

# Ursachen der Auswinterung von einjährigen *Miscanthus*-Beständen

## Causalities of Winter Killing of One Year Old *Miscanthus* Populations

R. Pude & H. Franken, Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn

W. Diepenbrock, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Universität Halle

J. M. Greef, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Kiel

### Zusammenfassung

In einem Feldversuch auf drei Standorten mit vier *Miscanthus* × *giganteus*-Herkünften und *M. sinensis* 'Goliath' sowie mit drei Pflanzendichten sind die Vorwinterentwicklung, die Überwinterung und der Wiederaustrieb von einjährigen Pflanzen im Versuchsjahr 1995/96 beobachtet worden. Dabei zeigte sich, daß der Grad der Auswinterung bereits in der Vegetationsperiode vor Winter bestimmt wird. Neben der Auswahl des Standortes konnte mit einer erhöhten Pflanzendichte von 4 Pflanzen m<sup>-2</sup> aufgrund stärkerer Konkurrenzverhältnisse im Bestand eine frühere „Abreife“ und damit einhergehend eine schnellere Rückverlagerung von Reservestoffen vor Winter erreicht werden. Auch die verschiedenen *M. × giganteus*-Herkünfte und die Herkunft Nr. 5 („Goliath“) erreichten vor Winter unterschiedliche Entwicklungsstadien, woraus ein differenziertes Überwinterungsverhalten resultierte. Zwischen den *M. × giganteus*-Herkünften war keine genetische Diversität nachzuweisen. Unterschiede im Wuchsverhalten und in der Mineralstoffaufnahme zeigten sich jedoch bereits ab der Pflanzung sowie in der weiteren Entwicklung. Gründe hierfür können in der Pflanzgutqualität nach Mikrovermehrung infolge einer ungleichmäßigen Konditionierung des Pflanzgutes gesehen werden.

**Schlüsselworte:** Nachwachsende Rohstoffe, *Miscanthus*, Etablierung, Auswinterung, Herkünfte, Pflanzendichte

### Summary

In 1995/96, a trial with four *Miscanthus* × *giganteus* origins and with *M. sinensis* 'Goliath' by three different planting densities, has been conducted at three locations. The traits development before winter, winter hardiness and resprouting of the one year old plants have been evaluated. The basis for winter killing was already laid during the vegetative period before winter. In addition to the selection of the optimal location, it was possible to achieve an earlier maturation of the plants by strengthening the intraspecific competition through the increase of the planting density to 4 plants m<sup>-2</sup>. This was accompanied by the desired retranslocalisation of reserves before winter. The different *M. × giganteus* origins and *M. sinensis* 'Goliath' also reached dissimilar stages of growth before winter, which resulted in a diverse winter hardiness. Although there is probably no genetic difference between the *M. × giganteus* origins, these origins exhibited a different growth habit and nutrient absorption after transplanting. We assume that the different behavior must be due to quality differences of

the planting material after micropropagation in consequence of a different condition of the plant material.

**Keywords:** Renewable materials, *Miscanthus*, establishment, winter killing, origins, plant density

### Einleitung und Problemstellung

Die Sproßmasse der Grasart *Miscanthus* × *giganteus* (Greef et Deu.) bietet als Nachwachsender Rohstoff neben seiner energetischen auch vielversprechende stoffliche Nutzungsmöglichkeiten, so als Schüttdämmung, als Einsatz in Verpackungsmaterialien, als Granulat bei der Produktion von Kunststoffenterrahmen oder zur Dachdeckung. Während die Verwertung von *Miscanthus* in zahlreichen Forschungsprojekten bereits weitgehend geklärt wurde, bestehen beim Anbau noch einige ungelöste Probleme. Das Hauptproblem besteht in der Auswinterung vorwiegend einjähriger Pflanzen (GREEF et al. 1994). Dabei kann es zum Totalausfall oder zu einem spontanen unregelmäßigen Ausfall kommen. Aufgrund der hohen Kosten für die Bestandesetablierung besteht hier noch erheblicher Forschungsbedarf.

In *Miscanthus*-Beständen fielen Pflanzentypen mit einem deutlich voneinander abweichenden Habitus auf. Daher wurde in einem Forschungsprojekt der Frage nachgegangen, ob neben standortbedingten auch wuchstypbedingte (z. B. Blattstellung, Horstentwicklung) Ursachen für die unregelmäßige Auswinterung verantwortlich sein könnten (GREEF & PUDE 1996).

### Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn sowie auf dem Versuchsfeld Julius Kühn der Universität Halle war bereits ein Versuch mit unterschiedlichen Pflanzendichten und N-Düngungsstufen vorausgegangen. Dort wurde von 1993 bis 1996 jedes Jahr *Miscanthus* gepflanzt, um die Etablierung im ersten Bestandesjahr zu erforschen. Dabei fielen unterschiedliche Wuchstypen auf. Weiterhin zeigte sich 1993/94 auf dem Dikopshof und 1994/95 in Halle ein von der Pflanzendichte abhängiges Auswinterungsverhalten. Daher wurden im Jahre 1995 zur Untersuchung des Auswinterungsphänomens 5 *Miscanthus*-Herkünfte mit auffallendem Wuchsverhalten selektiert und auf drei Standorten (Versuchsgut Dikopshof; Versuchsfeld Julius Kühn; Versuchsgut Wahn, LWK Rheinland) mit Pflanzendichten von 1, 2 und 4 Pflanzen m<sup>-2</sup> in jeweils zweifaktoriellen Spaltanlagen mit dreifacher Wiederholung gepflanzt (Tab. 1). Die Auswahl der Herkünfte ergab

Tab. 1: Versuchsanlage (Pflanzung Ende Mai 1995)  
*Experimental design (planting at the end of May 1995)*

Standorte:				
Dikopshof	631 mm NS	9,7 °C	70–80 Bodenpunkte	sl
Halle	466 mm NS	9,0 °C	35–38 Bodenpunkte	ls
Wahn	710 mm NS	9,8 °C	62–66 Bodenpunkte	sl
Pflanzendichte:				
1 Pfl. m <sup>-2</sup>	100 × 100 cm			
2 Pfl. m <sup>-2</sup>	75 × 70 cm			
4 Pfl. m <sup>-2</sup>	50 × 50 cm			
Herkünfte:				
Nr. 1	<i>M. × giganteus</i> (Standort Großbeeren)			
Nr. 2	<i>M. × giganteus</i> (TINPLANT, Klein Wanzeleben)			
Nr. 3	<i>M. × giganteus</i> (LARSEN, Askel Ohlsen-Klon)			
Nr. 4	<i>M. × giganteus</i> (Standort Bristol, England)			
Nr. 5	<i>M. sinensis</i> „Goliath“ (TINPLANT, Klein Wanzeleben)			

sich aus vorselektierten Herkünften, die in Beständen gefunden wurden, in denen Auswinterungen aufgetreten waren.

Die chemischen Bodeneigenschaften und der Witterungsverlauf auf den drei Standorten sind Tab. 2 und 3 zu entnehmen.

In monatlichen Abständen erfolgten Aufwuchsbonituren mit einer abschließenden Vorwinterbonitur im Oktober. Es wurden die Anzahl Triebe, Stengel mit mindestens einem assimilierenden Blatt, und die Triebspitzen je Pflanze, als an der Erdoberfläche erkennbarer Austrieb aus dem Rhizom, gezählt. Unter der Wuchshöhe wird die Länge der Sproßachse von der Erdoberfläche bis zur Ansatzstelle des obersten vollentwickelten Blattes verstanden. Bei dem zu Beginn der Bonituren höchsten Trieb (Haupttrieb) wurde die Anzahl grüner, assimilationsfähiger Blätter bestimmt. Am letzten Boniturtermin vor Winter wurde die Horstfläche ermittelt, indem der breiteste und der schmalste Horstdurchmesser gemessen und daraus dann die Fläche der Ellipse berechnet wurden. Zusätzlich wurden an diesem Termin einzelne Pflanzen ausgegraben und die oberirdische und unterirdische Masse (bestehend vorwiegend aus Rhizom) erhoben. An diesem Material wurden die wasserlöslichen Kohlenhydrate (WLKH) nach der Anthronmethode in der Modifikation von THOMAS (1977)

Tab. 2: Chemische Bodeneigenschaften der Standorte Dikopshof, Halle und Wahn (März 1995)

*Chemical soil properties at the locations Dikopshof, Halle and Wahn (March 1995)*

Eigenschaft	Tiefe (cm)	Dikopshof	Halle	Wahn
pH-Wert	0–30	7,02	6,55	6,62
	30–60	7,11	6,89	6,48
	60–90	7,16	7,12	6,55
C <sub>ox</sub> (%)	0–30	1,34	1,36	1,39
	30–60	0,90	0,70	0,67
	60–90	0,25	0,36	0,26
N <sub>i</sub> (%)	0–30	0,11	0,07	0,11
	30–60	0,09	0,05	0,06
	60–90	0,04	0,02	0,04
mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> je 100 g Boden	0–30	41,61	23,08	23,80
	30–60	29,39	10,77	11,46
	60–90	4,11	5,05	4,39
mg K <sub>2</sub> O je 100 g Boden	0–30	29,52	12,55	26,91
	30–60	25,67	7,84	19,83
	60–90	19,73	4,37	13,71

bestimmt. Zu den WLKH wird die Stärke nicht miteingerechnet, da in Vorversuchen nur sehr geringe Gehalte festgestellt wurden. Im Februar/März 1996 erfolgte die Bestimmung der Erträge durch eine Kernbeprobung (Ausschneiden von mindestens einem Quadratmeter pro Parzelle). Im April 1996 wurde der Wiederaustrieb bonitiert, wobei der prozentuale Anteil nicht ausgetriebener Pflanzen bestimmt wurde. Die Pflanzen, die bereits vor Winter ausgefallen waren, wurden nicht berücksichtigt.

Am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Kiel wurden AFLP-Analysen (Amplified Fragment Length Polymorphism) mit sechs Primerkombinationen an den selektierten Herkünften (inclusive der Vorauswahl) durchgeführt, um neben phänotypischen auch genotypische Unterschiede aufdecken zu können (Beschreibung der Analyse bei GREEF et al. 1997). Die Selektion berücksichtigte u. a. unterschiedliche Erzeuger bzw. Vertreter von Pflanzgut, makro- und mikrovermehrtes Pflanzmaterial, verschiedene Wuchstypen (Blattstellung, Horsttyp) sowie Pflanzen, die in verschiedenen Jahren ausgepflanzt wurden.

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte mit dem SAS-Statistikprogramm. Die Varianzen bzw. die Differenzen der Mittelwerte wurden mit dem F-Test bzw. mit dem Tukey-Test auf Signifikanz geprüft, und zwar bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. Signifikant verschiedene Mittelwerte wurden in den Tabellen durch die Buchstaben a, b und c gekennzeichnet.

## Ergebnisse

Die Bonitur des Wiederaustriebes der *Miscanthus*-Bestände erfolgte im Frühjahr 1996 auf den drei Standorten zu unterschiedlichen Terminen, und zwar auf dem Versuchsgut Dikopshof und in Wahn Mitte April und in Halle erst Ende April. Trotz des zeitweise sehr kalten Winters trieben im Mittel der Herkünfte und Pflanzdichten auf dem Standort Dikopshof 98,7% und in Wahn 97,7% der Pflanzen wieder aus, dagegen lag der Wiederaustrieb in Halle nur bei 62,3% (Tab. 4). Betrachtet man – für jeden Standort – den Einfluß der Herkunft auf den Wiederaustrieb, so zeigte Herkunft Nr. 5 immer den signifikant geringsten und Herkunft Nr. 2 den höchsten Wiederaustrieb auf den Standorten Halle und Wahn. Auf dem Dikopshof konnten nur geringe Unterschiede zwischen den Herkünften festgestellt werden. Ferner war *Miscanthus* auf den Standorten Halle und Wahn in Abhängigkeit von der Pflanzendichte ausgewintert. So lag stets bei 4 Pflanzen m<sup>-2</sup> der höchste und bei 1 Pflanze m<sup>-2</sup> der geringste Wiederaustrieb vor. Wechselwirkungen Pflanzendichte × Herkunft traten nicht auf.

Die mittels der AFLP-Methode untersuchten Herkünfte von *M. × giganteus* konnten *M. sacchariflorus* und die Herkunft Nr. 5 („Goliath“) *M. sinensis* zugeordnet werden. Innerhalb des analysierten *Miscanthus*-Pools wurde nur eine sehr geringe genetische Diversität festgestellt. Es traten keine Polymorphismen zwischen makro- und mikrovermehrten bzw. zwischen den verschiedenen Wuchstypen sowie den Anpflanzjahren auf. Es konnte auch keine somaklonale Variation nachgewiesen werden.

Aufgrund der mangelnden genetischen Diversität wurde nach möglichen Ursachen anhand des Wachstumsverhaltens insbesondere während der Vorwinterentwicklung im Oktober gesucht (Tab. 5).

Tab. 3: Witterungsverlauf in 1995/96 auf den Standorten Dikopshof, Halle und Wahn

Weather conditions in 1995/96 at the locations Dikopshof, Halle and Wahn

1995/96	Niederschlag (mm)			Lufttemperatur (°C)		
	Dikopshof	Halle	Wahn	Dikopshof	Halle	Wahn
März	39,8	20,0	79,1	4,6	4,0	4,7
April	31,0	50,9	50,1	9,8	8,8	10,0
Mai	33,7	54,0	58,4	13,8	12,6	13,7
Juni	60,7	56,8	70,7	15,6	15,4	15,6
Juli	79,1	37,8	113,3	21,3	21,5	21,4
August	18,6	51,3	16,1	20,0	19,8	19,8
September	53,3	77,8	97,2	14,2	13,8	15,1
Oktober	19,8	7,9	33,5	13,2	12,5	12,9
November	49,5	44,2	51,6	5,7	3,1	5,7
Dezember	24,1	15,6	42,8	0,3	-2,2	0,2
Januar	4,8	0,5	11,5	-0,1	-4,6	-0,1
Februar	23,0	7,3	36,1	0,5	-2,7	0,2
März	20,0	14,6	20,1	3,7	0,7	2,8

Auf dem Standort Halle zeigte sich im Mittel der Pflanzdichten und Herkünfte mit 422,5 cm<sup>2</sup> die größte Horstfläche. Da zwischen den Standorten keine Unterschiede in der Anzahl Triebe je Pflanze bestanden, lag in Halle ein lockerer Horst gegenüber einem kompakten Horst auf dem Dikopshof und in Wahn vor. In Wahn war eine deutlich höhere Anzahl Triebspitzen vorhanden als in Halle oder auf dem Dikopshof. In der Wuchshöhe wies der Bestand des Dikopshofes doppelt so hohe Werte auf als die übrigen Bestände. Die Anzahl grüner Blätter je Haupttrieb im Oktober war in Halle am größten.

Im Frühjahr 1996 wurde auf dem Dikopshof der höchste Ertrag festgestellt. Da sich die Ertragsstruktur aus der Anzahl Triebe und dem Einzeltriebgewicht, letzteres korreliert mit der Trieblänge (GREEF 1995), zusammensetzt, war dies aufgrund der deutlich größeren Wuchshöhe auf dem Dikopshof auch zu erwarten gewesen.

Aus Tabelle 6 ist der Entwicklungsverlauf der fünf *Miscanthus*-Herkünfte auf dem Dikopshof für die Vegetationszeit 1995 zu entnehmen.

Tab. 4: Wiederaustrieb (%) einjähriger Herkünfte im Frühjahr 1996 bei unterschiedlichen Pflanzendichten; Dikopshof, Halle und Wahn

Resprouting (%) of one year old origins in spring 1996 at different plant densities; Dikopshof, Halle and Wahn

	Herkunft					
	1	2	3	4	5	$\bar{x}$
<b>Dikopshof</b>						
1 Pfl. m <sup>-2</sup>	98,6	100,0	100,0	98,6	94,4	98,3 <sub>a</sub>
2 Pfl. m <sup>-2</sup>	99,4	99,4	100,0	100,0	95,7	98,9 <sub>a</sub>
4 Pfl. m <sup>-2</sup>	99,3	100,0	99,6	99,6	96,4	99,0 <sub>a</sub>
$\bar{x}$	99,1 <sub>a</sub>	99,8 <sub>a</sub>	99,9 <sub>a</sub>	99,4 <sub>a</sub>	95,5 <sub>b</sub>	98,7
<b>Halle</b>						
1 Pfl. m <sup>-2</sup>	34,7	52,7	41,6	50,0	45,0	44,8 <sub>b</sub>
2 Pfl. m <sup>-2</sup>	46,7	70,8	63,3	57,5	43,3	56,3 <sub>b</sub>
4 Pfl. m <sup>-2</sup>	84,7	92,6	88,5	89,5	74,1	85,9 <sub>a</sub>
$\bar{x}$	55,4 <sub>ab</sub>	72,0 <sub>a</sub>	64,5 <sub>ab</sub>	65,7 <sub>ab</sub>	54,1 <sub>b</sub>	62,3
<b>Wahn</b>						
1 Pfl. m <sup>-2</sup>	95,8	98,6	95,8	97,2	89,4	95,4 <sub>b</sub>
2 Pfl. m <sup>-2</sup>	97,0	100,0	98,2	97,6	98,1	98,2 <sub>ab</sub>
4 Pfl. m <sup>-2</sup>	99,3	99,6	100,0	99,6	98,6	99,4 <sub>a</sub>
$\bar{x}$	97,4 <sub>ab</sub>	99,4 <sub>a</sub>	98,0 <sub>ab</sub>	98,1 <sub>ab</sub>	95,4 <sub>b</sub>	97,7

Herkunft Nr. 5 („Goliath“) wies bei der Pflanzung in den drei Boniturmerkmalen Anzahl Triebe je Pflanze, Wuchshöhe und Anzahl grüner Blätter je Trieb – im Vergleich zu den übrigen Herkünften teilweise nur tendenziell und teilweise aber auch signifikant abgesichert – die niedrigsten

Tab. 5: Entwicklungsstand (10/95), Ertrag (2/96) und Wiederaustrieb (4/96) von *Miscanthus* auf den drei Standorten (gemittelt über drei Pflanzendichten und fünf Herkünfte)

Growth stage (10/95), yield (2/96) and resprouting (4/96) from *Miscanthus* at three locations (average across three plant densities and five origins)

	Dikopshof	Halle	Wahn
Horstfläche je Pflanze (cm <sup>2</sup> )	325,0 <sub>b</sub>	422,5 <sub>a</sub>	341,8 <sub>b</sub>
Anzahl Triebe je Pflanze	42,6 <sub>a</sub>	39,5 <sub>a</sub>	43,8 <sub>a</sub>
Anzahl Triebspitzen je Pflanze	4,4 <sub>b</sub>	4,5 <sub>b</sub>	7,5 <sub>a</sub>
Wuchshöhe (cm)	49,9 <sub>a</sub>	23,3 <sub>b</sub>	27,5 <sub>b</sub>
Anzahl grüner Blätter je Haupttrieb	6,6 <sub>ab</sub>	7,9 <sub>a</sub>	6,2 <sub>b</sub>
Ertrag (t TM ha <sup>-1</sup> )	3,3 <sub>a</sub>	1,8 <sub>b</sub>	2,8 <sub>ab</sub>
TM-Gehalt (%)	81,2 <sub>b</sub>	91,5 <sub>a</sub>	69,0 <sub>c</sub>
Wiederaustrieb (%)	98,7 <sub>a</sub>	62,3 <sub>b</sub>	97,7 <sub>a</sub>

Tab. 6: Entwicklungsverlauf von *Miscanthus* in der Vegetationszeit 1995 (Dikopshof, gemittelt über die Pflanzdichten)

Development of *Miscanthus* during the growth period 1995 (Dikopshof, average across plant densities)

Merkmal	Boniturtermin	Herkunft				
		1	2	3	4	5
<b>Anzahl Triebe je Pflanze</b>						
	01. 06. 95	1,9 <sub>a</sub>	2,0 <sub>a</sub>	2,3 <sub>a</sub>	2,1 <sub>a</sub>	1,8 <sub>a</sub>
	17. 07. 95	7,4 <sub>b</sub>	9,4 <sub>a</sub>	9,0 <sub>ab</sub>	7,7 <sub>ab</sub>	4,2 <sub>c</sub>
	29. 08. 95	35,7 <sub>b</sub>	44,7 <sub>a</sub>	45,0 <sub>a</sub>	40,0 <sub>ab</sub>	23,1 <sub>c</sub>
	09. 10. 95	39,9 <sub>b</sub>	48,7 <sub>a</sub>	50,0 <sub>a</sub>	44,3 <sub>ab</sub>	30,2 <sub>c</sub>
<b>Wuchshöhe (cm)</b>						
	01. 06. 95	3,7 <sub>b</sub>	5,9 <sub>a</sub>	3,6 <sub>b</sub>	3,2 <sub>bc</sub>	2,3 <sub>c</sub>
	17. 07. 95	6,9 <sub>a</sub>	7,8 <sub>a</sub>	6,5 <sub>a</sub>	6,5 <sub>a</sub>	2,1 <sub>b</sub>
	29. 08. 95	34,6 <sub>a</sub>	25,9 <sub>b</sub>	30,1 <sub>ab</sub>	23,9 <sub>b</sub>	15,8 <sub>c</sub>
	09. 10. 95	55,1 <sub>a</sub>	46,6 <sub>a</sub>	55,9 <sub>a</sub>	47,5 <sub>a</sub>	44,4 <sub>a</sub>
<b>Anzahl grüner Blätter je Trieb</b>						
	01. 06. 95	4,3 <sub>a</sub>	4,6 <sub>a</sub>	4,2 <sub>ab</sub>	4,2 <sub>ab</sub>	3,7 <sub>b</sub>
	17. 07. 95	6,4 <sub>a</sub>	6,4 <sub>a</sub>	5,6 <sub>ab</sub>	6,1 <sub>ab</sub>	5,2 <sub>b</sub>
	29. 08. 95	8,2 <sub>a</sub>	6,8 <sub>bc</sub>	7,9 <sub>ab</sub>	6,7 <sub>c</sub>	6,8 <sub>c</sub>
	09. 10. 95	7,1 <sub>ab</sub>	5,7 <sub>b</sub>	6,9 <sub>ab</sub>	5,9 <sub>b</sub>	7,6 <sub>a</sub>

Tab. 7: Anzahl grüner Blätter und Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten vor Winter (10/95), Dikopshof und Halle (gemittelt über die Pflanzdichten)

Number of green leaves and content of water soluble carbohydrates before winter (10/95), Dikopshof and Halle (average across plant densities)

		<i>M. × giganteus</i>				<i>„Goliath“</i>
		1	2	3	4	5
Dikopshof						
Blattzahl je Trieb		7,1 ab	5,7b	6,9ab	5,9b	7,6a
Trockenmasse (g Pfl. <sup>-1</sup> )	Sproß	154,36	83,85	134,16	68,28	77,23
	Rhizom	188,83	121,02	121,83	60,65	48,77
	Verhältnis Sproß:Rhizom	0,82	0,69	1,10	1,13	1,58
WLKH (mg g <sup>-1</sup> )	Sproß	27,18	27,15	16,05	22,46	29,26
	Rhizom	72,65	71,34	63,48	68,72	62,17
	Verhältnis Sproß:Rhizom	0,37	0,38	0,25	0,33	0,47
WLKH (g Pfl. <sup>-1</sup> )	Sproß	4,20	2,28	2,15	1,53	2,26
	Rhizom	13,72	8,63	7,73	4,17	3,03
	Verhältnis Sproß:Rhizom	0,31	0,26	0,28	0,37	0,75
Halle						
Blattzahl je Trieb		8,3a	8,1a	8,0a	7,9a	7,3a
Trockenmasse (g Pfl. <sup>-1</sup> )	Sproß	49,59	34,38	27,42	25,61	24,07
	Rhizom	67,28	39,45	28,90	42,18	15,94
	Verhältnis Sproß:Rhizom	0,74	0,87	0,95	0,61	1,51
WLKH (mg g <sup>-1</sup> )	Sproß	33,13	24,28	19,49	37,80	26,14
	Rhizom	24,75	15,89	17,75	21,95	11,23
	Verhältnis Sproß:Rhizom	1,34	1,53	1,10	1,72	2,33
WLKH (g Pfl. <sup>-1</sup> )	Sproß	1,64	0,83	0,53	0,97	0,63
	Rhizom	1,67	0,63	0,51	0,93	0,18
	Verhältnis Sproß:Rhizom	0,99	1,33	1,04	1,05	3,51

Werte auf. Zum Vegetationsende traf das noch für die Anzahl Triebe und tendenziell auch für die Wuchshöhe zu. Nur in der Anzahl grüner Blätter lag Herkunft Nr. 5 im Oktober am höchsten (vergl. auch Tab. 7). Auch die *M. × giganteus*-Herkünfte 1 bis 4 unterschieden sich in verschiedenen Merkmalen signifikant voneinander. So wies Herkunft Nr. 1 über die gesamte Vegetationszeit die geringste Anzahl Triebe je Pflanze auf. Auch in der Wuchshöhe und in der Anzahl grüner Blätter konnten im Verlauf der Vegetation Unterschiede zwischen den Herkünften beobachtet werden.

In Tabelle 7 sind für die Standorte Dikopshof und Halle die Anzahl grüner Blätter sowie die Reservestoffgehalte in der ober- und unterirdischen Biomasse vor Winter aufgeführt.

Herkunft Nr. 5 wies im Oktober 1995 im Mittel der Pflanzdichten auf dem Dikopshof mit 7,6 grünen Blättern je Trieb die höchste und Herkunft Nr. 2 mit 5,7 grünen Blättern je Trieb die niedrigste Anzahl zum Vegetationsende auf. In Halle konnten keine signifikanten Unterschiede in der Blattzahl festgestellt werden.

Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Rhizomkomplex zum Vegetationsende 1995 lag bei der Herkunft Nr. 5 („Goliath“) sowohl auf dem Dikopshof als auch in Halle tendenziell am niedrigsten. Dies zeigte sich auch bei der Berechnung der absoluten Menge (g Pflanze<sup>-1</sup>) an wasserlöslichen Kohlenhydraten.

## Diskussion

Auf den drei Standorten Dikopshof, Halle und Wahn waren Unterschiede in den Boden- und Witterungsverhältnissen festzustellen (Tab. 2 und 3). Die allgemein ungünstigere Niederschlagsverteilung sowie die niedrigeren Kaliumgehalte im Boden auf dem Versuchstandort Halle führten insbesondere zu einer deutlich geringeren Wuchshöhe und damit zu einem geringeren Ertrag. Dieser Sachverhalt wird auch in der Literatur beschrieben (SCHWEIGER & STOLZENBURG 1994). Nicht zu erklären ist die größere Horstfläche der Herkünfte in Halle.

Die herbstliche Ausbildung von Triebspitzen wird für die Überwinterung als negativ betrachtet, da diese juvenilen Organe gegenüber den ungünstigen Witterungseinflüssen besonders empfindlich sind und somit einen verminderten Wiederaustritt im Frühjahr zur Folge haben können (GREEF 1995). Im vorliegenden Versuch bildeten die Pflanzen an dem Standort Wahn die höchste Anzahl Triebspitzen pro Pflanze aus. Da deren Ausbildung aber schubweise im Laufe der Vegetationsperiode – in Abhängigkeit von der Assimilateinlagerung in das Rhizom – erfolgt (MATUMURA et al. 1986), ist ein Vergleich ohne Betrachtung des Rhizomkomplexes, in dem die Triebknospen inseriert sind, schwierig.

Für die Überwinterung von *Miscanthus* ist die Prädisposition vor der Winterperiode von Bedeutung, weil in dieser Phase bestimmt wird, wieviel Mineral- und Reservestoffe

vor Winter in das Rhizom verlagert werden können. Daher besitzt die Anzahl grüner Blätter je Haupttrieb, die in Halle zum Vegetationsende am höchsten war, sehr viel mehr Aussagekraft als die Anzahl Triebspitzen. Betrachtet man nun die Entwicklung der Anzahl grüner Blätter über die Vegetationsperiode, so ist festzustellen, daß die Anzahl grüner Blätter auf dem Dikopshof und in Wahn bereits im September abnahm und die Anzahl gelber Blätter dementsprechend zunahm; insgesamt wurden hier auch mehr Blätter ausgebildet. Demgegenüber sank in Halle die Anzahl grüner Blätter im Herbst nicht, womit wahrscheinlich auch eine mangelnde Verlagerung von Reservestoffen in das Rhizom einherging.

In Tabelle 7 ist ein Zusammenhang zwischen Vorwinterentwicklung und Reservestoffeinlagerung zum Vegetationsende jeweils für den Stengel und das Rhizom erkennbar. Die Werte für den Stengel und das Rhizom wurden zueinander ins Verhältnis gesetzt. Während sich die *M. × giganteus*-Herkünfte dabei in der Trockenmasse nur geringfügig unterschieden, fiel Herkunft Nr. 5 auf beiden Standorten mit einem höheren Quotienten auf. Folglich dürfte diese Herkunft in diesem Versuchsjahr relativ wenig in die Entwicklung der unterirdischen Organe „investiert“ haben. Auch bei den absoluten Mengen an WLKH zeigte sich, daß die Quotienten bei Herkunft Nr. 5 („Goliath“) am höchsten waren. Daraus ist zu schließen, daß die unterirdischen Organe von Herkunft Nr. 5 („Goliath“) schlechter mit Reservestoffen versorgt worden sind als diejenigen der *M. × giganteus*-Herkünfte.

Werden die beiden Standorte Dikopshof und Halle gegenübergestellt, so fallen zum einen die deutlich geringeren Gehalte an WLKH im Rhizom und die deutlich höheren Verhältniszahlen der absoluten Mengen an WLKH in Halle auf. Sowohl für Herkunft Nr. 5 („Goliath“) als auch für den Standort Halle ergibt sich also eine ungünstige Verteilung der Reservestoffe zwischen den ober- und unterirdischen Organen, so daß gefolgert werden kann, daß die Überwinterung maßgeblich von der Reservestoffeinlagerung vor Winter beeinflusst wird. Diese wurde in Halle schon am 28. 10. 95 sowie auf dem Dikopshof und in Wahn am 15. 11. 95 durch einen Frost von  $-4^{\circ}\text{C}$  beeinträchtigt. Schließlich sind in der Überwinterungsphase noch die Dauer niedriger Temperaturen und der Wechsel zwischen warmen und kalten Perioden entscheidend. Eine Tagesmitteltemperatur geringfügig unter  $0^{\circ}\text{C}$  wurde auf dem Dikopshof und in Wahn nur im Januar 1996 erreicht, in Halle dagegen deutlich von Dezember 1995 ( $-2,2^{\circ}\text{C}$ ) über Januar ( $-4,6^{\circ}\text{C}$ ) bis Februar 1996 ( $-2,7^{\circ}\text{C}$ ).

Die Ergebnisse der AFLP-Analyse bestätigen die Zuordnung der *M. × giganteus*-Herkünfte in die Sektion *Triarrhena* (*M. sacchariflorus*-Arten) und die Herkunft Nr. 5 in die Sektion *Eumiscanthus* (*M. sinensis*-Arten) (ADATI & SHIOTANI 1962, GREEF et. al. 1997). Die geringe genetische Diversität innerhalb der hier untersuchten *M. × giganteus*-Herkünfte kann die Variation in den phänotypischen Parametern, soweit es die Methodik der AFLP-Technik zuläßt, nicht erklären.

In dem vorliegenden Versuch unterschieden sich einerseits die vier *M. × giganteus*-Herkünfte und andererseits Herkunft Nr. 5 („Goliath“) bereits vor der Pflanzung in der Wuchshöhe und in der Anzahl grüner Blätter. Bei Herkunft Nr. 5 („Goliath“) wurden regelmäßig die niedrigsten Werte festgestellt. Bei den vier *M. × giganteus*-Herkünften wies Herkunft Nr. 2 auf allen drei Standorten bereits seit dem zweiten Boniturtermin die höchste Anzahl Triebe je Pflanze auf. Auch in der Zunahme der Wuchshöhe und der Anzahl grüner Blätter waren unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeiten zu erkennen. Zum Boniturtermin im

Oktober zeigten die Herkünfte aber keine absicherbaren Unterschiede in der Wuchshöhe mehr. Da sich Herkunft Nr. 2 auch von den drei übrigen genetisch gleichen *M. × giganteus*-Herkünften im Wuchs, besonders aber in der Anzahl Triebe, signifikant unterschied, ist anzunehmen, daß eine Ursache für die unterschiedliche Überwinterung wahrscheinlich bereits in der Pflanzgutqualität nach der Mikrovermehrung infolge einer ungleichmäßigen Konditionierung des Pflanzgutes liegt. Gestützt wird diese Annahme auch durch Literaturhinweise (HOTZ & KUHN 1994), wo im Gegensatz zu dem vorliegenden Versuch besonders die Herkunft Nr. 5 („Goliath“), möglicherweise aufgrund anderer Anzuchtbedingungen, die höchste Überwinterungsrate aufwies.

## Schlußfolgerung

Es erscheint dringend erforderlich, Qualitätsansprüche an das Pflanzgut von *Miscanthus* zu stellen, um das Auswinterungsrisiko zu verringern. Als Ergebnis der eigenen Untersuchungen lassen sich hierzu vier Grundforderungen formulieren:

1. Auswinterungsfeste und ertrags sichere Herkünfte,
2. Rechtzeitige Pflanzgutlieferung
  - lange Vegetationsperioden ermöglichen die Ausbildung einer größeren Anzahl Triebe und damit einhergehend auch eine hohe Assimilationsleistung,
3. Mehrtriebigkeit bereits zum Pflanztermin
  - eine hohe Triebzahl des Pflanzgutes wirkt sich positiv auf die Überwinterung und den Ertrag aus (Herkunft Nr. 2),
4. Optimale Wuchshöhe zur Pflanzung
  - die Wuchshöhe bei der Pflanzung kennzeichnet die assimilierende Blattfläche (Tab. 6).

## Danksagung

Die durchgeführten Untersuchungen sind Bestandteil eines Forschungsprojektes, das über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. gefördert wird.

## Literatur

- ADATI, S. & I. SHIOTANI, 1962: The syntaxonomy of genus *Miscanthus* and its phylogenetic status. Bull. Fac. Agr. Mie Univ. **25**, 1–24.
- GREEF, J. M., 1995: Etablierung und Biomassebildung von *Miscanthus × giganteus*. Habil.-Schrift, Universität Kiel, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- GREEF, J. M. & R. PUDE, 1996: Das Adaptionsverhalten von *Miscanthus × giganteus* im mitteleuropäischen Klimaraum. Tagungsband der III. Internationalen Konferenz am 27.–29. 8. 1996 in Woosmerhof/Mecklenburg-Vorpommern, 81–90.
- GREEF, J. M., R. PUDE, H. RENNEBAUM, K.-U. SCHWARZ & W. DIEPENBROCK, 1994: Development of above- and underground organs of *Miscanthus × giganteus* in Northern Germany. Alternative oilseed and fibre crops for cool and wet regions of Europe. COST 814 Action workshop 4/94 Wageningen, 101–112.
- GREEF, J. M., M. DEUTER, C. JUNG & J. SCHONDELMAIER, 1997: Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting. Journal of Genetic Resources and Crop Evolution **44**, 185–195.
- HOTZ, A. & W. KUHN, 1994: Erkenntnisse aus sechsjähriger Forschungstätigkeit mit *Miscanthus*. Tagungsband zum 2. Fachgespräch *Miscanthus* vom 1. 2. 1994 in Rimpf (CARMEN e. V.), 49–60.

MATUMURA, M., Y. HAKUMURA & Y. SAJIOH, 1986: Ecological aspects of *Miscanthus sinensis* var. *condensatus*, *M. sacchariflorus* and their 3×- and 4×-hybrids. Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. **51**, 347–362.

SCHWEIGER, P. & K. STOLZENBURG, 1994: Anbau von Chinaschilf zur stofflichen und energetischen Verwertung. Informationen für die Pflanzenproduktion, Heft 5/94.

THOMAS, T. A., 1977: An automated procedure for the determination of soluble carbohydrates in herbage. J. Sci. Fd. Agric. **28**, 639–642.

Eingegangen am 17. März 1997;  
angenommen am 27. August 1997

Anschriften der Verfasser:

Dr. R. Pude und Prof. Dr. H. Franken, Institut für Pflanzenbau, Abteilung Bodenbearbeitung und Angewandte Bodenphysik, der Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn;

Prof. Dr. W. Diepenbrock, Institut für Acker- und Pflanzenbau der Universität Halle, Ludwig-Wucherer-Str. 2, D-06099 Halle (Saale);

Priv. Doz. Dr. J. M. Greef, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der Universität Kiel, Holzkoppelweg 2, D-24118 Kiel

## Veranstaltung

### European Society for Agronomy

#### Fifth Congress

The fifth Congress of the European Society for Agronomy will be held at the Agricultural University in Nitra, the Slovak Republik, from 28 June to 2 July, 1998.

The Congress subject areas will cover the six Scientific Divisions of ESA:

1. Crop physiology – production and management
2. Agroclimatology and agronomic modelling
3. Plant – soil relationships
4. Crop quality and post-harvest physiology
5. Cropping systems and farming systems
6. Agriculture – environmental relationships.

The address of the Organizing committee is:

University of Agriculture  
Dept. of Agricultural Systems

Tr. A. Hlinku 2

94976 Nitra

Slovak Republic

Telephone: +4287601 ext. 203

Telefax: +4218751 1560, +4218741 1451

or by e-mail to: malis@uniag.sk