

# *Reynoutria bohemica* – eine Alternative zu *Miscanthus x giganteus*?

R. Pude und H. Franken

## *Reynoutria bohemica* – an alternative to *Miscanthus x giganteus*?

### 1. Einleitung

Die Stilllegungsverpflichtung einerseits und die Suche nach neuen Absatzmärkten für die Landwirtschaft andererseits wecken zunehmendes Interesse an der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen. So ist den Mitteilungen des Bundeslandwirtschaftsministeriums eine stetig steigende Anbaufläche zu entnehmen (BML, 1995).

*Miscanthus* (Chinaschilf), eine massenwüchsige, mehrjährige C4-Pflanze, war Ende der 80er Jahre eine „Modepflanze“ in der Forschung und gewinnt nun, Ende der 90er Jahre, aber auch für die Praxis an Bedeutung (PUDE und FRANKEN, 1998). Demgegenüber ist die C3-Pflanze *Reynoutria* (Riesenknöterich; SCHMITT, 1994) als Kulturpflanze noch weitgehend unbekannt.

Beide Arten stammen aus dem asiatischen Raum und

wurden in Europa zunächst als Zierpflanzen genutzt. Während sich *Miscanthus* nicht unkontrolliert in der Natur ausbreiten kann, da die Samen in unserer Region steril bleiben, haben sich verschiedene Varietäten des *Reynoutria*, z. B. in Fluß- und Bachtälern oder auch an trockenen Ruderalstandorten, stark ausgebreitet (SCHULDES und KÜBLER, 1990; ALBERTERNST et al., 1995a/b) und gelten dort als Unkräuter. Beide Pflanzen bilden unterirdisch Rhizome aus, aus denen sie dann im zeitigen Frühjahr rasch wieder austreiben. Ab dem zweiten bzw. dritten Jahr liefern sie hohe Massenerträge von über 20 t TM/ha. Die Beseitigung eines unerwünschten *Reynoutria*-Bestandes ist allerdings aufgrund der ausdauernden Rhizome sehr schwierig (SCHULDES und KÜBLER, 1990).

Während die Anbaubedingungen für *Miscanthus* durch zahlreiche Standorttests weitgehend erforscht sind

### Summary

In the relative absence of reports on *Reynoutria* as a possible alternative to *Miscanthus* both as perennial “renewable resources”, cultivation effects on plant development and yield were tested in field trials at Dikopshof experimental station of Bonn University. *Miscanthus* was planted in 1995 with densities of either 1 plant/m<sup>2</sup> or 4 plants/m<sup>2</sup> and *Reynoutria* in 1996 with either 1 plant/m<sup>2</sup> or 3 plants/m<sup>2</sup> and either 0 or 200 kg nitrogen/ha as mineral fertilizer. The majority of *Miscanthus* plants was damaged in the first winter after the planting due to the lack of frost hardiness. Plant development and dry matter were determined in the first two and first three years, respectively. In the final years 1998/99, techniques were examined to remove the 3 and 4 year-old *Reynoutria* and the 4 and 5 year-old *Miscanthus*.

In the first year, *Miscanthus* formed a larger number of shoots with up to 57 shoots/plant and *Reynoutria* higher shoots of up to 223 cm. *Miscanthus* outyielded *Reynoutria* in the first two years, a situation which reversed in the third year with 24.2 t dry matter per hectare. The higher plant densities both in *Reynoutria* and also in *Miscanthus* produced a larger number of shoots/m<sup>2</sup> and higher yields in the three years. The future development will be assessed. Nitrogen fertilization affected plant development and dry matter only of *Reynoutria*. In the year 1998 the removing of *Miscanthus* and *Reynoutria* with Round up, cultivating or regular mowing caused considerable problems. The perennial results indicate that *Reynoutria* reaches actually the high yield of *Miscanthus*. While *Reynoutria* shows advantages in winter hardiness the removal is very difficult. For this reason *Miscanthus* should be preferred as far as the planned utilization allows that.

**Key words:** Renewable resources, *Miscanthus x giganteus*, *Reynoutria bohemica*, establishment, yield.

### Zusammenfassung

Zum Anbau von *Miscanthus* gibt es zahlreiche Literaturhinweise; über *Reynoutria* ist hingegen noch zu wenig bekannt, um die Pflanze als mögliche Alternative zu *Miscanthus* beurteilen zu können. Daher wurde der Einfluß pflanzenbaulicher Maßnahmen auf Entwicklungsverlauf und Ertragsleistung dieser beiden mehrjährigen Nachwachsenden Rohstoffe in Feldversuchen auf dem Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn geprüft. *Miscanthus* wurde im Jahre 1995 mit Pflanzdichten von 1 und 4 Pfl./m<sup>2</sup> und *Reynoutria* 1996 mit 1 und 3 Pfl./m<sup>2</sup> gepflanzt. Weiterhin wurden zwei N-Stufen (0 und 200 kg N/ha) in den Versuchsplan einbezogen.

Im ersten Winter nach der Pflanzung war das schon von *Miscanthus* her bekannte Auswinterungsphänomen von besonderem Interesse. In den ersten beiden Etablierungsjahren wurde neben dem Wuchsverhalten auch die Ertragsleistung der beiden Arten ermittelt, die darüber hinaus dann noch im 3. Standjahr, d. h. in der Ertragsphase, erfaßt wurde. Schließlich wurde in den Jahren 1998/99 das in der Literatur beschriebene Problem der „Auflösung“ von Pflanzenbeständen an den dann 3 und 4 jährigen *Reynoutria* bzw. 4 und 5 jährigen *Miscanthus*-Beständen untersucht.

In den ersten beiden Wuchsjahren zeichneten sich *Miscanthus* durch höhere Triebzahlen mit bis zu 57 Trieben/Pflanze und *Reynoutria* durch größere Wuchshöhen von bis zu 223 cm aus. Die höheren Erträge lieferte in den ersten beiden Jahren zunächst *Miscanthus*, im dritten Jahr dann aber *Reynoutria* mit 24,2 t TM/ha. Die hohen Pflanzdichten bewirkten sowohl bei *Reynoutria* als auch bei *Miscanthus* größere Triebzahlen/m<sup>2</sup> und höhere Erträge; hier ist allerdings die Entwicklung in den folgenden Jahren noch abzuwarten. Nur bei *Reynoutria* konnte ein tendenzieller Einfluß der N-Düngung auf Wuchsverhalten und Ertrag festgestellt werden. Bei der „Auflösung“ von Teilflächen der Bestände im Jahre 1998 durch Round up-Behandlung, grubbern oder regelmäßiges Abmähen bereitete *Reynoutria* erhebliche Probleme.

Die mehrjährigen Ergebnisse belegen, daß *Reynoutria* tatsächlich die hohe Ertragsleistung von *Miscanthus* erreicht und auch aufgrund der sicheren Überwinterung Vorzüge aufweist, daß aber die Auflösung eines *Reynoutria*-Bestandes problematisch ist. Aus diesem Grund sollte *Miscanthus* bevorzugt werden, sofern die vorgesehene Nutzung das zuläßt.

**Schlagworte:** Nachwachsende Rohstoffe, *Miscanthus x giganteus*, *Reynoutria bohemica*, Etablierung, Erträge.

(SCHWARZ und SCHNUG, 1994), liegen für *Reynoutria* bisher nur wenige Anbauempfehlungen vor (HERGER et al., 1990). Für beide Pflanzen gilt aber, daß die Standorte frei von Spätfrösten im Mai sein sollten, um den Wiederaustritt nicht zu gefährden sowie frei von Frühfrösten im Herbst (vor Oktober), um mit der Abreife der Bestände auch eine ausreichende Rückverlagerung von Nährstoffen in das Rhizom zu gewährleisten (SCHULDES und KÜBLER, 1990; PUDE und FRANKEN, 1998).

Das Pflanzgut kann durch Rhizom- oder Mikrovermehrung gewonnen werden (Kosten ca. 0,7 bis 1,0 DM/Pflanze), aus Kostengründen wird aber auch an einer Samenvermehrung geforscht (SCHMITT, 1994; LEWANDOWSKI, 1998). Die Pflanzung erfolgt im Mai, wobei Pflanzdichten zwischen 1 und 4 Pfl./m<sup>2</sup> erprobt werden. Während bei *Miscanthus* – in Abhängigkeit vom Standort – eine eher verhaltene N-Düngung empfohlen wird (PUDE, 1997), werden für *Reynoutria* N-Gaben von bis zu 200 kg N/ha genannt (SCHMITT, 1994). Die Pflege im ersten Standjahr bezieht sich nur auf die Unkrautbekämpfung. Ein ausreichender Ertrag ist ab dem zweiten Jahr nach der Pflanzung zu erwarten. In Abhängig-

keit von der Verwertungsrichtung ist die Ernte z. B. mit einem reihenunabhängigen Maishäcksler problemlos zu bewältigen. Während bei *Miscanthus* Erträge von durchschnittlich 20 t TM/ha erreicht werden (PUDE, 1997), liegen für *Reynoutria* noch keine gesicherten Angaben vor. Als Verwertungsrichtungen für beide Arten werden die Nutzung als Kultursubstrat, als Einstreu in Ställen oder – aufgrund des Aneignungsvermögens für Schwermetalle – die Nutzung als „Akkumulatorpflanzen“, genannt (HOTZ et al., 1989; WILKE und METZ, 1994; VETTER und WURL, 1994).

Von wissenschaftlichem Interesse ist nun die Anbauwürdigkeit von *Reynoutria bohemica* im Vergleich zu *Miscanthus x giganteus*. In zwei Feldversuchen auf dem Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn sollten folgende Fragen geklärt werden:

1. Wie hoch ist die Überwinterungsrate im Jahr nach der Pflanzung?
2. Welche Unterschiede bestehen im Wuchsverhalten, vor allem in den ersten beiden Etablierungsjahren?
3. Welche Ertragsunterschiede sind in den ersten Jahren zu erwarten?

4. Wie können die Bestände nach Kulturrende wieder aufgelöst werden?

## 2. Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn wurden im Jahre 1995 Versuche mit *Miscanthus x giganteus* und im Jahre 1996 mit *Reynoutria bohemica* als zweifaktorielle Spaltanlagen mit der „Pflanzdichte“ als Großparzelle und der „N-Düngung“ als Kleinparzelle in vierfacher Wiederholung angelegt. Bei einer Parzellengröße von 30 m<sup>2</sup> ergibt sich eine Nettoversuchsfläche von jeweils 480 m<sup>2</sup>.

Standort: Niederrheinische Bucht, 62 m ü NN  
 Bodentyp: Parabraunerde aus umgelagertem Löß  
 Bodenart: Feinsandiger Lehm  
 Bodenpunkte: 70 / 80  
 Grundwasserspiegel: in 19 m Tiefe

Das meristemvermehrte Pflanzgut wurde im Mai von Hand gepflanzt (Tab. 2). Die Pflanzdichten betragen bei *Reynoutria* 1 und 3 Pfl./m<sup>2</sup> bzw. bei *Miscanthus* 1 und 4 Pfl./m<sup>2</sup>. In der Etablierungsphase wurde nicht bewässert. Die N-Düngung wurde nach der Pflanzung am 30. Mai 1995 (*Miscanthus*) und am 7. Mai 1996 (*Reynoutria*) bzw. in den Folgejahren jeweils zum Wiederaustrieb ausgebracht. Die

Ernte erfolgte mit einem „Freischneider“; der gesamte Aufwuchs jeder Parzelle wurde gewogen und der Wassergehalt des Erntegutes durch mehrtägige Trocknung bei 60° C bestimmt. *Reynoutria* wurde aufgrund des sehr hohen Wuchses im Jahre 1998 sowohl im Juli als auch im Oktober, d. h. also zweimal, geerntet.

Auf Teilflächen der o.g. Versuche wurde dann ab August 1998 die Beseitigung von *Reynoutria* und *Miscanthus* geprüft, und zwar durch:

1. regelmäßiges Abmähen des Aufwuchses ab einer Wuchshöhe von ca. 20 cm („mähen“),
2. regelmäßiges Abspritzen des Aufwuchses mit „Round up“ ab einer Wuchshöhe von ca. 20 cm („spritzen“) und
3. mehrmaliges Bearbeiten mit einer Grubberfräse nach dem Wiederaustrieb („grubbern“).

Die Entwicklung in der Etablierungsphase und die Beseitigung der beiden Arten wurden jeweils auf 2 m<sup>2</sup> einer Parzelle (2 bis 8 Pfl./Parzelle je nach Pflanzdichte) erfasst, und zwar anhand folgender Merkmale:

- Anzahl Triebspitzen: An der Erdoberfläche erkennbarer Austrieb aus dem Rhizom, jedoch noch ohne assimilierende Blätter,
- Anzahl Triebe: Stengel mit mindestens einem assimilierenden Blatt und
- Wuchshöhe: Pflanzhöhe (cm).

Tabelle 1: Witterungsverlauf auf dem Versuchsgut Dikopshof (Durchschnittstemperaturen)  
 Table 1: Weather conditions at the location Dikopshof (average of temperature)

	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Σx̄
1995/96													
NS (mm)	31,0	33,7	60,7	79,1	18,6	53,3	19,8	49,5	24,1	4,8	23,0	20,0	417,6
Lufttemp. (°C)	9,8	13,8	15,6	21,3	20,0	14,2	13,2	5,7	0,3	0,0	0,5	3,7	9,8
1996/97													
NS (mm)	13,2	67,6	25,8	51,1	71,6	47,3	66,7	40,6	36,8	3,6	48,0	29,3	501,6
Lufttemp. (°C)	10,3	11,8	16,4	17,0	17,8	12,7	10,5	5,8	0,1	-2,1	6,4	8,4	9,6
1997/98													
NS (mm)	50,2	59,9	111,3	47,6	34,8	16,6	48,4	31,3	41,5	22,9	13,3	42,3	520,1
Lufttemp. (°C)	7,9	13,4	16,2	17,8	20,9	14,7	9,6	5,8	4,4	4,2	5,7	7,2	10,7

Tabelle 2: Versuchsablauf von *Miscanthus* und *Reynoutria*  
 Table 2: Experimental design of *Miscanthus* and *Reynoutria* trials

	<i>Reynoutria bohemica</i>	<i>Miscanthus x giganteus</i>
Pflanzgut	meristemvermehrt	meristemvermehrt
Pflanztermin	07. Mai 1996	30. Mai 1995
Pflanzdichte	1 und 3 Pfl./m <sup>2</sup>	1 und 4 Pfl./m <sup>2</sup>
N-Düngung (KAS), jährlich	0 und 200 kg N/ha	0 und 200 kg N/ha
Erntetermin 1996	25. Okt.	08. Feb.
Erntetermin 1997	20. Okt.	20. Feb.
Erntetermin 1998	08. Jul. + 14. Okt.	18. Feb.

Bei der statistischen Auswertung der Aufwuchsdaten und der Erträge wurden zweifaktorielle Spaltanlagen mit den Faktoren „Pflanzdichte“ und „N-Düngung“ sowie vier Wiederholungen zugrunde gelegt (SCHUSTER und LOCHOW, 1979). Dabei wurden jede Kultur und jedes Versuchsjahr einzeln verrechnet. Der „Beseitigungsversuch“ erfolgte in zweifacher Wiederholung ausschließlich auf Parzellen mit hoher Pflanzdichte und ohne N-Düngung und wurde daher nicht statistisch verrechnet.

Die gewonnenen Daten wurden mit SAS-Statistikprogrammen auf dem Großrechner des Regionalen-Hochschul-Rechenzentrums der Universität Bonn verrechnet. Die Varianzen und die Differenzen der Mittelwerte wurden mit dem F-Test bzw. mit dem Tukey-Test auf ihre Signifikanz geprüft. Für den Test der Signifikanz der Varianten und der Mittelwerte wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % angenommen. Signifikante Wechselwirkungen traten nicht auf.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Wuchsverhalten in der Etablierungsphase

##### Triebzahl / Pflanze

Die Triebzahl/Pflanze nahm bei *Reynoutria* im ersten Jahr von durchschnittlich 2,2 auf 3,8 Triebe/Pflanze nur sehr langsam zu (Abb. 1 und 2). Dabei ergaben sich weder Unterschiede zwischen den Pflanzdichten noch zwischen den N-Stufen. Demgegenüber stieg die Triebzahl bei *Miscanthus* von durchschnittlich 2,2 auf 44,9 Triebe/Pflanze deutlich an. Während die N-Düngung keine Unterschiede in der Triebzahl bewirkte, konnte ab August 1996 bei 1 Pfl./m<sup>2</sup> eine tendenziell höhere Triebzahl festgestellt werden.

Im zweiten Jahr trieb *Reynoutria* dann bereits mit einer deutlich höheren Triebzahl von durchschnittlich 10,6 Trie-

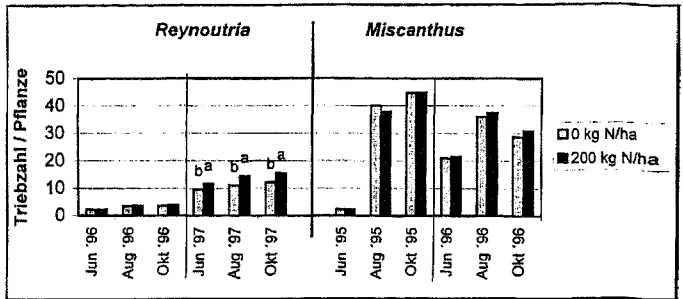


Abbildung 2: Triebzahl/Pflanze in Abhängigkeit von der N-Düngung  
Figure 2: Number of shoots at different nitrogen fertilizer levels

ben/Pflanze aus und erreichte zum Vegetationsende 13,9 Triebe/Pflanze. Dabei waren die signifikant höchsten Triebzahlen immer bei 1 Pfl./m<sup>2</sup> (mit bis zu 16,3 Trieben/Pflanze) bzw. bei 200 kg N/ha (mit bis zu 15,6 Trieben/Pflanze) festzustellen. Es traten keine Wechselwirkungen „Pflanzdichte“ x „N-Düngung“ auf. Die Triebzahl von *Miscanthus* lag im zweiten Jahr (1996) insgesamt niedriger als im ersten Jahr; in der Zeit von August bis Oktober war sogar eine Reduktion der Triebzahl festzustellen, wobei mit 1 Pfl./m<sup>2</sup> die signifikant höchste Triebzahl je Pflanze erreicht wurde. Düngungsbedingte Unterschiede waren nicht erkennbar.

##### Wuchshöhe

In der Wuchshöhe bestanden, mit einer Ausnahme, weder bei *Reynoutria* noch bei *Miscanthus* Unterschiede zwischen den Behandlungen (Abb. 3 und 4). Im ersten Jahr erreichte *Reynoutria* bereits im August eine durchschnittliche Wuchshöhe von 92,4 cm, die bis Oktober nur noch geringfügig bis auf 98,0 cm zunahm. Demgegenüber nahm die Wuchshöhe bei *Miscanthus* zwar kontinuierlich zu, sie erreichte im Oktober jedoch nur 55,6 cm, d. h. *Miscanthus* wurde nur etwa halb so hoch wie *Reynoutria*. Auch im zweiten Jahr konnte festgestellt werden, daß *Reynoutria* bereits im August weitgehend die maximale Wuchshöhe erreicht

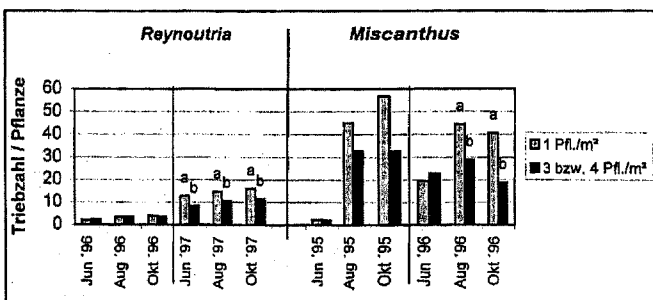


Abbildung 1: Triebzahl/Pflanze in Abhängigkeit von der Pflanzdichte  
Figure 1: Number of shoots at different planting densities

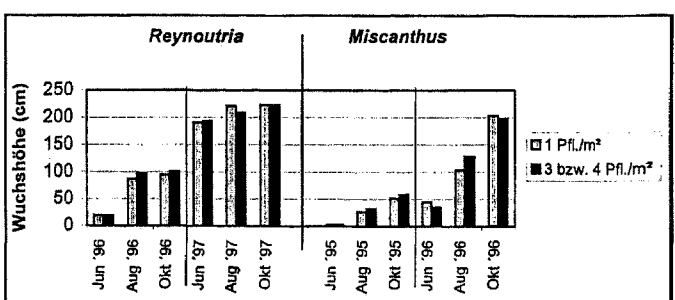


Abbildung 3: Wuchshöhe in Abhängigkeit von der Pflanzdichte  
Figure 3: The growth at different planting densities

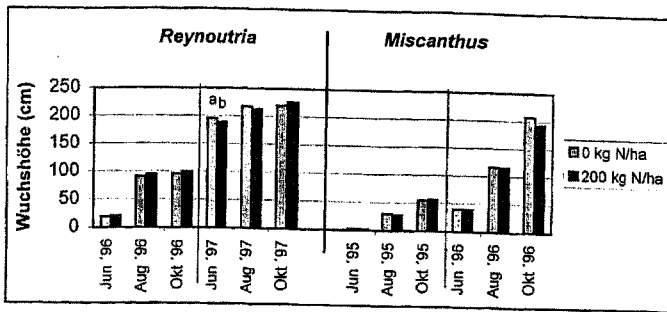


Abbildung 4: Wuchshöhe in Abhängigkeit von der N-Düngung  
Figure 4: The growth at different nitrogen fertilizer levels

hatte; im Oktober lag die Wuchshöhe dann bei durchschnittlich 223,0 cm. Bei *Miscanthus* nahm die Wuchshöhe wieder kontinuierlich zu und erreichte schließlich im Oktober mit 200,7 cm fast die Höhe von *Reynoutria*.

### Ertrag

Im ersten Jahr lag der Ertrag von *Reynoutria* bei 3 Pfl./m<sup>2</sup> mit 5,2 t TM/ha signifikant höher als bei 1 Pfl./m<sup>2</sup> mit nur 3,8 t TM/ha (Abb. 5 und 6). Unterschiede im Wassergehalt des Erntegutes traten nicht auf, er lag bei durchschnittlich 76,6 M.-%. Auch bei *Miscanthus* war der höchste Ertrag bei der hohen Pflanzdichte (4 Pfl./m<sup>2</sup>) festzustellen. Allerdings lagen die Erträge hier insgesamt um ca. 1 t TM/ha niedriger als bei *Reynoutria*. Der durchschnittliche Wassergehalt betrug hier 18,6 M.-%. Im zweiten Jahr hingegen lieferte *Miscanthus* deutlich höhere Erträge als *Reynoutria*. Wäh-

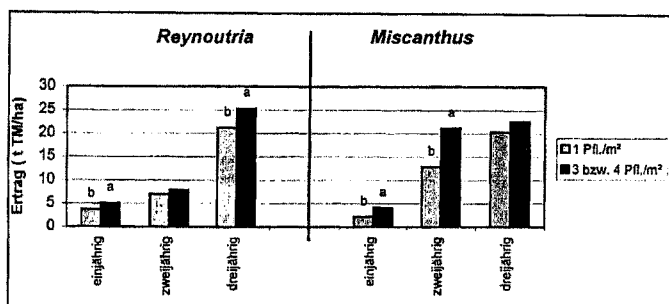


Abbildung 5: Trockenmasseertrag in Abhängigkeit von der Pflanzdichte  
Figure 5: The yield at different planting densities

Tabelle 3: Wiederaustriebsraten (%) im ersten Frühjahr nach Pflanzung  
Table 3: Resprouting (%) in the first spring after planting

	Pflanzdichte		N-Düngung	
	1 Pfl./m <sup>2</sup>	3 bzw. 4 Pfl./m <sup>2</sup>	0 kg/ha	200/N/ha
<i>Reynoutria</i> 02.04.1997	100	100	100	100
<i>Miscanthus</i> 15.04.1996	97,5	99,6	99,1	98,6

rend bei *Reynoutria* der durchschnittliche Ertrag bei 7,5 t TM/ha (72,7 M.-% Wassergehalt) lag, wurden bei *Miscanthus* mit 1 Pfl./m<sup>2</sup> 12,9 und mit 4 Pfl./m<sup>2</sup> 21,2 t TM/ha erzielt (27,7 M.-% durchschnittlicher Wassergehalt). Im dritten Jahr wurde *Reynoutria* sowohl im Juli (72,4 M.-% Wassergehalt) als auch im Oktober (74,8 % Wassergehalt) geerntet, da das Wachstum (Wuchshöhe, Triebzahl) schon im Juli stagnierte. Auch hier wurde bei der hohen Pflanzdichte (3 Pfl./m<sup>2</sup>) mit 24,2 t TM/ha ein signifikant höherer Gesamtertrag erreicht als bei 1 Pfl./m<sup>2</sup> mit nur 22,5 t TM/ha. Dagegen unterschieden sich die entsprechenden Erträge von *Miscanthus* nicht, sie lagen durchschnittlich bei 21,5 t TM/ha mit einem Wassergehalt von 22,2 M.-%.

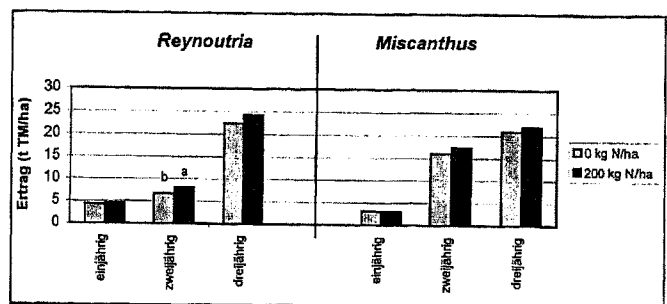


Abbildung 6: Trockenmasseertrag in Abhängigkeit von der N-Düngung  
Figure 6: The yield at different nitrogen fertilizer levels

Ein Einfluß der N-Düngung auf das Ertragsniveau war nur beim zweijährigen *Reynoutria* festzustellen, wo mit 200 kg N/ha ein signifikant höherer Ertrag (24,3 t TM/ha) erzielt wurde.

### 3.2 Wiederaustrieb nach dem ersten Winter

Der einjährige *Miscanthus* trieb am 15.04.1996 wieder aus. Der Wiederaustrieb des einjährigen *Reynoutria* am 02.04.1997 erfolgte vor dem dann schon zweijährigen *Miscanthus*. Beide Kulturen trieben im ersten Frühjahr nach der Pflanzung zu nahezu 100% wieder aus (Tab. 3).

### 3.3 „Auflösung“ der Bestände

Um den Wiederaustrieb von *Reynoutria* und *Miscanthus* in diesem Versuch zu beschreiben wurde u. a. auch die **Anzahl der Triebspitzen** (Austrieb) ermittelt (Abb. 7). Bei *Miscanthus* trieben nach dem „Grubbern“ und „Spritzen“ keine Pflanzen mehr aus. Lediglich nach mehrmaligem „Mähen“ war noch ein Wiederaustrieb festzustellen. Bei *Reynoutria* hingegen blieb die Anzahl Triebspitzen in der Zeit von September bis Mai nach dem „Grubbern“ nahezu unverändert; nach dem „Spritzen“ und „Mähen“ waren sowohl Zu- als auch Abnahmen festzustellen.

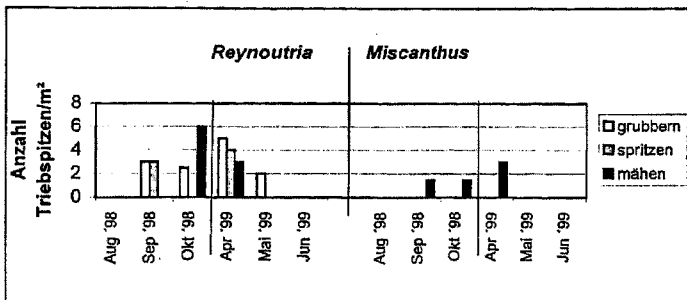


Abbildung 7: Anzahl Triebspitzen/m<sup>2</sup> im „Auflösungsversuch“ 1998/99  
 Figure 7: Number of first shoots/m<sup>2</sup> in the removal-trial 1998/99

In der **Triebzahl** war bei *Reynoutria* zunächst keine einheitliche Tendenz festzustellen, ab April lag sie dann nach dem „Grubbern“ stets niedriger als nach dem „Spritzen“ und „Mähen“ (Abb. 8). Bei *Miscanthus* war die Triebzahl nach dem „Grubbern“ und „Spritzen“ bereits im Oktober recht gering und ab April wiesen nur noch die regelmäßig gemähten Pflanzen Triebe auf. Die Pflanzen in den Varianten „Grubbern“ und „Spritzen“ waren bereits abgestorben.

Beide Kulturen wiesen in der Zeit von August bis Mai nur sehr geringe **Wuchshöhen** auf. Während sich *Reynoutria* danach in den Varianten „Spritzen“ und „Mähen“ deutlich

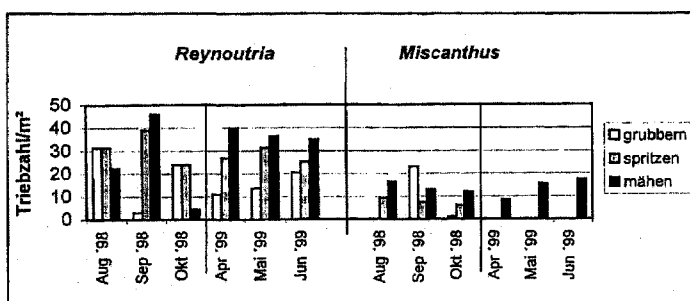


Abbildung 8: Triebzahl/m<sup>2</sup> im „Auflösungsversuch“ 1998/99  
 Figure 8: Number of shoots/m<sup>2</sup> in the removal-trial 1998/99

erholte und Wuchshöhen von durchschnittlich 200 cm erreichte, lag die Wuchshöhe nach dem „Grubbern“ nur bei 45,5 cm. Bei *Miscanthus* haben ab April nur noch Pflanzen in der Variante „Mähen“ überlebt, die bis Juni Wuchshöhen von durchschnittlich 33,5 cm erreichten.

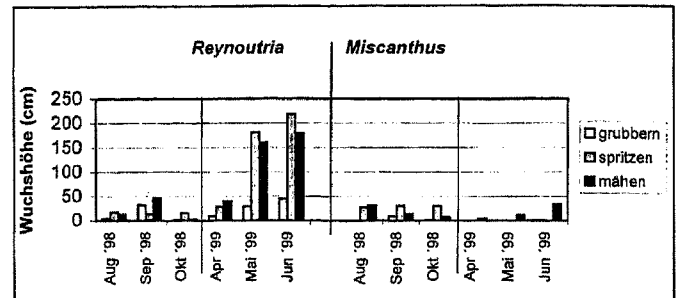


Abbildung 9: Wuchshöhe im „Auflösungsversuch“ 1998/99  
 Figure 9: Growth in the removal-trial 1998/99

## 4. Diskussion

### 4.1 Wuchsverhalten und Wiederaustrieb

*Miscanthus* ist aufgrund seiner Massenwüchsigkeit ein sehr interessanter nachwachsender Rohstoff, allerdings bereitet seine mangelnde Winterfestigkeit immer noch Probleme beim Anbau. Eine Alternative könnte daher das als Unkraut bekannte *Reynoutria* sein.

*Reynoutria* weist im Vergleich zu *Miscanthus* eine deutlich geringere Triebzahl auf. *Reynoutria* etabliert sich im ersten und zweiten Jahr nur langsam auf der Fläche, was anhand der leicht zunehmenden Triebzahl nachvollziehbar ist. Demgegenüber erreicht *Miscanthus* bereits im ersten Jahr die höchste Triebzahl, im zweiten Jahr werden dann sogar Triebe reduziert. Dieser Sachverhalt wird auch durch andere mehrjährige Untersuchungen bestätigt (PUDE, 1997). Es wird vermutet, daß sich *Reynoutria* zunächst hauptsächlich unterirdisch entwickelt, während sich *Miscanthus* offensichtlich zunächst überwiegend oberirdisch stark entwickelt. Eine im Verhältnis zu den unterirdischen Organen zu üppige oberirdische Entwicklung des mikrovermehrten *Miscanthus* im Pflanzjahr ist nach GREEF et al. (1994) eine Ursache für die teilweise hohen Ausfälle nach dem ersten Winter. Hinzu kommt eine mangelnde Rückverlagerung von Reservestoffen aus den oberirdischen in die unterirdischen Organe vor dem Winter (PUDE, 2000), so daß im Frühjahr der Austrieb vermindert ist oder sogar nicht mehr erfolgen kann.

Im vorliegenden Versuch lagen bei den **Wiederaustriebsraten** aber nur geringe Unterschiede vor. Dies ist erstaunlich, da auf dem gleichen Standort in den Vorjahren z. T. erhebliche Ausfälle bei *Miscanthus* festgestellt worden waren. Die Gründe für die hohe Wiederaustriebsrate im Frühjahr liegen im Herbst, der eine allmähliche Abreife der *Miscanthus*-Bestände und damit eine ausreichende Rückverlagerung der Nähr- und Reservestoffe in die Rhizome ermöglichte (PUDE, 1997). Bei *Reynoutria* war der 100 %ige Wiederaustrieb auffallend. Dadurch, daß *Reynoutria* bereits im August das Höhenwachstum beendet hatte, setzte hier schon rechtzeitig eine natürliche Abreife, also die Rückverlagerung von Nähr- und Reservestoffen in das Rhizom, ein.

In der **Wuchshöhe** ist *Reynoutria* dem *Miscanthus* hier deutlich überlegen. Betrachtet man die Niederschläge in den Jahren 1995 (1. Standjahr *Miscanthus*) und 1996 (1. Standjahr *Reynoutria*), so fallen 1995 die niederschlagsarmen Monate Mai, August und September sowie 1996 der Juni auf. Im jeweils zweiten Standjahr waren für *Miscanthus* der Juni 1997 und für *Reynoutria* der September 1998 vergleichsweise trocken. Es lassen sich jedoch keine Rückschlüsse von der Niederschlagsmenge auf die unterschiedlichen Wuchshöhen ableiten.

Da *Reynoutria* sowohl im ersten als auch im zweiten Versuchsjahr bereits ab Juli in der Wuchshöhe stagnierte, wurde im dritten Jahr an zwei Terminen geerntet. Das Ende des Wachstums im Juli deutet aber auch auf eine allmähliche Abreife des Bestandes hin, also auf eine Rückverlagerung von Nährstoffen aus den oberirdischen in die unterirdischen Organe. Dies ist sicher auch ein Grund für die sichere Winterfestigkeit von *Reynoutria*. Demgegenüber nimmt *Miscanthus* im Laufe der Vegetationsperiode in der Wuchshöhe noch ständig zu, „erkennt“ das Ende der Vegetationsperiode nicht und geht so mit einer ungenügenden Rückverlagerung von Reservestoffen in den Winter (PUDE, 2000).

Ein signifikanter Einfluß der N-Düngung auf Triebzahl und Wuchshöhe von *Miscanthus* war auf dem mit Nährstoffen gut versorgten Standort nicht festzustellen (PUDE, 1997). Bei *Reynoutria* wird eine optimale N-Verteilung innerhalb der Pflanze im Frühjahr beim Austrieb bis zum Herbst bei der Nährstoffrückverlagerung in das Rhizom angenommen (ADACHI et al., 1996), so daß kaum ein Einfluß der Düngung zu erwarten ist, obwohl die Pflanze als nitrophil eingestuft wird (ALBERTERNST, 1995). In dem vorliegenden Versuch zeigte sich jedoch im zweiten Jahr ein Einfluß der N-Düngung. Mit der N-Düngung stieg die

Anzahl der Triebe signifikant, was auch von HERGER et al. (1990) bestätigt wird. Nicht nachgewiesen werden konnte allerdings die von diesen Autoren festgestellte zunehmende Wuchshöhe infolge höherer Düngung.

Schlußfolgerung: *Reynoutria* ist also offensichtlich aufgrund der allmählichen Abreife ab Spätsommer sicherer zu etablieren als *Miscanthus*.

#### 4.2 Erträge in den ersten drei Jahren

Der **Ertrag** dieser beiden Pflanzenbestände wird durch die Triebzahl/Fläche und die Wuchshöhe bestimmt. Da im Oktober des ersten Jahres einerseits *Miscanthus* dem *Reynoutria* in der Triebzahl und andererseits *Reynoutria* dem *Miscanthus* in der Wuchshöhe überlegen war, weisen beide Kulturen vergleichbare Erträge auf. Im Oktober des zweiten Jahres ist bei *Miscanthus*, im Vergleich zu *Reynoutria*, eine höhere Triebzahl festzustellen, während in der Wuchshöhe keine Unterschiede auftreten. Damit ist der höhere Ertrag von *Miscanthus* im zweiten Jahr zu erklären. Die Zusammenhänge zwischen Triebzahl, Wuchshöhe und Ertrag des *Miscanthus* sind bei PUDE und FRANKEN (1997) ausführlich beschrieben.

Die Erträge des dritten Jahres zeigen, daß *Reynoutria* problemlos zweimal geerntet werden kann; der zweite Aufwuchs ergab noch 5,6 t TM/ha. Wenn aus *Reynoutria* ein Kultursubstrat hergestellt werden soll, dann ist eine zweimalige Ernte vertretbar. Betrachtet man den Versuch zur „Auflösung“ der Bestände, so könnte man sich vorstellen, noch häufiger zu ernten, denn die Rhizome treiben immer wieder aus.

Ein Einfluß der N-Düngung auf die Erträge von *Miscanthus* konnte nicht festgestellt werden. Bei *Reynoutria* stiegen dagegen die Erträge mit zunehmender N-Düngung. Dies wird durch die Ergebnisse von SCHMITT (1994) bestätigt.

Schlußfolgerung: *Miscanthus* und *Reynoutria* liefern ab dem dritten Jahr sehr hohe Erträge von über 20 t TM/ha. Da aber *Reynoutria* nach der Etablierungsphase ab dem dritten Jahr mehrfach geerntet werden kann, sind bei dieser Kultur auch langfristig höhere Erträge zu erwarten, wie laufende Versuche bereits zeigen. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist ein Anbau mit hohen Pflanzdichten (3 Pfl./m<sup>2</sup>) und hohen N-Gaben (200 kg N/ha) zu empfehlen.

### 4.3 Auflösung der Bestände nach Kulturende

Neben dem relativ erfolglosen, regelmäßigen Mähen eines *Reynoutria*-Bestandes ist nach DE WAAL (1995) eine chemische Bekämpfung vielversprechender. *Reynoutria* soll bei intensivem Wachstum, z. B. im Mai, nach einem Schnitt, mehrere Jahre lang chemisch bekämpft werden. Im vorliegenden Versuch über fast zwei Jahre zeigte die chemische Bekämpfung allerdings das schlechteste Ergebnis. Eine chemische Bekämpfung ist nach ALBERTERNST (1995) erfolglos. Nur durch Verletzung der Rhizome, z. B. durch „Grubbern“, kann deren Vitalität geschwächt werden. So lag die Wuchshöhe in dieser Variante im zweiten Jahr deutlich unter der in allen anderen Varianten. Bei der Triebzahl konnte allerdings ein allmähliches Angleichen der drei Varianten im Verlauf des zweiten Jahres beobachtet werden.

Schlußfolgerung: Keines der drei untersuchten Verfahren führte zur Auflösung der *Reynoutria*-Bestände. Demgegenüber ließ sich der ein Jahr ältere *Miscanthus*-Bestand durch das „Grubbern“ und „Spritzen“ beseitigen.

## 5. Schlußfolgerung

Bei der Suche nach neuen Nachwachsenden Rohstoffen fallen die beiden mehrjährigen, massenwüchsigen Kulturen *Miscanthus* und *Reynoutria* ins Auge. Im Rahmen des vorliegenden Versuchs konnten die Pflanzenentwicklung (Triebzahl und Wuchshöhe) dieser beiden Kulturen im ersten und zweiten Wuchsjahr sowie Erträge der ersten drei Jahre einander gegenübergestellt werden. Weiterhin wurden die Überwinterung und die Auflösung der Bestände beurteilt:

- In den ersten beiden Jahren ist *Reynoutria* dem *Miscanthus* in der Triebzahl unterlegen und in der Wuchshöhe überlegen. Bei den Erträgen zeichnet sich *Miscanthus* durch eine höhere Leistung aus, allerdings lagen dann im dritten Wuchsjahr die Erträge bei *Reynoutria* aufgrund einer zweimaligen Ernte deutlich höher. Somit dürften auch langfristig bei *Reynoutria* die höheren Erträge zu erwarten sein.
- Bei *Reynoutria* konnten positive Einflüsse der N-Düngung auf Wachstum und Ertrag beobachtet werden. Demgegenüber kann der Anbau von *Miscanthus* aufgrund des geringen N-Bedarfes sehr extensiv erfolgen.
- Da *Reynoutria* sehr hohe Erträge liefert, aber aufgrund mehrerer Ernten je Jahr im grünen Zustand geerntet wird, wäre eine Verwendung als Akkumulatorpflanze für

Schwermetalle sehr sinnvoll. Dem gegenüber wird *Miscanthus* mit relativ geringen Wassergehalten geerntet und eignet sich daher besser als Einstreu oder als Grundstoff für die Bauindustrie. In Abhängigkeit von der Qualität eines Kultursubstrates ist zwischen dem leichter zersetzbaren *Reynoutria* und dem schwerer abbaubaren *Miscanthus* als Ausgangsmaterial oder als Zusatzstoff abzuwägen.

- Da die Beseitigung der zwar massenwüchsigen *Reynoutria*-Bestände offensichtlich zu erheblichen Problemen führt, ist nach derzeitigem Kenntnisstand, trotz der geringeren Winterfestigkeit, der Anbau von *Miscanthus* zu bevorzugen.

## Literatur

- ADACHI, N., I. TERASHIMA und M. TAKAHASHI (1996): Nitrogen translocation via rhizome systems in monoclonal stands of *Reynoutria japonica* in an oligotrophic desert on Mt. Fuji: Field experiments. *Ecological Research* 11, 175–186.
- ALBERTERNST, B. (1995): Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern, II. Untersuchung zu Biologie und Ökologie der neophytischen Knöterich-Arten. *Handbuch Wasser* 2, Karlsruhe.
- ALBERTERNST, B., M. BAUER, R., BÖCKER und W. KONOLD (1995a): *Reynoutria*-Arten in Baden-Württemberg – Schlüssel zur Bestimmung und ihre Verbreitung entlang von Fließgewässern. *Floristische Rundbriefe* 29, Nr. 2, 113–124.
- ALBERTERNST, B., W. KONOLD und R. BÖCKER (1995b): Untersuchungen zur Morphologie und Blütenbiologie bei der Gattung *Reynoutria*. -Ber. Inst. Landschafts- und Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, Heft 4, 141–150.
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hrsg.) (1995): Bericht des Bundes und der Länder über Nachwachsende Rohstoffe 1995. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn.
- GREEF, J. M., R. PUDE, H. RENNEBAUM, K.-U. SCHWARZ und W. DIEPENBROCK (1994): Development of above- and underground organs of *Miscanthus x 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.
- HERGER, G., A. KOWALEWSKI und J. GÜTLER. (1990): Untersuchungen über die Möglichkeit eines feldmäßigen Anbaus von Knöterich-Arten mit fungiziden und insek-



- tiziden Eigenschaften und Entwicklung von Anbau-, Pflege-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren. Abschlußbericht, Darmstadt.
- HOTZ, A., W. KOLB und T. SCHWARZ (1989): Nachwachsende Rohstoffe – eine Chance für die Landwirtschaft. Sonderdruck Bayer. Landwirtsch. Jb., 66.
- LEWANDOWSKI, I. (1998): Propagation method as an important factor in the growth and development of *Miscanthus x giganteus*. *Industrial Crops and Products* 8, 229–245.
- PUDE, R. (1997): Die Winterfestigkeit von *Miscanthus* in der Etablierungsphase. Diss. Bonn; Beiträge zu Agrarwissenschaften Bd. 14., Verl. M. Wehle, Witterschlick/Bonn.
- PUDE, R. (2000): *Miscanthus* – Vom Anbau bis zur Verwertung. – Tagung am 23.–24. Februar 2000 in Bonn. Kurzfassungen der Vorträge. Beiträge zu Agrarwissenschaften Bd. 19., Verlag M. Wehle, Witterschlick/Bonn.
- PUDE, R. und H. FRANKEN (1997): Genotypenselektion von *Miscanthus x giganteus* hinsichtlich Auswinterung. Schlußbericht über das Forschungsvorhaben 94NR105-F, Technische Informationsbibliothek (TIB), Hannover.
- PUDE, R. und H. FRANKEN (1998): *Miscanthus* – Erfolgreiche Verarbeitung. *energie pflanzen III/IV*, 30–34.
- PUDE, R., H. FRANKEN, W. DIEPENBROCK und J. M. GREEF (1997): Ursachen der Auswinterung von einjährigen *Miscanthus*-Beständen. *Pflanzenbauwiss.* 4, 171–176.
- SCHMITT, A. (1994): Qualitätssicherung von feldmäßig angebautem Pflanzenmaterial aus *Reynoutria sachalinensis* unter Berücksichtigung der resistenzinduzierenden Eigenschaften. Abschlußbericht zum Forschungsauftrag 91-NR 002, Darmstadt.
- SCHULDES, H. und R. KÜBLER (1990): Ökologie und Vergesellschaftung von *Solidago canadensis et gigantea*, *Reynoutria japonica et sachalinensis*, *Impatiens glandulifera*, *Helianthus tuberosus*, *Heracleum mantegazzianum*. Ihre Verbreitung in Baden-Württemberg sowie Notwendigkeit und Möglichkeit ihrer Bekämpfung. Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg.
- SCHUSTER, W. und J. LOCHOW (1979): Anlage und Auswertung von Feldversuchen. DLG Verlag Frankfurt/Main.
- SCHWARZ, K. U. und E. SCHNUG (1994): Etablierung und Biomasse von *Miscanthus x giganteus* unter unterschiedlichen Umweltbedingungen – Standorttest. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 4: „Symposium *Miscanthus* – Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung“ am 6./7.12.94 in Dresden. Landwirtschaftsverl., Münster, 35–50.
- VETTER, A. und G. WURL (1994): Möglichkeiten der Nutzung von Topinambur und weiteren Pflanzenarten als Brennstoff. Vortrag auf dem Thermie-Landtechnik-Workshop in Freising.
- DE WAAL, L. C. (1995): Treatment of *Fallopia japonica* near water – a case study; Plant invasions – General Aspects and Special Problems. Amsterdam, 203–212.
- WILKE, B.-M. und R. METZ (1994): Bodenüberdeckung und Bodenmischung zur Herabsetzung des Schwermetalltransfers beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen. VDLUFA-Schriftenreihe 39, Kongreßband 1994, Darmstadt, 955–997.

#### **Anschrift der Verfasser**

Dr. Ralf Pude, Prof. Dr. Heinrich Franken, Institut für Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn; e-mail: r.pude@uni-bonn.de

Eingelangt am 20. Oktober 1999  
Angenommen am 18. Juli 2000