

Die Nutzung von *Miscanthus sinensis* (Chinaschilf) als Energie- und Industriegrundstoff

NASIR EL BASSAM, MANFRED DAMBROTH und IRENE JACKS

Institut für Pflanzenbau

1. Einleitung

Im Lichte der Endlichkeit fossiler Rohstoffe hat weltweit eine intensive Suche nach alternativen Rohstoffquellen für industrielle und energetische Zwecke begonnen. Neben der Solar- und Windenergie sowie der Wasserstoffherzeugung nimmt dabei die Frage nach den Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung pflanzlicher Rohstoffe - zumeist unter dem Begriff nachwachsende Rohstoffe subsumiert - einen vorrangigen Platz ein. Der Einsatz pflanzlicher Rohstoffe für industrielle und energetische Zwecke hat eine lange Tradition, die jedoch durch die preiswerte Verfügbarkeit fossiler Rohstoffe, vornehmlich Erdöl und Erdgas, aus dem Bewußtsein der Menschen verdrängt wurde. Die Rückbesinnung auf die pflanzlichen Rohstoffe hat neben der rohstoffwirtschaftlichen und rohstoffpolitischen Komponente auch einen umweltpolitischen Aspekt, denn der Anbau von pflanzlichen Rohstoffen führt zu einer Minderung der Klimabelastungen. Schließlich darf nicht übersehen werden, daß trotz weltweiter Hungerprobleme in den meisten Industriestaaten der Erde eine Überschußproduktion an Nahrungs- und Futtermitteln zu verzeichnen ist, die in zunehmendem Maße zu Flächenstilllegungen führt. Eine Entwicklung, die nicht im Interesse der Stabilität der Agrarökosysteme sein kann, denn ihr Erhalt wird durch eine sachgerechte Landbewirtschaftung am besten gewährleistet. Die Einbindung von pflanzlichen Rohstoffen für industrielle und energetische Zwecke in die landwirtschaftlichen Nutzungssysteme ist somit ebenfalls von erheblicher Umweltrelevanz, und sie hat überdies eine hohe agrarpolitische Bedeutung (Dambroth, 1989). Rohstoff-, umwelt- und agrarpolitische Gründe sprechen eine deutliche Sprache für die Nutzung pflanzlicher Rohstoffe.

Nachfolgend soll in diesem Zusammenhang über erste Ergebnisse von Versuchen mit dem Chinaschilf (*Miscanthus sinensis*) in Braunschweig-Völkenrode berichtet werden.

2. Kurzbeschreibung der Pflanze, ihre Herkunft und ihre Verwendungsmöglichkeiten

Die *Miscanthus*-Arten sind perennierende Gräser, deren primäres Verbreitungsgebiet in Ostasien liegt. Ein sekundäres findet sich in den Vereinigten Staaten von Amerika (Abbildung 1).

Von den *Miscanthus*-Arten interessiert bezüglich ihrer Nutzung für industrielle und energetische Zwecke die Art *Miscanthus sinensis* (Dambroth, 1991; El Bassam u. Dambroth, 1991; El Bassam u. Jacks, 1991a; El Bassam u. Jacks, 1991b). Alle *Miscanthus*-Arten verfügen über den C4-Metabolismus, der sie zu einer hohen Stoffproduktion befähigt.

Die Nutzung der *Miscanthus*-Arten war bis zum Jahr 1935 auf ihr Heimatgebiet Ostasien beschränkt, wo sie in gewissem

Umfang als Futterpflanzen und als Bepflanzungen zur Verhinderung von Erosionen genutzt wurden. Im Jahr 1935 brachte dann der Däne Aksel Olsen Klone von *Miscanthus sinensis* nach Dänemark. Dieser Klon zeichnete sich durch eine besondere Wüchsigkeit aus, und er erhielt die Bezeichnung "*Miscanthus sinensis* Giganteus". Auf diese Herkunft basieren alle heutigen Anpflanzungen im landwirtschaftlichen Bereich. Alle *Miscanthus*-Arten fanden bisher als Zierpflanzen Verwendung. Versuche, sie als Flächenkulturen anzubauen, begannen in dem vergangenen Jahrzehnt. In Deutschland wurde erstmals im Jahr 1982 in Möser, nahe Magdeburg, eine Fläche von einem Hektar angelegt. Gleiches geschah im Jahr 1983 auf der Versuchsstation Hornum in Dänemark, wo der Anbau mit einer intensiven Versuchstätigkeit bis hin zur Verwertung der Pflanzen gekoppelt wurde. Nach Deuter (1992) sind 13 *Miscanthus*-Arten zu unterscheiden. Ihre Verbreitungsgebiete sowie ihre Chromosomenzahlen sind - soweit bekannt - in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Nutzungsmöglichkeiten der Biomasse von *Miscanthus sinensis* "Giganteus" für energetische und industrielle Zwecke lassen sich gegenwärtig noch nicht in vollem Umfang abschätzen, aber neben der Verbrennung und der Pyrolyse könnte auch die Erzeugung von Wasserstoff aus der Grünmasse an Interesse gewinnen. Inwieweit die Gewinnung von Cellulose aus den *Miscanthus*-Pflanzen realisiert werden kann, bedarf ebenso weiterer Untersuchungen wie ihre Verwendung als Rohstoff für Dämmaterialien aller Art oder als Basis für Verpackungen und Formteile etwa in der Möbelindustrie.

3. Agronomische Rahmenbedingungen für den Anbau von *Miscanthus sinensis* "Giganteus"

Mit der Introdution von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' in landwirtschaftliche Nutzungssysteme kann erst wirklich begonnen werden, wenn ein hinreichendes Datenmaterial aus verschiedenartigen Versuchsanstellungen zur Verfügung steht. Die gegenwärtig in großer Zahl angelegten Demonstrationvorhaben ohne wissenschaftliche Begleitung sind dazu nicht geeignet. Sie tragen eher zu Irritationen bei, wie die allgemeine Diskussion beweist.

Die bisher für den Anbau von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' vorliegenden Empfehlungen sind somit noch sehr lückenhaft. Dennoch lassen sich einige grundsätzliche Kriterien aus der vorhandenen Literatur und eigenen Erkenntnissen ableiten. Danach ist eine klare Beziehung zwischen der Standortproduktivität und der Ertragsleistung zu erkennen. Böden mit Staunässe und einer mangelhaften Durchlüftung scheiden für den Anbau ebenso aus wie sehr trockene, grundwasserferne Standorte. Bezüglich des pH-Wertes stellen die Pflanzen keine besonderen Ansprüche. Allerdings sollten Extremwerte vermieden werden.

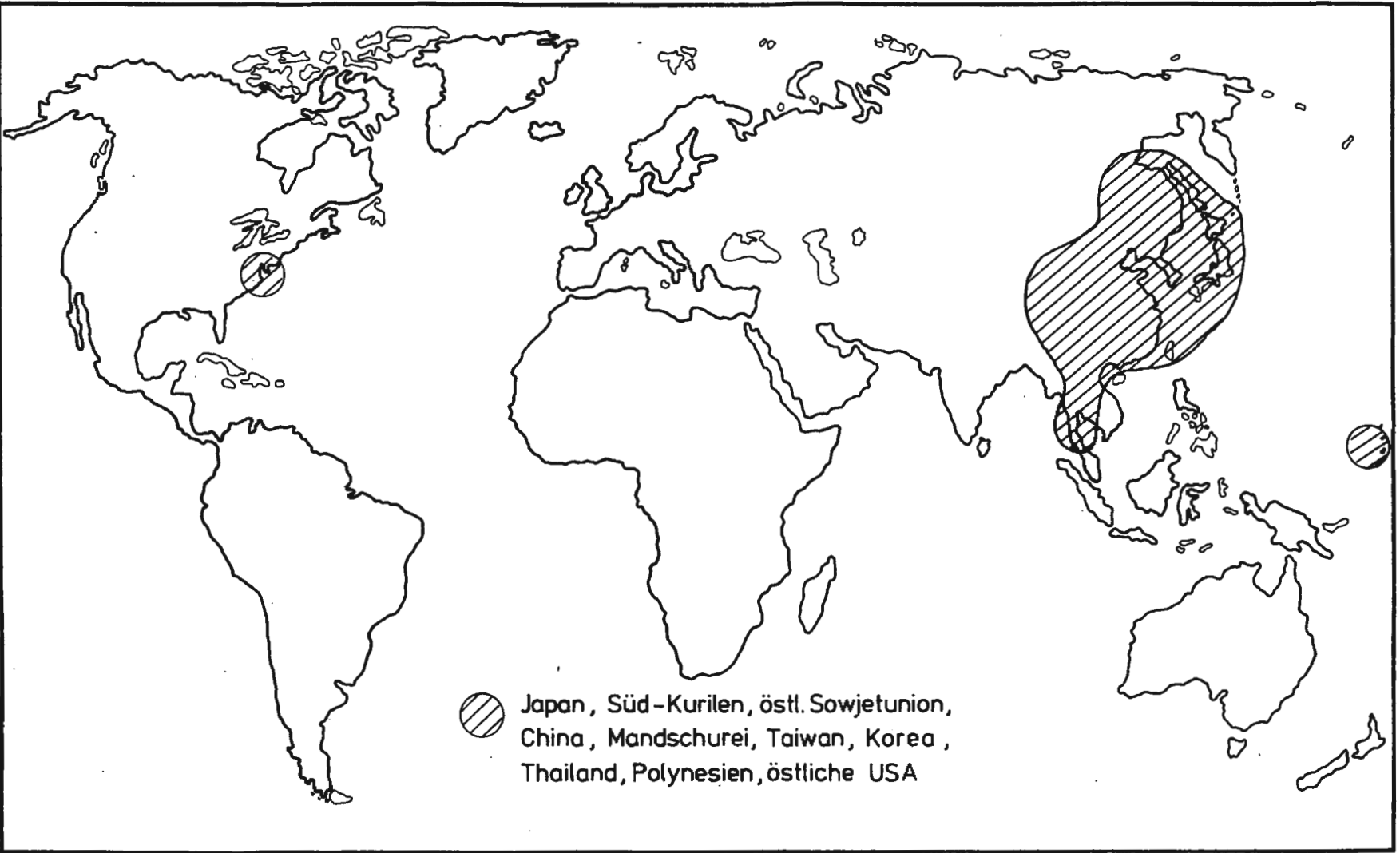


Abbildung 1: Verbreitungsgebiete von *Miscanthus*-Arten

Die Pflanzung der *Miscanthus*-Bestände sollte im Juni erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, daß die Pflanzen in einen gut feuchten Boden gelangen. Anderenfalls ist eine Beregnung notwendig, denn eine schnelle Anwuchsphase ist Voraussetzung für den Erfolg des Anbaues.

In aller Regel ist im ersten Jahr eine Unkrautbekämpfung notwendig. Dabei sollte jedoch auf jeglichen Herbizideinsatz verzichtet werden. Die mechanische Unkrautbekämpfung mit dem Striegel hat sich als besonders geeignet erwiesen. In den Folgejahren erübrigt sich diese Maßnahme.

Zu den weiteren agronomisch wichtigen Fragen bei dem Anbau von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus', wie Saat- und Pflanzgut, Bestandesdichte, Ausdauerfähigkeit, Mineraldüngung und Wasserhaushalt hat das Institut umfangreiche Versuche angelegt, über die nachfolgend skizzenhaft berichtet werden soll, denn die bisherige Versuchsdauer ist zu kurz, als daß endgültige Aussagen gemacht werden könnten. Auf der anderen Seite ist das Interesse an dieser Pflanze so groß, und die Diskussionen um ihre zukünftige Bedeutung sind oftmals so emotional, daß es zur Objektivierung der vielfältigen Aussagen gerechtfertigt erscheint, die vorliegenden Ergebnisse zu publizieren.

4. Erste Ergebnisse

Alle Versuche wurden auf dem Standort Braunschweig-Völkenrode durchgeführt, dessen Boden ein lehmiger Sand bzw. sandiger Lehm mit einem geringen Humusgehalt ist. Der pH-Wert im Oberboden liegt bei 6,5, der Unterboden ist schwach sauer. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,7 °C, und das langjährige Niederschlagsmittel erreicht 619 mm. Die entsprechenden Werte für die Versuchsjahre 1989 bis 1991 finden sich in der Tabelle 2.

4.1 Saat- und Pflanzgutbereitstellung

Die lange Vegetationszeit der *Miscanthus*-Arten erlaubt in Mitteleuropa keine Saatguterzeugung. Im Falle von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' steht sie ohnehin nicht zur Diskussion, weil es sich hierbei um eine nicht fertile Hybridform handelt. Was bleibt, ist somit die vegetative Vermehrung mit folgenden Alternativen:

- Teilung der Rhizome oder oberirdischer Stengelteile mit entsprechender Pflanzenanzucht
- Direktauslegung der Rhizome ohne vorhergehende Pflanzenanzucht
- Anzucht mittels der Meristemkultur.

Diese Alternativen werden derzeit am Institut untersucht. Als vorläufiges Ergebnis dieser Arbeiten kann formuliert werden: Die Direktauslegung der Rhizome führt zu sehr

MISCANTHUS	Chromosomenzahl	Verbreitungsgebiet					
		Osten USA ¹⁾	Rußland ferner Osten	Korea	China	Japan Taiwan	Polynesien
<i>brevipulus</i>					x		
<i>condensatus</i> <i>M. hidacanus</i>				x	x	x	x
<i>floridulus</i> Warb. <i>M. formosanus</i> <i>M. japonicus</i>	38 57 (?)				x	x	x
<i>giganteus</i> Hort. (versch. Herkünfte)	57				x ²⁾	x	
<i>intermedius</i> Honda <i>M. longiherbis</i>	57 114					x	
<i>nepalensis</i>					x ³⁾		
<i>nupides</i>					x	x	
<i>olygostachyus</i> Stapf. <i>M. matsumurae</i>	38						
<i>sacchariflorus</i> Benth. <i>M. eulaidoides</i> <i>M. ogiformis</i>	38,57 76,95 114	x	x	x	x ²⁾	x	x
<i>sinensis</i> Anders. (versch. Herkünfte)	35-42 57 (?)	x	x	x	x ²⁾	x	x
<i>szechuanensis</i>					x		
<i>tinctorius</i> Hack.	38					x	
<i>transmorrisonensis</i>						x	

¹⁾ eingebürgert
²⁾ Mandschurei
³⁾ einschließlich Täler Nepals und Thailands

Tabelle 1: Chromosomenzahl und Verbreitungsgebiete von *Miscanthus*-Arten (nach Deuter, 1992)

	1989	1990	1991
Lufttemperatur: Maximum [°C]	32,8	34,5	31,5
Minimum [°C]	-7,8	-5,8	-14,0
Mittelwert [°C]	10,3	10,4	9,9
Niederschlag: Summe [mm]	492	615	470

Tabelle 2: Temperatur- und Niederschlagsdaten der Versuchsjahre 1989-1991



Abbildung 2: **Wurzelstock von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'**



Abbildung 3: **Rhizome von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'**

schlechten Anwuchsraten, so daß die Pflanzenbestände lückig bleiben. Ein Nachteil, der sich auch in den Folgejahren nicht ausgleicht. In jedem Fall ist eine Vorkultivierung der Jungpflanzen erforderlich. Dabei dürfte aus ökonomischer Sicht die Anzucht der Rhizome ebenso ausscheiden wie die der Stengelsegmente, denn in beiden Fällen sind nicht unerhebliche Vorleistungen und Gewächshauskapazitäten notwendig. Was bleibt, ist die Pflanzguterzeugung mittels der Meristemkultur. Sie ist gegenwärtig das kostengünstigste Verfahren, wengleich der Preis pro Pflanze auch hier etwa bei 0,80 DM liegt. In Anbetracht der langen Nutzungsdauer der Bestände ein sicher vertretbarer Preis, wengleich auch dazu noch offene Fragen bleiben.

Werte sehr wichtig. Zahlreiche, aber dünne Stengel könnten dazu führen, daß der Bestand bei starken Niederschlägen, bei Sturm oder über Winter bei Schneelast lagert. Dadurch würden die Erntearbeiten erheblich erschwert. Es muß bei den zunächst gewählten Bestandesdichten u.U. mit solchen Erscheinungen gerechnet werden. Um entsprechende Entscheidungshilfen bezüglich der Bestandesdichten besser geben zu können, wurden ergänzend in einer Neuanlage Bestandesdichten von 1 Pfl./m², 1 Pfl./2 m² und 1 Pfl./4 m² gewählt.

4.3 Ausdauerfähigkeit

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können keine Aussagen zu diesem Punkt gemacht werden. Weder bei den gewählten Be-

4.2 Bestandesdichte

Die Frage nach der optimalen Bestandesdichte ist bei allen Kulturpflanzen von größter Bedeutung. Von ihr hängt die Lichtinterzeption und damit die Stoffproduktion der Bestände ebenso ab wie die Ausnutzung der Wasser- und Nährstoffvorräte im Boden. Bei einer Pflanze wie *Miscanthus sinensis* 'Giganteus', die bisher als Zierpflanze genutzt wurde, stellt sich diese Frage in besonderer Weise. Zu ihrer Beantwortung wurde zunächst ein klassischer Bestandesdichtenversuch mit 1 Pfl./m², 2 Pfl./m², 3 Pfl./m² und 4 Pfl./m² bei einer einheitlichen Stickstoffdüngung von 80 kg N/ha angelegt. Die dabei in den Jahren 1990, 1991 und 1992 erzielten Trockenmasseerträge sind in Abbildung 4 dargestellt.

Die Jahresangaben entsprechen den Ernteterminen, die jeweils Ende Februar erfolgten.

Wie aus der Abbildung 4 zu ersehen ist, bleibt der Ertrag im ersten Jahr - Ausspflanzung im Juni 1989 - erwartungsgemäß niedrig. Im 2. Jahr steigt er erheblich an und erreicht im 3. Erntejahr bei einer Bestandesdichte von 3 Pfl./m² den höchsten Wert. Die weitere Ertragsentwicklung muß abgewartet werden, aber es ist zu vermuten, daß sich der Ertrag auf dem Standort Braunschweig bei etwa 30 t/ha stabilisieren wird. Die immer wieder prognostizierten 50 t/ha Trockenmasse dürften demnach in das Reich der Spekulationen gehören.

Die Zahl der je Pflanze gebildeten Triebe sank mit dem Anstieg der Bestandesdichte von 49 (1 Pfl./m²), 27 (2 Pfl./m²), 21 (3 Pfl./m²) auf 19 Triebe bei 4 Pfl./m². Die Wuchshöhe erreichte bei 3 Pfl./m² mit 2,60 m im 3. Jahr den höchsten Wert. Für die Stabilität der Bestände sind diese

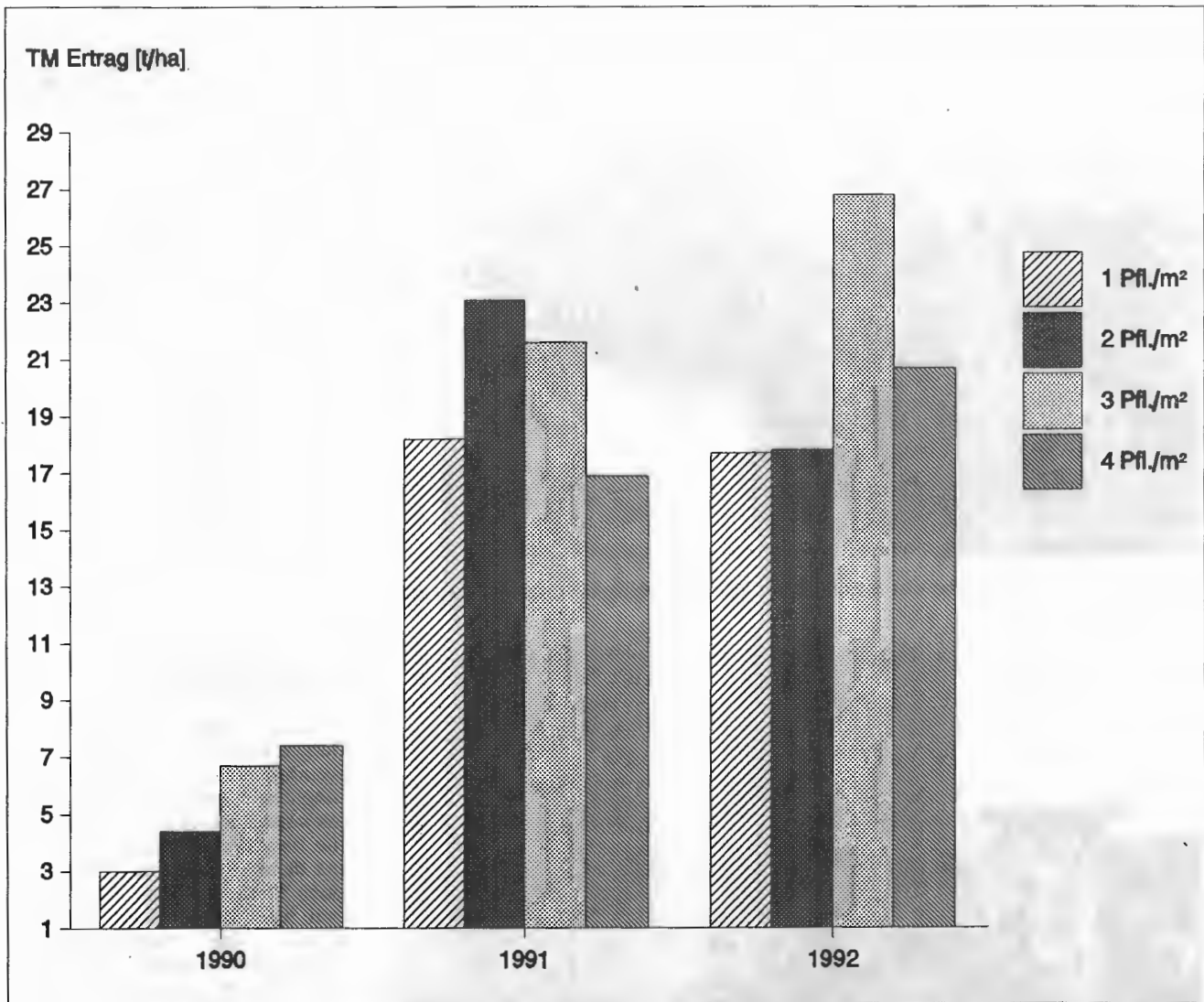


Abbildung 4: Trockenmasse-Erträge von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' in Abhängigkeit von der Bestandesdichte

standesdichtenversuchen noch bei den Düngungsvarianten sind irgendwelche Tendenzen dieser Art erkennbar. Lediglich bei der direkten Auspflanzung von Rhizomen war ein schlechter Aufgang zu verzeichnen, und die aufgelaufenen Pflanzen waren offensichtlich nicht in der Lage, die Fehlstellen auszugleichen. Inwieweit eine prognostizierte Nutzungsdauer von 15 Jahren realistisch ist, muß abgewartet werden.

4.4 Mineraldüngung

Die Frage nach der zweckmäßigen Höhe der Mineraldüngung zu *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' wird bereits heftig diskutiert, obwohl kaum Versuchsergebnisse vorliegen. Aus den ersten Institutsergebnissen kann gefolgert werden, daß eine Stickstoffdüngung in Höhe von 100 bis 120 kg N/ha angemessen



Abbildung 5: 3jähriger Pflanzenbestand von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'



Abbildung 6: Winterruhe eines Bestandes von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'



Abbildung 7: Mahd eines Bestandes von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'

sen ist. Eine genaue Bilanzierung ist jedoch noch vorzunehmen. Auffallend ist, daß *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' vergleichsweise hohe Phosphat- und Kaligehalte in der Trockenmasse aufweist. Die für die Abgaswerte bei der Verbrennung relevanten Gehalte an Spurenelementen und Schwermetallen sind dagegen sehr niedrig und dürften keinen begrenzenden Faktor darstellen.

Bei Berücksichtigung der hohen Ertragsleistung muß *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' im Vergleich zu den Getreidearten als relativ anspruchslos angesehen werden, wengleich diese Aussage nicht so verstanden werden darf, als sei diese Art bezüglich ihrer Boden-, Nährstoff- und Wasseransprüche eine Extensivkultur.

dem Endverbraucher kommt es vor allen Dingen darauf an, daß die Biomasse in hohem Maße verdichtet wird, um Transportkosten zu senken und die Automatisierbarkeit - etwa der Beschickung von Feuerungsanlagen - zu gewährleisten. Erste Ansätze in diese Richtung sind von der landtechnischen Industrie unternommen worden. Sie bedürfen der Fortentwicklung. Fortentwickelt werden müssen auch integrierte Nutzungskonzepte, wie die Errichtung von Demonstrationsvorhaben, bei denen beispielsweise von der Erzeugung bis zur Beheizung von Teilen einer Kommune der gesamte Ablauf erprobt werden könnte, um so zu objektiven Felddaten zu kommen.

4.5 Wasserhaushalt

Wie bereits oben angesprochen, versagt der Anbau von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' auf trockenen, grundwasserfernen Standorten. In den zu dieser Thematik angelegten Gefäßversuchen zeigte sich sehr deutlich, daß ein ausreichendes und vor allen Dingen kontinuierlich verfügbares Wasserangebot zu den höchsten Trockenmasseerträgen führt. Trockenperioden bedingen eine Stagnation des Wachstums. Allerdings setzt nach solchen Perioden, bis in den Herbst hinein, das Wachstum bei dem Vorhandensein ausreichender Niederschläge wieder ein, so daß eine hohe Kompensation der vorausgegangenen Perioden mit geringen Ertragszuwächsen eintritt. Von einem übermäßig hohen Wasserbedarf der Pflanzen kann aber nicht gesprochen werden.

5. Erntezeitpunkt, Erntetechnik und Verwertung

Unabhängig von dem Verwendungszweck ist es zwingend notwendig, daß das Erntegut einen möglichst geringen Wassergehalt aufweist. Dazu ist es notwendig, daß die Bestände nach ihrem Absterben mit dem Einsetzen der ersten Fröste noch länger auf dem Feld verbleiben und hier gewissermaßen über Winter eine "Gefrietrocknung" durchlaufen. Der beste Zeitpunkt für die Ernte ist etwa Ende Februar. Wenn möglich, sollte die Ernte während einer Frostperiode durchgeführt werden, weil dann der Wassergehalt am niedrigsten und die Befahrbarkeit des Ackers am besten ist.

Die gegenwärtig für die Ernte von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' verfügbare Technik entspricht der Heu- und Strohbergetechnik. Sie ist damit keineswegs optimal. Im Hinblick auf den Transport und die weitere Handhabung des Erntegutes bei

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird über erste Ergebnisse von Feld- und Gefäßversuchen mit *Miscanthus sinensis* "Giganteus" berichtet. Bei aller Vorläufigkeit der Resultate kann festgestellt werden, daß diese Pflanzenart im Rahmen der Überlegungen zur Nutzung pflanzlicher Rohstoffe eine interessante Komponente ist. Die jährliche Ertragsleistung der Pflanze übersteigt diejenige aller heimischen Arten, einschließlich der schnellwachsenden Gehölze. Wie nicht anders zu erwarten, bleiben bei einer neu in die landwirtschaftlichen Anbausysteme zu integrierenden Art, die bisher nur als Zierpflanze Verwendung fand, noch viele Fragen offen. Sie weiter zu klären, ist Aufgabe des laufenden Versuchsprogramms des Institutes. Dennoch kann bereits heute konstatiert werden, daß *Miscanthus sinensis* "Giganteus" eine wichtige Rohstoffquelle für industrielle und energetische Nutzungsrichtungen sein wird.



Abbildung 8: **Bergung der Biomasse von *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'**

Utilization of *Miscanthus sinensis* as energy and industrial raw material

This paper reports about first results of field and pot experiments with *Miscanthus sinensis* "Giganteus". Unless all these results are provisionally, it can be stated out that this species of plant represents an essential part in the frame of consideration about utilization of raw material of plant origin. The annual yield capacity of this plant exceeds the one of all native species including fast growing woods. As expected many questions arise regarding the integration of this plant - which until now was only used as ornamental plant - into the agrarian cultivation systems. The current institute's research order is to give answers to these questions. Nevertheless, it can be stated already today that *Miscanthus sinensis* "Giganteus" will be an important source of raw material for industrial and energetic use.

Literatur

- D a m b r o t h , M., 1989: Industriepflanzenanbau ist Rohstoffbasis für die Naturstoffchemie. - Agrar-Übersicht Nr. 12, 1. Dez. 1989, 40 Jahrg., S. 65-71.
- D a m b r o t h , M., 1991: *Miscanthus sinensis* - Einführung in die Thematik. - KTBL-Arbeitspapier 158, S. 7-13.
- D e u t e r , M., 1992: (schriftl. Mitt.)
- E l B a s s a m , N. und M. D a m b r o t h , 1991: A concept of energy plants' farm. - Proc. of the Intern. Conf. on Biomass for Energy, Industry and Environment, Athens, Greece, 22-26 April 1991, S. 34-40.
- E l B a s s a m , N. und I. J a c k s , 1991a: *Miscanthus sinensis* als Energiepflanze und Celluloselieferant - Fachliche Einführung. - KTBL-Arbeitspapier 158, S. 14-25.
- E l B a s s a m , N. und I. J a c k s , 1991b: Evaluierung pflanzen genetischer Ressourcen von nichtheimischen Energiepflanzen. - Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 35. Jahrestagung, 26.-28. September 1991, Braunschweig, Heft 4, S. 393-396.

Verfasser: E l B a s s a m , Nasir, Dr. agr.; D a m b r o t h , Manfred, Professor Dr. agr.; J a c k s , Irene, Dipl.-Biol.; Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Professor Dr. agr. Manfred D a m b r o t h .