

## Bambus - eine neue Rohstoffquelle - Erstevaluierung -

NASIR EL BASSAM und KATRIN JAKOB

Institut für Pflanzenbau

### 1 Einführung

Der Einsatz pflanzlicher Rohstoffe für industrielle und energetische Zwecke hat eine lange Tradition, die jedoch durch die preiswerte Verfügbarkeit fossiler Rohstoffe, vornehmlich Erdöl und Erdgas, aus dem Bewußtsein der Menschen verdrängt wurde. Jedoch löste die Problematik der sich erschöpfenden fossilen Rohstoffe weltweit die Suche nach Alternativen aus. Die Rückbesinnung auf die pflanzlichen Rohstoffe hat neben der wirtschaftlichen Komponente auch umweltpolitische Aspekte. Sie stellt eine Entwicklung dar, die bezüglich der Stabilität von Agroökosystemen von großem Interesse ist, da der Erhalt dieser durch Diversifikation des Anbaus und sachgerechte Landbewirtschaftung am besten gewährleistet ist. Die Eingliederung neuer Pflanzenarten in das landwirtschaftliche Nutzungssystem ist somit von erheblicher Umweltrelevanz und besitzt überdies eine hohe agrarpolitische und volkswirtschaftliche Bedeutung.

Zu den Pflanzenarten, die im Rahmen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in letzter Zeit verstärkt in das öffentliche Interesse geraten sind, zählt der Bambus. In diesem Zusammenhang soll nachfolgend über erste Ergebnisse von Evaluierungsversuchen mit verschiedenen Bambusarten am Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig berichtet werden. Es muß jedoch vorausgeschickt werden, daß die bisher erfaßten Daten aufgrund der relative kurzen Versuchsdauer vorerst nur zur Orientierung dienen und endgültige Aussagen noch nicht getroffen werden können.

### 2 Ursprung, ökologische Ansprüche und Verwendungsmöglichkeiten des Bambus

Bambus ist ein mehrjähriges, immergrünes Gras und in der Familie der *Gramineae* der Unterfamilie *Bambusoideae* zugeordnet (Eberts, 1991). Von den vielfältigen Erscheinungsformen der Bambusse sind ca. 1300 Arten beschrieben, die innerhalb der Familie *Gramineae* in mindestens 75 Gattungen eingegliedert sind. Zu den bekanntesten und wichtigsten Gattungen zählen:

*Arundinaria*, *Bambusa*, *Cephalostachyum*, *Chimonobambusa*, *Dendrocalamus*, *Dinochloa*, *Fargesia*, *Gigantochloa*, *Indocalamus*, *Melocanna*, *Neohouzeaua*, *Ochlandra*, *Oxytenanthera*, *Phyllostachys*, *Pleioblastus*, *Pseudosasa*, *Sasa*, *Sasamorpha*, *Semiarundinaria*, *Sinbambusa*, *Tetragonocalamus*, *Textragonocalamus*, *Thamnocalamus*.

Bambus, eine  $C_3$ -Pflanze, kann in zwei verschiedene Grundtypen eingeteilt werden, die krautartigen und die holzartigen. Während die vorwiegend in Amerika vorkommenden krautartigen Bambusarten nicht höher als 1 m werden, erreichen die holzartigen Bambusse bis zu 40 m Höhe und Stengeldurch-

messer bis zu 35 cm. Das natürliche Verbreitungsgebiet erstreckt sich weltweit über alle Kontinente zwischen 40° südlicher und nördlicher Breite, Europa ausgenommen (Abbildung 1). Das Hauptverbreitungs- und -nutzungsgebiet liegt jedoch in den Tropen und Subtropen, insbesondere im asiatischen Raum.

China zählt als das Ursprungsgebiet des Bambus, von wo er sich bereits vor Jahrtausenden nach Japan ausbreitete. Die meisten Bambusarten findet man folglich in China, Japan, Korea, auf den Philippinen, in Indonesien und Indien. Andere Arten sind in Amerika, Afrika und Australien beheimatet.

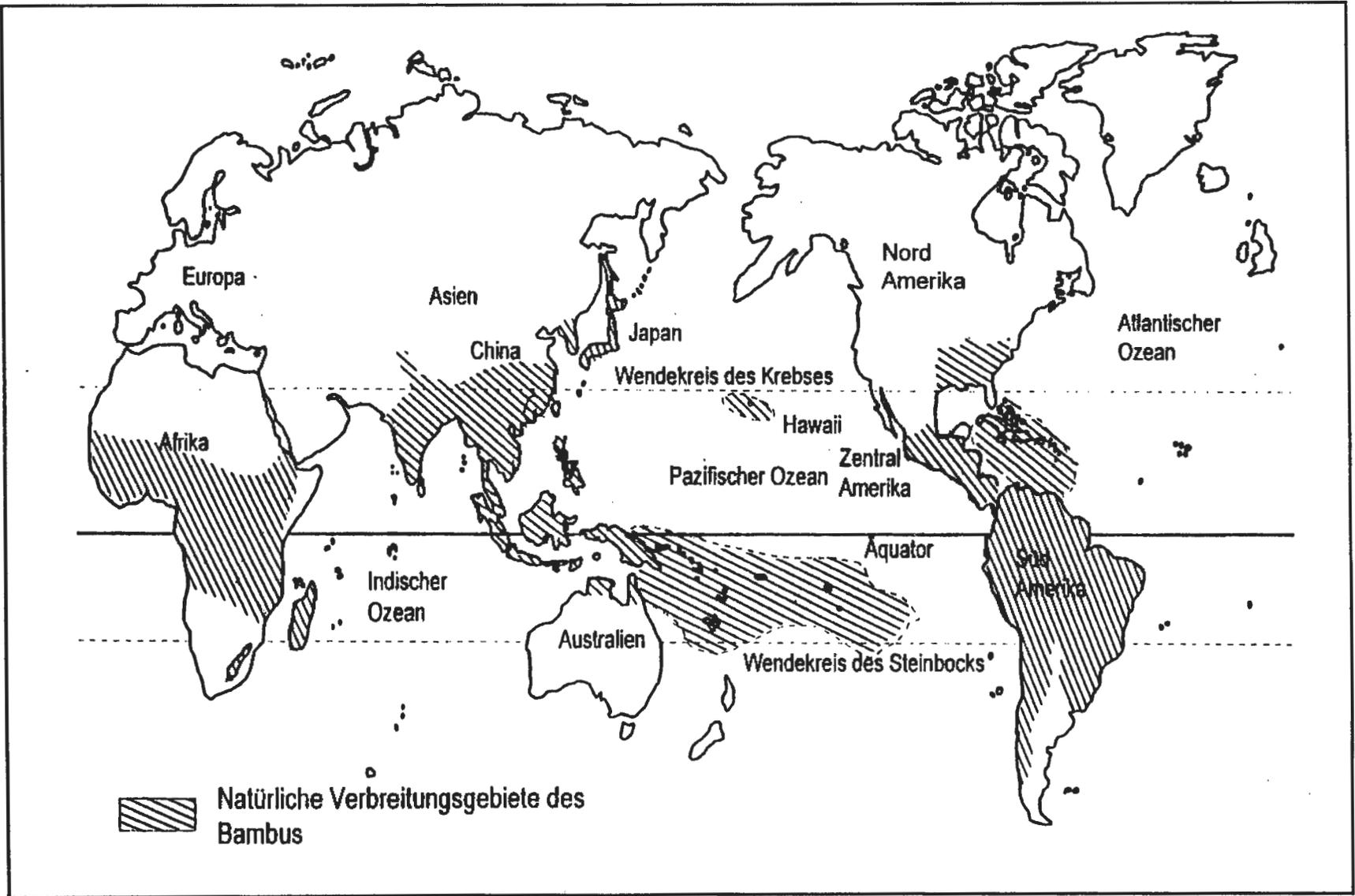
Wie oben erwähnt, ist Europa der einzige Kontinent (Antarktis ausgenommen) auf dem der Bambus nicht heimisch ist. Vor ca. 200 Jahren wurde Bambus nach Europa eingeführt, wobei die meisten in Europa kultivierten Arten aus Zentralchina oder Japan stammen (Eberts, 1991). Derzeit werden in Europa ca. 400 Arten überwiegend im gärtnerischen Bereich angebaut (Gielis, 1995).

Bambus besitzt viele hervorragende Eigenschaften, die ihn in den natürlichen Verbreitungsgebieten seit mindestens 3000 Jahren zu einem unersetzbaren Rohstoff mit vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten gemacht haben. In den Hauptanbaugebieten ist Bambus ein entscheidender Wirtschaftsfaktor. Er dient in großem Umfang als Zelluloselieferant für die Papierindustrie. In Indien werden bereits 70 % der für die Papiergewinnung notwendigen Zellulose aus Bambus gewonnen (Eberts, 1991). Von den auf über 1000 geschätzten Verwertungsmöglichkeiten zählen die folgenden zu den bekanntesten. So eignet sich Bambus als Rohstoff für Werkzeuge, Jagdgeräte, Musikinstrumente, zum Gerüstbau und zur Energiegewinnung. Er wird zur Herstellung von Baumaterialien, Zäunen, Wasserleitungen sowie verschiedener Hausgeräte von Möbeln über Geschirr bis hin zu feinen Kunstgegenständen eingesetzt.

Bambus zeichnet sich in erster Linie durch seine starke Biomassebildung in kurzen Zeiträumen aus. Entsprechende Bambusarten erreichen Wachstumsraten, die unter günstigen Standortbedingungen zwischen 40 und 90 cm pro Tag betragen können. In nur 3-4 Monaten können so Bäume zwischen 20 und 40 m heranwachsen.

Im Unterschied zu Gehölzen erfolgt beim Bambus kein Dickenwachstum. Die aus den unterirdischen Rhizomen gebildeten Sprosse besitzen bereits die vollständige Bambusstruktur mit den Zwischenwänden, Nodien und Internodien, die sich im Laufe der Pflanzenentwicklung nur noch ausdehnen, bis die artspezifische Stammlänge erreicht ist. Die Anordnung der Leitgefäßbündel in den Internodien und Nodien sowie die Kieselsäureeinlagerungen im Nodienbereich und den Zellen der Außenwand verleihen dem Bambusstamm eine außerordentliche Härte und Stabilität. Der hohle Bambusstamm ist immer gerade, wasser-

Abbildung 1: Natürliche Verbreitungsgebiete des Bambus (Marden und Brandenburg, 1980)



Jahr	Lufttemperatur <sup>1)</sup> [°C]	letzter Frost (Luft) [Datum]	erster Frost (Luft) [Datum]	Globalstrahlung <sup>1)</sup> [J/m <sup>2</sup> ]	Niederschlag <sup>2)</sup> [mm]	Wasserbilanz [mm]
1991	9,0	21.04.91	21.10.91	1032	470	-133
1992	10,1	21.04.92	13.10.92	1024	613	-108
1993	8,8	11.04.93	18.10.93	977	686	+119
1994	10,1	18.04.94	17.10.94	1031	754	+95
1995	9,5	22.05.95	01.10.95	1040	637	-16

<sup>1)</sup> Monatsmittel, <sup>2)</sup> Jahressumme

Tabelle 1: Ausgewählte Wetterdaten am Standort Braunschweig-Völkenrode 1991-1995

dicht, leicht zu fällen, gut lagerbar, extrem belastbar und trotz seiner Härte flexibel und leicht.

Das Bambusrhizom unterscheidet man in zwei Arten, das monopodiale und das sympodiale Rhizom. Das monopodiale Rhizom ist gekennzeichnet durch einen horizontalen Wurzelstrang, an dem die Knospen austreiben, als wären diese in Reihenkultur angelegt. Im Gegensatz dazu bildet das sympodiale Rhizom die Sprosse in Horstform im Durchmesser von 2 bis 7 m um den Ausgangsstamm. Tropische Bambusarten besitzen vorwiegend ein sympodiales Rhizomsystem, während in den gemäßigten Klimazonen Bambusarten sowohl mit sympodiale als auch mit monopodiale Rhizom vorkommen.

Eine interessante und bisher nicht vollständig aufgeklärte Besonderheit ist das Blühen und Fruchten von Bambus. Der Blühhrythmus liegt zwischen 15 und 120 Jahren, wobei der Durchschnitt mit 30 Jahren angegeben wird. Es ist bekannt, daß eine Vielzahl von Bambusarten nach der Blüte nicht in der Lage ist, aus dem Rhizomsystem neue Sprosse zu bilden und deshalb absterben, während andere Arten sicher überleben.

Über die Ursachen dieser unterschiedlichen Reaktionen ist bisher wenig bekannt. Es werden sowohl genetisch bedingte Effekte als auch Umweltfaktoren wie Klima, Bestandesdichte und Flächengröße des Bambusbestandes diskutiert.

<i>Fargesia murielae</i>
<i>Fargesia nitida</i> "Nymphenburg"
<i>Fargesia nitida</i> "Eisenach"
<i>Phyllostachys aureosulcata</i> „Spectabilis“
<i>Phyllostachys humilis</i>
<i>Phyllostachys nigra</i>
<i>Phyllostachys praecox</i>
<i>Phyllostachys viridiglaucescens</i>
<i>Phyllostachys vivax</i>
<i>Phyllostachys</i> "Zwijnenburg" (?)
<i>Pseudosasa japonica</i>
<i>Sasa disticha</i> (Syn. <i>Pleioblastus distichus</i> )
<i>Sasa keguma</i>
<i>Sasa kurilensis</i>
<i>Sasa palmata</i>
<i>Sasa pumila</i> (Syn. <i>Pleioblastus pumilus</i> )
<i>Semirundinaria kagamiana</i>

Tabelle 2: Bambusarten am Standort Braunschweig

Bambus ist eine Pflanze, die an viele Standortverhältnisse angepaßt ist, jedoch beste Wachstumsverhältnisse bei Jahresdurchschnittstemperaturen zwischen 20 und 30 °C sowie Niederschlagsmengen von 1000 bis 2000 mm im Jahr vorfindet. Selektierte Arten gedeihen gut bei geringeren Niederschlägen und tolerieren niedrige Temperaturen. Ausläufertreibende Bambusse sind meistens extrem winterhart, horstige Typen sind dagegen weniger winterfest.

Bambus bevorzugt humose, gut durchlüftete und ausreichend mit Nährstoffen versorgte Böden mit guter Wasserführung. Der Boden sollte über eine gute Wasserspeicherkapazität verfügen, um ein schnelles Austrocknen zu verhindern. Schwere und extrem sandige Böden sind ebenso wie staunasse Böden wenig für den Bambusanbau geeignet. Der jährliche Neuzuwachs von Bambus erfolgt von April bis August. Die beste Aussaatzeit ist das Frühjahr, da der Bambus am Beginn einer neuen Vegetationsperiode steht und in den Sommer hinein wachsen kann.

Die Vermehrung des Bambus kann über die Samen, die Teilung der Rhizome, über Steckhölzer und Halmabschnitte sowie die Meristemvermehrung im Labor erfolgen.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Feldevaluierung

Eine Erstevaluierung verschiedener Bambusgenotypen wird derzeit auf dem Standort Braunschweig-Völkenrode durchgeführt. Der Boden ist ein anlehmiger Sand mit geringem Humusgehalt und 35 Bodenpunkten. Der pH-Wert im Oberboden liegt bei 6,5, der Unterboden ist schwach sauer. Die Jahresdurchschnittstemperatur und das langjährige Mittel der Niederschlagssumme betragen 8,7 °C bzw. 619 mm/Jahr. Die entsprechenden Daten der Versuchsjahre 1991 bis 1995 sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die in das Evaluierungsprogramm aufgenommenen Bambusarten sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die ersten Bambusarten wurden im Juni 1991 angepflanzt. Je nach weiterer Verfügbarkeit der Bambusarten wurden diese sukzessive in den Folgejahren bis 1995 angepflanzt. Die Grunddüngung erfolgte mit Thomaskali in einer Menge von 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 140 kg K<sub>2</sub>O und 21 kg MgO. Stickstoff wurde in Form von KAS in einer Menge von 60 kg N/ha appliziert.

Die verschiedenen Bambusse wurden in Evaluierungsparzellen bezüglich ihres Wachstumsverhaltens untersucht, wobei folgende Ertragsparameter ermittelt wurden: Wuchshöhe, Anzahl der Triebe und maximale Triebhöhe. Die Bestimmung der Biomasse erfolgte an einem besonders wüchsigen Genotyp. Im Erntematerial wurden zusätzlich Lignin- und Zellulosegehalt im Stengel und Blatt sowie der Energiegehalt des Stengels ermittelt.



Abbildung 2: Bambusbestand im Winter 1995/1996

### 3.2 Untersuchungen zum Wasserverbrauch

Zur Ermittlung des Wasserverbrauches der Bambusse wurde ein Gefäßversuch angelegt. Folgende Bambusarten aus der Gattung *Phyllostachys* standen für diesen Wasserversuch zur Verfügung: *P. vivax*, *P. aureosulcata* „Spectabilis“ und *P. pnopingna*. Unter kontrollierten Bedingungen wurden die Pflanzenentwicklung und Ertragsleistung in Abhängigkeit einer definierten Bodenfeuchte bestimmt. Die aus den Ergebnissen abgeleiteten Kenngrößen sollen Aussagen über die Wassernutzungseffizienz der Biomassebildung von Bambus ermöglichen.

Bambusart	Pflanzenhöhe [cm]	Längster Trieb [cm]	Triebzahl [n]
<i>Fargesia murielae</i>	100	130	144
<i>Fargesia nitida</i> "Eisenach"	140	189	87
<i>Fargesia nitida</i> "Nymphenburg"	170	223	256
<i>Phyllostachys aureosulcata</i> "Spectabilis"	128	163	19
<i>Phyllostachys humilis</i>	115	185	10
<i>Phyllostachys nigra</i>	175	280	143
<i>Phyllostachys praecox</i>	70	135	6
<i>Phyllostachys viridiglaucescens</i>	85	118	81
<i>Phyllostachys vivax</i>	104	117	22
<i>Phyllostachys</i> "Zwijnenburg" (?)	178	217	286
<i>Pseudosasa japonica</i>	40	73	60
<i>Sasa disticha</i> (Syn. <i>Pleioblastus distichus</i> )	167	227	127
<i>Sasa keguma</i>	215	325	79
<i>Sasa kurilensis</i>	30	30	9
<i>Sasa palmata</i>	48	60	6
<i>Sasa pumila</i> (Syn. <i>Pleioblastus pumilus</i> )	205	273	130
<i>Semiarundinaria kagamiana</i>	53	68	18
Mittelwert	119	165	87

Tabelle 3: Ertragsmerkmale verschiedener Bambusarten im fünften Standjahr am Standort Braunschweig

Für die Untersuchungen des Wasserhaushaltes wurde die von Sommer (1987) entwickelte Methode zur kontinuierlichen Wasserversorgung von Vegetationsgefäßen über die Steuerung des Bodenwasserpotentials ( $\psi$ ) angewandt. Damit können definierte Bodenfeuchtebedingungen im Gefäß eingestellt werden.

Die PVC-Gefäße wurden mit gedämpften 'Bodenstedter Löß', einem nährstoffreichen, schwach sauren Boden befüllt und ein Porenvolumen von ca. 45 % eingestellt. Während des Befüllens wurden je Gefäß vier gewässerte keramische Kerzen eingebaut und die o. g. einjährigen, zurückgeschnittenen Bambusarten eingepflanzt. In Annäherung an Feldversuchsbedingungen wurden jedem Gefäß 0,4 g N/kg trockenem Boden in Form von Volldünger (Nitrophoska) beigelegt. Die Bodenoberfläche der

Gefäße wurde zur Verringerung der Evaporation mit Kies abgedeckt. Zur Wasserversorgung wurde ausschließlich destilliertes Wasser verwendet, um die Algenbildung in Vorrats- und Luftsammelflaschen sowie in den PVC-Schläuchen zu vermeiden. Die Lufttemperatur im Gewächshaus wurde auf annähernd 20 °C/15 °C (Tag/Nacht) reguliert, die Luftfeuchte auf ca. 65 %. Über das Bodenwasserpotential ( $\psi$ ) wurde eine Bodenfeuchte entsprechend  $\psi = -60$  hPa eingestellt. Der Versuchszeitraum erstreckte sich von März bis Dezember 1995.

Zweimal wöchentlich wurde der Wasserstand der Vorrats- und Luftsammelflaschen abgelesen und daraus nach Abzug der Restevaporation der Wasserverbrauch der einzelnen Pflanzen

ermittelt. Zum Ende der Vegetationsperiode wurde der oberirdische Pflanzenteil abgemäht und nach Bestimmung der Frisch- und Trockenmasse der Einzelpflanzen der Trockensubstanzgehalt und die Biomassebildung bestimmt.

In Verbindung mit den Daten aus der Ernte wurde der Transpirationskoeffizient als das Verhältnis des verbrauchten Wassers zur Bildung der Trockenmasse [ $\text{l H}_2\text{O}/\text{kg TM}$ ] errechnet um Aussagen über die Wassernutzungseffizienz der Biomassebildung der Bambusarten treffen zu können.

#### 4 Ergebnisse und Diskussion

##### 4.1 Feld- und Gefäßversuche

Die im Feldversuch ermittelten Meßwerte der verschiedenen Bambusarten sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Einen Eindruck der Bambusbestände vermittelt Abbildung 2. Die Wuchshöhe der Bambusarten variierte zwischen 40 und 215 cm mit maximalen Triebhöhen bis zu 325 cm. Die Bambusarten bildeten zwischen 5 und 255 Triebe/Pflanze aus. Von den 17 Bambusarten erwiesen sich die Arten *Fargesia nitida* „Nymphenburg“ und *Phyllostachys* „Zwijnenburg“ mit hoher Triebzahl und Pflanzenhöhe als besonders wüchsig.

Aus der Einzelpflanzenenernte wurden die Hektarerträge ermittelt. Die Ernte erfolgte im fünften Jahr nach dem Pflanzen. Der Erntetermin wurde auf das zeitige Frühjahr festgesetzt (März 1996), um einen hohen Trockensubstanzgehalt zu erreichen. Der durchschnittliche Biomassertrag betrug 8,5 kg Frischmasse/Pflanze. Der ermittelte Trockensubstanzgehalt lag bei 83,0 %, woraus sich ein Trockenmasseertrag von 7,1 kg/Pflanze errechnete. Für eine Bestandesdichte von 5000 Pflanzen/ha beträgt der Hektarertrag somit 35,5 t TM/ha/5 Jahre. Der jährliche Zuwachs liegt bei ca. 7 t TM/ha. Der Anteil der Stengel am Gesamtgewicht variierte zwischen 70 und 80 %, der Anteil der Seitentriebe zwischen 8 und 15 % und der Anteil der Blätter zwischen 12 und 15 %.

Die Laboranalysen des im Feld geernteten Bambus bezüglich des Lignin-, Zellulose und Energiegehaltes führten zu folgenden Ergebnissen:

Ligningehalt [%]		Zellulosegehalt [%]		Energiegehalt [MJ/kg TM] Stengel
Stengel	Blatt	Stengel	Blatt	
10,7	8,7	40,9	22,0	17,1

Die chemische Zusammensetzung der Bambusstengel beeinflusst wesentlich die Rohstoffeignung für die verschiedenen Verwendungszwecke. Der Energiegehalt des Bambusstengels liegt mit 17,1 MJ/kg TM im Bereich der Energiegehalte anderer Energiepflanzen wie *Miscanthus* und schnellwachsender Baumarten. Die für Bambus ermittelten Aschegehalte zwischen 1 und 2,3 % erreichen um ca. ein Drittel geringere Werte als bei *Miscanthus* (Youdi et al., 1987).

Der Zellulosegehalt ist mit 40 % im Stengel im Vergleich zu anderen

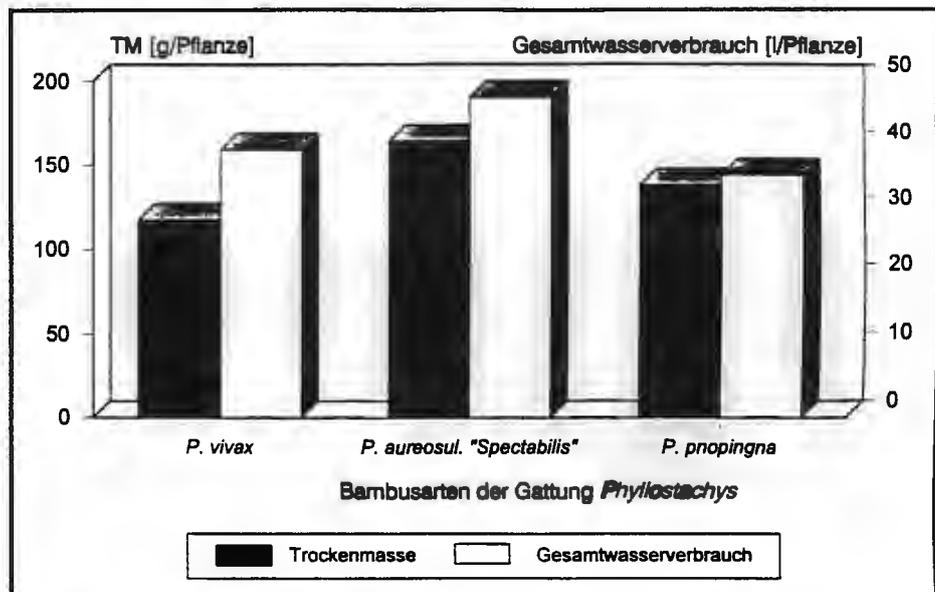


Abbildung 3: Trockenmasseertrag und Gesamtwasserverbrauch der Bambusarten im Gefäßversuch

Faserpflanzen (Faserhirse) sehr hoch. Untersuchungen zur Faserqualität in China haben gezeigt, daß der Bambusstengel Holozellulosegehalte von > 70 % und  $\alpha$ -Zellulosegehalte von 45 - 60 % aufweist und damit an die Werte der Baumwollstengel heranreicht (Youdi et al., 1987).

Der im Versuch ermittelte Ligningehalt liegt niedriger als aus der Literatur bekannt. Für Bambus werden Ligningehalte zwischen 20 und 25 % angegeben (Stroh 20 %).

Die im Gefäßversuch erreichten Trockenmasseerträge variierten zwischen 120 und 160 g pro Pflanze (Abbildung 3). *P. aureosulcata* erreichte den höchsten Biomassertrag im Vergleich zu den anderen im Versuch geprüften Bambusarten und besaß gleichzeitig den höchsten Wasserverbrauch von 47,5 l Wasser in der Vegetationsperiode. *P. proepingna* wies den geringsten Wasserverbrauch mit nur 35,8 l Wasser bei geringerem Biomassertrag wie *P. aureosulcata* aber höherem Biomassertrag wie *P. vivax* auf.

Die in Tabelle 4 dargestellten Transpirationskoeffizienten der geprüften Bambusarten erreichten Werte zwischen 255 und 331 l/kg TM. Vergleicht man die im Versuch ermittelten Transpirationskoeffizienten von Bambus mit den Transpirationskoeffizienten konventioneller landwirtschaftlicher  $C_3$ -Pflanzenarten wie

Bambusarten	H <sub>2</sub> O-Verbrauch [l/Pflanze]	TK* [l/kg TM]
<i>Phyllostachys vivax</i>	39,7	331
<i>Phyllostachys aureosulcata "Spectabilis"</i>	47,6	297
<i>Phyllostachys proepingna</i>	35,8	256
* Transpirationskoeffizient (TK)		

Tabelle 4: Gesamtwasserverbrauch und Transpirationskoeffizient der Bambusarten im Gefäßversuch in der Vegetationsperiode 1995

Getreide und Raps (TK = 400 - 700 l H<sub>2</sub>O/kg TM), so zeigt sich, daß Bambus als C<sub>3</sub>-Pflanze tropischen Ursprungs eine wesentlich höhere Wassernutzungseffizienz besitzt. Im Hinblick auf eine ressourcenschonende Biomasseproduktion kann die deutlich bessere Wassernutzungseffizienz von Bambus künftig zu einem wesentlichen Anbaukriterium werden.

Bisher liegen kaum Anbauerfahrungen außerhalb der gärtnerischen Nutzung mit Bambus in Europa vor. Als perennierende Pflanze begrenzen sich die pflanzenbaulichen Maßnahmen nach dem Pflanzen des Bambus auf eine regelmäßige Nährstoffapplikation. In seinem natürlichen Verbreitungsgebiet treten am Bambus verschiedene Krankheiten und Schädlinge auf.

In Europa gibt es bisher keinen den Bambus akut gefährdenden Befall mit Krankheiten und Schädlingen. Bei Ausdehnung der Anbaufläche ist jedoch eine Gefährdung mit in Betracht zu ziehen.

Aussagen über den bezüglich der Biomasseproduktion oder Faserqualität optimalen Wachstumszeitraum bis zur Ernte oder Umtriebszeiten in Abhängigkeit der Bambusart und des Standortes können bisher nicht getroffen werden und bedürfen weiterer Forschungsaktivitäten.

In den Anbaugebieten von Bambus wird die Bestandesdichte in Abhängigkeit der späteren Nutzung festgelegt. Bei einer Pflanzdichte von 10 000 ha wurde in Indien eine Biomassertrag von 27 t/ha in 18 Monaten erreicht. Die jährlichen Zuwachsraten verschiedener Bambusarten in Asien lagen zwischen 1,5 und 14 t TM/ha.

Die Ernte des Bambus erfolgt auch heute noch manuell und ist folglich eine sehr arbeitsintensive Tätigkeit. Beim Ernten muß darauf geachtet werden, daß das Holz beim Fällen nicht splittert. Der in Europa kultivierte und im Versuch angebaute Bambus mit Stengeldurchmessern von ca. 1 - 2 cm kann jedoch problemlos mit

herkömmlichen Schneidwerken oder Erntemaschinen für Kurzumtriebsplantagen geschnitten werden.

#### 4.2 Bambusblüte

Es ist bekannt, daß Bambusarten nach der Blüte absterben. Die weit verbreitete Meinung, daß der Bambus generell nach der Blüte abstirbt, kann jedoch nicht bestätigt werden. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß bei gleichen Bambusarten unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich Neuaustrieb nach der Blüte in Abhängigkeit vom Standort beobachtet wurden (Vaupel, 1996).

Vergleichende Beobachtungen in Japan führten bezüglich des Blühverhaltens von Bambus zu keinen befriedigenden Ergebnissen. Die Blühinduktion wurde demnach weder vom Alter noch von der Größe des Wurzelwerkes oder der Dicke des Stammes beeinflußt. Standortbedingungen wie Klima und Boden spielten ebenfalls keine ersichtliche Rolle. Botaniker in Indien haben dagegen festgestellt, daß gewisse physiologische Veränderungen, verursacht durch langanhaltende Trockenheit oder Hitzeperioden, eine gewisse Stimulanz für das Blühen sein können.

Die Blüten- und Samenbildung beansprucht die Assimilate im Rhizom der Bambuspflanzen vermutlich so stark, daß für den Wiederaustrieb nicht genügend Reservestoffe zur Verfügung stehen und dieser folglich stark gehemmt wird. Das kann vor allem dann auftreten, wenn der Boden ausgelaugt ist und nicht genügend Nährstoffe zur Verfügung stehen. Als Folge davon können die Bambuspflanzen absterben. Beobachtungen in China bestätigen jedoch, daß nicht jeder Bambus nach der Blüte abstirbt. In dem am Institut für Pflanzenbau angelegten Evaluierungsversuch bildete bisher keine der 17 angebauten Bambusarten im Feld eine Blüte. Dagegen entwickelte die Bambusart *Phyllostachys praecox*, die

neben der Feldevaluierung im Gewächshaus untersucht wird, in der Vegetationsperiode 1994 im Gewächshaus einen Blütenstand aus (Abbildung 4). Trotz dieser Blüte trieb dieser Bambus 1995 vollständig aus und entwickelte sich wie die anderen Bambusarten, die nicht geblüht hatten. Dieses Phänomen sollte näher untersucht werden.

Da der Blühzyklus der Bambusarten nicht einheitlich ist, muß man davon ausgehen, daß bestimmte Streßbedingungen wie Nährstoffmangel, Dürre- und Hitzeperioden die Auslöser für das Blühen einiger Bambusarten sein können. In dieser Hinsicht scheint eine optimale Wasser- und Nährstoffversorgung zur kontinuierlichen Biomasseproduktion von Bambus notwendig. Zum Erhalt des Pflanzenbestandes kann es



Abbildung 4: Blütenstand des *Phyllostachys praecox* im Gewächshaus (September 1994)

vor allem beim Einsetzen des Blühens sinnvoll sein, die Blüte zu entfernen und die Pflanzen zurückzuschneiden. Anschließend sollte eine entsprechende Nährstoffzufuhr durchgeführt werden.

## 5 Schlußfolgerungen

Bei aller Vorläufigkeit der Untersuchungen kann resümiert werden, daß *Bambus* zukünftig eine alternative Pflanzenart zur umweltgerechten Erzeugung von industriellen und energetischen Rohstoffen auch in Europa darstellt. Obwohl die erzielten *Bambuserträge* zur Zeit nicht mit den Erträgen anderer Kulturpflanzen konkurrieren können, bringt *Bambus* neben seiner hohen Wassernutzungseffizienz weitere spezifische ökologische Vorteile mit sich. Zu diesen zählen u. a. die auf seiner Mehrjährigkeit und Rhizomausprägung basierende Erosionsverminderung und Konservierung der Bodenstruktur sowie das Potential zur Sanierung und Renaturierung von Altlastflächen, schwermetallbelasteten Böden, Rieselfelder und Salzböden. Durch Selektion und Züchtung sowie die Ausarbeitung geeigneter Anbaumethoden von der Anzucht des *Bambus* bis hin zu effektiven Ernteverfahren können Ertrag und Nutzungsmöglichkeiten mit Sicherheit erheblich verbessert werden.

## Zusammenfassung

*Bambus* stellt als perennierende Pflanze aufgrund seines schnellen Wachstums in Kombination mit hervorragenden Stengeleigenschaften eine Rohstoffpflanze mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dar, die, obwohl nicht in Europa heimisch, auch unter gemäßigten Klimabedingungen gedeiht. In einer ersten Evaluierung am Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft befinden sich derzeit 17 *Bambusarten* im Anbau, um das Wachstumsverhalten und die potentielle Biomasseproduktion am Standort Braunschweig zu prüfen. Zudem wurde ein Gefäßversuch angelegt, in dem der Wasserverbrauch und die Wassernutzungseffizienz bezüglich der Biomasseproduktion drei verschiedener *Bambusarten* ermittelt werden.

Nach dem Pflanzen und der erfolgreichen Etablierung von *Bambus* beschränkte sich die Pflege des *Bambusbestandes* auf die jährliche Nährstoffzufuhr. Eine Gefährdung der Wuchsleistung des *Bambus* durch Krankheiten und Schädlinge konnte bisher nicht beobachtet werden. Der im Feldversuch ermittelte jährliche Ertragszuwachs von 7 t TM/ha bei einer N-Düngung von 60 kg/ha zeigt, daß keine der angebauten *Bambusse* an das Ertragsniveau konventioneller Pflanzenarten heranreicht. Maximale Stengelhöhen bis zu 3,00 m und Triebzahlen über 200 pro Pflanze lassen jedoch ein beachtliches Potential der Biomassebildung erkennen. Der *Bambus* wies eine hohe Wassernutzungseffizienz auf. Der Transpirationskoeffizient betrug durchschnittlich 295 l H<sub>2</sub>O/kg TM und liegt damit deutlich unter dem Niveau konventioneller Pflanzenarten. Der Energiegehalt des Stengels erreicht ähnliche Werte wie bei *Miscanthus* und schnellwachsenden Baumarten. Der Zellulosegehalt von über 40 % im Stengel bietet gute Voraussetzungen für den Einsatz von *Bambus* als Papierrohstoff.

## Bamboo - a new source for raw materials - primary experimental results

Bamboos are a group of giant woody grasses which make their natural habitat roughly between the 40° southern and northern latitudes, excluding Europe. Currently more than 130 genera of woody bamboos and 25 grass bamboos have been named worldwide, though many other estimates place these numbers as lower. These bamboos are made up of over 1300 species of the tribe Bambusoideae which are distributed among tropical, subtropical and mild temperate zones of the world. Countries such as Bangladesh, China, India, Indonesia along with other Asian countries depend heavily on bamboo.

Bamboo was introduced into Europe about 200 years ago mainly for horticulture uses, since then a wide range of varieties and bamboo types has been developed for European conditions along with being able to tolerate temperatures as low as -25 °C. Due to its potential quick growth rate and excellent chemical and physical characteristics it is suggested that this plant species can be developed as a new alternative crop for the production of raw materials for industry and energy within Europe.

In this context, the Institute of Crop Science of the Federal Agricultural Research Centre in Braunschweig started in 1990 activities concerning collection and evaluation of several bamboo genotypes in order to study the performance under the dominating climatic conditions. In field evaluation trials 17 bamboo genotypes have been planted and included in the evaluation procedure. A pot experiment under controlled conditions was started in 1995 in order to investigate the water requirement of 3 bamboo genotypes and the water use efficiency as well as the growth rate.

The bamboo produced approximately 7 t DM/ha/yr and thus, it does not reach the yield potential of conventional crops. Nevertheless, the stem height of about 3 m and the shoot number of over 200 shows a potential for high biomass production. Bamboo had a transpiration coefficient below 300 which is obviously lower compared to conventional C<sub>3</sub>-crops. It resulted in a higher water use efficiency of bamboo for biomass production. The energy content of bamboo stems (17.1 MJ/kg DM) and the cellulose content of over 40 % emphasise the suitability of bamboo as a raw material both for energy and pulp and paper production.

Selection of adapted bamboo genotypes and further breeding as well as the development of bamboo crop management from the time of planting to the harvest including harvesting systems are factors that can improve the yield of bamboo which is the basic requirement for the introduction of bamboo into European agriculture.

## Literatur

- Eberts, W., 1991: *Bambus in Haus und Garten*. - Gräfe und Unzer GmbH, München, 2. Aufl.
- Gielis, J. 1995: *Bamboo and Biotechnology*. - European Bamboo Society Journal, May 6, 1995, S. 27-39.
- Liese, W., 1985: *Bamboos: Biology, Silvics, Properties, Utilization*. - Deutsche Gesellschaft für technische Zusammen-

- arbeit (GTZ), Schriftenreihe Nr. 180, 132pp, TZ Verlagsgesellschaft Rossdorf.
- Liese, W., 1995: Anatomy and Utilization of Bamboos. - European Bamboo Society Journal, May 6, 1995, S. 5-12.
- Marden, L.; Brandenburg, J., 1980: Bamboo, the giant grass. - National Geographic 10, S. 504-528.
- Mohanan, C.; Liese, W., 1990: Diseases of Bamboos. - Int. J. Trop. Plant Diseases 8, S. 1-20.
- Nadgir, A. L.; Phadke, C. H.; Gupta, P. K.; Parasharami, V. A.; Nair, S.; Mascarenhas, A. F., 1984: Rapid multiplication of bamboo by tissue culture. - Silv. Genet. 33, S. 219-223.
- Patil, V. C.; Patil, S. V.; Hanamashetti, S. I., 1991: Bamboo Farming: An Economic Alternative on Marginal Lands. - In: Proc. 4th Int. Bamboo Workshop, Chiangamai, Thailand.
- Prutpongse, P.; Ganvinlertvatana, P., 1992: In vitro Micropropagation of 54 Species from 15 Genera of Bamboo. - Hort. Science, Vol. 27 (5), S. 453-454
- Rao, I. U.; Ramanuja, I. V.; Narang, V., 1992: Rapid Propagation of Bamboo through Tissue Culture. - In: Baker, F. W. G. (ed.), Rapid Propagation of Fast-Growing Woody Species, - CAB Int. f. CASAFA, 57-70R.
- Rao, A. N., Dhanarajan, G.; Sastry, C. B. (ed.), 1987: Recent Research on Bamboos. - Proc. of Int. Bamboo Workshop, Oct. 6-14, The Chinese Academy of Forestry, Int. Dep. Centre, Canada.
- Sommer, C., 1978: Eine Methode zur kontinuierlichen Wasserversorgung von Vegetationsgefäßen nach dem Bodenwasserpotential. - Landbauforschung Völkenrode 28 (1), S. 17-20.
- Vaupel, F., 1996: persönl. Mittlg. an Herrn J. Gielis, OPRINS Plant NV, Rijkvonsel, Belgien.
- Youdi, C.; Wenlong, Q.; Xiuling, L.; Jianping, G.; Nimanna, 1987: The Chemical Composition of Ten Bamboo Species. - In: Rao, A. N., Dhanarajan, G.; Sastry, C. B. (ed.), 1987: Recent Research on Bamboos. - Proc. of Int. Bamboo Workshop, Oct. 6-14, The Chinese Academy of Forestry, Int. Dep. Res. Centre, Canada, S. 110-113.
- Verfasser: El Bassam, Nasir, Dr. agr.; Jakob, Katrin, Dr. agr., Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), komm. Leiter: Prof. Dr. agr. habil. Friedrich Weibach.