



Biomasseproduktion mit Chinaschilf und einheimischen Gräsern

Vito MEDIAVILLA, Josef LEHMANN, Erhard MEISTER und Hans STÜNZI, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und um die CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre zu vermindern, wird weltweit nach neuen Energiequellen gesucht. Ergänzend zu Holz wäre auch Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion ein nachwachsender Energieträger. Unsere Untersuchungen zeigen, dass mit Chinaschilf und bestimmten, extensiv nutzbaren, einheimischen Gräsern grosse Mengen an Biomasse produziert werden können. Bezüglich der Brennstoffqualität wurden grosse Unterschiede festgestellt.

Die Landwirtschaft kann mit dem Anbau von Pflanzen für Treibstoffe (zum Beispiel Rapsmethylester) und Biomasse als Brennstoff erneuerbare Energiequellen erschliessen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde die Eignung von Gras, Chinaschilf und Feldholz für die Produktion von Energie untersucht (Bundesamt für Energiewirtschaft 1997). Damit die landwirtschaftliche Energieproduktion ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist, muss sie nach dem low-input-Prinzip erfolgen. Das heisst, extensive Bewirtschaftung und Verzicht auf den Einsatz von Mineraldüngern und von Pflanzenschutzmitteln. Bei der Energiegrasproduktion stehen die artenreichen Heuwiesen im Vordergrund. Im Rahmen des Projektes wurden auch wenig bekannte aber leistungsfähigere Kulturen wie Chinaschilf und Grasreinkulturen untersucht. Wir berichten hier über Untersuchungsergebnisse zu den Anbaubedingungen, zum Ertragspotential und zur Beurteilung der Brennstoffqualität dieser Kulturen.

Anbauversuche

Für die Feldversuche (Tab. 1) wählten wir bezüglich Boden und Klima einen günstigen Ackerbaustandort «Zürich-Altwi» und einen Grenzstandort «Anwil», wo der Anbau von Futter- und Ackerkulturen entsprechend eingeschränkt ist.

Die Versuchsverfahren sind in Tab. 2 beschrieben. Die Grasbestände wurden im ersten Hauptnutzungsjahr dreimal, in den folgenden Jahren zweimal gemäht. Die Parzellengrösse betrug 6 x 6 m. Es fand keine Bewässerung statt.

Chinaschilf - eine hochwachsende Grasart

Chinaschilf (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU, Synonyme *Miscanthus sinensis* «Giganteus» FOERSTER, *Miscanthus x ogiformis* HONDA [Linde-Laursen 1993]) ist eine hochwachsende, mit dem Zuckerrohr verwandte Grasart, welche

aus Südostasien stammt. In Europa wird seit wenigen Jahren ein bestimmter Typ (klonal vermehrt, triploider Hybrid) angebaut, der im Jahr 1935 als Zierpflanze von Japan nach Dänemark eingeführt wurde. Wegen seines grossen Ertragspotentials wurde seine Nutzung als nachwachsender Rohstoff (Fasergewinnung) und für die Energieproduktion vorgeschlagen. Chinaschilf ist triploid und deshalb steril. Es kann nur vegetativ mit Rhizomen oder der Meristemtechnik vermehrt werden (Lewandowski 1992).

Die im Treibhaus angezogenen Setzlinge werden von Ende April bis Mitte Mai gepflanzt. Der Erfolg hängt stark von der Entwicklung im ersten Jahr ab. Diese wird

Tab. 1. Versuchsstandorte (Bodeneigenschaften bei Versuchsbeginn)

Versuchsort	Zürich-Altwi	Anwil (BL)
Höhe (m ü.M.)	487	588
Jahresmitteltemperatur (°C)	7,5	7,5 (Rünenberg)
Jahresniederschläge (mm)	1006	944 (Rünenberg)
Klimazone	A3	C1-4
Bodentyp	Kalkbraunerde auf Molasse, mittelgründig	Braunerde pseudogleyig, skeletthaltig
Bodenart	sandiger Lehm	lehmiger Ton
Humus (%)	2,4 / 1,5 ¹	5,5 / 3,6
pH-Wert	6,5 / 6,8	7,0 / 7,3
P-Test	10,8 / 2,2	7,0 / 2,0
K-Test	2,2 / 1,4	5,1 / 3,0
Mg-Test	10,3 / 10,5	9,1 / 6,7
Versuchsanlage	Mitte Mai 1992	Mitte Mai 1992
Anzahl Wiederholungen	4	3

¹Wert für 0-20 / 20-40 cm Tiefe

Tab. 2. Versuchsverfahren

Kultur	Verfahren	
Chinaschilf	Düngung	
	N0	keine
	N1	40 bis 50 kg NH ₄ -N/ha Jahr (Rinder-Vollgülle)
	N2 (nur in Anwil)	50 bis 80 kg N/ha Jahr (mineralisch)
	Pflanzdichte	Pflanzen/m ²
Gräser	D0	0,7
	D1	1,0
	Düngung	
	N0	keine (in Gemenge mit <i>Trifolium pratense</i>)
	N1	75 bis 90 kg NH ₄ -N/ha Jahr (Vollgülle)
N2 (nur in Anwil)	50 bis 80 kg N/ha Jahr (mineralisch)	
Grasart		
Rohrglanzgras	<i>Phalaris arundinacea</i>	
Wiesenfuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i> Cv. <i>Vulpera</i>	
Timothe	<i>Phleum pratense</i> Cv. <i>Rasant</i>	

von Standort, Pflege und Boden beeinflusst. Der Anbau kann bis maximal 700 m ü.M. erfolgen. Staunässe sowie verdichtete Böden sind ungeeignet. Für hohe Erträge ist eine gute Wasserversorgung unerlässlich. Die empfohlene Staudichte beträgt eine Pflanze pro Quadratmeter. Eine höhere Dichte wäre agronomisch von Vorteil, würde aber die Anlagekosten stark erhöhen. Eine um 30 % tiefere Dichte führte in Versuchen zu Ertragsdepressionen vor allem in den ersten beiden Erntejahren (Tab. 3).

Im ersten Jahr ist Chinaschilf gegenüber den Unkräutern nicht konkurrenzfähig. Eine Unkrautbekämpfung ist deshalb notwendig. Sie kann maschinell (Hacke und Striegel) oder chemisch erfolgen. Eine Liste mit den empfohlenen Herbiziden wurde von Ammon *et al.* veröffentlicht (1996).

Einfluss der Düngung und Ertragspotential

Die Vegetationsperiode von Chinaschilf ist lang. Sie geht von April bis Oktober. Mit der Ernte, die von Februar bis April stattfindet, werden nur die Stengel abgeführt. Diese weisen einen tiefen Gehalt an Nährstoffen auf. Im Herbst werden Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium vom Spross in die Wurzel verlagert (Stünzi und Lehmann 1995). Im Winter fallen die meisten Blätter ab (20 bis 25 % der Gesamtmasse) und bilden eine Mulchschicht, die in den folgenden Jahren abgebaut wird. Alle diese Gründe tragen dazu bei, dass der Düngerbedarf von Chinaschilf klein ist.

An den Standorten Zürich-Altwi und Anwil konnte während der ersten fünf Jahre keine statistisch gesicherte Wirkung der Düngung nachgewiesen werden (Abb. 1). Der geringe N-Einfluss auf den Ertrag bestätigen die Ergebnisse von Schwarz *et al.* (1993) in Österreich, Hotz *et al.* (1993) und Lewandowski und Kahnt (1994) für Deutschland sowie McCarthy und Walsh (1996) aus einem Projekt in mehreren Ländern der Europäischen Union. Vielmehr wird das Wasserangebot als begrenzender Faktor angesehen.

Der langfristige Bedarf einer Düngung bleibt noch abzuwarten. Klar ist, dass in gut versorgten Böden während der ersten drei bis vier Jahre auf eine Düngung verzichtet werden kann. Langfristig könnte eine leichte Gabe, entsprechend den Entzügen, von Vorteil sein. Dies geht aus der Beobachtung hervor, dass im fünften Jahr

Tab. 3. Reduktion des Chinaschilfertrages bei einer tieferen Pflanzdichte (0,7 im Vergleich zu 1 Pflanze pro Quadratmeter) in den ersten drei Erntejahren (Mittel von N0, N1 und N2)

Ort	Jahr	Ertrag 1 Pflanze/m ² (t TS/ha)	Ertragsreduktion 0,7 Pflanzen/m ² (%)
Zürich-Altwi	2	10,1	36
	3	14,5	14
	4	19,7	4
Anwil	2	10,7	18
	3	13,4	7
	4	14,5	1



Chinaschilf, eine mit dem Zuckerrohr verwandte, hochwachsende Grasart, wird zurzeit in der Schweiz auf etwa 300 Hektaren angebaut und dient primär zur Herstellung von Verpackungen und Torfersatz. Wegen seinem grossen Ertragspotential und seiner Brennstoffqualität wäre seine Verwendung als Energieträger denkbar.

an beiden Standorten bei dem ungedüngten Verfahren eine Reduktion des Ertrages beobachtet wurde.

In unseren Versuchen wurden unter optimalen Bedingungen Erträge zwischen 15 und über 20 t Trockensubstanz (TS) pro

Hektar gemessen. In der Praxis aber bleibt oft ein hoher Anteil an Stoppelresten auf dem Feld (bis 3 t TS/ha) zurück (Beuch 1995). Oft ist die Anbaulage nicht ideal, so dass niedrigere Erträge zwischen 10 und 15 t TS/ha erzielt werden.

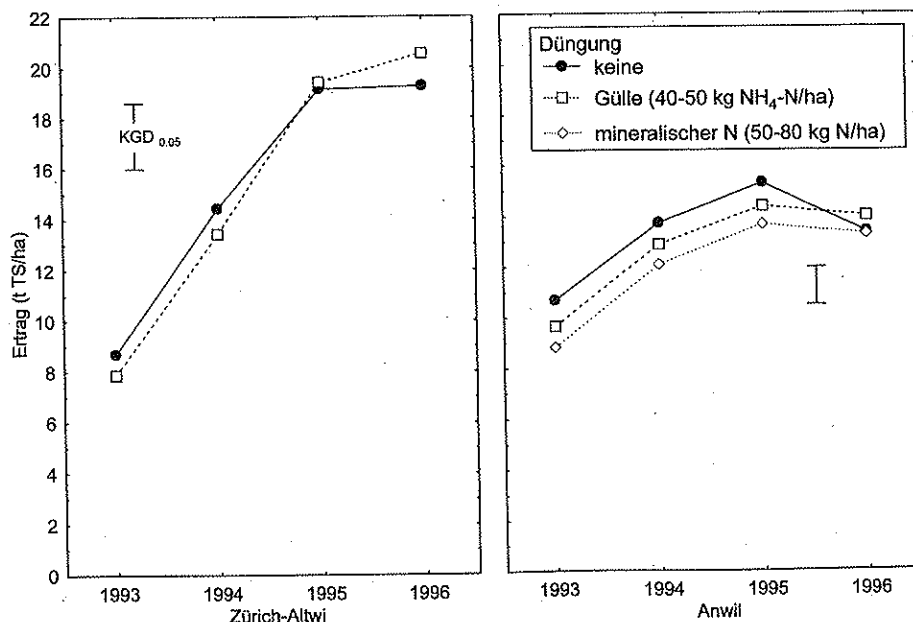


Abb. 1. Einfluss der Düngung auf den Ertrag von Chinaschilf an zwei Standorten. Anpflanzung 1992, Ernte im März der folgenden Jahre. KGD = kleinste gesicherte Differenz ($p < 0,05$) über alle Jahre. Durchschnitt von D0 und D1. In Zürich-Altwi gab es kein Verfahren mit mineralischer N-Düngung.

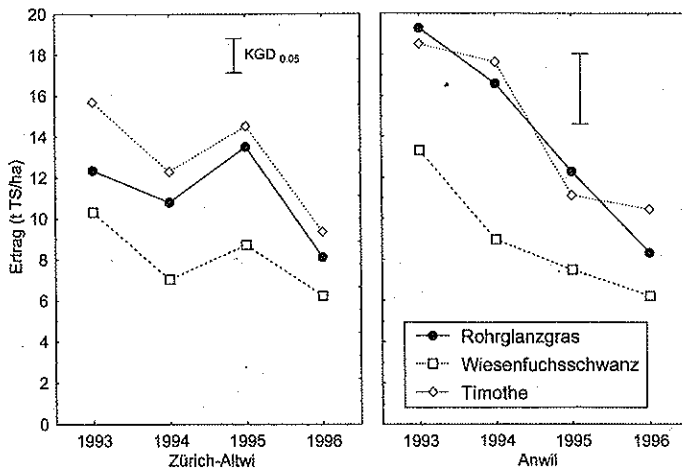


Abb. 2. Ertrag von drei Gräsern an zwei Standorten in den ersten vier Hauptnutzungsjahren. N1-Düngung. KGD = kleinste gesicherte Differenz ($p < 0,05$) über alle Jahre.

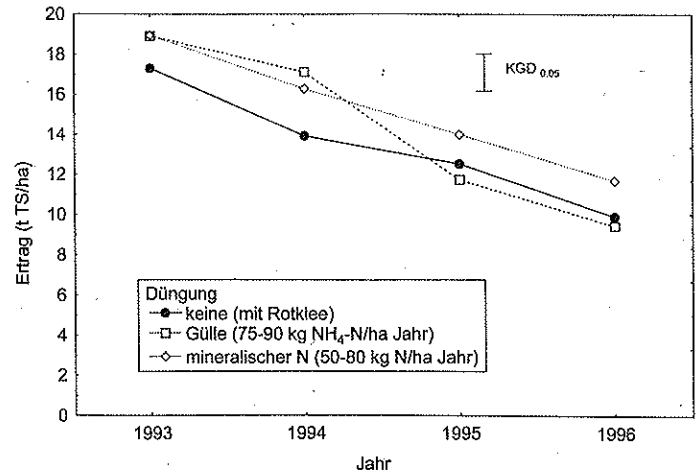


Abb. 3. Einfluss der Düngung auf den Ertrag in Anwil. Durchschnitt von Rohrglanzgras und Timothee. KGD = kleinste gesicherte Differenz ($p < 0,05$) über alle Jahre.

Überwinterung und Feldlagerung

Rhizome sind die Überwinterungsorgane von Chinaschilf. Sehr starker Frost kann sie beschädigen und sogar zu einem Totalausfall der Kultur führen, was in den letzten Jahren in Einzelfällen aufgetreten ist. Die Gefahr der Auswinterung ist im ersten Winter akut, da die Pflanze vermutlich noch nicht genügend entwickelt ist. Eine starke Verunkrautung, welche die Entwicklung hemmt, kann indirekt das Überwinterungsrisiko erhöhen. Eine gut überlegte Wahl des Standorts sowie eine angepasste Unkrautbekämpfung können diese Gefahren reduzieren.

In Klimakammerversuchen konnten wir zeigen, dass einjährige Chinaschilfpflanzen Temperaturen von $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ während 12 Stunden ertragen. Zweijährige Pflanzen verkrafteten sogar $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei tieferen Temperaturen entstanden irreversible Schäden. Eine Schutzwirkung durch eine Abdeckung mit organischem Material, wie Einsaaten (zum Beispiel von Phacelia), Stroh oder Mist konnte nicht nachgewiesen werden. Solche Methoden werden dennoch in der Praxis eingesetzt.

Bei den Aufwüchsen 1995 und 1996 trat im Winter Feldlagerung auf. Dies erschwerte die Feldtrocknung¹ und die Ernte. Ursache könnte die nicht abgeschlossene Vegetationsphase im Herbst sein, die zu einem hohen Anteil an Blattmasse im Winter und zur Lagerung bei Schneefall führte.

Extensiv nutzbare, einheimische Gräser

Die Erfordernisse, die an Gräser für die Energieproduktion gestellt werden, sind

eine hohe Biomasseproduktion, die Eignung für eine extensive Nutzung und ein minimaler Gehalt an mineralischen Bestandteilen. Einheimische Gräser weisen den Vorteil auf, dass sie an unsere klimatischen Bedingungen gut angepasst sind. Die Einsaat ist einfach und kostengünstig. Eine Einordnung in die Fruchtfolge ist gut möglich. Diese Gräser erreichen bereits im Ansaatzjahr hohe Erträge.

Die Ergebnisse unserer Versuche mit Rohrglanzgras, Wiesenfuchsschwanz und Timothee zeigen, dass die höchsten Erträge im ersten Hauptnutzungsjahr mit knapp 20 t TS/ha erreicht wurden (Abb. 2). Der Ertragsverlauf von Timothee und Rohrglanzgras war ähnlich aber deutlich höher als jener von Wiesenfuchsschwanz. Die Erträge waren standortabhängig und sanken bei zurückhaltender Düngung beispielsweise in Anwil im Laufe von vier Jahren von einem Maximum von 19,3 auf 8,4 t TS/ha (Rohrglanzgras).

Es konnte gezeigt werden, dass in den ersten zwei Versuchsjahren die Gülle- und mineralischen N-Düngungen eine ähnliche Wirkung hatten (Abb. 3). Im dritten und vierten Jahr hingegen, war die Güllewirkung klein (vermutlich wegen wetterbedingten Verlusten). Die Erträge waren etwa gleich der ungedüngten Klee-Gras-Gemenge (N0-Variante).

Das gewählte 2-Schnittregime (1. Schnitt Anfang Juli, 2. Schnitt im September) war dem Pflanzenbestand gut angepasst. Einzig im ersten Hauptnutzungsjahr waren drei Schnitte nötig. Die Aufbereitung von Bodenheu im September könnte allerdings in einzelnen Jahren Probleme verursachen.

¹ In der Regel liegt der TS-Gehalt bei der Ernte im März zwischen 70 und 80 %.

Qualität der Biomasse

Bei der Verbrennung spielt die chemische Zusammensetzung der Biomasse eine wichtige Rolle. Sie bestimmt die Belastung durch Emissionen (besonders Chlor, Stickstoff und Schwermetalle), das Risiko der Verschlackung (Silizium, Kalium, Natrium) und Korrosionsprobleme (Chlor). Für die Produktion von Biogas ist ein hoher Gehalt an organischer Substanz erwünscht, das heisst ein niedriger Gehalt an Asche.

Chinaschilf hat niedrigere Rohasche-Gehalte (2 % der TS) als die Gräser (10 % der TS). Entsprechend tiefer sind bei Chinaschilf auch die Gehalte an Silizium (total Si), Kalium (K), Kalzium (Ca), Eisen (Fe), Stickstoff (N), Schwefel (S), Phosphor (P), Chlor (Cl) und Kadmium (Cd) (Abb. 4). Blattreiche Chinaschilfbestände (zum Beispiel bei früher Ernte) haben etwas höhere Gehalte an N, Mg, Ca und Rohasche.

Bei den untersuchten Gräsern verhielten sich Timothee und Rohrglanzgras ähnlich. Wiesenfuchsschwanz unterschied sich dadurch, dass die Cd-Konzentration achtmal höher war. Der erste Schnitt aller Gräser wies niedrigere Gehalte an anorganischer Substanz auf als der zweite Schnitt (zum Beispiel bei Rohasche durchschnittlich 7 verglichen mit 12 % TS Rohasche). Die Düngung mit Gülle erhöhte regelmäßig den Cl-Gehalt bei Chinaschilf von 200 auf 1200 ppm und bei Timothee von 300 auf 3700 ppm (im 3. Hauptnutzungsjahr). Die Ansaatz der Gräser im Gemenge mit Rotklee hatte eine Erhöhung des N-Gehaltes von 1,4 auf 1,8 % TS zur Folge.

Der Einfluss eines anderen Nutzungsregimes der Gräser mit nur einem Schnitt vor dem Vegetationsbeginn (wie beim

Chinaschilf) soll in weiteren Versuchen überprüft werden. Gemäss Angaben aus Schweden könnte mit dieser Schnittnutzung bei Rohrglanzgras die Brennstoffqualität verbessert, das heisst der Gehalt an Cl und K, stark gesenkt werden (European Commission 1996).

Ausblick

Chinaschilf und extensiv nutzbare, einheimische Gräser wären interessant, um landwirtschaftliche Biomasse zu produzieren. Während beim Ertragspotential wenige Unterschiede zwischen Chinaschilf und den untersuchten Gräsern bestehen, ist die Brennstoffqualität von Chinaschilf günstiger. Für eine abschliessende Beurteilung der Machbarkeit wäre nun ein Pilotprojekt nötig.

DANK

Wir danken dem Bundesamt für Energiewirtschaft für die Finanzierung des Projektes sowie Herrn R. Speiser, der uns in Anwil die Fläche zur Verfügung gestellt hat.

LITERATUR

Ammon H.U., Bohrer Ch., Mediavilla V., Serafin F. und Buri A., 1996. Nachwachsende Rohstoffe umweltschonend anbauen. *UFA-Revue* 4, 25-28.

Beuch St., 1995. Verluste und Rückstände an Biomasse von *Miscanthus x giganteus* (Greif et. Deu.). *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 8, 311-314.

Bundesamt für Energiewirtschaft, 1997. Schlussbericht Projekt Energiegras/Feldholz, 165 S.

European Commission, 1996. Country report for Sweden. *European energy crops overview*. Directorate general XII, Science, research and development, Agro industrial research (FAIR).

Hotz A., Kolb W. und Kuhn W., 1993. Chinaschilf wächst nicht in den Himmel. *DLG-Mitteilungen/ agrar.inform.* 1, 50-53.

Lewandowski I., 1992. Entwicklung eines *In-vitro*-Kultursystems für *Miscanthus sinensis* (Thunb.) Anders. «*Giganteus*» als Voraussetzung zur Mikrovermehrung. Dissertation, Universität Hohenheim, 189 S.

Lewandowski I. und Kahnt G., 1994. Einfluss von Bestandesdichte und Stickstoff-Düngung auf die Entwicklung, Nährstoffgehalte und Ertragsbildung von *Miscanthus «Giganteus»*. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 7, 341-343.

Linde-Laursen I., 1993. Cytogenic analysis of *Miscanthus «Giganteus»*, an interspecific hybrid. *Hereditas* 119, 297-300.

McCarthy S. and Walsh M., 1996. *Miscanthus* production in Europe - conclusions from the *Miscanthus*

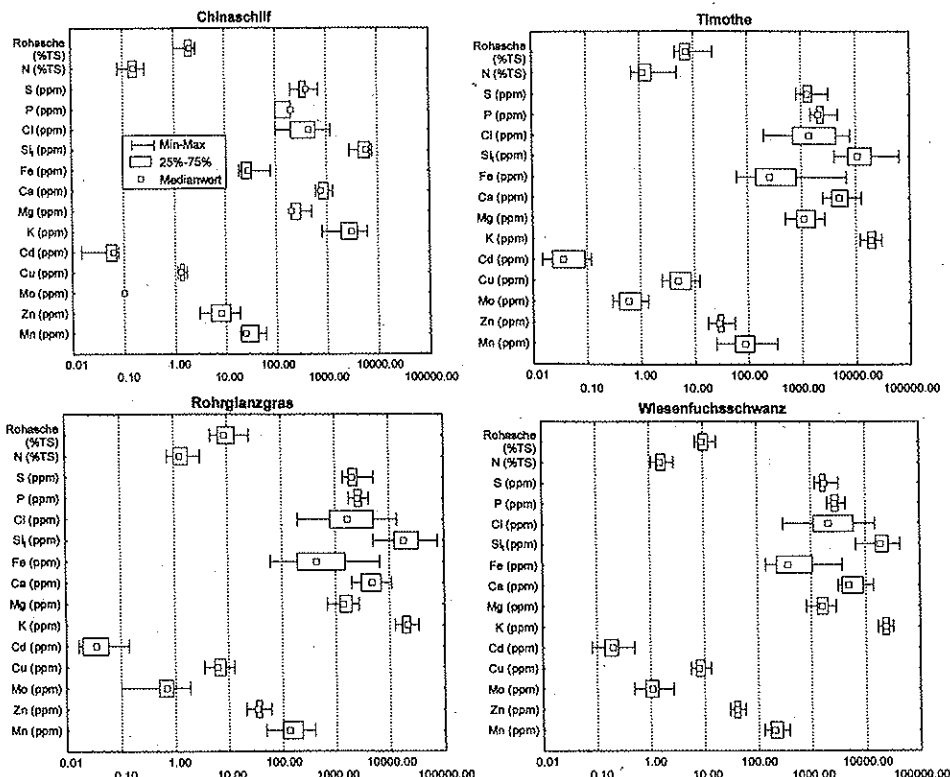


Abb. 4. Inhaltstoffe von Chinaschilf (ab dem 2. Jahr, Ernte im März) und einheimischen Gräsern (Timothee, Rohrglanzgras, Wiesenfuchsschwanz). Logarithmische Skala. Bei den Gräsern sind alle Schnitte dargestellt. Analyse nach Stünzi 1991 und Stünzi et al. 1992.

productivity network. 1. *Europ. energy crops conference*, Enschede, NL.

Schwarz H., Liebhard P., Ehrendorfer K. und Rukkenbauer P., 1993. Ertragsverlauf von *Miscanthus sinensis «Giganteus»* auf zwei Ackerstandorten in Österreich. *Die Bodenkultur* 44 (3), 253-263.

Stünzi H., 1991. Bestimmung von Schwefel und Spurenelementen in Wiesenpflanzen und die Beeinflussung der Gehalte durch einen Selenapplikation. *Schweizerischer Landwirtschaft-Forschung* 30, 1-9.

Stünzi H., Winzeler H. und Winzeler M., 1992. Dinkelspelzen als Ausgangsmaterial für reines Silizium? *VDLUFA-Schriftenreihe* 35, Kongressband 1992 Göttingen, 761-764.

Stünzi H. und Lehmann J., 1995. Energiegras: Qualität von Chinaschilf und schnellwachsenden Gräsern, *Bulletin SGPW/SSA* 4, 23.

RÉSUMÉ

Production de biomasse avec le roseau de Chine et des graminées indigènes

Des essais en champ démarrés en 1992 dans deux localités de la Suisse centrale montrent qu'avec le roseau de Chine (*Miscanthus x Giganteus*) et des graminées indigènes extensives, il est possible de récolter une grande quantité de biomasse destinée à la production d'énergie. Avec le roseau de Chine, on a mesuré dans la cinquième année des rendements jusqu'à 20 t de matière sèche (m.s.) par hectare. La fumure sous forme minérale et de purin n'a pas augmenté les rendements. Les graminées dont le

rendement était le plus élevé (jusqu'à 19 t m.s./ha) ont été la fléole des prés (*Phleum pratense* L.) et le phalaris roseau (*Phalaris arundinacea* L.). Des analyses chimiques montrent que le roseau de Chine se prête mieux à la combustion que les graminées car il contient seulement 2 % m.s. de cendre. Il possède une concentration inférieure de silicium, potassium, calcium, fer, azote, soufre, phosphore, chlore et cadmium.

SUMMARY

Biomass production with *Miscanthus* and indigenous grass

At two localities in Central Switzerland we started field trials with *Miscanthus x Giganteus* and indigenous grasses in 1992. The results show that it is possible to harvest big amounts of biomass which can be used as fuel. At year 5 the yields of *Miscanthus* reached 20 t dry matter (DM) per hectare. The fertilisation with mineral nitrogen and slurry didn't increase the yields. The highest yields (up to 19 t DM/ha) with grasses were reached with timothy (*Phleum pratense* L.) and reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). Chemical analysis shows that *Miscanthus* is better suitable for combustion than indigenous grasses. Its ash content measured only 2 % DM because of lower content in silicium, potassium, calcium, iron, nitrogen, sulphur, phosphorus, chlorine and cadmium.

KEY WORDS: *Miscanthus x Giganteus*, *Phleum pratense*, *Phalaris arundinacea*, fibre crop, solid biofuels, biomass production, yields, fertilisation, combustion quality