

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur,
Wien, o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. P. Ruckebauer)

Ertragsverlauf von *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ auf zwei Ackerstandorten in Österreich

Von H. SCHWARZ, P. LIEBHARD, K. EHRENDORFER und P. RUCKENBAUER

(Mit 6 Abbildungen)

Zusammenfassung

Miscanthus sinensis „Giganteus“ soll in Österreich als erneuerbare Energiequelle genutzt werden. Unter diesem Aspekt wurde der Einfluß von Standort, Erntetermin, Düngung und Aufwuchsjahr auf Ertrag, Wasser- und N-Gehalt von *Miscanthus* untersucht.

Der Ganzpflanzenertrag liegt bei einer Ernte im Februar des zweiten Aufwuchsjahres zwischen 8,2 und 14,7 t/ha, im dritten Jahr zwischen 21,8 und 24,5 t/ha. Der Wassergehalt von *Miscanthus* beträgt bei der Ernte im Februar des zweiten Jahres mehr als 42 % und im dritten Jahr mehr als 30 %. Ausreichende Niederschlagsmengen (über 800 mm) in guten Lagen sind Voraussetzung, um ein hohes Ertragsniveau zu erreichen. An den Standorten mit größeren Niederschlagsmengen ist auch der Wassergehalt der Pflanzen höher. Das Ertragsmaximum erreicht *Miscanthus* im August/September. Von diesem Zeitpunkt an geht der Ertrag aufgrund der abfallenden Blätter zurück. Der Wassergehalt zur Zeit des Ertragsmaximums liegt bei rund 60 %. Eine unterschiedliche Düngung hat bei einer mittleren Versorgungstufe des Bodens keinen eindeutigen Einfluß auf Ertrag und Wassergehalt der Pflanzen.

Der N-Gehalt von *Miscanthus* geht nach einem Maximum zu Vegetationsbeginn im Laufe der Vegetationsperiode zurück und liegt im Februar des zweiten Aufwuchsjahres bei rund 6 g/kg, im dritten Jahr zwischen 4,5 und 5 g/kg. Der N-Gehalt der Pflanzen steigt mit zunehmender N-Düngung an.

Schlüsselwörter: *Miscanthus sinensis* „Giganteus“, Biomasse, nachwachsender Rohstoff, erneuerbare Energie, Lignozellulose.

Course of yield of *Miscanthus sinensis* “Giganteus” at two field sites in Austria

Summary

Miscanthus sinensis “Giganteus” should be used as renewable energysource in Austria. Therefore the influence of climate, time of harvest, fertilizing and age of stand on yield, water and nitrogen content were investigated.

In February of the second year after planting the yield varies between 8.2 and 14.7 t/ha, in the third year between 21.8 und 24.5 t/ha. In February of the second year the water content of *Miscanthus* is higher than 42 % and in the third year higher than 30 %. Sufficient rain (about 800 mm) in mild climates is very important to achieve a high yield-level. At sites with more rain the water content of the plants is higher. The yield of *Miscanthus* is highest in August/September and from that time the yield decreases because of senescent leaves. In September water content is around 60 %. Different amounts of fertilization have no clear influence on yield and water content.

At the beginning of the growing season the nitrogen content of the plants is at the highest level and decreases afterwards. In February of the second year the nitrogen content is about 6 g/kg, in the third year between 4.5 und 5 g/kg. More intensive nitrogen fertilizing increases the nitrogen content of the plants.

Keywords: *Miscanthus sinensis* „Giganteus“, biomass, biogen raw material, renewable energy, lignocellulose.

1. Einleitung und Fragestellung

In der industrialisierten Welt wird derzeit intensiv an der Verwendung agrarisch genutzter Flächen für die Produktion von Grundstoffen des Nichtnahrungseinschließlich des Energiesektors gearbeitet. Der Einsatz von Biomasse, in diesem Fall *Miscanthus sinensis* „Giganteus“, als erneuerbare Energie statt fossiler Energieträger kann in naher Zukunft zu einer wesentlichen Verringerung der CO₂-Belastung der Atmosphäre beitragen. Im Rahmen eines Feldversuches wurde der Einfluß von Standort, Erntetermin, Düngung und Aufwuchsjahr auf Ertrag, Wassergehalt und N-Gehalt von *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ untersucht.

2. Material und Methoden

Die Gattung *Miscanthus* <Anderss.> wird wie die Gattungen *Sorghum* (Hirse), *Zea* (Mais) und *Saccharum* (Zuckerrohr) zur Unterfamilie der Bartgrasgewächse (*Andropogonideae*) innerhalb der Familie der Süßgräser (*Gramineae*) gezählt (STRASBURGER et al. 1991, MANSFELD 1986). In der Gattung *Miscanthus* gibt es ungefähr 15 verschiedene Arten, von denen *Miscanthus sinensis*, *M. sacchariflorus* und *M. floridulus* die weit verbreitetsten sind. Die *Miscanthus*arten haben ihre Heimat im Südosten Asiens. Nach neueren Erkenntnissen hat sich herausgestellt, daß *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ mit höchster Wahrscheinlichkeit ein Hybrid zweier verschiedener *Miscanthus*arten ist. Laut KNOBLAUCH et al. (1991 a) ist *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ triploid. Die Basischromosomenzahl beträgt 19, womit sich eine Gesamtchromosomenzahl von 57 ergibt. Die Pflanze kann keine befruchtungsfähigen Pollen, somit keine fertilen Samen produzieren und ist steril.

Der Versuch wurde an zwei Standorten mit Lockersediment-Braunerdeboden und unterschiedlicher Niederschlagsmenge angelegt (Tab. 1). Es handelt sich bei beiden Standorten um hochwertiges Ackerland, das gut bearbeitbar ist. In Atzenbrugg ist der Boden kalkhaltig und die Bodenreaktion neutral. Im Vergleich dazu ist in St. Florian der Boden kalkfrei und die Bodenreaktion schwach sauer. Die Wasserversorgung ist an beiden Standorten gut, die Speicherkraft in Atzenbrugg mäßig, in St. Florian hoch.

Tabelle 1
Klimaverhältnisse der Versuchsstandorte
(Beobachtungsstation St. Pölten für Atzenbrugg und Linz für St. Florian)

Standort	Jahr	Jahresdurchschnittstemperatur 1951—1980	Temperatursumme von 1. März bis 31. Oktober	Durchschnittliche Jahresniederschlagssumme	Durchschnittliche Niederschlagssumme 1. März bis 31. Oktober
Atzenbrugg	langjährig	8,8	3156	733	573
	1990	9,9	3381	622	462
	1991	8,9	3323	643	499
St. Florian	langjährig	9,0	3248	844	625
	1990	9,9	3381	851	623
	1991	9,2	3367	767	537

An diesen Standorten kam ein Stickstoffsteigerungsversuch mit vier Varianten zur Anwendung (Tab. 2). Als Versuchsanlage wurde eine Blockanlage mit dreifacher Wiederholung gewählt. Die Versuchsfläche betrug an beiden Standorten 300 m². Am Standort Atzenbrugg hatte eine Parzelle die Ausmaße von 5 × 5 m und in St. Florian von 3 × 8 m.

Tabelle 2
Düngungsvarianten mit Nährstoffmengen in kg/ha

Düngungsstufe	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
N0	0	0	0	0
N1	60	36	150	22,5
N2	90	36	150	22,5
N3	120	36	150	22,5

Die aus Dänemark importierten, rhizomvermehrten, ein- bis zweitriebigen, 20 bis 30 cm langen *Miscanthus sinensis* „Giganteus“-Setzlinge wurden Ende April 1989 händisch in einem Abstand von 1 × 1 m ausgepflanzt. Das entspricht einer Pflanzenzahl von 10 000/ha. Die Düngung der Bestände erfolgte jeweils Anfang April. Als Handelsdünger kamen Nitramoncal (28 % N), Superphosphat (18 % P₂O₅) und Kornkali (40 % K₂O und 6 % MgO) zur Anwendung. Die Unkrautregulierung erfolgte im zweiten Aufwuchsjahr teils mechanisch, mit einer Handfräse zwischen den Reihen und durch mehrmaliges händisches Hacken, und teils chemisch mit Lentagran und Atrazin. Im dritten Standjahr konnte aufgrund des mangelnden Unkrautdruckes auf Pflanzenschutzmaßnahmen verzichtet werden. Ein Schädlingsbefall wurde bei *Miscanthus* während der drei Versuchsjahre nicht festgestellt. Aufgrund der relativ kleinen Versuchsflächen und der aufgelockerten Fruchtfolge auf den Nachbarschlägen war der Befallsdruck nicht sehr hoch. Allerdings wurde in den Stengeln der Pflanzen die Existenz von Fusarienstämmen nachgewiesen. An den dreijährigen Pflanzen des Standortes St. Florian waren *Rhizoctonia* und *Alternaria* (Wurzelbrand) zu finden.

Für die Ertragsermittlung kamen Einzelpflanzen zur Ernte. Im Jänner und Februar beider Versuchsjahre wurden zwei Haupternten durchgeführt. Dabei sind je Düngungsstufe und Erntetermin jeweils neun Pflanzen, das heißt drei pro Parzelle, geerntet worden. Das Gewicht wurde jeweils von Blattspreite und Stengel bestimmt. Die mittleren Einzelpflanzenenerträge wurden mit Hilfe der Pflanzenzahl pro Hektar auf Hektarerträge umgerechnet. Zusätzlich wurden beginnend mit

Ende Juni alle sechs Wochen Zwischenernten genommen. Dabei kamen pro Standort, Düngungsstufe und Erntetermin 27 Triebe, von den zu Beginn der Vegetationsperiode zufällig ausgewählten und markierten neun Pflanzen, zur Ernte. Das Gewicht der bei den Zwischenernten geernteten Triebe wurde mit Hilfe der durchschnittlichen Triebzahl und der Pflanzenzahl pro Hektar auf den Hektarertrag je Zwischenerntetermin umgerechnet. Von den Ganzpflanzenproben aller Erntetermine erfolgte eine Stickstoffanalyse nach KJELDAHL.

Bei der statistischen Auswertung kamen aufgrund der unterschiedlichen Datenerhebung die Zwischenernten von Juni bis Dezember einerseits und die Haupternten von Jänner bis Februar andererseits getrennt zur Verrechnung. Darüber hinaus wurden, um eine genauere Darstellung der Ergebnisse zu erreichen, beim Stengelertrag, im Unterschied zum Blattertrag, bei den Ernteterminen Jänner und Februar beide Jahre getrennt verrechnet und eine lineare Abhängigkeit des Stengeltrockensubstanzertrages von der Anzahl der Triebe berücksichtigt. Zur Auswertung des Datenmaterials kamen die Varianz-, Kovarianz-, Regressionsanalyse und der Bonferroni-Holm-Test für multiple Mittelwertvergleiche zur Anwendung. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Mittelwertvergleiche unterscheiden sich Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nur durch Zufall. Für die Verrechnung am Computer wurden das Programmpaket SAS (Statistik — Analyse — System) und Programme der Abteilung für angewandte Statistik eingesetzt.

3. Ergebnisse

Zur besseren Beurteilung der Einflußfaktoren Standort, Erntetermin, Düngung und Aufwuchsjahr wurden für den Gesamttrockensubstanzertrag die Ertragskomponenten Stengel und Blatt (Blattspreite) getrennt beurteilt, denn die Trockensubstanzbildung im Vegetationsverlauf und der Düngungseinfluß war bei Stengel und Blättern unterschiedlich.

Im Vegetationsverlauf des zweiten Jahres stiegen der Stengel- und der Blattertrag an beiden Standorten von Juni bis September deutlich an. Aufgrund mangelnder Sommerniederschläge in Atzenbrugg war der Ertragsanstieg in St. Florian größer. Das Ertragsmaximum im September betrug in Atzenbrugg 10,6 t/ha (7,2 t/ha Stengel und 3,4 t/ha Blätter) und in St. Florian 18,2 t/ha (12,3 t/ha Stengel und 5,9 t/ha Blätter). Im dritten Aufwuchsjahr erfolgte sowohl der Blatt- als auch der Stengelertragsanstieg bis August an beiden Standorten im gleichen Ausmaß. Ab August war der Stengelertragsanstieg am niederschlagsreicheren Standort St. Florian größer. Auch im dritten Aufwuchsjahr wurde das Ertragsmaximum im September ermittelt, und zwar mit 29,6 t/ha (20,2 t/ha Stengel und 9,4 t/ha Blätter) in Atzenbrugg und 30,8 t/ha (21,2 t/ha Stengel und 9,6 t/ha Blätter) in St. Florian. Der Gewichtsanteil der Blätter am Gesamttrockensubstanzertrag betrug zur Zeit des Ertragsmaximums in beiden Jahren rund 32 %.

Nach dem Ertragsmaximum im September entwickelten sich Blatt- und Stengelertrag völlig unterschiedlich. Während der Stengeltrockensubstanzertrag von September bis Februar relativ gleich blieb, ging der Trockensubstanzertrag der Blätter von September bis zum Ende der Vegetationsperiode aufgrund der abfallenden Blätter deutlich zurück. Im Februar des zweiten Aufwuchsjahres kam in Atzenbrugg ein Gesamtertrag von 8,2 t/ha (7,1 t/ha Stengel und 1,1 t/ha Blätter) und in St. Florian von 14,7 t/ha (12,5 t/ha Stengel und 2,2 t/ha Blätter) bei einem Blattanteil von 14 bis 15 % zur Ernte. Das niedrigere Ertragsniveau in Atzenbrugg war mit der relativen Trockenheit während des Sommers zu begründen. Im dritten Aufwuchsjahr war der Ertragsunterschied zwischen den beiden

Abb. 1: Stengelrockensubstanzertrag (in t/ha) an den Standorten Atzenbrugg und St. Florian im Vegetationsverlauf von Juni bis Februar und im Jahresvergleich, gemittelt über Düngungsstufen

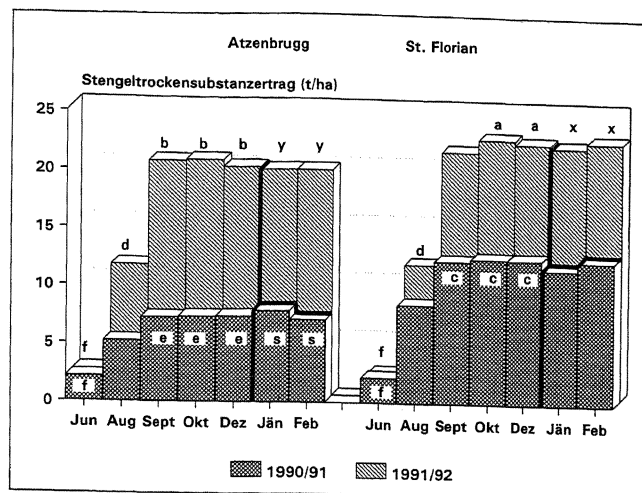
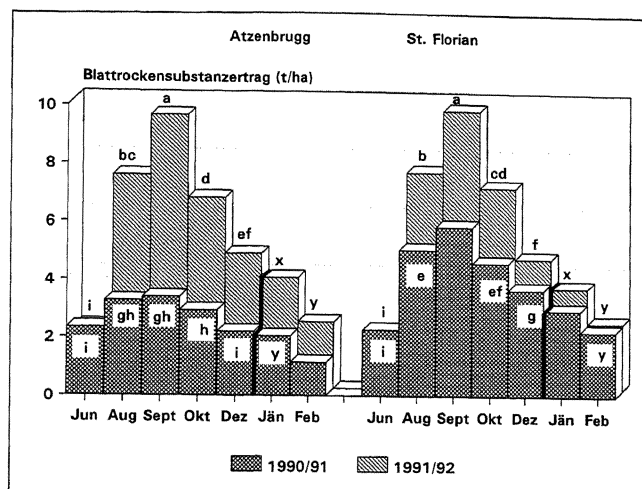


Abb. 2: Blattrockensubstanzertrag (in t/ha) an den Standorten Atzenbrugg und St. Florian im Vegetationsverlauf von Juni bis Februar und im Jahresvergleich, gemittelt über Düngungsstufen



Standorten kleiner, in Atzenbrugg wurde ein Ganzpflanzenertrag von 21,8 t/ha (19,5 t/ha Stengel und 2,3 t/ha Blätter) und in St. Florian von 24,5 t/ha (22,2 t/ha Stengel und 2,3 t/ha Blätter) bei einem Blattanteil von rund 10 % geerntet (Abb. 1 und 2).

Tabelle 3

Düngungseinfluß auf Stengel- und Blattrockensubstanzertrag (in t/ha) im Jahresvergleich, gemittelt über Standorte und Erntetermine Juni bis Dezember

	N0	N1	N2	N3
Stengel				
1990/91	7,52 ^c	7,61 ^c	7,85 ^c	7,91 ^c
1991/92	15,20 ^{a,b}	15,43 ^a	14,99 ^b	15,27 ^{a,b}
Blatt				
1990/91	3,45 ^b	3,55 ^b	3,59 ^b	3,65 ^b
1991/92	6,03 ^a	6,17 ^a	5,98 ^a	6,09 ^a

Tabelle 4

Düngungseinfluß auf Stengel- und Blattrockensubstanzertrag (in t/ha) im Standorts- und Jahresvergleich, gemittelt über Erntetermine Jänner und Februar

	N0	N1	N2	N3
Stengel				
1990/91				
Atzenbrugg	7,04 ^z	7,74 ^z	7,92 ^z	7,15 ^z
St. Florian	11,44 ^y	12,79 ^x	11,18 ^y	12,83 ^x
1991/92				
Atzenbrugg	19,60 ^b	18,82 ^b	19,00 ^b	20,53 ^b
St. Florian	21,91 ^a	21,69 ^a	21,33 ^a	22,91 ^a
Blatt				
1990/91				
Atzenbrugg	1,50 ^d	1,67 ^d	1,69 ^d	1,55 ^d
St. Florian	3,08 ^{ab}	3,03 ^{abc}	3,01 ^{abc}	3,30 ^a
1991/92				
Atzenbrugg	2,54 ^{bc}	2,70 ^{abc}	2,42 ^c	2,77 ^{abc}
St. Florian	2,89 ^{abc}	2,81 ^{abc}	2,87 ^{abc}	3,03 ^{abc}

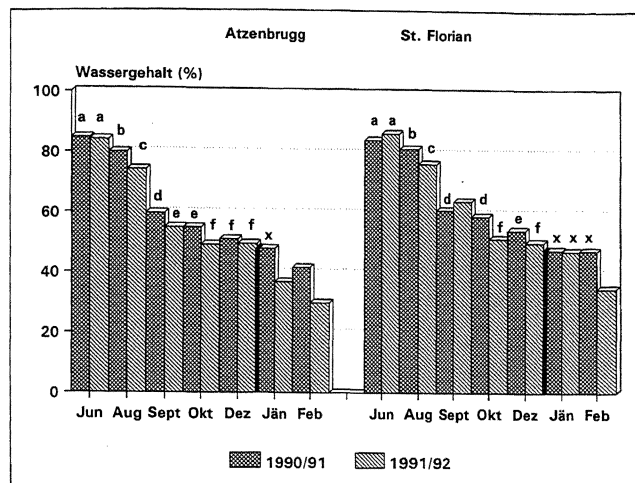
Der Stengeltrockensubstanzertrag wurde in der Zeit von Juni bis Dezember nicht im zweiten, aber im dritten Aufwuchsjahr von einer unterschiedlichen Düngung beeinflusst, indem sich die Düngungsstufen N1 und N2 signifikant unterschieden (Tab. 3). Bei der Beurteilung der Düngungswirkung auf den Stengeltrockensubstanzertrag bei den Ernteterminen Jänner und Februar konnte im zweiten Jahr am Standort mit der größeren Niederschlagsmenge ein Düngungseinfluß eruiert werden. Im dritten Vegetationsjahr hingegen wurde beim Stengeltrockensubstanzertrag bei den Ernteterminen im Jänner und Februar im Gegensatz zu der Zeit von Juni bis Dezember keine Düngungswirkung festgestellt (Tab. 4). Beim Blattrockensubstanzertrag gab es weder bei den Zwischen-ernten von Juni bis Dezember noch bei der Ernte im Jänner und Februar einen Düngungseinfluß (Tab. 3 und 4).

Der Wassergehalt der Pflanzen nahm von Juni bis August bereits stark ab, im dritten Jahr mehr als im zweiten, aber jeweils an beiden Standorten im gleichen Ausmaß. Zur Zeit des Ertragsmaximums im September wurden im zweiten Aufwuchsjahr Gehaltswerte von durchschnittlich 60 %, im dritten Jahr von 55 % in Atzenbrugg und 64 % in St. Florian ermittelt (Abb. 3).

Im Aufwuchsjahr 1990/91 gingen die Gehaltswerte in Atzenbrugg aufgrund der relativen Trockenheit von September bis Dezember stärker zurück als in St. Florian. Bei gleichem Wassergehalt beider Standorte im Jänner sanken die Werte in Atzenbrugg bis Februar um 6 % ab, während sie in St. Florian gleich blieben. Im Februar betrug der Wassergehalt in Atzenbrugg 42 %, in St. Florian 47 %. Im dritten Aufwuchsjahr war der Wassergehalt im Oktober und Dezember an beiden Standorten gleich hoch. Allerdings wurden gegen Ende der Vegetationsperiode in Atzenbrugg deutlich niedrigere Werte ermittelt als in St. Florian, wobei die Werte bis Februar abnahmen. Im Februar des dritten Jahres lagen die Wassergehaltswerte in Atzenbrugg um 30 %, in St. Florian um 35 %. In der dritten Vegetationsperiode wurden aufgrund einer günstigeren Witterung außer zu Beginn größtenteils niedrigere Wassergehaltswerte als im zweiten Jahr festgestellt (Abb. 3).

Eine unterschiedliche Düngung beeinflusste den Wassergehalt der Pflanzen, gemittelt über Standorte, Aufwuchsjahre und Erntetermine von Juni bis Dezember deutlich. Im untersuchten Bereich (0 bis 120 kg N/ha) nahm der Wasser-

Abb. 3: Wassergehalt der Pflanzen (in %) an den Standorten Atzenbrugg und St. Florian im Vegetationsverlauf von Juni bis Februar im zweiten und dritten Aufwuchsjahr, gemittelt über Düngungsstufen



gehalt um 1 % zu und nahezu die gesamte Streuung zwischen den Düngungsstufen, mehr als 90 %, ließ sich durch die abgebildete lineare Regression erklären (Abb. 4). Im Unterschied zu den Ernteterminen von Juni bis Dezember, wo mit zunehmender N-Düngung je Erntetermin, Standort und Jahr ein gleichmäßiger Wassergehaltsanstieg verzeichnet wurde, traten bei den Haupternteterminen Jänner und Februar Unterschiede zwischen den Düngungsstufen N0 bis N3 nur im dritten Aufwuchsjahr in St. Florian auf (Tab. 5).

Abb. 4: Graphische Darstellung der Düngungsunterschiede bezüglich Wassergehalt der Pflanzen (in %), gemittelt über die Standorte, Aufwuchsjahre und Erntetermine Juni bis Dezember

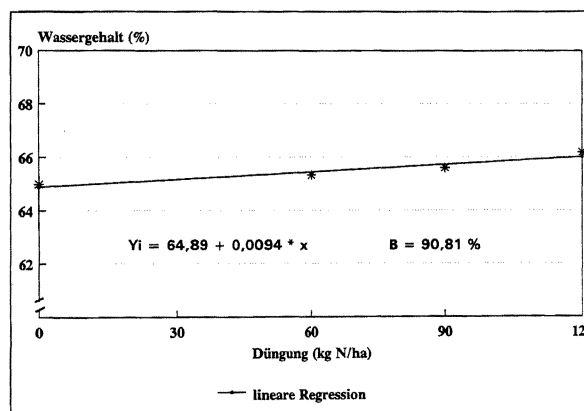


Tabelle 5

Düngungseinfluß auf den Wassergehalt von *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ (in %) im Jahres- und Standortvergleich, gemittelt über Erntetermine Jänner und Februar

	1990/91		1991/92	
	Atzenbrugg	St. Florian	Atzenbrugg	St. Florian
N0	44,67 ^{cd}	46,93 ^{abc}	33,02 ^h	39,12 ^g
N1	44,39 ^d	48,45 ^a	33,86 ^h	41,94 ^{ef}
N2	44,24 ^{de}	47,48 ^{ab}	34,08 ^h	41,36 ^{fg}
N3	45,94 ^{bcd}	47,28 ^{ab}	32,29 ^h	41,41 ^{fg}

Bei der Untersuchung des N-Gehaltes von *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ wurde in beiden Aufwuchsjahren jeweils zu Beginn der Vegetationsperiode im Juni der höchste N-Gehalt der Pflanzen ermittelt. Im Vegetationsverlauf von 1990/91 war der N-Gehalt der Pflanzen im Juni und August aufgrund der relativen Trockenheit in Atzenbrugg auffallend niedriger als in St. Florian. Im weiteren Verlauf ging der N-Gehalt der Pflanzen bis Oktober deutlich zurück, und zwar in St. Florian mehr als in Atzenbrugg, sodaß zwischen den Standorten ab diesem Zeitpunkt nur geringfügige Differenzen bestanden. Im gesamten Verlauf des Jahres 1991/92 gab es in bezug auf den N-Gehalt der Pflanzen keinen wesentlichen Unterschied zwischen den beiden Standorten. Ab Oktober änderte sich der N-Gehalt am jeweiligen Standort im betreffenden Aufwuchsjahr nicht und blieb bis Februar bei nicht signifikanten Standortsunterschieden und einer Tendenz zu niedrigen Werten im dritten Aufwuchsjahr konstant (Abb. 5).

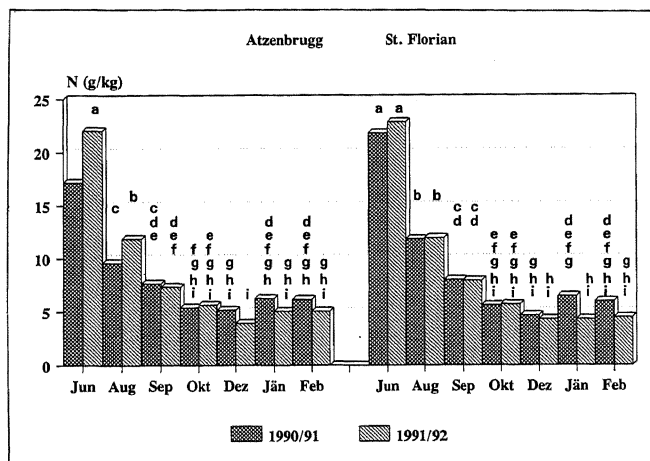


Abb. 5: N-Gehalt der Gesamtpflanzen (in g/kg) im Vegetationsverlauf von Juni bis Februar an den Standorten Atzenbrugg und St. Florian im Jahresvergleich gemittelt über Düngungsstufen

Der N-Gehalt der Pflanzen stieg mit zunehmender Düngungsintensität überall gleich, ohne Wechselwirkungen, an. Der Anstieg war linear, fast die gesamte Streuung zwischen den Düngungsstufen (97,8 %) konnte durch die abgebildete Regression erklärt werden (Abb. 6).

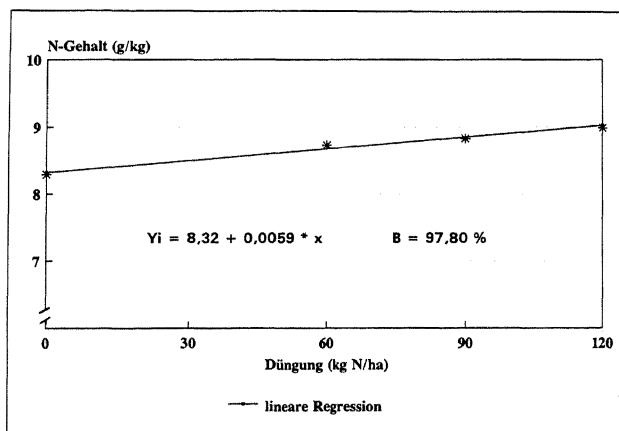


Abb. 6: Graphische Darstellung der Düngungsunterschiede bezüglich Stickstoffgehalt (in g/kg), gemittelt über die Standorte, Aufwuchsjahre und Erntetermine Juni bis Februar

Tabelle 6

Untersuchungen des N-Gehaltes (in g/kg) der Stengel und Blätter im Jahr 1991/92 an den Standorten Atzenbrugg und St. Florian

	Dezember	Jänner	Februar
Stengel	4,72 ^a	4,80 ^a	4,64 ^a
Blätter	13,44 ^a	12,40 ^a	8,80

Der Stickstoffgehalt der Stengel betrug im dritten Aufwuchsjahr durchschnittlich 4,72 g/kg und war in der Zeit von Dezember bis Jänner nur durch Zufall verschieden. Im Unterschied zum N-Gehalt der Stengel nahm der Stickstoffgehalt der Blätter von Dezember bis Februar statistisch gesichert ab. Im Dezember war der N-Gehalt der Blätter ungefähr dreimal so hoch als in den Stengeln, im Februar hingegen war er nur mehr doppelt so hoch (Tab. 6).

4. Diskussion

Der Standortvergleich zeigte, daß das feuchtere Klima am Standort St. Florian (um 850 mm Jahresniederschlag) sich positiv auf Wachstum und Ertrag von *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ auswirkt. Hingegen trocknen am Standort mit geringeren Niederschlägen sowohl Blätter als auch Stengel früher und schneller ab. Beim N-Gehalt wurde ein Standortsunterschied nur zu Beginn des zweiten Aufwuchsjahres aufgrund der relativen Trockenheit in Atzenbrugg festgestellt. Bei der Ernte im Februar läßt sich der N-Gehalt von Miscanthuspflanzen gut mit dem von Getreidestroh vergleichen, der von Holz oder Hackgut ist deutlich niedriger. Wie in der vorliegenden Arbeit wird auch in japanischen und chinesischen Literaturquellen (CHOU et al. 1991, KAYAMA et al. 1972, YAMANE und NAITO 1973) beschrieben, daß Standorte mit warmen und niederschlagsreichen Klimabedingungen sehr gut für den Miscanthusanbau geeignet sind.

Im Juli und August erfolgt ein starker Ertragsanstieg mit einem Ertragsmaximum im September. Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode erfolgt ab September ein kontinuierlicher Rückgang des Trockensubstanzertrages bis zum Ende des Vegetationsjahres. Der Ertragsrückgang von September bis Februar von 2,4 bis 3,5 t/ha im zweiten Jahr und von 3,5 bis 6,3 t/ha im dritten Jahr ist ausschließlich auf Blattfall zurückzuführen. Auch IWAKI et al. (1975) und MUTOH et al. (1985) berichten von einem Ertragsmaximum im September mit anschließendem Ertragsrückgang. NUMATA (1975) ermittelt ein Maximum Ende August. Hinsichtlich Ertragsstruktur finden IWAKI et al. (1975) einen Blattanteil von knapp 34 % im September. Bezüglich Wassergehalt finden auch YAMANE und SATO (1971) über den gesamten Vegetationsverlauf mit den hier ermittelten Wassergehaltswerten vergleichbare Werte. Nach KNOBLAUCH et al. (1991b) haben Miscanthuspflanzen im Jänner einen Wassergehalt von durchschnittlich 52 %, im März von 35 % und im April von 20 %. Wesentlich für die Höhe des Wassergehaltes im Ernteprodukt ist neben dem Erntetermin auch die Tageszeit, frühmorgens oder nachmittags, und die Wetterverhältnisse, Regen- oder Schönwetter. Gegenüber zu den in der vorliegenden Arbeit gefundenen N-Gehaltswerten geben YAMANE und SATO (1971) den N-Gehalt eines zehnjährigen Miscanthusbestandes im gesamten Vegetationsverlauf mit deutlich niedrigeren Werten an. Auch IRO (1990) stellt sowohl im Juni als auch im Oktober niedrigere N-Gehaltswerte bei Stengeln und Blättern fest, wobei der Unterschied zwischen Stengeln und Blättern gut mit den in dieser Untersuchung gefundenen Werten übereinstimmt.

Aufgrund der hier erzielten Ergebnisse kann festgehalten werden, daß unter-

schiedliche N-Düngergaben in Verbindung mit einer Kali- und Phosphorgrunddüngung im zweiten und dritten Standjahr auf den Trockensubstanzertrag und auf den Wassergehalt von *Miscanthus* einen geringen Einfluß haben. Ein Grund für die geringe Düngungswirkung liegt darin, daß alle Versuchsflächen auf hochwertigem Ackerland mit einem hohen Nährstoffangebot und hohen Nährstoffnachlieferungsvermögen angelegt wurden. Außerdem hat *Miscanthus* ein weitverzweigtes, tiefgehendes Wurzelsystem, das fähig ist, Nährstoffe auch aus tieferen Bodenschichten zu mobilisieren. Im Gegensatz zum Ertrag wurde der N-Gehalt der *Miscanthus*-pflanzen von einer N-Düngung mit einer Grunddüngung von Phosphor und Kalium im zweiten und dritten Vegetationsjahr deutlich beeinflusst. Bei dem im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuch nahm der N-Gehalt bei einer N-Steigerung von 0 bis 120 kg N/ha nahezu linear um 0,6 g/kg zu. Im Vergleich dazu zeigen Versuche in Dänemark (SLOTH 1986) mit einer N-Steigerung von 50 bis 400 kg/ha zwischen den einzelnen Düngungsstufen keine Ertragsunterschiede, allerdings wird bei der ungedüngten Variante ein niedrigerer Ertrag erzielt. KROG (1988) beobachtet bei einer N-Steigerung von 50 bis 200 kg im Vergleich mit einer Klärschlammanwendung keine wesentlichen Ertragsunterschiede. Horz et al. (1990) stellen keine Ertragssteigerung bei ein- und zweijährigem *Miscanthus* durch höhere N-Düngergaben fest.

Aufgrund der vorliegenden Ertragsergebnisse ist eine Nutzung des *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ als Brennstoff empfehlenswert. Allerdings muß das geerntete *Miscanthus*-material auch bei einer Ernte Ende Februar einer künstlichen Trocknung zugeführt werden, damit eine Lagerfähigkeit gewährleistet ist. Der N-Gehalt von *Miscanthus* liegt im Bereich von Getreidestroh.

Literatur

- CHOU, C. H., Y. F. LEE, C. Y. CHIU, Y. C. WANG and F. H. HSU, 1991: Growth performance of *M. floridulus* and *M. transmorrisonensis* and their acclimation to temperatures and waterstress. *Bull. Academia Sinica* 32, 87—96.
- HOTZ, A., W. KOLB und W. KUHN, 1990: Anbaufragen und produktionstechnische Kenndaten von *Miscanthus sinensis*. Dokumentation des KTBL-Fachgespräches in Braunschweig, KTBL Arbeitspapier 158, 34—45, Darmstadt.
- ITO, I., 1990: Managed grassland in Japan. Elsevier Science Publishers, Hrsg. von A. Breyer, 129—147, Amsterdam.
- IWAKI, B., Y. SHIMADA, B. MIDORIKAWA and N. OGGA, 1975: Primary productivity of the *Miscanthus sinensis* community in Kawatabi area — Ecological studies in Japanese grasslands. *JIBP Synthesis* 13, 110—114.
- KAYAMA, R., N. YANO and M. FUJIMOTO, 1972: Studies on the relationship between *Miscanthus sinensis* community and soil — (3) Seasonal variation of production of *Miscanthus sinensis* grassland and the soil conditions. *Jap. J. Ecology* 22/4, 151—161.
- KNOBLAUCH, F., K. TYCHSEN und J. B. KJELDSSEN, 1991a: *Miscanthus sinensis* „Giganteus“ (Elefantgras) — Dyrkningsvejledning. Groen Viden 85, Hornum.
- KNOBLAUCH, F., K. TYCHSEN und J. B. KJELDSSEN, 1991b: Oversigt over Vandinghold i *Miscanthus sinensis* „Giganteus“. Unveröffentlichter Versuchsbericht, Hornum 1991.
- KROG, G., 1988: Optagelse af kvælstof, fosfor og tungmetaller ved dyrkning af elefantgræs. Laboratoriet for Miljøteknik, Aalborg.
- MANSFELD, R., 1986: Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen. 1553—1554, Springer-Verlag, Berlin — Heidelberg — New York.
- MUTOH, N., M. KIMURA, Y. OSHIMA and H. IWAKI, 1985: Species diversity and primary productivity in *Miscanthus sinensis* grasslands — Diversity in relation to stand structure and dominance. *Bot. Mag.* 98, 159—170.
- NUMATA, M., 1975: Influence of biotic factors in grasslands — Ecological studies in Japanese grasslands. *JIBP Synthesis* 13, 167—207.
- SLOTH, A., 1986: Produktion af plantefibre af elefantgræs. *Tidsskrift for Landoekonomi* 2, Hornum.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENK und H. F. W. SCHIMPER, 1991: Lehrbuch der Botanik. 33. Aufl., 727—737, Gustav-Fischer-Verlag, Jena.

- YAMANE, I. and T. NAITO, 1973: Soil-plant relationship in Kawatabi grassland. Rep. Inst. Agric. Res., Tohoku Univ. 24, 43—57.
- YAMANE, I. and K. SATO, 1971: Seasonal change of chemical composition in *Miscanthus sinensis*. Rep. Inst. Agric. Res., Tohoku Univ. 22, 1—36.

(Manuskript eingelangt am 3. Mai 1993, angenommen am 12. Mai 1993)

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Dr. Herbert SCHWARZ und em. o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Kurt EHRENDORFER,
Institut für Mathematik und angewandte Statistik, Abteilung für angewandte Statistik und
EDV, Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter LIEBHARD und o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter RUCKEN-
BAUER, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur,
Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien