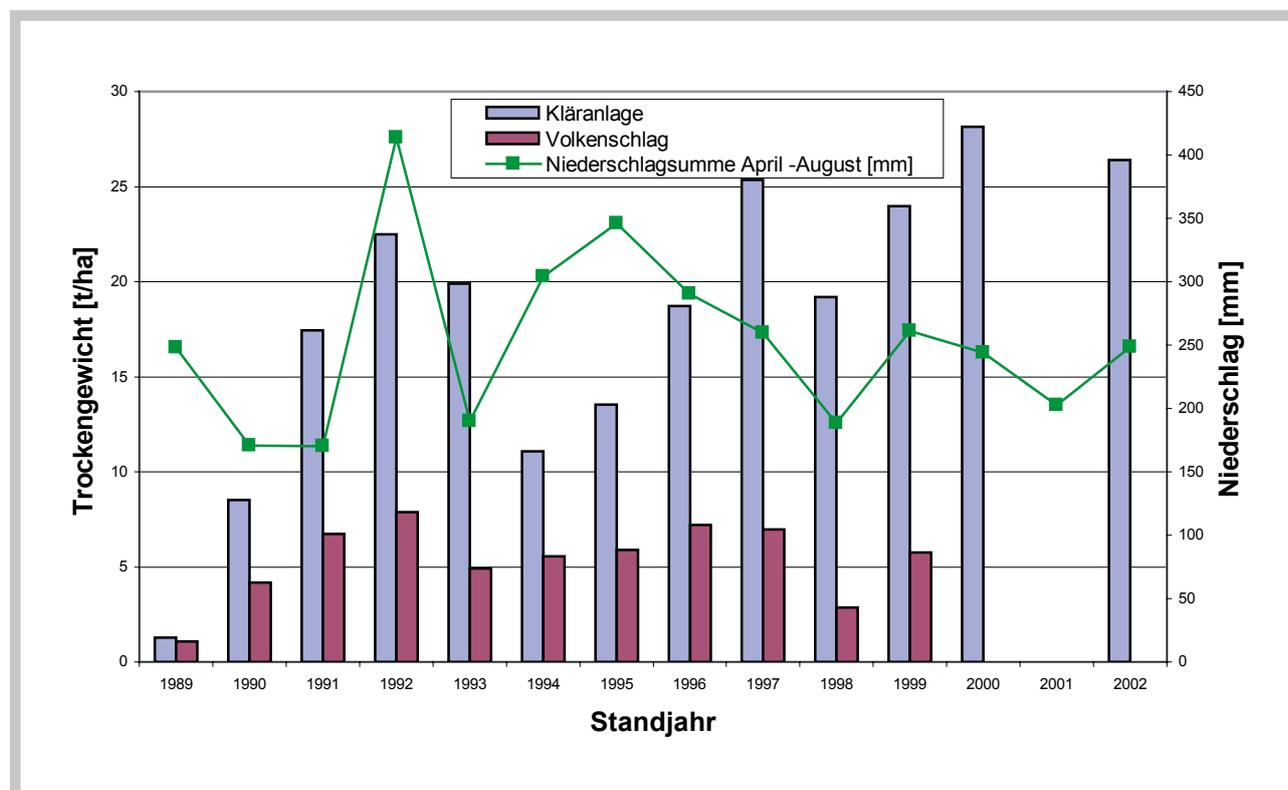


Abb. 12: Trockengewichtsertrag [t/h] von *Miscanthus x giganteus* an den Standorten „Kläranlage“ und „Volkenschlag“ im Standjahr 1989 bis 2002 (Standort „Volkenschlag“ nach Ernte 2000 aufgelöst), keine Düngung, Niederschlagssumme [mm] April-August (langjähriges Mittel 268,4 mm), Pflanzjahr: 1989



Bild 6: Miscanthus x giganteus auf ertragsschwachem Standort „Volken-schlag“.



Bild 7: Miscanthus x giganteus auf ertragreichem Standort „Kläranlage“.

Tab. 2: Standortverhältnisse der LWG-Versuchsflächen

Standort	Bodenzahl	Bodenart	Jahressumme Niederschlag langjähriges Mittel [mm]	Mittlere Jahrestemperatur°C
Güntersleben/ Kläranlage	65	tiefgründiger schluffiger Lehm; Lößboden	606	9,1
Güntersleben/ Volkenschlag	30	flachgründiger toniger Lehm; Rendzina	606	9,1
Großostheim	66	tiefgründiger lehmig sandiger Schluff	650	8,8
Wörnitz	34	toniger Lehm	700	7,4
Filke/Rhön	35	lehmiger Sand	630	7,8

Generell behauptet sich *Miscanthus x giganteus* an sehr guten Standorten als ertragsstärkste Sorte. Dies bestätigt sich auch in einem Sortenvergleich, der 1988 am Standort „Kläranlage“ angelegt wurde (s. Abb. 13). Schon im dritten Jahr nach der Pflanzung (Ernte 1992) wird *Miscanthus sinensis* 'Goliath' mit 15,27 t/ha um rund eine halbe Tonne übertroffen. Im Beobachtungszeitraum 1990 bis 1996 erreicht *Miscanthus x giganteus* ein Maximum von 19,62 t/ha, bzw. 19,67 t/ha (jeweils Ernte 1993).

Miscanthus sinensis 'Goliath' liegt zum gleichen Zeitpunkt bei 15,38 t/ha, zeichnet sich jedoch durch eine raschere Trockengewichtszunahme in den ersten Jahren aus. Am Ende des Beobachtungszeitraumes (Ernte 1996) liegen alle getesteten *Miscanthus sinensis*-Typen in einem Bereich von 10 t/ha. Ähnliche Ergebnisse wurden auch am Standort Großostheim erzielt, wo *Miscanthus sinensis* 'Goliath' mit knapp 19 t/ha im sechsten Jahr seinen höchsten Ertrag erreichte und sich danach auf ein Niveau um 15 t/ha einpendelte.

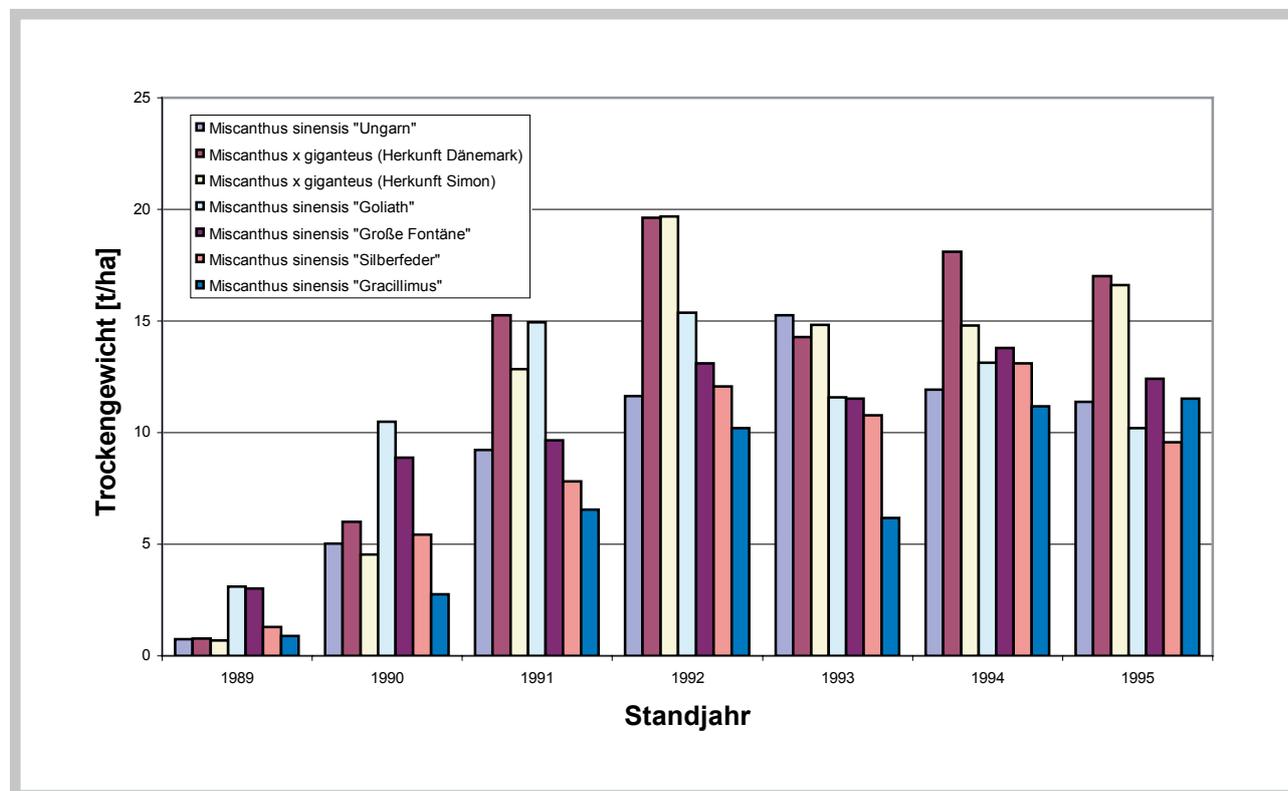


Abb. 13: Trockengewichtsertrag [t/h] verschiedener *Miscanthus*-Sorten, Standort „Kläranlage“, Standjahre 1989 bis 1995, Pflanzjahr: 1988

An klimatisch ungünstigen Standorten jedoch, zeigen sich die *Miscanthus sinensis* Sorten im Vorteil. Nicht nur erheblich höhere Überwinterungsraten, sondern auch bessere Erträge konnte z.B. die Sorte 'Goliath' gegenüber *Miscanthus x giganteus* an einigen Standorten erzielen. So erreichte *Miscanthus x giganteus* am LfL-Standort „Schlüterhof“ (Bodenzahl 52, Kalkschotterboden) einen Trockenmasseertrag von 11,5 t/ha im vierten Standjahr während *Miscanthus sinensis* 'Goliath' dort einen Ertrag von rund 18 t/ha erzielte. Am LfL-Standort „Schlosshaus“ (Bodenzahl 72) lag der Trockenmasseertrag von *Miscanthus x giganteus* aufgrund hoher Winterausfälle von ca. 80 % durch Frosteinwirkung bei weit unter 1 t/ha im vierten Standjahr. *Miscanthus sinensis* 'Goliath' dagegen erzielte bei einer Winterausfallrate von knapp 40 % einen Ertrag von ca. 8 t/ha. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch am Standort „Filke“ (Rhön), wo knapp 12 t/ha erreicht wurden (siehe Abb. 14).

Bei dichter Pflanzung ab 2 Pfl/m² konnte in einem weiteren Versuch am Standort Kläranlage auch mit *M. sinensis* 'Goliath' die 20-Tonnengrenze überschritten werden.

Das Ergebnis zeigt, welches Potential auch in sogenannten „Sinensis-Typen“ steckt. Vor allem für Standorte, die für den Anbau von *M x giganteus* nicht geeignet sind, sind andere Sorten und Typen gefragt. Eine grobe Übersicht über erreichte Erträge verschiedener Sorten an Standorten unterschiedlicher Güte gibt Tabelle 3.

Weitere Vorteile dieser Typen liegen im niedrigeren Feuchtegehalt des Erntematerials. Oft werden bereits im Februar Trockenmassegehalte von 80% und mehr erreicht, die bei *Miscanthus x giganteus* überhaupt nicht oder erst ab Mitte März gemessen werden können. Für die Art der Weiterverwertung, z.B. als Brennstoff sind niedrige Feuchtegehalte bedeutsam, um auf eine Nachrocknung des Erntegutes verzichten zu können. Auch bei den Selektionsversuchen zur Auslese neuer ertragreicher Typen wurden hier erfolgversprechende Ergebnisse erzielt.

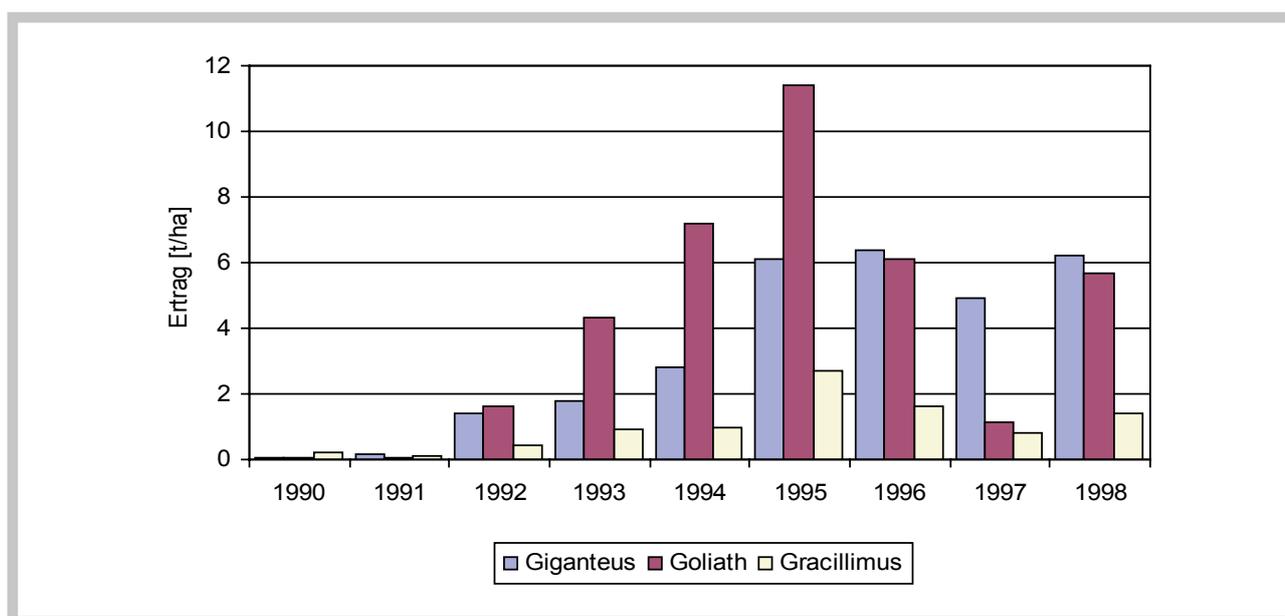


Abb. 14: Trockengewichtsertrag verschiedener *Miscanthus*-Sorten am Standort Filke für die Standjahre 1990 bis 1998; Pflanzjahr: 1990

Tab. 3: Ertragsspannen [t/ha] verschiedener Miscanthus-Typen an verschiedenen Versuchsstandorten

Miscanthus-Typ	Ertragreiche Standorte	Ertragsschwache Standorte
Miscanthus x giganteus	15-29	bis 10
Miscanthus sinensis 'Goliath'	10-19	bis 11
Miscanthus sinensis 'Goliath' Pflanzdichte 2 Pfl/m ²	13-22	keine Untersuchungen
Miscanthus sinensis 'Gracillimus'	6-17	2-3
Miscanthus sinensis 'Große Fontäne'	10-15	3-4



Bild 8: Verschiedene Miscanthus-Sorten am Standort „Kläranlage“.

Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit von *Miscanthus x giganteus*-Jungbeständen

Die Wahl des richtigen Standortes ist auch für die Überwinterungsfähigkeit junger *Miscanthus*-Pflanzen entscheidend. So zeigte sich in einer Versuchsreihe, dass an einem klimatisch begünstigten Standort im Maintal (Himmelstadt), die Überwinterungsraten von *Miscanthus* nach dem 1. Winter im Jahr 1997 mit 96,1 % deutlich höher lagen, als auf zwei exponierten Standorten auf der Wern-Lauer-Platte (Güntersleben, Unterpleichfeld), wo lediglich 65-77,6 % überwinterten. Auch bestätigte sich, dass die Verwendung rhizomvermehrter Pflanzen ebenfalls die Überwinterungsrate erhöht (siehe Tab. 4).

Eine inzwischen stark propagierte Methode der Bestandsgründung (PRESTELE, 2003) ist die direkte Einarbeitung von Rhizomstücken in die Fläche z.B. mittels einer Kartoffellegemaschine. Die Kosten hierfür sollen bei ca. 20 % der Kosten für die Verwendung von *in vitro* Pflanzen liegen (CHRISTIAN et al., 2001). Dies würde einen Preis unter 0,10 € pro Pflanze ergeben – wobei bei dieser Kalkulation die Etablierungskosten des Mutterpflanzenbestandes offensichtlich noch nicht berücksichtigt sind. Bedacht werden muss hier allerdings, dass bei dieser Methode der Feldaufgang der Jungpflanzen sehr stark schwanken kann. Etablierungsraten zwischen 50 % und 100 % der gelegten Rhizome sind hier durchaus die Praxis. Versuche der LWG zeigten, dass v. a. an exponierten Standorten die Überwinterungsrate mit der Pflanzung ganzer Rhizome verbessert werden kann (siehe Tab. 5). Die Anwachsrate verringert sich jedoch mit der Pflanztiefe (Tab. 6). Die aus Anwachs- und Überwinterungsrate berechnete Etablierungsrate zeigt deutlich den Vorteil einer Pflanzung an einem klimatisch begünstigten Standort. Eine Tiefpflanzung von Rhizomen wirkt sich hierbei negativ aus. Die Versuche der LWG zeigen, dass eine Pflanzung von Rhizomen vorwiegend an exponierten Standorten von Vorteil ist. Die erhöhten Überwinterungsraten wirken sich aufgrund teilweise verringerter Anwachsrate jedoch nur bedingt aus. Auch die Verwendung größerer Rhizome kann diesen Nachteil nur zum Teil ausgleichen. Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Methode ist zudem ein vorhandener mindestens dreijähriger Mutterpflanzenbestand zur Rhizomgewinnung, was die großflächige Umsetzung zumindest zu Beginn stark einschränkt.

Als weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Überwinterungsraten zeigte sich an den exponierten Standorten bei Behandlung der Pflanzen mit Camposan (Wirkstoff: 2-Chlorethyl-Phosphorsäure) im August (1,5 l/ha). Dies sorgte für eine deutliche Erhöhung der Überwinterungsraten bei *in vitro* vermehrten *Miscanthus x giganteus*-Pflanzen um bis zu ca. 33 Prozentpunkte (Tab. 7). Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Ausbringung des Wirkstoffs nicht bei feuchtem Wetter und Temperaturen unter 15 °C stattfindet, da sonst die Wirkung deutlich schlechter ausfällt. Günstige Bedingungen scheinen bei trockenem Wetter und Lufttemperaturen von ca. 20 °C zu herrschen. Die im Behandlungsjahr festgestellte Reduktion der Halmhöhe um bis zu 40 cm im Vergleich zu unbehandelten Kontrollpflanzen wirkt sich im Folgejahr nicht mehr aus. Eine Abdeckung der Jungpflanzen im Herbst mit Stroh (3 kg/m²) oder das Anhäufeln der Pflanzung im Herbst hatte in den Versuchen keinen Einfluss auf die Überwinterungsraten.

Nicht zuletzt kann ein später Pflanzzeitpunkt nach Abschluss des Wachstums der Jungpflanzen die Etablierungsrate deutlich erhöhen. So kam es im nachfolgend beschriebenen Versuch bei einer vergleichenden Frühjahrs- bzw. Spätherbstpflanzung speziell bei den Varietäten *Miscanthus x giganteus* zu erheblich höheren Überwinterungsraten bei der Spätherbstpflanzung.



Bild 9: *Miscanthus*-Jungpflanzen und -Rhizome.

Tab. 4: Überwinterungsraten [%] von *Miscanthus x giganteus* unterschiedlicher Vermehrungsart im klimatisch begünstigten Maintal (Himmelstadt) und auf der Wern-Lauer-Platte (Güntersleben, Unterpleichfeld), 1997

Standorte	Wern-Lauer-Platte	Maintal
<i>Miscanthus x giganteus</i> (in vitro vermehrt)	65,0 % - 77,6 %	96,1 %
<i>Miscanthus x giganteus</i> (rhizomvermehrt)	92,2 % - 94,8 %	99,4 %

 Tab. 5: Überwinterungsraten [%] von *Miscanthus x giganteus* im Maintal (Himmelstadt) und auf der Wern-Lauer-Platte (Güntersleben, Unterpleichfeld), 1997

Behandlungen	Wern-Lauer-Platte	Maintal
Jungpflanzen (in vitro vermehrt)	31% - 54 %	100 %
Einzelrhizom, Länge 10 cm / Pflanztiefe 20 cm	84 % - 86 %	90 %
Einzelrhizom, Länge 10 cm / Pflanztiefe 10 cm	81 % - 88 %	65 %
Rhizom, faustgroß, mehrere Knospen / Tiefe 20 cm	89 % -100 %	83 %
Rhizom, faustgroß, mehrere Knospen / Tiefe 10 cm	84 % - 91 %	88 %

 Tab. 6: Anwachsrate [%] von *Miscanthus x giganteus* im Maintal (Himmelstadt) und auf der Wern-Lauer-Platte (Güntersleben, Unterpleichfeld), 1996

Behandlungen	Wern-Lauer-Platte	Maintal
Jungpflanzen (in vitro vermehrt)	92 % -100 %	100 %
Einzelrhizom, Länge 10 cm / Pflanztiefe 20 cm	14 % - 50 %	20 %
Einzelrhizom, Länge 10 cm / Pflanztiefe 10 cm	32 % - 62 %	34 %
Rhizom, faustgroß, mehrere Knospen / Tiefe 20 cm	40 % - 76 %	36 %
Rhizom, faustgroß, mehrere Knospen / Tiefe 10 cm	74 % - 90 %	68 %

 Tab. 7: Überwinterungsraten [%] von *Miscanthus x giganteus* Jungpflanzen im Maintal (Himmelstadt) und auf der Wern-Lauer-Platte (Güntersleben, Unterpleichfeld) nach Behandlung mit Camposan, 1997

<i>Miscanthus x giganteus</i>	Wern-Lauer-Platte	Maintal
Kontrolle, in vitro vermehrt	65,0 % -77,6%	96,1 %
Kontrolle, rhizomvermehrt	92,2 % -94,8 %	99,4 %
in vitro vermehrt, Camposan, 1,5 l/ha , August	90,7 % -97,8 %	99,4 %
Rhizomvermehrt, Camposan 1,5 l/ha, August	98,9 %	99,4 %

Selektion neuer überwinterungsfähiger und ertragreicher *Miscanthus*-Typen

Um ein größeres Sortenpotential für einen zukünftigen risikolosen Anbau bereitstellen zu können, wurden seit 1988 an den Versuchsflächen der LWG in Güntersleben Selektionsversuche durchgeführt. Von bekannten Sorten, die als Mutterpflanzen in einem Bestand aus gemischten Sämlingspflanzen aufgepflanzt waren, wurde Saatgut abgenommen, Jungpflanzen davon im Gewächshaus angezogen und im Freiland innerhalb verschiedener Se-

lektionsreihen in den Jahren 1988 bis 1994 aufgepflanzt. Die stärksten Einzelpflanzen hinsichtlich Trockengewicht, Höhe und Halmzahl wurden vermehrt und getestet. Soweit das Material ausreichte wurden die Jungpflanzen hierfür an der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising mittels in vitro-Kultur erzeugt, alle restlichen Pflanzen wurden auf herkömmliche Weise durch Teilung von Rhizomstücken an der LWG vermehrt.

So wurden im Juni 1995 am Standort „Göbi“, Güntersleben insgesamt 34 *Miscanthus*-Sorten (siehe Tab. 8) gepflanzt. Davon sind 21 Sorten neue Selektionen der

Tab. 8: Winterausfallraten [%] und Erträge [t/ha] verschiedener *Miscanthus*sorten bzw. -varietäten an den Standorten Göbi und Meidl, Güntersleben, Pflanzzeitpunkte: 07.06.95 (Göbi) bzw. 29.11.95 (Meidl), 1996 wurden Parzellen mit größeren Ausfällen am Standort Göbi nachgepflanzt bzw. ganz ersetzt

Sorte und Herkunft	Standort				
	Göbi		Meidl		
	Ausfall [%] 1995/96	Ertrag [t/ha] 2003	Ausfall [%] 1995/96	Ausfall [%] 1996/97	Ertrag [t/ha] 2003
M. x giganteus (Dänemark, in vitro)/ ersetzt durch Jungpflanzen LWG	85	18,29	17	15	22,85
M. x giganteus (Selektion LBP, in vitro)/ nachgepflanzt	67	16,51	12	2	25,07
M. x giganteus (1-jährige Jungpfl., in vitro)/ ersetzt durch Jungpflanzen Dieffenbach	92	18,26	-	-	-
Goliath (Selektion LBP, in vitro)	27	7,35	0	0	11,33
Silberturm (Herkunft: Pagels, in vitro)	77	11,13	5	13	10,86
Absaaten von Goliath-Mutterpflanzen:					
LWG 16.5 (in vitro)	0	13,88	0	0	16,18
LWG 13.3 (in vitro)	0	13,50	0	0	17,27
Absaaten von Silberturm-Mutterpflanzen:					
LWG 2.11 (rhizomvermehrt)	0	12,78	3	0	12,35
LWG 2.11 (in vitro)	3	10,43	0	0	13,61
LWG 10.18 (rhizomvermehrt)	12	15,34	7	3	14,43
Absaaten von Rotsilber-Mutterpflanzen:					
LWG 28.25 (in vitro)	0	13,26	0	0	16,58
LWG 31.3 (in vitro)	8	14,02	2	2	11,97
Absaaten von Strictus-Mutterpflanzen:					
LWG 19.18 (in vitro)	18	10,06	0	0	12,99
LWG 19.9 (in vitro)	3	12,38	7	2	14,14
LWG 19.22 (in vitro)	7	11,36	0	0	13,35
LWG 17.22 (in vitro)	20	10,98	0	0	17,38
LWG 19.14 (rhizomvermehrt)	5	11,78	7	5	17,30
Absaaten von Robustus-Mutterpflanzen:					
LWG 7.6 (rhizomvermehrt)	0	13,53	0	0	16,24
LWG 7.16 (rhizomvermehrt)	0	13,78	0	0	14,00
Herkünfte aus vorausgegangenen Selektionsversuchen der LWG:					
LWG 40215 (rhizomvermehrt)	5	12,59	7	0	18,30
LWG 60623 (in vitro)	17	12,45	0	0	17,89
Absaaten von Silberfeder-Mutterpflanzen:					
LWG 3.36 (rhizomvermehrt)	15	9,92	-	-	-
LWG 3.36 (in vitro)	0	6,63	0	0	13,48
LWG 3.38 (in vitro)	8	10,72	0	0	15,25
LWG 3.53 (rhizomvermehrt)	0	13,35	0	0	17,24
Herkünfte aus dänischen Selektionen:					
DK 90-2 (in vitro)	8	8,06	0	2	9,32
DK 90-3 (in vitro)	2	11,95	3	0	13,10
DK 89-10 (in vitro)	0	11,04	8	5	10,15
DK 89-13 (in vitro)	2	10,81	10	15	12,64
DK 0214 (= Sachariflorus-Selektion)	0	14,43	0	0	16,43
DK 0215 (= Sachariflorus-Selektion)	5	16,01	0	0	21,03

LWG, 7 Auslesen aus Dänemark und 6 Herkünfte bekannter Sorten, die als Referenz mit beobachtet wurden. Die Anzahl der Pflanzen pro Parzelle betrug 30, bei zwei Wiederholungen je Sorte. Eine weitere Pflanzung mit 30 Sorten, die sich überwiegend in Winterruhe befanden, erfolgte Ende November 1995 am Standort „Meidl“, Güntersleben. Parallel zur Pflanzung im Juni 1995 wurden 26 Sorten zur Beobachtung im Schaugarten der LBP mit geringerer Stückzahl aufgepflanzt.

Am Standort „Göbi“ zeigten alle Sorten hohe Anwachsrate bis zu 100 %. Bei der Herbstpflanzung am Standort Meidl war die Anwachsrate identisch mit der Überwinterungsrate 95/96 und lag insgesamt höher als die Überwinterungsrate 95/96 am Standort „Göbi“. Da hier die Pflanzen jedoch vor Ermittlung der Winterausfallraten schon eine halbe Vegetationsperiode „durchlebt“ hatten, wurde am Standort „Meidl“ die Winterausfallrate nach der Vegetationsperiode 1996 erneut ermittelt. Die Vorteile einer Herbstpflanzung konnten hierdurch bestätigt werden, denn die Ausfallraten waren mehrheitlich erneut sehr gering. Aber auch am Standort „Göbi“ – der Sommerpflanzung – zeigten einige neue Sorten geringe Ausfallraten bis zu 0 %.

Auch hinsichtlich der Ertragsleistung zeigten einige neue Sorten vielversprechende Ergebnisse. Die höchsten Erträge am Standort „Göbi“ wurden mit deutlich über 18 t/ha im Jahr 2003 von *Miscanthus x giganteus* Herkunft LWG und Dieffenbach erzielt. Diese wurden 1996 als Ersatz für ausgefallene Sorten gepflanzt. Am Standort „Meidl“ erzielte *Miscanthus x giganteus* (Selektion LBP) 2003 ein hervorragendes Ergebnis mit knapp über 25 t/ha. Ebenfalls deutlich über 20 t/ha lagen *Miscanthus x giganteus* (Herkunft Dänemark) sowie eine dänische *Sacchariflorus*-Selektion.

Bei einigen Sorten ist ein rascher Biomassezuwachs schon in den ersten Jahren zu verzeichnen. So erreichen die Sorten LWG 7.6 und LWG 7.16 am Standort „Göbi“ schon in der 3. Vegetationsperiode 16,4 t/ha bzw. 15,8 t/ha. Diese Erträge wurden allerdings im Jahr 2003 mit 13,53 t/ha bzw. 13,78 t/ha nicht mehr erreicht.

Aufgrund der hohen Ertragsleistungen und positiven Überwinterungsrate wurden die besten Sorten in ein Versuchsprogramm in Zusammenarbeit mit der Fa. TINPLANT Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH Kleinwanzleben aufgenommen, mit der Zielrichtung einer Anzucht von *Miscanthus*-Pflanzen über Samenvermehrung zur Kostenminimierung.

Tabelle 9 zeigt das Blühverhalten der untersuchten Sorten. Gerade in der milden Region Mainfranken muss bei einigen der neuen Sorten mit der Ausbildung von Samen gerechnet werden, wenn eine Kreuzung mit *Miscanthus sinensis*-Typen möglich ist. Lediglich die dänischen Selektionen *Miscanthus sacchariflorus* DK 0214 und DK 0215 bilden – neben den *Miscanthus x giganteus*-Formen – keine Blüten aus und stellen somit absolut kein Risiko für eine Florenverfälschung dar. Ein geringes Risiko besteht auch bei Pflanzen, die im November noch blühen, da eine Samenreife zu diesem späten Zeitpunkt unwahrscheinlich ist.

Im Juni 1999 wurden weitere 48 *Miscanthus*-Sorten zur Prüfung auf den Versuchsflächen der LWG aufgepflanzt. Die Sorten stammten sowohl aus den Sämlingsbeständen der LWG als auch von der Fa. TINPLANT. Als Referenz dienten die bekannten Varietäten *Miscanthus x giganteus* und *Miscanthus sinensis* ‚Goliath‘. Einige Sorten erzielten überzeugende Erträge (Tab. 10). So erreichte die Sorte 29 – ein *Sacchariflorus*-Typ – nach dem 4. Standjahr (inkl. Pflanzjahr) einen Trockengewichtsertrag von 20,93 t/ha. Die Winterausfallrate lag bei 0 %. Eine Blütenentwicklung und damit die Gefahr einer Florenverfälschung waren nicht gegeben. Noch leistungsstärker waren die beiden *Miscanthus x giganteus*-Typen (Klon Nr. 39 und 40), mit Trockenerträgen von 23,58 t/ha und 22,70 t/ha. Die Ausfallraten waren mit 6 % und 9 % jedoch etwas höher, im Vergleich zum oben beschriebenen *Sacchariflorus*-Typ. Die Gefahr einer Florenverfälschung besteht bei diesen sterilen Typen ebenfalls nicht. Für eine Einkreuzung erscheint der *Sacchariflorus*-Typ interessant. Unter entsprechenden klimatischen Bedingungen ist dieser auch zur Blüte zu bringen und kann somit als ertragsstarker Kreuzungspartner fungieren.



Bild 10: Die ertragsstärksten *Miscanthus*-Typen (v.l. 40215, 7.16, 7.6) im 4. Anbaujahr.

Tab. 9: Blühverhalten verschiedener Miscanthussorten an den Standorten „Göbi“ und „Meidl“, Güntersleben, Boniturschlüssel: 1 = ohne Blüten oder vereinzelt Blüten sichtbar, 2 = blühend, 3 = verblüht, Pflanzzeitpunkte: 07.06.95 (Göbi) bzw. 29.11.95 (Meidl)

Sorte und Herkunft	Göbi		Meidl	
	Blütenentwicklung am			
	28.08.97	17.11.97	28.08.97	17.11.97
M. x giganteus (1996, LWG)	1	1	1	1
M. x giganteus (LBP, in vitro)	1	1	1	1
M. x giganteus (Dieffenbach)	1	1	-	-
Goliath (LBP, in vitro)	1	2	1	2
Silberturm (Herkunft: Pagels, in vitro)	2	2	1	2
Absaaten von Goliath-Mutterpflanzen:				
LWG 16.5 (in vitro)	2	2	2	3
LWG 13.3 (in vitro)	1	2	1	2
Absaaten von Silberturm-Mutterpflanzen:				
LWG 2.11 (rhizomvermehrt)	2	3	2	3
LWG 2.11 (in vitro)	2	3	2	3
LWG 10.18 (rhizomvermehrt)	2	3	2	3
Absaaten von Rotsilber-Mutterpflanzen:				
LWG 28.25 (in vitro)	2	3	1	2
LWG 31.3 (in vitro)	1	2	1	2
Absaaten von Strictus-Mutterpflanzen:				
LWG 19.18 (in vitro)	1	2	2	2
LWG 19.9 (in vitro)	1	2	2	2
LWG 19.22 (in vitro)	1	2	1	2
LWG 17.22 (in vitro)	1	2	1	2
LWG 19.14 (rhizomvermehrt)	2	3	2	3
Absaaten von Miscanthus sacchariflorus 'Robustus'- Mutterpflanzen:				
LWG 7.6 (rhizomvermehrt)	2	3	2	3
LWG 7.16 (rhizomvermehrt)	1	3	2	3
Herkünfte aus vorausgegangenen Selektionsversuchen der LWG:				
LWG 40215 (rhizomvermehrt)	2	2	2	2
LWG 60623 (in vitro)	1	2	1	2
Absaaten von Silberfeder-Mutterpflanzen:				
LWG 3.36 (rhizomvermehrt)	2	3	-	-
LWG 3.36 (in vitro)	1	2	1	2
LWG 3.38 (in vitro)	1	3	1	2
LWG 3.53 (rhizomvermehrt)	1-2	2	2	2
Herkünfte aus dänischen Selektionen:				
Robustus LWG (96)	2	3	1	2
DK 90-2 (in vitro)	2	3	2	3
DK 90-3 (in vitro)	2-3	3	3	3
DK 89-10 (in vitro)	2-3	3	3	3
DK 89-13 (in vitro)	2-3	3	2-3	2
DK 0214 (= Misc. sacchariflorus-Selektion)	1	1	1	1
DK 0215 (= Misc. sacchariflorus-Selektion)	1	1	1	1



Bild 11: Ausschnitt aus der 2. Versuchsanlage zur Selektion neuer Typen, Pflanzjahr 1999.

Tab. 10: Durchschnittliche Winterausfallrate [%], Ertrag [t/ha], Trockensubstanz [%] und Blühverhalten von 48 Miscanthussorten (2 Wiederholungen je 30 Pflanzen), Standort Meidl, Güntersleben, Pflanzdatum Juni 1999.

Boniturschlüssel Blühverhalten: 1 = ohne Blüten oder vereinzelt Blüten sichtbar, 2 = blühend, 3 = verblüht.

Klon	Ausfallrate [%] 1999/2000	Ertrag [t/ha] 02/2003	TS % 02/2003	Blühverhalten 11/2002
Miscanthus x giganteus (Nr.39)	6	23,58	70,02	1
Miscanthus x giganteus (Nr.40)	9	22,70	80,20	1
Miscanthus sinensis 'Goliath'	0	18,10	80,12	2
1	5	14,21	74,16	3
2	0	13,54	82,85	3
3	0	12,37	80,04	3
4	0	13,21	89,98	2
5	5	13,61	75,07	3
6	0	11,57	83,16	3
7	0	12,38	79,29	2
8	0	15,69	78,29	2
9	2	13,47	81,25	2
10	8	14,16	75,55	2
11	5	14,52	76,97	3
12	7	16,22	79,51	2
13	0	13,90	78,17	3
14	2	18,48	80,33	2
15	0	12,22	80,08	2
16	3	11,71	81,61	3
17	11	12,02	77,86	2
18	0	12,94	78,80	2
19	2	15,35	78,97	3
20	3	12,70	77,51	2
21	2	13,50	77,04	3
22	3	18,09	81,68	3
23	3	12,25	76,81	3
24	0	13,05	80,08	3
25	0	10,83	80,25	3
26	7	15,77	69,40	2
27	0	14,90	72,66	2
28	13	11,88	81,42	2
29	0	20,93	66,44	1
30	0	15,45	67,37	1
31	3	18,97	72,91	1
32	2	15,74	75,01	1
33	0	17,18	73,75	1
34	3	18,61	74,29	1
35	0	15,21	74,44	1
36	0	19,22	71,19	1
37	2	10,37	78,12	3
38	2	17,25	76,44	2
41	15	7,27	77,82	2
42	5	15,33	79,86	2
43	0	13,34	77,00	2
44	0	11,52	79,31	3
45	0	13,02	77,18	2
46	17	6,34	69,39	3
47	14	6,52	73,74	3
48	3	13,76	71,99	3

Miscanthusanbau durch Vermehrung über Saatgut

In einem von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Projekt sollten durch Kreuzung und Selektion Hybriden gefunden werden, die sich kostengünstig durch Samen vermehren lassen, um die Aufwendungen bei der Bestandesetablierung im Vergleich zur vegetativen Vermehrung erheblich zu senken. Ziel ist hierbei eine Halbierung der Pflanzgutkosten von ca. 0,35 € pro in-vitro-vermehrter Jungpflanze durch eine Anzucht über Saatgut in Multitopfpaletten. Weiterhin war es Ziel dieses Projektes, unter den gegebenen Anbaubedingungen winterharte und leistungsstarke Genotypen zu selektieren. Eine späte Reife sollte gewährleisten, dass keine Samen gebildet werden, die eine unkontrollierte Ausbreitung ermöglichen würden. Das Forschungsprojekt war ein gemeinsames Vorhaben der Fa. TINPLANT Biotech-

nik und Pflanzenvermehrung GmbH in Klein Wanzleben und der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) in Veitshöchheim, Abteilung Landespflege (Kordinator).

Im Jahr 1999 wurde von der Fa. TINPLANT eine erste Kreuzungsreihe durchgeführt. Die Kreuzungspartner stammten aus früheren Auslesen der LWG und der Fa. TINPLANT. Die aus dem gewonnenen Samenmaterial in Multitopfpaletten angezogenen Jungpflanzen wurden Ende Mai 2000 auf Flächen der LWG aufgepflanzt. Aus Tabelle 11 lassen sich die Kernstandortdaten entnehmen.

Einige Kreuzungen überraschten mit sehr guten Ergebnissen (Tab. 12). So zeigte Kreuzung 9 schon nach dem dritten Standjahr (inkl. Pflanzjahr) einen Trockengewichtsertrag von 15,7 t/ha, trotz einer Anwachsrate von nur 84 %. Die Überwinterungsrate 2000/2001 lag bei hervorragenden 100 %.

Tab. 11: Bodenzahl, Bodenart, langjähriges Niederschlagsmittel [mm] und mittlere Jahrestemperatur [°C] am Standort Bieg-Meidl, Güntersleben

Standort	Bodenzahl	Bodenart	Jahressumme Niederschlag langjähriges Mittel [mm]	Mittlere Jahrestemperatur°C
Güntersleben/Meidl	83	tiefgründiger schluffiger Lehm; Lössboden	606	9,1

Tab. 12: Anwachsrate [%], Überwinterungsrate [%], Trockengewichtsertrag [t/ha] und Trockensubstanz [%] der jeweils aufgepflanzten F1-Generation von 20 Miscanthuskreuzungen, Standort Bieg-Meidl, Güntersleben, Pflanzdatum 24./25.05.2000

Kreuzung	Anwachsrate [%] 2000	Überwinterungsrate [%] 2000/2001	Ertrag [t/ha] 2002	Ertrag [t/ha] 2003	TS % 2003
1	97	100	4,0	10,9	85,0
2	97	100	4,6	13,8	84,6
3	99	100	5,5	12,9	78,4
4	100	100	3,8	11,2	83,7
5	90	100	5,6	13,5	84,6
6	99	100	6,0	13,1	84,5
7	80	89	2,7	8,6	84,4
8	96	100	6,2	13,7	83,3
9	84	100	7,6	15,7	81,1
10	97	94	3,8	10,0	82,0
11	98	100	3,6	8,7	82,3
12	88	89	0,8	3,8	80,6
13	84	79	0,2	1,2	72,8
14	94	81	1,3	4,5	78,4
15	96	92	1,2	5,4	78,9
16	93	81	0,6	2,3	73,0
17	97	88	0,8	4,5	77,3
18	88	88	1,2	5,1	79,1
19	89	77	0,8	3,8	80,0
20	72	100	2,7	3,3	82,8



Bild 12: Miscanthus-Jungpflanzen, die aus Saatgut herangezogen wurden (August, 2001).

Zwar zeigte sich der Bestand dieser F1-Generationen im Vergleich zu Klonpflanzen erwartungsgemäß deutlich inhomogener, doch scheint dies auf den Gesamtertrag keine negative Auswirkung zu haben. Zudem deutete sich an, dass sich die Homogenität im Bestand zum Beispiel in Hinblick auf die Halmhöhen von Jahr zu Jahr verbessert. Schwache Pflanzen dürften zunehmend von stärker wüchsigen verdrängt werden. Eingeschränkt gilt dies jedoch für die Blütenentwicklung. Hier sollte zur Minimierung der Gefahr einer Florenverfälschung der überwiegende Anteil der Pflanzen nicht zur Aussamung kommen. Dies trifft mit hoher Sicherheit bei sechs Kreuzungen zu.

Bei Kreuzung 9 war im Jahr 2001 noch ein Anteil von 23 % der Nachkommen als kritisch im Hinblick auf eine eventuelle Aussamung zu betrachten. Im Jahr 2002 hatte sich dieser Wert auf 14 % reduziert.

Tab. 13 und Tab. 14 geben einen Überblick über die Homogenität der F1-Generation bei den Halmhöhen. Geklonte Pflanzen (Pflanzung 1999) zeigten für Halmhöhen einen Varianzkoeffizient zwischen 2 und 10. Deutlich höher liegen die Werte bei den Nachkommen der Kreuzungen. Im Jahr 2001 werden Werte zwischen 20 und 60 erreicht (Tab. 13).

Tab. 13: Varianzhomogenität der Halmhöhen [cm] der jeweils aufgepflanzten F1-Generation von 20 Miscanthuskreuzungen, 02.10.2001, Standort Bieg-Meidl, Güntersleben, Pflanzdatum 24./25.05.2000.

Kreuzung	Anzahl	Varianzkoeffizient	Quartilsabstand	Median	Minimum	Maximum
1	100	37	63	105	20	190
2	100	29	52	134	41	203
3	100	28	52	123	37	194
4	100	36	55	93	30	165
5	100	28	52	154	41	226
6	100	22	53	177	48	233
7	100	40	53	105	15	180
8	100	31	80	164	49	245
9	100	20	50	186	77	239
10	100	38	70	110	20	175
11	100	32	58	140	25	215
12	100	60	48	50	10	190
13	86	43	20	30	10	80
14	100	48	45	65	10	155
15	100	37	35	70	20	155
16	100	46	25	45	15	130
17	100	30	25	65	25	110
18	100	29	40	80	40	130
19	100	33	38	70	25	120
20	100	47	90	120	20	200

Tab. 14: Varianzhomogenität der Halmhöhen [cm] der jeweils aufgepflanzten F1-Generation von 20 Miscanthuskreuzungen, 10.12.2002, Standort Bieg-Meidl, Güntersleben, Pflanzdatum 24./25.05.2000

Kreuzung	Anzahl	Varianzkoeffizient	Quartilsabstand	Median	Minimum	Maximum
1	100	18	65	255	120	320
2	100	22	58	225	65	310
3	100	27	80	200	60	300
4	100	22	75	230	90	290
5	100	23	70	230	70	295
6	100	20	53	248	30	300
7	100	21	73	235	80	295
8	100	32	108	228	50	320
9	100	25	70	230	60	290
10	100	26	60	243	30	305
11	100	21	70	253	115	310
12	100	35	88	153	60	270
13	86	32	35	95	30	175
14	100	33	75	175	20	265
15	100	18	45	193	45	270
16	100	33	68	140	30	245
17	100	24	35	200	30	270
18	100	16	48	230	75	285
19	100	21	30	200	30	255
20	100	28	73	215	45	280

Den niedrigsten Varianzkoeffizienten zeigt im Jahr 2001 Kreuzung 9, wobei die zentralen 50 % der Pflanzen 50 cm weit auseinander liegen (Quartilsabstand = 50). Ordnet man alle Werte in einer Rangfolge an, dann liegt der mittelste Wert (Median) bei 186 cm. Die Spannweite zwischen Minimum (77 cm) und Maximum (239 cm) beträgt hier 162 cm. Im Jahr 2002 (Tab. 14) verringert sich der Varianzkoeffizient deutlich auf Werte zwischen 16 und 35, wobei Kreuzung 18 den niedrigsten Wert erreicht.

Von sechs aussichtsreichen Miscanthuskreuzungen wurden in den Folgejahren weiterhin die Trockengewichtserträge ermittelt. Tabelle 15 gibt einen Überblick über die erzielten Erträge bis zum Jahr 2008. Es fällt auf, dass die höchsten Erträge allgemein nach dem dritten Standjahr erzielt wurden (Ertrag 2003). Im Hitzejahr 2003 gingen die Erträge um bis zu 3,3 t/ha (= 21 %) bei Kreuzung 9 zurück. Die Niederschläge lagen im Zeitraum April bis

August bei nur noch 196,3 mm, der Jahresniederschlag bei 443,4 mm, während sonst meist Werte über 600 mm erreicht wurden (siehe auch Tabelle 16). Am geringsten ist der Rückgang bei Kreuzung Nr. 8. Der Ertrag sinkt hier um lediglich 0,6 t/ha, was einem Rückgang von 4,4 % entspricht. In die folgenden zwei Jahre werden meist keine großen Ertragssteigerungen festgestellt. Erst im Jahr 2006 (Ertrag 2007) ist wieder ein deutlicherer Zuwachs ersichtlich. Allerdings werden erst zur Ernte 2008 bei zwei Kreuzungen (Nr. 5 und Nr. 8) die hohen Werte der Ernte 2003 knapp erreicht oder sogar leicht überschritten. Die stärkste Ertragssteigerung fand im dritten Wuchsjahr statt (Ertrag 2003). Die Trockensubstanzgehalte (TS %) schwankten in der Regel zwischen 71 % und 88 %. Lediglich im Erntejahr 2006 lagen die TS-Gehalte zwischen 60,7 % und 71,4 %, da hier die Ernte bei sehr nasser Witterung erfolgte.

Tab. 15: Anwachsrate [%] und Trockengewichtsertrag der jeweils aufgepflanzten F1-Generation von 6 ausgewählten Miscanthuskreuzungen, Standort Bieg-Meidl, Güntersleben, Pflanzdatum 24./25.05.2000, Überwinterungsrate 2000/2001 jeweils 100 %

Kreuzung	Anwachsrate 2000 [%]	Ertrag [t/ha] 2002	Ertrag [t/ha] 2003	Ertrag [t/ha] 2004	Ertrag [t/ha] 2005	Ertrag [t/ha] 2006	Ertrag [t/ha] 2007	Ertrag [t/ha] 2008
2	97	4,6	13,8	10,8	11,6	11,3	12,0	12,1
3	99	5,5	12,9	10,5	11,2	9,6	12,4	12,4
5	90	5,6	13,5	11,0	11,5	11,6	13,3	13,7
6	99	6,0	13,1	11,3	10,9	12,0	12,3	12,1
8	96	6,2	13,7	13,1	11,6	12,4	13,4	13,6
9	84	7,6	15,7	12,4	12,1	13,3	13,5	11,8

Tab. 16: Niederschlagsverteilung [mm] am Standort Veitshöchheim für die Jahre 2000 bis 2007

Jahr	Jahresniederschlag [mm]	Niederschlag April-August [mm]
2000	526,1	249,2
2001	699,9	233,3
2002	790,6	297,2
2003	443,4	196,3
2004	609,3	339,7
2005	602,1	263,1
2006	626,7	324,0
2007	733,7	347,5

Im Vergleich hierzu erzielte *Miscanthus x giganteus* im Erntejahr 2008 nach 15 Standjahren am Standort Güntersleben einen Trockengewichtsertrag von durchschnittlich 23 t/ha.

Im Jahr 2001 wurden weitere 12 Sorten aus einer neuen Kreuzungsreihe der Firma Tinplant auf Flächen der LWG aufgepflanzt (Tabelle 17). Die Anwachsrate lagen deutlich niedriger als bei der ersten Kreuzungsreihe, was jedoch auch mit dem etwas späterem Pflanztermin in Verbindung stehen könnte. Die Überwinterungsraten lagen mehrheitlich über 90 %. Interessant erscheinen vor allem die Kreuzungen 5 und 9, die zur Ernte 2008 Trockenerträge von jeweils deutlich über 16 t/ha erzielten. Über den gesamten Zeitraum gesehen, zeigten sich in dieser Kreuzungsreihe jedoch größere Schwankungen zwischen den Jahren. Möglicherweise handelt es sich hierbei jedoch um Ernteeffekte. Die Trockensubstanzgehalte (TS %) schwankten (mit Ausnahme der Ernte

2006) zwischen 65,1 % und 90,2 %. Bei der Ernte 2006 lagen die TS-Gehalte aufgrund der feuchten Witterung zwischen 56,4 % und 74,2 %.

Eine letzte Kreuzungsreihe mit sechs Absaaten konnte im Jahr 2002 aufgepflanzt werden (Tabelle 18). Hohe Anwachsrate von 100 % oder nur knapp darunter sowie Überwinterungsraten von meist über 90 % überzeugten. In Hinblick auf die Trockengewichtserträge zeigten die Kreuzungen 3 und 4 nach dem 5. Standjahr (Ernte 2007) Ergebnisse von über 18 t/ha. Mit 17,5 t/ha erzielte die Kreuzung 1 zur Ernte 2008 17,5 t Trockenbiomasse/ha. Die TS-Gehalte schwankten hier deutlich zwischen 46,7 % und 91,7 %. Die niedrigen Werte lassen sich auch hier auf ungünstige Erntebedingungen (Regen) zurückführen.

Tabelle 19 zeigt die Trockengewichtserträge von *Miscanthus*-Pflanzen, die im Jahr 2003 aus den im Jahr 2000 angelegten Parzellen selektiert wurden. Selektionskriterium war hierbei ein vermeintlich hoher Ertrag, aufgrund von Merkmalen wie Pflanzhöhe sowie Anzahl und Stärke der Stängel. Dabei wurden die Einzelpflanzen im Jahr 2005 vermehrt und aufgepflanzt. Die geringe Stückzahl von nur neun Pflanzen je selektierter Einzelpflanze, verringert jedoch die Aussagekraft der erzielten Erträge erheblich. Diese lagen bei drei Selektionen über 20 t/ha. Ein Maximum wurde mit knapp 35 t/ha erzielt. Eine entsprechende Vermehrung dieser Pflanzen und weitere Beobachtungen der Erträge sind daher dringend notwendig.

Eine weitere Selektion wurde im Jahr 2006 durchgeführt. Es wurden 12 Pflanzen ausgewählt und vermehrt. Jeweils 10 Pflanzen wurden im Jahr 2006 aufgepflanzt. Ertragsresultate lagen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung jedoch noch nicht vor.



Bild 13: Einjähriger *Miscanthus*-bestand, aus Saatgut herangezogen (August, 2001).

Insgesamt wird deutlich, dass die Vermehrung von *Miscanthus* über Saatgut mit dem Ziel der Auspflanzung von Jungpflanzen durchaus respektable Erträge liefern kann. Entscheidend ist hierbei natürlich die Auswahl der Kreuzungspartner. Damit wird aber auch eine direkte Aussaat auf die Fläche interessant. Als „Nebenprodukt“ lassen sich durch Selektionen neue ertragreiche Klone ermitteln.

Tab. 17: Anwachsrate [%], Überwinterungsrate [%] und Trockengewichtsertrag [t/ha] der jeweils aufgepflanzten F1-Generation von 12 Miscanthuskreuzungen, Standort Bieg-Meidl, Güntersleben, Pflanzdatum 08.06.2001

Kreuzung	Anwachsrate 2001 [%]	Überwinterungsrate 2001/2002 [%]	Ertrag [t/ha] 2003	Ertrag [t/ha] 2004	Ertrag [t/ha] 2005	Ertrag [t/ha] 2006	Ertrag [t/ha] 2007	Ertrag [t/ha] 2008
1	91	94	1,6	3,3	12,7	2,7	10,0	-
2	72	96	3,3	8,1	3,2	9,7	13,8	4,6
3	94	90	3,5	9,1	4,6	9,1	6,5	11,6
4	81	100	3,1	8,8	-	9,1	12,3	11,0
5	67	71	0,6	2,5	12,9	5,7	5,6	16,4
6	79	67	0,2	0,9	6,3	6,2	5,7	8,8
7	78	80	0,7	3,0	7,4	8,2	9,9	10,5
8	98	95	1,9	5,1	9,7	7,6	8,8	14,3
9	89	67	1,1	4,1	8,0	5,3	6,3	16,3
10	85	97	3,6	7,5	6,6	7,0	13,9	9,9
11	81	88	2,4	4,6	9,0	5,7	11,5	-
12	62	96	2,2	6,5	2,9	8,0	12,5	5,7

Tab. 18: Anwachsrate [%], Überwinterungsrate [%] und Trockengewichtsertrag [t/ha] der jeweils aufgepflanzten F1-Generation von 6 Miscanthuskreuzungen, Standort Bieg-Meidl, Güntersleben, Pflanzdatum 14.06.2002

Kreuzung	Anwachsrate 2002 [%]	Überwinterungsrate 2002/2003 [%]	Ertrag [t/ha] 2004	Ertrag [t/ha] 2005	Ertrag [t/ha] 2006	Ertrag [t/ha] 2007	Ertrag [t/ha] 2008
1	100	98	3,5	6,9	4,9	12,8	17,5
2	99	100	3,4	5,9	4,8	10,4	14,0
3	100	94	3,2	6,0	12,5	18,1	15,3
4	100	99	-	9,5	12,4	18,2	14,7
5	94	79	-	4,2	9,6	12,2	11,8
6	97	81	-	1,8	5,2	8,7	10,0

Tab. 19: Trockengewichtsertrag [t/ha] und TS-Gehalt [%] von 9 Miscanthusselektionen (Selektion 2003), Standort Bieg-Meidl, Güntersleben, Pflanzung 2005

Selektion	Ertrag [t/ha] 2008	TS [%] 2008
1	16,6	83,4
2	13,7	80,8
3	14,8	82,7
4	34,8	85,1
5	20,5	82,3
6	24,2	85,6
7	16,3	81,2
8	14,9	82,7
9	14,4	82,2



Bild 14: Miscanthus-Selektion 2003, 3. Standjahr (Oktober 2007).

Miscanthus als Lebensraum

In zunehmenden Maße wird Miscanthus auch als Strukturelement und Deckungsfläche vor allem in einer ausgeräumten Landschaft eingesetzt. Welche Auswirkung hat aber der großflächige Anbau von Miscanthus *x giganteus* auf die Natur? Ist diese Monokultur mit Maisflächen gleichzusetzen oder ähnelt sie der natürlichen Monokultur Schilf? Mit diesen Fragestellungen befasste sich eine vergleichende zoologische Untersuchung durch das Ecosystem-Institut, Bad Rappenau, im Auftrag der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Würzburg/Veitshöchheim, Abteilung Landespflege.

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus der Studie ableiten:

Schutzfunktion

Für größerer Säuger wie Reh oder Feldhase stellt der Miscanthusbestand eine wichtige Ersatzstruktur für Hecken und Feldgehölze dar. Dies wird vor allem in einer weitgehend ausgeräumten Flur deutlich. Gerade im Winter erhöht sich die Funktion als Deckungsfläche noch, da die Miscanthusernte in der Regel erst zu Beginn des Frühjahrs stattfindet und somit die bis zu vier Meter hohen Pflanzen über den gesamten Winter hinweg Schutz vor Räubern und Witterungseinflüssen bieten. In der Maisfläche und im Schilfbestand konnten keine größeren Säuger nachgewiesen werden.

Für Kleinsäuger wurde deutlich, dass Miscanthusbestände auch als Lebensraum (Habitat) dienen können (Tab. 20). Für die Mais- und Schilffläche war dies nicht der Fall. Im Gegensatz zu der Maisfläche findet auf der Miscanthusfläche keine Bodenbearbeitung statt und im Vergleich

mit dem Schilfbestand ist der Boden hier nicht staunass. Beide Faktoren forcieren das Vorhandensein von Erdhöhlen bauenden Kleinsäufern. Auch für Vögel wurde, über die Schutzfunktion hinaus, eine Nutzung als Brut- und Nahrungshabitat erkannt. Die Nutzung als Bruthabitat belegt z.B. ein älteres Nest eines Teichrohrsängers. Individuen dieser Vogelart ist es somit möglich, zwischen den recht starren Stengeln der Miscanthuspflanzen Nester zu errichten. Insgesamt wurden acht Vogelarten innerhalb der Miscanthusfläche, drei im Maisacker und lediglich eine im untersuchten Schilfbestand nachgewiesen (Tab. 20). Die relativ hohe Akzeptanz der Miscanthusfläche für Vögel beruht auch auf einem größeren und vielfältigeren Nahrungsangebot (Insekten, Wildkräuter) im nicht ganz geschlossenen Bestand.

Nischenreichtum

Auch für Käfer und Spinnen scheint der über das Jahr nicht bearbeitete Miscanthusbestand von großem Interesse zu sein. Insgesamt 104 Arten konnten hier nachgewiesen werden, 94 in der Schilffläche und 82 auf dem Maisacker (Tab. 21). 24 Käfer- und 21 Spinnenarten fand man sogar nur im Miscanthusbestand allein. Man spricht von sogenannten Differentialarten, die eine Unterscheidung der Untersuchungsflächen ermöglichen. Während in der Schilffläche eine ähnlich hohe Zahl an Differentialarten zu finden war, wurden auf dem Maisacker lediglich 19 Käfer- und fünf Spinnenarten als Differentialarten nachgewiesen. Dieses Ergebnis belegt die deutlich höhere Anzahl ökologischer Nischen auf der Miscanthusfläche. Entscheidend hierfür scheint vor allem der horstige Wuchs der Pflanzen zu sein, welcher in diesem Stadium (Alter vier Jahre) noch offene Stellen zwischen den Pflanzen zulässt. Auch eine von abgeworfenen Blättern gebildete Streuauflage sowie Lücken im Bestand tragen zum erhöhten Nischenreichtum in den Miscanthuskulturen bei. So entsteht ein im Vergleich zur Maisfläche sehr stabiles Arten-Individuenverhältnis, d.h. jede der vielen Arten wird von einer hohen Zahl von Individuen gebildet, was die Stabilität erhöht. Ähnlich verhält es sich in der Schilffläche. Auf dem ökologisch instabilen Maisacker ist die Anzahl der Kleinstbiotope deutlich geringer.



Bild 15: Vogelnest im Miscanthusbestand.

Biototyp

Die ökologischen Ansprüche der dominanten Arthropodenarten (Gliederfüßer) ermöglichen Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Standorte. Demnach stellt der Miscanthusbestand einen eher offenen und trockenen Lebensraum dar, welcher zwischen einer ungestörten und intensiv landwirtschaftlich genutzten Fläche einzustufen ist. Belegt wird dies vor allem durch die Dominanz des trockene Stellen und offenes Gelände

liebenden Laufkäfers *Calathus fuscipes* sowie dem Vorkommen der vier häufigsten Spinnenarten innerhalb der Miscanthusfläche. Der Nachweis von Waldökotypen in der Miscanthuskultur lässt sich mit der Silhouette des hochgewachsenen Miscanthusbestandes begründen, die einem Waldrand ähnelt und als Anlocksignal wirkt. Insgesamt dürfte der Miscanthusbestand auch die weniger stark schwankenden abiotischen Verhältnisse aufweisen, bedingt durch eine Streuauflage sowie der Abmilderung von Luftbewegungen durch den hohen Bestand.

Tab. 20: 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	+	+	-

Tab. 21: Artenzahlen im untersuchten Miscanthus-, Mais- und Schilfbestand (Differentialarten = Arten die nur in einer der Kulturen vorkommen), 1995

Pflanzenart	Käfer (Differentialarten)	Spinnen (Differentialarten)	Gesamt (Differentialarten)
Miscanthus	62 (24)	42 (21)	104 (45)
Mais	62 (19)	20 (5)	82 (24)
Schilf	55 (21)	39 (22)	94 (43)

Perspektiven für die Zukunft

Angesichts der sehr guten Fasereigenschaften, hoher Ertragsleistungen, geringer Ansprüche an Düngung und Pflanzenschutz, Reduzierung der Wind- und Wassererosion sowie der positiven Ergebnisse der faunistischen Untersuchungen erachtet es die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau für äußerst lohnenswert, die Etablierung von *Miscanthus* als landwirtschaftliche Kultur weiter zu forcieren.

Miscanthus eignet sich hervorragend zur Verbrennung. Schon heute existieren laut Ofenherstellern moderne Ofentechniken, welche die Verbrennung von 100 % *Miscanthus* ermöglichen. Die SO_x- und NO_x-Werte liegen im Bereich von Holz und damit deutlich unter den Werten von Getreide. Gemäß 1. BImSchV gilt *Miscanthus* als Regelbrennstoff und darf daher auch in Kleinfeuerungsanlagen verbrannt werden.

Miscanthus bietet weitere Vorteile: So wird *Miscanthus* komplett genutzt, bei Getreide nur das Korn. Dies führt zu einem „Heizölersatz“ von nur 2500 l bis 3000 l, während *Miscanthus* pro ha durchaus 7000 l Heizöl ersetzen kann. Aus einem ha Raps lassen sich ca. 1000 l Biodiesel produzieren. Auch der Energieaufwand für den Anbau ist deutlich geringer, da *Miscanthus* mindestens 20 Jahre auf der Fläche verbleibt. Neuste Erkenntnisse lassen sogar eine Standzeit von bis zu 30 Jahren vermuten. Damit ergibt sich auch eine entsprechend lange Bodenruhe. Zudem benötigt *Miscanthus* nur eine geringe Düngung und kaum Pestizideinsatz. Daher ist *Miscanthus* auch für den Anbau in Wasserschutzgebieten interessant. Gerade in der Schutzgebietszone II könnte sich ein *Miscanthusanbau* positiv auf die Qualität des Trinkwassers auswirken. Im Grunde stellt *Miscanthus* eine „hohe Wiese“ dar, ohne Umbruch, ohne Pflanzenschutz und mit einer nur geringen Düngung, die nur die mit dem Erntegut entzogenen Nährstoffe ersetzt. Die Bodenruhe führt zu einer Nitratreduktion im Boden und damit im Trinkwasser. Der Anbau von *Miscanthus* liefert damit auch einen wichtigen Beitrag zum Trinkwasserschutz.

Eine Deckungsbeitragsberechnung zeigt den möglichen ökonomischen Vorteil von *Miscanthus* auf (Tab. 22). Für die Berechnung wurde eine Nutzungsdauer von 20 Jahren

angenommen. Eine erste Ernte nach dem dritten Standjahr sowie die Berücksichtigung einer Bestandsauflösung nach Ablauf der Nutzung ergibt eine gesamte Laufzeit von 21 Jahren bei 18 Ernten. Bei den Etablierungskosten wurde für Rhizommaterial ein Preis von 0,20 €/Stück angesetzt. Die Verzinsung des eingesetzten Kapitals wurde mit 4 % berücksichtigt. Die Marktleistung wurde für Trockenmasseerträge von 15 t/ha berechnet. Als erzielbare Preise wurden die aktuellen Preise für Waldhackschnitzel herangezogen. Diese betragen im 3. Quartal 2008 bei 35 % Wassergehalt in Bayern durchschnittlich 78,20 €/t, bei 20 % Wassergehalt (dies erreicht *Miscanthus* problemlos) durchschnittlich 105 €/t (Quelle: C.A.R.M.E.N., www.carmen-ev.de, 2008). Enthalten ist auch die Energiepflanzenprämie von 45,00 €/ha.

Eine Pillierung von *Miscanthus*-Saatgut zur Aussaat ins freie Feld – was ein weiteres Ziel in der *Miscanthus*-forschung sein sollte – könnte eine weitere Reduzierung der Etablierungskosten um rund 10 % bewirken.

Im Vergleich zu Kurzumtriebshölzern hat *Miscanthus* einen großen Vorteil: Das Erntegut muss nicht nachgetrocknet werden, da in der Regel schon ein Trockengehalt von über 80 % bei der Ernte vorhanden ist. Weiden oder Pappeln benötigen eine aufwendige Nachtrocknung, die den Deckungsbeitrag selbst bei Feldrandtrocknung deutlich reduziert. Auch die hohe Flexibilität, die man mit dem Anbau von *Miscanthus* erzielt, überzeugt. Der Brennstoff kann direkt vor Ort angebaut werden, wodurch lange Transportwege und damit auch hohe Transportkosten vermieden werden. Dies ist gerade in waldarmen Regionen von großer Wichtigkeit. Auch existiert inzwischen die Möglichkeit in einem Arbeitsschritt *Miscanthus* zu ernten, zu häckseln und zu Quaderballen zu pressen (FEINEN, 2008). Die erneute Überführung von *Miscanthus*flächen in die Landwirtschaft stellt sich einfacher dar, als bei Holzplantagen. Auf feuchten Standorten jedoch sind Holzplantagen dem *Miscanthusanbau* überlegen, da bei Staunässe von einem *Miscanthusanbau* abgeraten werden muss.

Tab. 22: Deckungsbeiträge von *Miscanthus* (Berechnung LWG; Ertrag 15 t/ha, 18 Ernten), Kurzumtriebshölzer (Quelle: Möndel, A., 2008; Ertrag 10 t/ha, 5 Ernten) und ausgewählten Feldfrüchten (Quelle: www.lfl.bayern.de, 2008; Winterweizen Ertrag 6,6 t/ha, Körnermais Ertrag 0,94 t/ha)

Miscanthus Marktleistung 1000 €/ha	Miscanthus Marktleistung 1125 €/ha	Miscanthus Marktleistung 1500 €/ha	Weide/Pappel ohne Trocknung 45 % TM Marktleistung 700 €/ha	Weide/Pappel Feldrandlagerung 70 % TM Marktleistung 700 €/ha	Winterweizen Marktleistung 1413 €/ha	Körnermais Marktleistung 1260 €/ha
266,28 €	396,78 €	721,88 €	257 t/ha	96 €/ha	505 €/ha	-295 €/ha

Danksagung

Die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Abteilung Landespflege bedankt sich bei der Europäischen Union, dem Freistaat Bayern und der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe für die zur Verfügung gestellten Forschungsmittel. Besonderer Dank gilt der Landesanstalt für Landwirtschaft (ehem. LBP), die über viele Jahre eine Beerntung unserer Versuchsflächen durchführte. Seit 2004 wird das Forschungsvorhaben unter der Koordination des TFZ geführt. Die Kosten hierfür werden vom TFZ übernommen.



Bild 16: Dankenswerterweise übernahm die LfL bzw. ab 2004 das TFZ die Parzellenbeerntung zur Erfassung der Ertragsergebnisse.

Verwendete Literatur

Chen, P. u. Gusta, L. V., 1978: The role of water in cold hardiness of winter cereals. In: Li, P. H. & Sakaki, A.: Plant cold hardiness and freezing stressmechanism and crop implications. Academic Press Inc., S. 165-174.

Christian, D., G., Haase, E., Schwarz, H., Dalianis, C., Clifton-Brown, J. C. und Cosentino, S., 2001: Agronomy of miscanthus. In: Miscanthus for Energy and Fibre, Jones, M.B. and Walsh, M. (Hrsg.). James & James, London, S. 21-45.

Deuter, M. u. Abraham, J., 2000: Wissensstand in der Miscanthus-Züchtung. Miscanthus - Anbau und Verwertung. Beiträge zu Agrarwissenschaften 19, S. 8-14.

Feinen, L., 2008: Miscanthus Häcksel-Press-Kombination. In: Miscanthus-Netzwerke und Visionen - 5. Internationale Miscanthus-Tagung. Pude (Hrsg.), ILB, S. 67-70

Greef, J. M.: Etablierung und Biomassebildung von Miscanthus x giganteus, Göttingen: Cuvillier, 1996 Zugl.: Kiel Univ., Habil.-Schr., 1995
Greef, J. M. u. Deuter, M., 1993: Syntaxonomy of Miscanthus x giganteus Geef et Deu., Angewandte Botanik 67, p. S. 87-90.

Prestele, H. M., 2003: Miscanthus (Chinaschilf) - eine Chance für die Landwirtschaft? In: C.A.R.M.E.N. Biomasse und Sonne - Energie und Naturstoffe, 1. Auflage, S. 137-142.

Jodl, S., Hotz, A, Christian, D. G., 1996: Nutrient demand and translocation processes of Miscanthus x giganteus, Book of Abstracts: 9th European Bioenergy Conference in Kopenhagen, 139.

Möndel A., 2008: Wirtschaftlichkeit des Anbaus von nachwachsenden Hölzern und Miscanthus. In: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (Hrsg.): Tagungsband zur Fachtagung Kurzumtriebshölzer und Miscanthus, Rheinstetten, Kap. 5.

Pomeroy, M. K. u. Andrews, C. J., 1989: Low temperature injury in winter cereals. In: Li, P. H.: Low temperature stress physiology in crops. CRC Press, Inc. Florida, S. 107-122 .

Stergios & Howell 1973: Evaluation of vitability tests for cold stressed plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98, S. 325-330.

Tumanov, I. u. Krasavtsev, O. A. 1959: Hardening of northern woody plants by temperatures below zero. Plant Physiol. 6 (6), S. 663-673.

Bisherige Veröffentlichungen der LWG

- Hotz, A., Kolb, W., Schwarz, T.; 1989: Nachwachsende Rohstoffe – eine Chance für die Landwirtschaft? Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 1, S. 15–26.
- Hotz, A., Kolb, W.; 1990: Nachwachsende Rohstoffe aus mehrjährigen Gräserarten zur Energiegewinnung. VDL-Journal 1, S. 15.
- Hotz, A.; 1990: Nachwachsende Rohstoffe in der Landschaft. Deutscher Gartenbau 25, S. 1636–1639.
- Sutor, P., Sturm, M., Hotz, A., Kolb, W., Kuhn, W.; 1991: Anbau von *Miscanthus sinensis*, *Giganteus*: SuB 8, S. III-5–III-10.
- Hotz, A.; 1991: Ökologische Konsequenzen des Anbaus ausdauernder Energiepflanzen auf landwirtschaftlichen Flächen. BDGL-Schriftenreihe 9, S. 50.
- Sutor, P., Hotz, A., Kolb, W.; 1991: *Miscanthus* wächst noch nicht in den Himmel. BLW 4, S. 19–20.
- Hotz, A., Kolb, W., Kuhn, W.; 1991: Anbaufragen und produktionstechnische Kenndaten von *Miscanthus sinensis*. In: KTBL-Arbeitspapier 158, S. 34–45. KTBL, Bartningstr.49, 6100 Darmstadt (Hrsg.).
- Sutor, P., Sturm, M., Hotz, A., Kolb, W., Kuhn, W.; 1991: Was an Chinaschilf wirklich dran ist. dlz 5, S. 20–24.
- Hotz, A., Jonkanski, F.; 1992: The European *Miscanthus* Network. In: G. Grassi, A. Collina, H. Zibetta (Hrsg.); Biomass for Energy, Industry and Environment. 6th EC-Conference. London, New York. S. 278–281.
- Hotz, A.; 1992: Experiences with *Miscanthus* and other high yielding perennials in Germany. Tagungsband zum Workshop: „Energy Crops“ des Ministry of Agriculture, Food and Fishery. Stoneleigh 3. und 4.12.1991.
- Hotz, A., Kolb, W., Kuhn, W.; 1993: Chinaschilf wächst nicht in den Himmel. DLG-Mitteilungen 1, S. 50–53.
- Hotz, A.; Kuhn, W. 1994: Erkenntnisse aus sechsjähriger Forschungstätigkeit mit *Miscanthus*. Tagungsband zum 2. Fachgespräch *Miscanthus* am 1.2.1994 in Velburg, C.A.R.M.E.N.e.V. (Hrsg.), Rimpar.
- Hotz, A.; Kuhn, W. 1996: *Miscanthus* – Rohstoff für Energie und Industrie. Forst und Holz 5, S. 145–147.
- Hotz, A.; Kuhn, W. 1996: *Miscanthus* – Rohstoff für Energie und Industrie. Tagungsband: Nachwachsende Rohstoffe im gärtnerischen Bereich. Veitshöchheim 19.6.1996.
- Hotz, A.; Jodl, S. 1996: Screening of different *Miscanthus* cultivars in respect of their productivity and usability as a raw material for energy and industry. Book of Abstracts: 9th European Bioenergy Conference in Kopenhagen, Juni 1996, S. 140.
- Jodl, S.; Hotz A. und Christian D.G. 1996: Nutrient demand and translocation processes of *Miscanthus x giganteus*. Book of Abstracts: 9th European Bioenergy Conference in Kopenhagen, Juni 1996, S. 139.
- Hotz, A.; Kuhn, W.; Jodl, S. 1996: Screening of different *Miscanthus* cultivars in respect of their productivity and usability as a raw material for energy and industry. In: BIOMASS for Energy and the Environment. Chartier P., Ferrero G.L., Herius U.M., Hultberg S., Sachau J., Wiinblad M. (eds). Vol 1, Pergamon, Elsevier Science Ltd, Oxford, S. 523–527.
- Jodl, S., Hotz A. und Christian D.G., 1996: Nutrient demand and translocation processes of *Miscanthus x giganteus*. In: BIOMASS for Energy and the Environment. Chartier P., Ferrero G.L., Herius U.M., Hultberg S., Sachau J., Wiinblad M. (eds). Vol 1, Pergamon, Elsevier Science Ltd, Oxford, S. 517–522.
- Eppel-Hotz, A., Jodl, S. und Kuhn, W. 1997: *Miscanthus*: new cultivars and results of research experiments for improving the establishment rate. In: Book of Abstracts: International Conference on Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry. 23.–27.6.1997, Braunschweig, S. 319.
- Eppel-Hotz, A., Kuhn, W. und Jodl, S. 1997: Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit von *Miscanthus* Neupflanzungen zur Nutzung als nachwachsender Rohstoff. In: Versuche in der Landespflege 1996. Verband der Landwirtschaftskammern Bonn (Hrsg), S. 27.
- Jodl, S. (1997): Vergleichende faunistische Untersuchungen in *Miscanthus*-, Mais- und Schilfbeständen. In: Versuche in der Landespflege 1996. Verband der Landwirtschaftskammern Bonn (Hrsg.), S. 28.
- Eppel-Hotz, A., Jodl, S. und Kuhn, W. 1998: *Miscanthus*: New cultivars and results of research experiments for improving the establishment rate. In: Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry. El Bassam, N.; Behl, R.K., Prochnow, B. (Hrsg.) Vol 1, S. 178–183.
- Jodl, S., Eppel-Hotz, A. und Marzini, K. 1998: Examination of the ecological value of *Miscanthus* expanses – faunistic studies –. In: Biomass for Energy and Industry. Kopetz, H.; Weber, T.; Palz, W.; Chartier, P.; Ferrero, G.L. (Hrsg.). S. 778–779.
- Eppel-Hotz, A., Jodl, S., Kuhn, W., Marzini, K., Münzer, W. 1998: *Miscanthus*: New cultivars and results of research experiments for improving the establishment rate. In: Biomass for Energy and Industry. Kopetz, H.; Weber, T.; Palz, W.; Chartier, P.; Ferrero, G.L. (Hrsg.). S. 778–779.
- Jodl, S. (1998): Verbesserung der Überwinterungsfähigkeit von *Miscanthus*-Jungpflanzen. Versuche in der Landespflege 3/1997, 39, Verband der Landwirtschaftskammern Bonn (Hrsg.).
- Kuhn, W., Jodl, S. (1998): Vom Ziergras zur Rohstoffpflanze – 10 Jahre *Miscanthus*-Forschung. Veitshöchheimer Bericht 36/1998, S. 37–42.
- Jodl, S. (1999): Selektion neuer überwinterungsfähiger und ertragreicher *Miscanthus*-Typen. Versuche in der Landespflege, 1998, (erschienen 1999), Verband der Landwirtschaftskammern Bonn (Hrsg.). S. 20.
- Jodl, S. (2000): Selektion neuer überwinterungsfähiger und ertragreicher *Miscanthus*-Typen. Veitshöchheimer Berichte 52/2000, Bayerische Landesanstalt Veitshöchheim, S. 13–14.
- Jorgensen, U., Muhs, H.-J., El Bassam, N. Eppel-Hotz, A., Petrini C. und Clifton-Brown J.C. 2001: *Miscanthus* Breeding and Improvement. In: *Miscanthus* for Energy and Fibre, Jones, M.B. and Walsh, M. (Hrsg). James & James, London, S. 68–85.
- Santos Oliviera, J.F., Duarte, P., Christian, D.G., Eppel-Hotz, A. und Fernando, A.L. 2001: Environmental Aspects of *Miscanthus* Production. In: *Miscanthus* for Energy and Fibre, Jones, M.B. and Walsh, M. (Hrsg). James u. James, London, S. 172–178.
- Jodl, S., Marzini, K. und Kuhn, W. (2004): Teilprojekt-Prüfung von züchterisch bearbeiteten *Miscanthus*-Formen auf ihre stofflichen Eigenschaften und Überführung in die landwirtschaftliche Praxis. In: Beiträge zu Agrarwissenschaften Band 28/2004. Dr. Ralf Pude (Hrsg.). Verlag P. Wehle, Bad Neuenahr-Ahrweiler, S. 12–15.
- Jodl, S., Eppel-Hotz, A., Kuhn, W., (2004): *Miscanthus* als nachwachsender Rohstoff – Ergebnisse aus 15-jähriger Forschungsarbeit in Kurzfassung. Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege 77 (Bayer. Landesanstalt Veitshöchheim, (Hrsg.)), 36 S.

Notizen: