

Baumarten zum Aufbau nachhaltiger Mischkultursysteme in Zentralamazonien

Von PETRA SCHMIDT, REINHARD LIEBEREI, JOSEF BAUCH und LUADIR GASPAROTTO

Gliederung

1	Einführung und Problemstellung	156
2	Standortbeschreibung	158
2.1	Geographische Lage	158
2.2	Klima	158
2.3	Boden	158
3	Beschreibung der einzelnen Arten und ihre Bedeutung	159
3.1	<i>Bactris gasipaes</i>	159
3.2	<i>Bertholletia excelsa</i>	162
3.3	<i>Bixa orellana</i>	165
3.4	<i>Theobroma grandiflorum</i>	167
4	Schlussbetrachtung	171
	Literatur	172

Zusammenfassung

Aufgrund starker Migration nach Zentralamazonien sind die dort vorhandenen Ökosysteme durch unsachgemäße Übernutzung sehr gefährdet. Um sie vor der Vernichtung zu schützen, wurden in den vergangenen Jahren große Anstrengungen unternommen, nachhaltig bewirtschaftbare Agroforstsysteme zu entwickeln. Besonderes Augenmerk wurde dabei vor allem auf die Verwendung nativer Arten gelegt, da diese gut an die dortigen klimatischen Verhältnisse sowie die extremen, nährstoffarmen und sauren Böden adaptiert sind. Die alten, stark verwitterten Böden Zentralamazoniens sind durch eine niedrige Kationen-Austauschkapazität geprägt. Hohe Niederschläge führen zu starken Nährstoffverlusten durch Auswaschung. Langfristige Landwirtschaft kann nur dann erfolgreich betrieben werden, wenn die klimatischen Standortfaktoren und die

biologische Adaptation der natürlichen Vegetation bei der Konzeption der Produktionssysteme mit einbezogen werden.

Mit einem im Jahr 1992 in Manaus angesiedelten Projekt des bilateralen SHIFT-Programms (Studies on Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics) wurde in den vergangenen 12 Jahren im Rahmen mehrerer Forschungsansätze verschiedener Institutionen und Universitäten untersucht, inwieweit durch den Einsatz naturnaher Mischkultursysteme mit hauptsächlich perennierenden Baumkulturen eine längerfristige Bewirtschaftung marginaler Standorte möglich ist. Entsprechend neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse wurden vorwiegend Arten für „Non-Timber-Forest-Products“ (NTFP) ausgewählt, um bereits kurzfristig Ernteerträge zu sichern. Darüber hinaus wurden erstmals Arten geprüft, die erst ab einer längerfristigen Kulturzeit hochwertiges Holz liefern. Hierfür wurden auf einer degradierten Fläche verschiedene Mischkultursysteme eingehend untersucht. Die Kenntnisse über einen Großteil der im Amazonasgebiet heimischen Arten, die für diese Zwecke genutzt werden könnten, sind bisher relativ gering. Es mussten Daten erhoben werden, die eine Aussage darüber ermöglichen, inwieweit ein nachhaltiges Wachstum der eingesetzten Pflanzen unter den gegebenen Standortbedingungen überhaupt möglich ist.

Die Baumarten *Bactris gasipaes* (Pfersichpalme, Pupunha), *Bertholletia excelsa* (Paranuss, Castanha do Brasil), *Bixa orellana* (Orleansbaum, Urucum) und *Theobroma grandiflorum* (Großblütiger Kakao, Cupuaçu), die in Amazonien beheimatet sind, wurden als erfolgversprechende

NTFP-Arten ausgewählt. In begrenztem Anteil wurden die Arten *Carapa guianensis* (Andiroba), *Cedrela odorata* (Cedrela, Cedro) und *Swietenia macrophylla* (Echtes Mahagoni, Mogno), für die Produktion hochwertigen Holzes berücksichtigt. Zudem hat sich auch in dieser Region die Pflanzung von *Cocos nucifera* (Kokospalme) als „Multipurpose tree“ sowie *Schizolobium amazonicum* (Paricá) als extrem raschwüchsige und kurzlebige Pionierart bewährt. Diese Mischkultursysteme können ein nachhaltiges Wachstum und eine wesentliche wirtschaftliche Verbesserung im Ernteertrag sichern.

Summary

Tree Species for the Establishment of Sustainable Mixed Culture Systems in Central Amazonia

A high percentage of the anthropogenic areas around Manaus (Central Amazonia, Brazil) is lying fallow because of the poor soil fertility, the high fragility of the soils and the consequences of a non-adapted agricultural practice. Demands of environmental politics, economical pressure, socio-political necessities and the declared intention to reduce the exploitation of existing ecosystems and thus save them from destruction, led in the last years to big efforts to develop sustainable, site-appropriate forms of cultivation for the Amazon region. Special attention was laid on native species, which are well adapted to local climatic conditions and the acid soils with extreme low soil fertility. The soils of Central Amazonia are very old and affected by a low cation exchange capacity, therefore high rainfalls lead to a strong nutrient loss through leaching. As a result successful long-term agriculture can only be conducted if the given site-related factors are included in the conception of productive systems.

In 1992 within the bilateral SHIFT program (Studies on Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics) a project was settled in Manaus with the goal to test the possibility of an implementation of stable mixed cultural systems with mainly perennial crops on marginal sites regarding to a long-term and sustainable cultivation. This issue was tested in the frame of diverse scientific approaches of different institutions and universities which studied in detail different mixed culture systems on a degraded area. According to latest scientific findings therefore princi-

pally Non-Timber-Forest-Products (NTFP) were chosen to ensure a short-term crop yield. Furthermore species were tested which only from a middle-term calculation on provide high quality timber. The knowledge about a large part of native species from the Amazon region that can be used for this purpose is still relatively low. Data had to be achieved which allow a statement to which extent a sustainable growth of the used plants under the given site conditions is generally possible.

The tree species *Bactris gasipaes* (Peach palm, pupunha), *Bertholletia excelsa* (Brazil nut, castanha do Brasil), *Bixa orellana* (Anatto-tree, urucum) and *Theobroma grandiflorum* (Big blooming Cacao, cupuaçu), which are native from the Amazon region, were chosen as promising NTFP-species. In a limited portion the species *Carapa guianensis* (Paramahogany, Andiroba), *Cedrela odorata* (Central American cedar, Cedro), and *Swietenia macrophylla* (American mahogany, Mogno) were included for the production of high quality timber. In addition the plantation of *Cocos nucifera* (coconut) as a multipurpose tree as well as *Schizolobium amazonicum* (Paricá) as an extremely fast growing and short living pioneer species have been approved. These kinds of mixed cultural systems can ensure a sustainable and essential economic improvement in crop yield.

1 Einführung und Problemstellung

Amazonien hat weltweit noch den letzten großen zusammenhängenden Tropenwald aufzuweisen, doch leider ist auch dieses Gebiet von Zerstörung durch menschliche Aktivitäten bedroht. Nach jüngsten Satellitendaten des Nationalen Institutes für Raumforschung (INPE, Brasilien) sind allein im Jahr 2004 mehr als 25 000 km² Regenwald in Amazonien gerodet worden, was einer Steigerung von 40 % im Vergleich zum Jahr davor entspricht. Insgesamt wurden in den vergangenen 15 Jahren 243 000 Quadratkilometer des Waldes gerodet, d. h. der gesamte Amazonas-Regenwald, mit einer ursprünglichen Ausdehnung von 4,2 bis 4,3 Millionen km² (FEARNSIDE 1993, INPE 2000) wurde um ein Fünftel reduziert.

Die Gründe hierfür sind sehr vielschichtig. Von der Regierung initiierte Landerschließungen im Amazonasgebiet sollten Slumbewohnern und

Landvertriebenen, die einen großen Anteil der brasilianischen Bevölkerung ausmachen, neue Existenzgrundlagen verschaffen. Infrastrukturelle Erschließungsmaßnahmen wie der Bau von Straßen, die Ausschöpfung der unermesslichen Bodenschätze, der Bau von Staudämmen für die Sicherung der Energieversorgung Amazoniens, die Industrialisierung der Landwirtschaft durch großflächige Weiderschließung, die Förderung der Industrialisierung der Forstwirtschaft durch großflächigen Anbau forstlicher Monokulturen sowie die unsachgemäße klein- und mittelbäuerliche Landerschließung zum Abbau des Bevölkerungsdruckes aus dem Süden und Nordosten des Landes waren die Folge und führten zur Vernichtung großer Urwaldareale Amazoniens.

Die in Zentralamazonien angesiedelten Kleinbauern üben eine traditionelle Brandrodungsbewirtschaftung aus, die auf den extrem nährstoffarmen Böden des zentralamazonischen Tieflandes nur eine 3- bis maximal 5jährige Nutzung der brandgerodeten Urwaldflächen ermöglicht, weshalb immer mehr Flächen des Primärwaldes der Brandrodung zum Opfer fallen.

Eine Zusammenarbeit des Instituts für Angewandte Botanik der Universität Hamburg, der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg, des Instituts für Bodenkunde der Universität Bayreuth und des Museums für Naturkunde in Karlsruhe mit der EMBRAPA Amazônia Ocidental (ehemals EMBRAPA/CPAA) in Manaus hatte zum Ziel, nachhaltige Bewirtschaftungssysteme für solche degradierten Standorte zu entwickeln, von denen nach VENTURIEIRI (1993) im Staat Amazônia 100 000 km² existierten.

Durch den Einsatz stabiler Mischkultursysteme mit einem hohen Anteil perennierender Baumkulturen, die überwiegend auf „Non-Timber-Forest-Products“ ausgerichtet sind, kann durch die Verbesserung der Bodenqualität infolge der Einbindung bodenbiologischer Faktoren eine längerfristige Bewirtschaftung marginaler Standorte möglich werden. Ziel war es dabei, den hohen Nutzungsdruck von nativen Ökosystemen zu nehmen, indem bereits vorhandene degradierte Flächen wieder der Bewirtschaftung zugeführt werden können.

Für den Aufbau stabiler Mischkultursysteme mit teilweise agroforstlichem Charakter wurden selektierte, ökologisch angepasste und perennierende Nutzpflanzen des tropischen amazonischen

Regenwaldes ausgewählt, die ein wirtschaftliches Potential nicht nur für den nationalen Markt darstellen. Untersuchungen u. a. zu den Elementvorräten im Boden (ZECH & al. 1998) und den Elementgehalten in der Pflanze (SCHMIDT 1996), zur Anpassung von Wurzelsystemen (EMMERICH 2002, NOLDT & al. 2001) und zu den Holzeigenschaften (DÜNISCH & al. 1999) oder produktionsökologische und physiologische Studien (LIEBEREI & al. 2002, REISDORFF 2003) dieser Pflanzen sowie ihrer Auswirkungen z. B. auf Bodenstruktur (SCHROTH & al. 1999) und Bodenfauna (MARTIUS & al. 2004) ermöglichen heute Aussagen darüber, inwieweit ein nachhaltiges Wachstum dieser Kulturpflanzen unter den gegebenen Standortbedingungen überhaupt möglich ist.

Im Folgenden werden 4 Pflanzenarten mit dem Ziel „Non-Timber-Forest-Products“ vorgestellt, die nicht nur über ein großes wirtschaftliches Potential verfügen, sondern sich nach langjährigen Untersuchungen als am interessantesten für den Aufbau langfristig nutzbarer Mischkultursysteme herausstellten. Zusätzlich werden weitere 5 Arten erwähnt, die sich auch für Agroforstsysteme als geeignet erweisen (BAUCH & al. 1999).



Abb. 1. Lage der Hauptstadt des brasilianischen Bundesstaates Amazonas, Manaus, in deren Nordosten die Untersuchungsfläche angesiedelt war.

2 Standortbeschreibung

2.1 Geographische Lage

Die 19 ha große Versuchsfläche des SHIFT-Projektes wurde auf dem Gelände des agroforstwirtschaftlichen Forschungszentrums „Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental“ (CPAA) angelegt, das 30 km nördlich von Manaus ($2^{\circ}53'S$, $59^{\circ}59'W$, 120 m über NN), der Hauptstadt des Staates Amazonas, liegt (Abb. 1). Bei diesem Gebiet handelt es sich um einen Terra-firme-Standort, ein Festlandgebiet, das, im Gegensatz zu sogenannten Várzea-Arealen, nicht den jahreszeitlichen Überflutungen durch Flüsse ausgesetzt ist.

2.2 Klima

Gemäß der Klassifizierung kann das in Manaus und seinen umgebenden Gebieten herrschende Klima als äquatoriales Kontinentalklima bezeichnet werden, mit Temperaturen, die $18^{\circ}C$ nicht

unterschreiten, und Niederschlägen, die selbst in ausgesprochen trockenen Monaten über 60 mm liegen (Abb. 2).

Klimatisch lässt sich das Jahr in zwei Phasen einteilen, in eine Regenzeit, von Oktober bis Mai, mit einem durchschnittlichen Niederschlag von 2672 ± 294 mm sowie eine Trockenzeit (Niederschlag in 1–3 Monaten unter 100 mm) von Juni bis September. Die monatlichen Durchschnittstemperaturen betragen $28^{\circ}C$ mit monatlichen Schwankungen zwischen 22 und $33^{\circ}C$. Die relative Luftfeuchtigkeit reicht von 80 bis 92 % mit Durchschnittswerten von 89 % (GARCIA 2004). Infolge der Äquatornähe treten im Jahresverlauf nur unbedeutende Schwankungen der Tageslänge auf ($12 \pm 0,5$ h), es herrschen ganzjährig Kurztagsbedingungen der feuchten Tropen.

2.3 Boden

Bei den alten Böden des Untersuchungsstandortes handelt es sich um für Terra-firme-Standorte typische, extrem nährstoffarme, ferrallitische gelbe Böden mit einem sehr hohen Tongehalt.

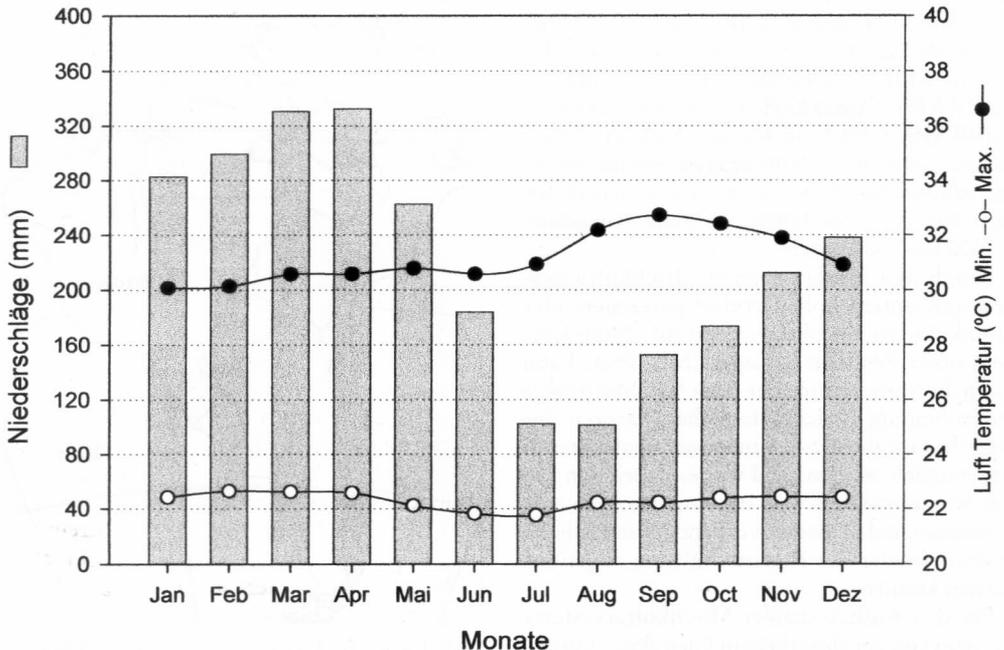


Abb. 2. Klimadaten des Untersuchungsgebietes: monatliche Mittelwerte von 10 Jahren (1987–1996)
Quelle: GARCIA 2004.

Dieser kann im Oberboden bis 20 cm Tiefe 65 % ausmachen, in tieferen Lagen sogar bis zu über 80 % (TEIXEIRA 2001). In der brasilianischen Taxonomie werden sie unter der Bezeichnung Latossolo amarelo geführt, was dem Oxisol in der amerikanischen Klassifikation entspricht (RODRIGUES 1998).

Aufgrund der Auswaschung basisch wirkender Kationen sind die pH-Werte sehr niedrig. Mit Werten zwischen 4,5 und 5,5 sind sie als sauer einzustufen. Der niedrige Gesamtgehalt an Phosphor und die starke Phosphatfixierung durch Eisen- und Aluminiumoxide/hydroxide führen dazu, dass der pflanzenverfügbare Anteil an diesem Element sehr gering ist (LEHMANN & al. 2001a). Der A-Horizont (0–10 cm), der sich von einem optisch nicht weiter unterteilten B-Horizont abgrenzt, ist durch mittlere Calcium- und Stickstoff-Gehalte gekennzeichnet (SCHROTH & al. 1999, LEHMANN & al. 2000), die mit zunehmender Tiefe stark abnehmen.

Die Streuschicht ist auf diesen Böden sehr dünn und die Verwesung der Streu geht im allgemeinen sehr schnell vor sich. Eine Anreicherung an organischer Substanz findet oft nur in den oberen 10 cm statt (MARTIUS & al. 2004).

3 Beschreibung der ausgewählten Arten und ihre Bedeutung

In den verschiedenen Pflanzsystemen der Experimentalfächen wurden unterschiedliche Pflanzen in unterschiedlichen Kombinationen getestet (LIEBEREI & al. 2002), wobei überwiegend Pflanzen verwendet wurden, die ihren Ursprung im Amazonasgebiet haben oder die bereits von einheimischen Bauern vorwiegend genutzt werden. Neben annuellen Kulturen wie *Manihot esculenta*, die zwar für die lokalen Kleinbauernbetriebe von großer Bedeutung sind, für Untersuchungen der Nachhaltigkeit marginaler Standorte in Mischkultursystemen aber zunächst eine untergeordnete Rolle spielen, wurden vor allem Baumarten gewählt, die aufgrund ihrer Früchte große wirtschaftliche Bedeutung in diesen Gebieten erzielen. Des Weiteren wurden für eine langfristige Zielsetzung Arten berücksichtigt, deren Holz einen großen Marktwert besitzt. In Tabelle 1 werden 9 Baumarten vorgestellt, die sich aufgrund vielfältiger Studien als die interessantesten

für den Aufbau langfristig nutzbarer Mischkultur- bzw. auch Agroforstsysteme erwiesen. In der folgenden Beschreibung werden 4 wichtige und bewährte „Non-Timber-Forest-Products“-Arten vorgestellt.

3.1 *Bactris gasipaes* KUNTH (Pfirsichpalme, Pupunha)

Habitus und Morphologie: *Bactris gasipaes* gehört zu den stammbildenden Palmenarten und kann, bei Stammdurchmessern von 10–30 cm, Höhen zwischen 10 und 25 m erreichen (FAO 1986, CLEMENT & ARKCOLL 1991; Abb. 3a). Die Stammoberfläche ist normalerweise mit nadelartigen schwarzen Stacheln versehen, die in Ringen angeordnet mit den Narben der Blätter abwechseln (Abb. 3b). In letzter Zeit wurden jedoch vermehrt stachellose Varietäten angebaut (Abb. 3a). *B. gasipaes* bildet basale Seitensprosse aus, was dazu führt, dass ihre Stämme natürlicherweise in Gruppen angeordnet sind (Abb. 3a) und die Pflanze zudem über ein hohes vegetatives Regenerationspotential verfügt. Aufgrund der nach außen zunehmenden Leitbündel ist der Palmstamm nicht homogen. Vielmehr wird ein weicher, heller Kern von einem harten, relativ dunklen Mantel umschlossen. Die Krone besteht aus 8–16 ca. 1,5–4 m langen, bogig gekrümmten, hellgrünen Fiederblättern, deren rund 1 m langer Stiel mit langen spitzen Stacheln versehen ist.

Blüten und Früchte: Die Blütenstände, die das erste Mal 4–5 Jahre nach der Keimung auftreten, bestehen aus einfach verzweigten Infloreszenzen, die von zwei 40–80 cm langen Hüllblättern umgeben sind, von denen eines, die sogenannte Spatha, bleibt und verholzt (BÄRTELS 1989). An der Basis der Infloreszenzen stehen die getrenntgeschlechtlichen Blüten in Dreiergruppen, zur Spitze hin in Zweiergruppen angeordnet. Die Staubblätter der etwa 20 000 männlichen Blüten, leicht erkennbar an den spitzen Blütenblättern, sind auf einem Diskus inseriert. Aus den ca. 300 weiblichen Blüten gehen nach allogamer Befruchtung zwischen 150 und 200 schwach dreikantige, eiförmige bis runde, bei Reife manchmal eher gelbliche, meist jedoch orangerote 3–6 cm lange Steinfrüchte hervor (Abb. 3d). Das orange-gelbe Fruchtfleisch ist reich an Vitamin A und hat neben einem hohen Proteingehalt einen sehr hohen Stärkeanteil (LÖTSCHERT 1985).

Tab.1. Wirtschaftlich interessante Baumarten für einen nachhaltigen Aufbau von Mischkultur-systemen in Zentralamazonien

Art	Herkunft und Verbreitung	Genutzte Pflanzenteile	Wirtschaftliche Bedeutung
<i>Bactris gasipaes</i> KUNTH Pfersichpalme <i>Arecaceae = Palmae</i>	Süd- und Mittelamerika	Früchte Meristem Stamm	Fruchtproduktion, Palmherzgewinnung, tierische Futtermittelverwertung, Baumaterial
<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K. Paranuss <i>Lecythidaceae</i>	Brasilien, Bolivien, Peru, Guayana, Surinam, Kolumbien, Venezuela, Trinidad, Sri Lanka	Samen Holz	Nussproduktion, Nutzholz
<i>Bixa orellana</i> L. Orleansbaum <i>Bixaceae</i>	Tropen und Subtropen der neuen und alten Welt	Samen Blätter Rindenfasern Wurzeln	Farbstoffgewinnung für Kosmetik-, Lebensmittel-, u. Textilindustrie; medizinische Verwendung, Zierstrauch
<i>Theobroma grandiflorum</i> (WILLD. ex SPRENG.) SCHUM. Großblütiger Kakao <i>Sterculiaceae</i>	Amazonien, feuchte Tropen Südamerikas	Früchte Samen	Saft-, Süßspeisenproduktion, Schokolade
<i>Carapa guianensis</i> AUBL. Andiroba <i>Meliaceae</i>	tropisches Mittel- und Südamerika	Samen Blätter Holz Rinde	Nutzholz, Ölproduktion für Seife, Medizin und Insektenrepellent
<i>Cedrela odorata</i> L. Cedro oder Westindisches Zedernholz <i>Meliaceae</i>	Lateinamerika außer Chile, Südosten Floridas, Alte Welt	Holz Rinde	Nutzholz, pharmazeutische Produkte
<i>Swietenia macrophylla</i> KING Amerikanisches Mahagoni <i>Meliaceae</i>	23° N bis 18° S M.-S.-Amerika	Holz Rinde	Nutzholz Gummi
<i>Schizobolium amazonicum</i> (HUBER) DUCKE Paricá <i>Caesalpinaceae</i>	Süd- u. Zentralamerika, Kuba	Holz Rinde	Holzkohle, Verpackungsholz, Gerbsäuregewinnung
<i>Cocos nucifera</i> L. Kokospalme <i>Arecaceae</i>	Alle tropischen Länder	Früchte Samenschalen Blätter Stamm	Kokosmilch- u. Kokosfleischproduktion, Öl, Holzkohle, Fasergewinnung, Flechtmaterialien, Konstruktionsholz, Parkett



Abb. 3. (a) Adulte ca. 13 m hohe Pflanzen der Ausläufer bildenden *Bactris gasipaes* auf der Versuchsfläche (Alter 12 Jahre). (b) Stamm einer mit Stacheln versehenen *Bactris*-Palme. (c) stammbürtige ca. 5 mm dicke Adventivwurzeln. (d) Fruchtstand mit teilweise noch grünen, unreifen Früchten (Ø ca. 3–6 cm). (e) Inneres eines *Bactris*-Stammes (Ø ca. 15 cm) mit den unterschiedlichen Palmito-Qualitäten 1–3, von denen Nr. 1 aufgrund der geringeren Faseranteile die qualitativ hochwertigste ist. (f) eingelegte Palmitoherzen.

Wurzeln: EMMERICH (2002) konnte nachweisen, dass sich ein Großteil der Wurzeln in einem dichten, weitläufigen Wurzelgeflecht in den oberen 5 cm des Bodens konzentriert, also extrem oberflächennah ausgebildet ist. Von LEHMANN & al. (2001b) wurden stellenweise jedoch auch bis in 60 cm Tiefe vergleichsweise hohe Wurzelaktivitäten beobachtet. Das sekundär homorrhize Wurzelsystem von *Bactris* bildet ca. 5 mm dicke Adventivwurzeln aus (Abb. 3c), die an der Stammbasis dicht an dicht entspringen und teilweise noch in einer Stammhöhe von 1,5 m zu finden sind. Arbuskulär-vesikuläre Mykorrhizen (VAM), welche vorwiegend der Gattung *Glomus* angehören (RUIZ 1993), ermöglichen der Palme eine

Phosphorzufuhr auch auf extrem sauren Böden (CLEMENT & HABTE 1995).

Herkunft und Verbreitung: Das genaue Herkunftszentrum von *B. gasipaes* ist nach LÖTSCHERT (1985) unbekannt. Ihm zufolge deuten verschiedene Indizien auf eine Herkunft aus Peru hin. CLEMENT (1989) vermutet ihren Ursprung im Südwesten Amazoniens. PATIÑO (1963) ist der Ansicht, dass ihre Domestizierung bereits in der präkolumbischen Zeit durch die Indianer des tropischen Amerika erfolgte. LORENZI & al. (2004) meinen, dass *B. gasipaes* von *B. dahlgreniana* abstammt und von Indianern in einer vorandinen Region Perus und Boliviens domestiziert wurde. Mittlerweile ist diese Palme über ganz Süd- und Mittelamerika verbreitet.

Ökologische Ansprüche: Entsprechend ihrer Verbreitung ist *Bactris gasipaes* gut an die verschiedensten ökologischen Bedingungen adaptiert. Man trifft sie auf Standorten in Meereshöhe bis hin zu Höhen von 2000 m an, wobei die Produktion an Standorten über 700 m NN deutlich zurückgeht.

In Bezug auf das Bodensubstrat ist *B. gasipaes* sehr anspruchslos und toleriert auch saure, nährstoffarme Böden, solange diese gut drainiert sind (DEENIK & al. 2000). Sie kann daher auf stark verwitterten Oxisolen, Andisolen und Ultisolen mit niedrigen pH-Werten um 4,5, hoher Aluminiumsättigung und geringem Gehalt an organischer Substanz kultiviert werden. Die gute Anpassung an die nährstoffarmen, sauren Böden wird zum Teil durch die Mykorrhiza erklärt (CLEMENT & HABTE 1995).

Wirtschaftliche Bedeutung: *B. gasipaes* stellt schon seit Jahrtausenden eine wichtige Nahrungsquelle für Menschen im tropischen Amerika dar (DEENIK & al. 2000). Wie bei den meisten wirtschaftlich genutzten Palmenarten sind die Nutzungsmöglichkeiten dieser Pflanze, deren erste Fruchtproduktion im Alter von 3–4 Jahren erfolgt, sehr vielfältig. In erster Linie dient sie jedoch als Lieferant von Stärke, gewonnen aus den sehr stärke-, eiweiß- und ölhaltigen Früchten, deren Reservestoffgehalte aber enorm schwanken können (24–85 % Stärke, 2–15 % Proteine und 2–62 % Öl im Trockenwicht des Mesokarps, CLEMENT & ARKCOCK 1991). In der Regel werden die Früchte gekocht gegessen, in einigen Gebieten wird aus dem Fruchtfleisch aber auch ein Mehl für diverse Backwaren gewonnen (BÄRTELS 1989, CLEMENT 1991). Aus den Samen wird das sogenannte Macanilla-Fett gewonnen (REHM & ESPIG 1984) sowie ein alkoholisches Getränk hergestellt (LÖTSCHERT 1985). Aufgrund der reichhaltigen Nutzungsmöglichkeiten des Fruchtfleisches sind jedoch im Verlauf jahrhundertelanger Domestizierung auch samenlose Formen entstanden und vegetativ vermehrt worden.

Alternativ bietet dieser „Multi-purpose-tree“ die Möglichkeit, den Spross junger, ca. 1,5–2 Jahre alter Pflanzen mit Stammdurchmessern von etwa 14–16 cm für die Produktion von Palmherzen, dem so genannten Palmito, zu nutzen (Abb. 3e, f). Dieses besteht aus dem Meristem sowie den jungen, noch nicht entwickelten Blättern der Pflanze und wird roh oder mariniert gegessen. Für die Gewinnung des Palmherzen wird der

Stamm direkt über dem ältesten Blatt gekappt und die äußeren Blattansätze sowie Stammummantelungen von ihm entfernt. In Abbildung 3e lassen sich die unterschiedlichen Palmito-Qualitäten erkennen, von denen die innerste (Nr. 1) aufgrund der niedrigeren Faserteile die beste ist. Da bei der Nutzung des Meristems der Spross der Pflanze vernichtet wird, eignet sich die ausläuferbildende *B. gasipaes* hervorragend für diese Art der Nutzung, da so ein Zerstören der gesamten Pflanze verhindert wird.

Neben der Nutzung für die menschliche Ernährung hat *Bactris* auch ein großes Potential für die tierische Futtermittelverwertung. Aufgrund der hohen Gehalte an Stärke, Proteinen, Öl und Carotinoiden stellt die Frucht eine sehr wertvolle Energiequelle für die Tierhaltung dar.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit bietet das äußere verholzte Gewebe des Stammes, das ähnlich wie bei *Cocos nucifera* außergewöhnlich hart ist. Dieses Holz kann für spezielle Bereiche genutzt werden, z. B. für Parkett oder Einlegearbeiten (NURMINEN 1994).

Eignung für den Plantagenbau: Ähnlich wie bei *Theobroma grandiflorum* (Kap. 3.4.) verspricht man sich auch von *B. gasipaes* eine tragende Rolle für die Zukunft agrarwirtschaftlicher Landnutzungsformen in Amazonien (FAO 1986). Auf den nährstoffarmen Terra-firme-Standorten Zentralamazoniens werden bei guter Kulturführung mit entsprechender Düngerezufuhr mittlere jährliche Fruchtträge von 11 t/ha erreicht, während auf Feldern von Kleinbauern lediglich mit Erträgen von 6–10 t/ha gerechnet werden kann. Trotzdem liegt *Bactris* in den feuchten Tropen, bezogen auf die Nährstoffproduktion pro Hektar, in der Rangfolge vor Mais, Bohnen oder Reis und nimmt damit fast den Stellenwert von Maniok ein.

Zudem spielt die Möglichkeit der Nutzung als Futtermittel gerade für Gebiete wie Manaus eine große Rolle, wo z. B. 1982 nahezu 1 000 000 US-\$ für die Einfuhr tierischer Futtermittel ausgegeben werden mussten (CLEMENT & MORA-URPÍ 1987).

3.2 *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Paranuss, Castanha do Brasil)

Habitus und Morphologie: *B. excelsa* erreicht Höhen zwischen 30 und 50 m (Abb. 4a) und gehört somit zu den Überständern des amazo-

nischen Regenwaldes (KAINER & al. 1998, MYERS 2000). In Plantagenbetrieben werden diese Höhen jedoch meist nicht erreicht. Die zylindrischen, astfreien Stämme sind gerade und können Durchmesser bis zu 2,5 m DBH erreichen. Die länglich-ovalen, ungeteilten, 17–36 cm langen und 6–15 cm breiten Blätter (Abb. 4b) sind wechselständig an langen, fiederblattartigen Trieben angeordnet.

Blüten und Früchte: Die zweiseitig-symmetrischen, großen, gelb-cremfarbenen Blüten (Abb. 4c) entstehen an axillären oder endständigen Ähren mit ein oder zwei Verzweigungen, wobei selten mehr als eine Blüte pro Infloreszenz zur Fruchtentwicklung kommt. Sie besitzen 6 Kronblätter sowie zahlreiche Staubgefäße, die an einer Staubblattröhre (Androphor) sitzen, welche sich helmartig über die Blüte wölbt. Aus dem unterständigen Fruchtknoten entsteht, ca. 15 Monate nach der Bestäubung, eine sehr hartschalige, etwa apfelsinengroße Kapsel Frucht von kugelliger Gestalt (Abb. 4d). Ihr Durchmesser kann gelegentlich bis zu 30 cm betragen und sie kann ein Gewicht bis zu 3 kg erreichen. Die Öffnung der sehr hartwandigen Frucht ist so klein, dass die ca. 10–25 Samen nicht herausfallen können und meist erst durch das Verrotten der Fruchtwand frei werden. Die 3,5–5 cm langen, im Querschnitt scharf dreikantigen, leicht gekrümmten Samen (Abb. 4d, e) sind im Zentralteil der Frucht an einer soliden Säule angeordnet. Aufgrund ihrer stark verholzten, runzeligen Samenschale werden sie fälschlicherweise oft als Nüsse bezeichnet, gehören jedoch zum Schalenobst. Die Samen werden hauptsächlich von kleinen Säugern, den sog. Agutis (*Dasyprocta punctata*, *D. leporina*) verbreitet und keimen im Unterwuchs des Waldes, wobei die Jungpflanzen für eine Weiterentwicklung offensichtlich auf Vegetationslücken angewiesen sind (MYERS 2000).

Herkunft und Verbreitung: Die Paranuss ist in Brasilien beheimatet und wurde nach der Hauptstadt Pará des gleichnamigen brasilianischen Bundesstaates benannt. Mittlerweile ist sie jedoch auch in Bolivien, Peru, Guayana, Surinam, Kolumbien und Venezuela verbreitet. Außerdem finden sich Plantagen auf Trinidad und Sri Lanka, die jedoch wenig ertragreich sind. Als Angehörige der Familie der *Lecythidaceae*, die in den geschlossenen Hochwaldgebieten des Amazonasbeckens in der Artenhäufigkeit hinter den Leguminosen den 2. Platz einnimmt, kommt *B. excelsa*

nur auf Terra-firme-Standorten vor (SMITH & al. 1992). Dort tritt sie in verstreuten Gruppen von 50–100 Pflanzen auf, mit Distanzen von oft bis zu 1 km oder mehr zwischen den einzelnen Bäumen (KAINER & al. 1998). Obwohl ein staatlicher Beschluss von 1994 das Abholzen des Baumes verbietet, ist er mittlerweile vom Aussterben bedroht.

Ökologische Ansprüche: *B. excelsa* ist eine Pflanze, die in Regionen mit heißen und feuchten Klimata sowie genau definierten Trockenzeiten vorkommt. Laut DINIZ & BASTOS (1974) findet man sie in Gebieten mit mittleren Jahrestemperaturen zwischen 24 und 27 °C, jährlichen Niederschlägen von 1400–2800 mm sowie einer jährlichen Feuchtigkeit von durchschnittlich 79–86 %. Für eine normale Entwicklung benötigt *B. excelsa* jedoch 2–5 Monate mit geringeren Niederschlägen (MÜLLER 1981).

Da *Bertholletia* empfindlich gegenüber Staunässe ist, kommt sie nur auf nicht überschwemmten Terra-firme-Standorten vor. Diese bieten mit ihren lehmigen oder lehmig-sandigen Böden gute Entwicklungsvoraussetzungen, zumal *Bertholletia* sehr gut an tonige, nährstoffarme Oxisole und Ultisole angepasst ist (FAO 1986).

Wirtschaftliche Bedeutung: Obwohl die Produktion der als Paranüsse bekannten Samen von *B. excelsa* in den letzten Jahren von 40 456 t im Jahre 1980 auf 28 500 t im Jahr 2004 stark zurückging, stellt Brasilien laut den FAO Statistical Databases neben Bolivien immer noch einen der wichtigsten Produzenten der globalen Gesamtzeugung. Die zuerst von den Indios genutzten Paranüsse stellen somit einen wichtigen Ausfuhrartikel des Staates Amazonas dar, was in den letzten Jahren sogar zu einem Einschlagverbot des qualitativ recht hochwertigen Holzes dieser Pflanze führte, vor allem auch deshalb, weil ein hoher Prozentsatz der Jahresexportmenge in nativen Beständen gesammelt wird und nur ein Teil von kultivierten Bäumen kommt. Die Samen enthalten neben etwa 18 % Eiweiß von hoher biologischer Wertigkeit einen Fettanteil von ca. 67 %. Dieses Fett ist reich an Glyceriden der Öl- und Linolsäure (REHM & ESPIG 1984), was dazu führt, dass das aus ihm gewonnene, ausgezeichnete Speiseöl leicht ranzig wird. Der hohe Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren macht Paranüsse zudem sehr schimmelfähig. Dabei kann es zu der Ausscheidung krebserregender Aflato-



Abb. 4. Habitus (a) einer 12 Jahre alten Pflanze von *Bertholletia excelsa* auf der Versuchsfläche (Höhe ca. 12 m, Ø ca. 42 cm). (b) Beblätterter Zweig. (c) Blüte (Foto: SYLVESTRE SILVA 1991). (d) Kapsel Früchte im geschlossenen Zustand und offen mit den darin enthaltenen Samen. (e) Samen. (f) Para-„Nüsse“.

xine kommen, ein hochgiftiges Stoffwechselprodukt des Schimmelpilzes *Aspergillus flavus*. Der hohe Gehalt an Aflatoxin in ungeschälten Samen und die Herabsetzung des in der EU gültigen Grenzwertes für den maximal zulässigen Anteil an Aflatoxinen in Paranüssen im Jahr 2003 auf 4 ppb führte nach dem Hygieneinstitut in Ham-

burg zum Erlass einer amtlichen Vorführpflicht gemäß § 48 (1) Nr. 3 LMBG für einzuführende Partien Paranüsse in Schale. Im Vergleich zu anderen Nussfrüchten enthalten die Samen von *Bertholletia* einen sehr hohen Anteil an Mineralstoffen (pro 100 g Nüsse: 670 mg Phosphor, 645 mg Kalium, 160 mg Magnesium, 130 mg Calcium,

3,4 mg Eisen und 2 mg Natrium) sowie die Vitamine E und B1.

In Europa sowie den USA werden sie vor allem in Knabberwaren (z. B. Studentenfutter, Abb. 4f) oder zur Weiterverarbeitung für Kosmetikprodukte verwendet. In den Anbauländern spielt die Paranuss außerdem eine große Rolle in der Backwaren- und Speiseölproduktion und wird pharmazeutisch, z. B. gegen Hepatitis, genutzt.

Die erste Fruchtproduktion erfolgt nach 12–16 Jahren, Plantagenbäume tragen jedoch, vermutlich aufgrund der besseren Lichtverhältnisse, schon nach 8 Jahren Früchte (KAINER & al. 1998). Pro Pflanze werden zwischen 60 und 225 kg Nüsse erzielt (ROSENGARTEN 1984). Erntezeit ist von November bis März, wenn die reifen Früchte abzufallen beginnen.

Das Holz von *Bertholletia* gilt aufgrund seiner leichten Bearbeitbarkeit, seiner ansprechenden Struktur, seiner leichten Oberflächenbehandlung sowie starken Haltbarkeit als eines der geschätzten unter den Hölzern Amazoniens (LOUREIRO & al. 1979). Es besitzt eine natürliche Resistenz gegen Holzschädlinge und wird vorwiegend für dekorative Täfelungen, Dielenbretter oder für die Herstellung von Kisten verwendet (MAINIEIRI & CHIMELO 1989).

Eignung für den Plantagenanbau: Aufgrund der positiven Eigenschaften von *B. excelsa* wie schnelles Höhenwachstum (mehr als 1 m pro Jahr in der ersten Dekade), Geradstämmigkeit sowie Toleranz oder Resistenz gegenüber Krankheiten, zeichnet sich die Pflanze als sehr geeignet für Mischplantagen sowie für Agroforstsysteme aus. Die Beobachtung, dass diese Baumart selbst in aufgelassenen Sekundärwaldflächen wächst und dort ein ausgezeichnetes Wachstum sowie hervorragende Stammformen aufweist, macht deutlich, dass sie sich exzellent für den Anbau auf degradierten Flächen eignet. Aufgrund ihrer Eigenschaft, eine Pfahlwurzel und tief liegende Feinwurzelsysteme zu bilden, eignet sie sich hervorragend für die Kombination mit oberflächennah wurzelnden Pflanzen wie *Bactris gasipaes* (Kap. 3.1.), da dadurch nicht nur die unterirdische Raumkonkurrenz reduziert, sondern auch die Effizienz der Nutzung der Wasser- und Mineralstoffreserven im Boden gesteigert wird (LÖSCH 2001, EMMERICH 2002).

3.3 *Bixa orellana* L. (Orleansbaum, Urucum)

Habitus und Morphologie: Die einzige Art der Familie *Bixaceae*, *Bixa orellana*, kommt in einer großen Formenvielfalt vor. Die immergrüne Pflanze entwickelt sich entweder strauchförmig oder als kleiner Baum mit Höhen zwischen 2 und 6 m und einem BHD von nicht mehr als 10 cm (Abb. 5a). In einigen Fällen kann sie Höhen bis zu 10 m erreichen. Die hellbraune, vorwiegend glatte Rinde ist mit Lentizellen besetzt, kann aber auch längsrissig werden. Die 10–30 cm langen Laubblätter sind wechselständig, ungeteilt und von eirunder Form mit deutlich zugespitztem Apex ausgebildet, mit kleinen, früh abfallenden Nebenblattorganen. Sie sind lang gestielt (5–7 cm), unbehaart mit dunkelgrüner Oberseite, während die Unterseite mit roten Flecken bedeckt ist. Die netzartige Blattnervatur tritt deutlich hervor.

Blüten und Früchte: Die großen, hermaphroditen Blüten (Abb. 5b) sind in endständigen Rispen mit behaarten Stielen angeordnet. Die 5 verkehrt eiförmigen, dachziegelig übereinander greifenden, 2,5 cm langen Kronblätter sind zunächst von bräunlich grünen Kelchblättern umgeben, die jedoch bald abfallen. Die leicht zweilappige Narbe mit schlankem und gekrümmtem Griffel ist von zahlreichen Staubblättern umgeben, die auf einem Wulst stehen. Ihre lang gestreckten Antheren öffnen sich mit 2 kurzen Schlitzern. Die Blütenfarbe variiert zwischen rosa und weiß. Der Fruchtknoten reift zu einer, je nach Varietät, sehr unterschiedlich geformten und dicht mit weichen Stacheln besetzten Kapsel von grüner über hell-orange bis hin zu dunkelroter Färbung heran (Abb. 5c–e). Während sich aus den weißen Blüten grüne Kapseln bilden, entwickeln sich aus den rosafarbenen Blüten (Abb. 5b) bräunlichrote Kapseln (SCHÜTT & al. 2004) mit präformierten Öffnungsnähten entlang der Fruchtblathauptnerven. Die in der Regel zweiklappigen Kapseln (drei- und vierklappige kommen selten vor) enthalten durchschnittlich zwischen 30 und 50 kleine, im Querschnitt dreieckige, endospermhaltige Samen (Abb. 5d). Die Samen haben eine sehr harte Schale, der ein äußerer, fleischiger, von zahlreichen roten oder rosafarbenen carotinoidhaltiger Papillen bedeckter Mantel (Arillus) aufliegt (FRANKE 1985).

Wurzeln: Das Wurzelsystem von *Bixa* ist ähnlich oberflächennah ausgebildet wie das von *Theo-*



Abb. 5. (a) Habitus einer 12 Jahre alten Pflanze von *Bixa orellana* auf der Versuchsfläche (Höhe ca. 5 m). (b) Blüten. (c) Früchte in verschiedenen Reifestadien. (d) Hälfte einer überreifen zweiklappigen Kapsel Frucht mit den darin enthaltenen Samen. (e) Ernteertrag einer Plantage, wobei 1 Sack die Ernte eines *Bixa*-Strauches enthält.

broma grandiflorum (Kap. 3.4.). Es besitzt eine hohe morphologische Plastizität und exploriert, durch die Ausbildung einer hohen Wurzellängendichte mit sehr feinen Wurzeln, die mit Nährstoffen angereicherten Bodenbereiche sehr effizient (EMMERICH 2002). Die zudem offensichtlich sehr effektive Symbiose mit vesikulär-arbuskulären Mykorrhizapilzen (IDZACK 1994) ermöglicht der Pflanze trotz vergleichsweise geringer Ausdehnung des Wurzelsystems (EMMERICH 2002) die gute Wüchsigkeit und Produktivität.

Herkunft und Verbreitung: *B. orellana* war ursprünglich nur im tropischen Amerika beheimatet und hat nach SMITH & al. (1992) ihren Ursprung vermutlich im Bundesstaat Acre im Südwesten Amazoniens, bzw. ist laut LÖTSCHERT & BEESE (1984) in den Wäldern Costaricas heimisch. Heute wird die Art in großem Umfang kultiviert und auch in den Tropen und Subtropen außerhalb

der Neuen Welt angebaut, wie in Indonesien, Samoa, auf den Westindischen Inseln sowie in einigen Ländern Afrikas (Kenia, Tansania). Zutreffend ist dies auch für Indien, wo insbesondere über Anbauten in Laubwaldgebieten von Karnataka, Kerala, Andhra Pradesh und Maharashtra sowie in einigen Regionen Bengalens und Assams berichtet wird (SMITH & al. 1992, SCHÜTT & al. 2004).

Ökologische Ansprüche: *B. orellana* wächst gut in heißen, humiden Gebieten mit durchschnittlichen Temperaturen zwischen 24 und 27 °C, jährlichen Niederschlägen zwischen 1000 und 2000 mm und einer durchschnittlichen relativen Luftfeuchte von 80 %. Aufgrund ihrer geringen Ansprüche und als trocken-tolerante Pflanze findet man jedoch auch in trockeneren Gebieten. Varietäten dieser Art. *B. orellana* kann an verschiedene Böden adaptieren, wächst jedoch bevorzugt auf

gut dränierten Böden mittlerer Fruchtbarkeit bzw. auf nährstoffreichen Tonböden (SCHÜTT & al. 2004). Sie kann aber selbst auf Böden mit sehr geringen Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalten angebaut werden, eine Anpassung, die möglicherweise durch ihre Symbiose mit arbuskulär-vesikulären Mykorrhizen erleichtert ist.

Wirtschaftliche Bedeutung: *B. orellana* ist eine im tropischen Amerika weit verbreitete alte Kulturpflanze, die seit Jahrhunderten von den Ureinwohnern Südamerikas zum Färben benutzt wird. Schon für 6000 v. Chr. ist die Verwendung belegt. So wurden Samen und getrocknetes Fruchtfleisch in Grabstätten um Ancon gefunden. Den Arbeiten von DE MAYOLO (1989) über peruanische Farbpflanzen zufolge fand man auch in den Gräberfeldern von Cahuachi Pflanzenreste von *Bixa*. Auch heute spielt diese Pflanze wieder eine größere wirtschaftliche Rolle. Grund hierfür sind die beiden roten Farbstoffe Bixin und Norbixin, die in verschiedenen Pflanzenteilen, hauptsächlich aber in der den Papillen der Samenschalen enthalten sind. Der carotinoide Farbstoff Bixin, der den Hauptanteil der Pigmente stellt, ist fettlöslich, das Alkalisalz des Norbixins wasserlöslich. Durch Auswaschung mit heißem Wasser aus der äußeren Samenschale entstehender roter Niederschlag wird getrocknet und in Kuchen- oder Rollenform unter dem Namen „Annatto“ in den Handel gebracht. MERCADANTE & PFANDER (1998) stufen die beiden Stoffe weltweit als den zweitwichtigsten natürlichen Farbstoff ein. Der Farbstoffertag ist gering und erreicht 2–7 % des Samentrockengewichtes. Die weltweite Produktion von *Bixa*-Samen, sowohl für kommerziellen als auch für den Hausgebrauch, wurde 1990 auf 10 000 t pro Jahr geschätzt, wobei Brasilien größter Produzent und Exporteur ist.

In indianischen Kulturen wird der Farbstoff vor allem als ornamentale Körperbemalung, zum Schutz vor UV-Strahlung und gegen Insekten und Austrocknung sowie für die Färbung von Kleidung genutzt. Im industriellen Bereich findet Bixin zur Zeit vor allem als Lebensmittelfarbe breite Anwendung. Hier wird es aufgrund seiner Geschmacksneutralität hauptsächlich zum Färben von Milchprodukten wie Margarine und Käse, von Backwaren, Schokolade, Suppen, Fleisch, alkoholischen und nichtalkoholischen Getränken u. v. a. m. genutzt. Darüber hinaus dient der Farbstoff zur Herstellung von Lacken und Wachsen und wird zudem in der Kosmetikindustrie, z. B.

in Sonnenschutzmitteln und Schminkprodukten, eingesetzt. In der Textilindustrie verwendet man Bixin zum Einfärben von Wolle und Seide, denen es eine orangene Färbung verleiht.

B. orellana blüht je nach Standort das erste Mal nach 8 Monaten und beginnt mit der Samenproduktion zwischen dem 1. und dem 2. Lebensjahr. Es gibt 2 Ernteperioden im Jahr, eine im März und die Haupternte im September/Okttober. Eine adulte Pflanze kann bis zu 40 oder 50 Jahre Erträge bringen, mit Mengen zwischen 5 und 10 kg pro Jahr.

Eignung für den Plantagenbau: Bei *B. orellana* handelt es sich um eine sehr schnellwüchsige, resistente, anspruchslose, kaum krankheitsanfällige und somit sehr kostengünstige Pflanze. Mit 2 Ernten im Jahr und einer Samenproduktion bereits zu Beginn des 2. Jahres, stellt sie bei gutem Management gleichzeitig eine sehr ertragreiche Kultur dar (SCHMIDT 1996). Obwohl die Spezies gut auf den nährstoffarmen, ferralitischen Böden Amazoniens gedeiht, bedarf sie zur kontinuierlich hohen Fruchtproduktion einer ausreichenden Düngung (SMITH & al. 1992). Bei Kombinationen mit anderen Pflanzenarten innerhalb einer Plantage muss zudem auf ihr Bedürfnis nach vollem Sonnenlicht sowie den Schutz vor Wind geachtet werden. Als schattenintolerante Pflanze reagiert sie anfällig bei überragenden und bedeckenden Bäumen, Kletterpflanzen und Gräsern. Überwachsene und beschattete *Bixa*-Pflanzen stellen die Blüte und somit die Fruchtproduktion ein. Aus Saat entstandene Bäume fruchten nach SCHÜTT & al. (2004) weniger reichlich, hier sollte vegetative Vermehrung (Stecklingsbewurzelung) erfolgen.

3.4 *Theobroma grandiflorum* (WILLD. ex SPRENG.) SCHUM. (Großblütiger Kakao, Cupaçu)

Habitus und Morphologie: Kultiviert bildet *T. grandiflorum* kleine bis mittlere, immergrüne Bäume mit Höhen zwischen 4 und 12 m aus (Abb. 6a). Wildwachsende Exemplare können Höhen bis zu 20 m sowie Stammdurchmesser bis zu 45 cm erreichen. Wie bei *T. cacao* wächst der Stamm dieser Art zunächst orthotrop. In einer Höhe von ca. 1–1,5 m stellt der Vegetationspunkt sein Wachstum ein und teilt sich, anders als bei *T. cacao*, in 3 Meristeme, aus denen plagiotrope

Zweige hervorgehen. Nach einiger Zeit treibt in dem sog. „Tripel“ des Hauptstammes eine ruhende Knospe aus, die wieder einen orthotropen Spross bildet. Bei jeder weiteren Verzweigung kommt es erneut zu einer Dreiteilung der Triebe (VENTURIERI 1993). Bei unschattiert kultivierten Pflanzen ist dieses Verzweigungsmuster selten anzutreffen, da unter diesen Bedingungen das Wachstum der orthotropen Sprosse stark reduziert ist zugunsten einer stärkeren Verzweigung der plagiotropen Seitenäste. Diese Tendenz ist durchaus erwünscht und wird zum Teil durch Abschneiden des orthotropen Sprosses gefördert (REISDORFF 2003).

Die einfachen Blätter, die im Jugendstadium hell- bis dunkelrot gefärbt sind (Abb. 6c), haben im adulten Stadium enorme Größen mit Längen zwischen 15 und 58 cm und Breiten zwischen 7 und 15 cm. Vor allem die jungen Blätter und Blattstiele, die Stängel der jüngeren Pflanzen, die Knospen und besonders die Früchte sind mit einem braunen Haarfilz überzogen, der sich leicht von den Pflanzengewebe löst (Abb. 6b, d).

Blüten und Früchte: Im Gegensatz zu *T. cacao* liegt bei *T. grandiflorum* nur sogenannte Ramiflorie vor, d. h. die Blüten, die axillär in kleinen Gruppen von 1–5 Stück angeordnet sind, sitzen nur an den plagiotropen Ästen der Pflanze (Abb. 6b). Die an 3–5 cm langen Stielen wachsenden Blütenkelche bestehen aus 5 weißen bis gelblichweißen, auf der Unterseite braunbehaarten Kelchblättern sowie 10 Blütenhüllblättern, von denen 5 weiß bis gelblichweiß gefärbt und rundlich geformt sind, während die anderen 5 eine von hell- bis dunkelrot variierende Färbung aufweisen (Abb. 6b). Von den 10 Staubblättern bilden 5 keinen fruchtbaren Pollen aus. Diese länglichen sog. Staminodien, welche die Narbe umschließen, sind hell- oder dunkelrot gefärbt und sternförmig angeordnet. Die Antheren der 5 fruchtbaren Staubblätter sind am Fuß der Blütenhüllblätter verborgen. Bedingt durch die Klimaschwankungen treten 2 Blühperioden auf, eine kurze von Juli bis August und eine Hauptblüte zu Beginn der Regenzeit von Oktober bis November. Bis zur Fruchtreife vergehen zwischen 4 und 5 Monate.

Wie die Blüten sind die Früchte mit Längen zwischen 12 und 35 cm und Durchmesser von bis zu 10, mitunter sogar 15 cm die größten der Gattung. Sie sind ellipsoid, oval oder kugelförmig und wiegen zwischen 500 und 2500 g (Abb. 6d). Das Exokarp ist mit einer Dicke von 3–10 mm

und einer holzartigen Konsistenz sehr hartschlagig, aber trotzdem leicht zerbrechlich. Gewichtsmäßig umfasst es zwischen 40 und 50 % des gesamten Fruchtgewichtes. Unter dem dunkelbraunen Haarfilz ist die Schale hellgrün und strömt bei der Reife der Frucht einen ihr eigenen aromatischen und sehr ausgeprägten Duft aus. Das schwammige Mesokarp ist weiß-gelblich, etwas härter als das Endokarp und von 4,5 mm Dicke. Die Panzerbeere von *T. grandiflorum* enthält ein fleischiges Endokarp, die so genannte Pulpe (Abb. 6d, e), die mit der Testa fest verwachsen ist. Dieses gelbliche oder cremefarbene Fruchtfleisch, das ein sehr starkes und charakteristisches Aroma hat, umgibt die durchschnittlich 30–50 Samen, deren Anzahl pro Frucht sehr variieren kann. Die um eine zentrale Achse in 5 Gruppen angeordneten Samen sind oval und flach und haben eine Länge von durchschnittlich 2,3 cm sowie eine Dicke von 0,9 cm. Ihr Gewicht umfasst ca. 16–18 % der Gesamtfucht. Die Samenkeimung von *T. grandiflorum* ist hypogäisch.

Nach RIBEIRO DE NAZARÉ & al. (1990) lässt sich die Art *T. grandiflorum* anhand der Früchte volkstümlich in 3 Varietäten unterteilen: „redondo“ (kleine, fast kugelfunde Früchte), „mamorana“ (sehr große Früchte mit leicht eckiger Form und dicker Schale) und „mamau“ (Früchte ohne Samen, die in Form und Größe der „redondo“-Varietät ähneln).

Wurzeln: Untersuchungen von EMMERICH (2002) zu den Wurzelsystemen unterschiedlicher Nutzpflanzen zeigten, dass das *Theobroma*-Wurzelsystem 5jähriger Pflanzen im Vergleich zu den anderen Arten die geringste Fläche einnimmt. Es ist sehr oberflächennah ausgebildet und entspricht weitgehend der Kronenprojektionsfläche. Anders als z. B. *Bixa orellana* bildet *T. grandiflorum* eine Pfahlwurzel aus, die jedoch bei adulten Bäumen eine Länge von 2 m nicht überschreitet.

Herkunft und Verbreitung: *T. grandiflorum* stammt aus den Regenwäldern im südöstlichen Teil des Bundesstaates Pará und dem vorderen Amazonasgebiet von Maranhão. Mittlerweile hat sich diese Art aber infolge anthropogener Einflüsse in ganz Amazonien sowie vereinzelt in den nördlich angrenzenden Gebieten bis nach Costa Rica ausgebreitet.

Ökologische Ansprüche: Als Schattenbaumart des Unterholzes der Regenwälder gedeiht *T. grandiflorum* am besten im Halbschatten. Auf guten Böden können die Pflanzen auch in di-

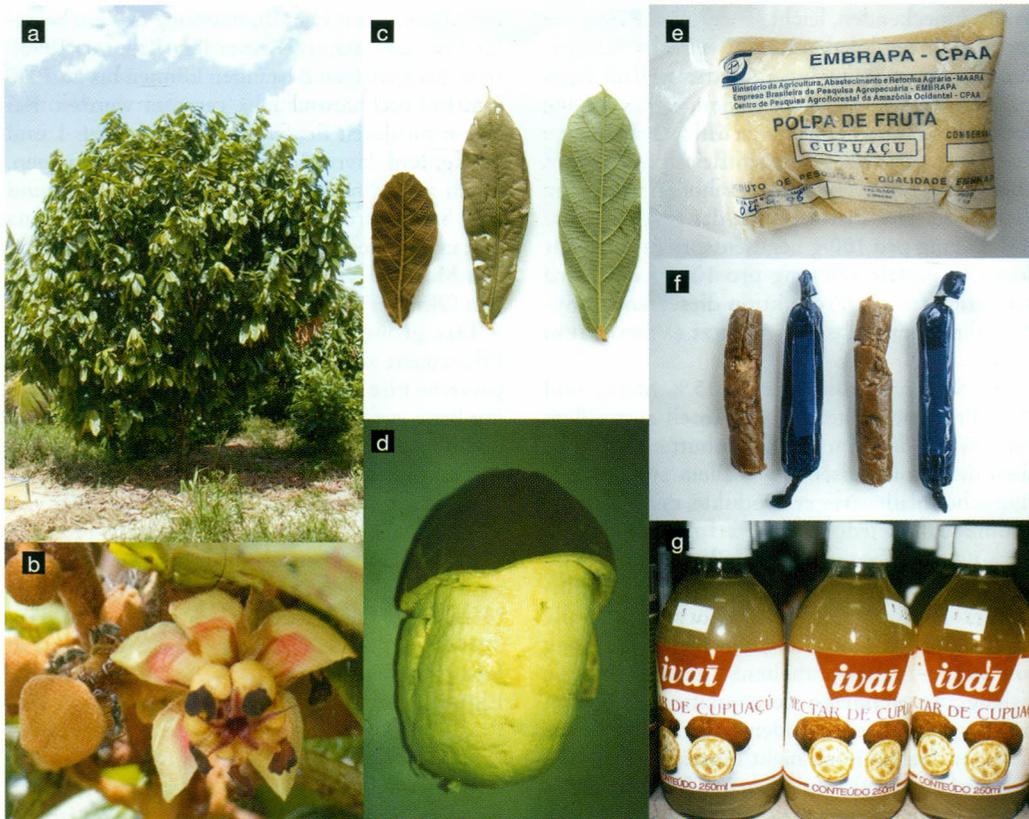


Abb.6. (a) Habitus einer 10 Jahre alten Pflanze von *Theobroma grandiflorum* auf der Versuchsfläche (Höhe ca. 6 m). (b) ramiflore Blüte und Knospen. (c) junge rote bis adulte hellgrüne Blätter. (d) Frucht mit Pulpe (ca. 1,5 kg). (e) Fruchtpulpe für (f) Süßigkeiten, (g) Cupuaçu-Saft.

rekter Sonnenbestrahlung gedeihen, sie neigen dann jedoch zu geringeren Höhen und extremer Verzweigung (VENTURIERI 1993). Entsprechend seiner Herkunft wächst *T. grandiflorum* hauptsächlich in Gebieten mit relativen Luftfeuchten von 77–88 %. Der Niederschlag sollte, bei mittleren Temperaturen zwischen 24 und 28 °C, mindestens 1000 mm betragen (FAO 1986). Auf Trockenheit reagieren sowohl Samen als auch Pflanze extrem empfindlich. Kurze Überschwemmungsperioden machen der Pflanze nichts aus, wodurch auch ein Anbau auf Varzea-Standorten möglich ist. Auf länger andauernde Staunässe reagiert die Pflanze jedoch empfindlich (VENTURIERI 1993).

Als Böden bevorzugt *T. grandiflorum* reichen, sandigen Ton sowie lehmigen, gut dränierten Böden. Nach VENTURIERI (1993) stellt der Cupuaçu-Baum hohe Ansprüche an das Bodengefüge. Dem-

zufolge entwickelt sich *T. grandiflorum* auf tonreichen Latosolen (bzw. Ferralsolen) nur bei hohen Humusgehalten zufriedenstellend. Anders als ihre nahe Verwandte *T. cacao* gedeiht sie aber auch ohne Kalkung gut auf sauren amazonischen Oxisolen, was als ein Indiz für ihre Toleranz gegenüber Aluminium-Toxizität betrachtet wird. Ökonomisch rentable Erträge können jedoch auf den nährstoffarmen, amazonischen Böden nur mit Düngung erzielt werden (MORAES & al. 1994).

Auf ihren natürlichen Standorten kommt *T. grandiflorum* nicht in Regionen über 400 m vor, was jedoch nicht zwangsläufig eine Wachstums-grenze in diesen Höhen bedeutet, wie ertragreiche Pflanzungen in 600 m Höhe bei Turrialba, Costa-rica, zeigen.

Wirtschaftliche Bedeutung: Kultiviert wird *Theobroma grandiflorum* hauptsächlich wegen seiner

wohlschmeckenden, leicht säuerlichen Pulpe, die vor allem in der lokalen Küche vielfache Verwendung findet und zunehmend industriell als Aromalieferant v. a. in Marmeladen, Likören, Joghurts, Eiscremes und anderen Milcherzeugnissen eingesetzt wird. Dieses Fruchtfleisch enthält mit 23 mg pro 100 g einen relativ hohen Anteil an Vitamin C. Der Pektingehalt, der zwischen 390 und 850 mg pro 100 g liegt, entspricht ungefähr dem von Äpfeln (709 mg pro 100 g) und wird industriell für die Produktion dieser kohlenhydrat-ähnlichen Substanz genutzt (VENTURIERI 1993).

Die Samen enthalten neben 15 % Stärke und 15 % Proteinen einen hohen Anteil an weißem Fett (48 %), das dem der Kakaobutter ähnelt. Es dient den Einheimischen vor allem zur Herstellung schokoladenartiger Produkte, deren geringe Aromaqualität jedoch einer erfolgreichen Vermarktung im Wege steht. Nach REISDORFF (2003) liegt der Grund hierfür nicht in einem mangelnden Aromapotentiale, da die Kotyledonen alle biochemischen Komponenten für die Bildung von Kaka-Aroma enthalten. Vielmehr sind die bislang angewendeten Fermentationstechniken zur Herstellung schokoladenartiger Produkte aus Cupuaçu-Samen noch nicht hinreichend auf die spezifischen morphologischen und biochemischen Eigenschaften dieser Spezies abgestimmt, um eine verlässlich gute Produktqualität zu gewährleisten. Die gegenüber Kakao weichere Konsistenz des Cupuaçu-Fettes kann teilweise auf den hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, z. B. Öl- und Linolsäure, zurückgeführt werden. In ortsansässigen Industrien wird das Fett von *T. grandiflorum* vor allem für die Produktion von Pulverschokolade und zum Herstellen von Margarine verwendet. Vereinzelt wird es auch in der Kosmetikindustrie für die Produktion von Hautcreme eingesetzt (VENTURIERI 1993).

Das Perikarp der Cupuaçufrucht hat aufgrund seiner hohen Mineralelementgehalte in einigen Gebieten bereits große Bedeutung als organischer Dünger (SILVA & SILVA 1986) erlangt.

Der erste Fruchtansatz zeigt sich meist zwischen dem 2. und 3. Jahr, kommerzielle Erträge sind jedoch erst zum Ende des 4. oder zu Beginn des 5. Jahres zu erwarten. In der Regel kann ein Baum 20–30 Jahre Erträge liefern. Mit 0,5 % ist der Ertrag der Früchte aus den Blüten jedoch meist sehr gering. Pro Baum und Jahr entwickeln sich aus 3500 Blüten lediglich 15–20 Früchte.

Hier könnte mit Handbestäubung evt. ein besserer Fruchtansatz erzielt werden (RIBEIRO 1990). In 6- bis 8jährigen Beständen können bis zu 7000 Früchte pro ha und Jahr geerntet werden. Bei einem mittleren Fruchtgewicht zwischen 1 und 1,5 kg, und davon 30 % Pulpe und 20 % Samen, erhält man eine Produktion von 2 t Pulpe und 1,5 t Samen pro ha. In Abhängigkeit vom Klima gibt es 2 Erntezeiten pro Jahr, eine Haupternte in den Monaten Februar bis Juni und eine kürzere von Oktober bis November.

Das große wirtschaftliche Potential dieser Pflanzenart zeigte sich im Jahre 2002, als die japanische Firma Asahi Foods and Company nicht nur beim europäischen Amt, sondern gleichzeitig beim WIPO (Weltorganisation für geistiges Eigentum) für insgesamt 114 Länder (Brasilien eingeschlossen) ein Patent für die Herstellung von „Cupulate“ beantragte. Sie hatte bereits 1999 den indianischen Namen Cupuaçu als Marke für sich registrieren lassen. Erst aufgrund brasilianischer NGOs traf das japanische Patentamt im März 2004 die Entscheidung, die Marke Cupuaçu in Japan zu annullieren.

Eignung für den Plantagenanbau: Ein großes Problem in der Kulturführung von *T. grandiflorum* ist, wie bei ihrer Artverwandten *T. cacao*, ihre Anfälligkeit gegenüber Pflanzenpathogenen, wie dem von Spinnmilben übertragenen Erreger der Hexenbesenkrankheit *Crinipellis perniciosa* (STAHEL) SINGER sowie dem Erreger der Welkekrankheit *Lasiodiplodia theobromae* (PATOULLARD) GRIFFON & MAUBLANC (LIMA & al. 1991). Laut REISDORFF (2003) ist die Ausbreitung dieser Krankheiten, die sich durch Schnitt und Verbrennen der befallenen Äste und Zweige erfolgreich bekämpfen lassen, in Mischkulturen mit Nichtwirtspflanzen deutlich verzögert.

Das oftmals beobachtete deutlich bessere Wachstum der Spezies in Mischkulturen gegenüber Monokulturen (SCHMIDT 1996) ist wohl hauptsächlich auf die in dieser Kultivierungsform höhere Beschattungsrate der jungen *Theobroma*-Pflanzen zurückzuführen. REISDORFF (2003), der verschiedene Systeme mit *Theobroma*-Pflanzen untersuchte, stellte deutliche Abstufungen von dem System mit intensiver Nutzung des Zwischenraumes zwischen den Bäumen (durch Pflanzung von *Carica papaya*) zu den offeneren Agroforstsystemen und schließlich zu der *T.-grandiflorum*-Monokultur, in der die Pflanzen am schlechtesten entwickelt waren, fest.

Aufgrund ihrer Anpassung an die pedoklimatischen Bedingungen Amazoniens sowie angesichts des „exzellenten ökonomischen Potentials“ ist der Cupuaçu-Pflanze aus ökologischer wie ökonomischer Sicht eine Schlüsselstellung bei der Entwicklung nachhaltiger Nutzungssysteme in Amazonien beizumessen (FAO 1986).

4 Schlussbetrachtung

Das in den letzten Jahren erschreckend hohe Ausmaß vernichteter Primärwaldflächen im brasilianischem Amazonasgebiet geht zum Großteil auf die landwirtschaftlichen Aktivitäten von Siedlern zurück, die mit den verschiedenen Migrationswellen der letzten 40 Jahre aus den wirtschaftlichen Krisenregionen Brasiliens ins Amazonasgebiet kamen. Als Folge noch heute unadäquater Landnutzung und damit verbundener hoher Ressourcenverluste aus dem Boden, gefolgt von rascher Degradation der Anbauflächen, werden weiterhin Waldflächen gerodet, um Produktionsausfälle auszugleichen. Die in den letzten Jahren ansteigende Anzahl an vernichteter Primärwaldfläche zeigt, dass die Errichtung stabiler und langfristig nutzbarer Pflanzsysteme in dieser Region unabdingbar ist. Nach REISDORFF (2003) gehen 30–60 % der jährlichen Rodungen auf die landwirtschaftlichen Aktivitäten von Kleinbauern zurück, das heißt es müssen solche Systeme erstellt werden, die den Lebensformen dieser Bevölkerungsgruppe entsprechen. Die von Großproduzenten oft gebräuchlichen Monokulturen meist perennierender Nutzpflanzen kommen hierfür nicht in Frage. Wie eine hohe Anzahl an Arbeiten zeigt, ist diese Form der Nutzung aufgrund der pedoklimatischen Bedingungen Amazoniens sowie des hohen Pathogendruckes ungeeignet für eine stabile langfristig nutzbare Landwirtschaft in dieser Region. Für den Kleinbauern sollten Systeme empfohlen werden, in denen verschiedene annuelle Pflanzenarten mit perennierenden Spezies in der Art und Weise kombiniert werden, dass sie bereits relativ schnell nach Beginn einer Pflanzung essbare oder anderweitig verwertbare Produkte („Non-Timber-Forest-Products“) abwerfen. Hierbei sollten vor allem solche Pflanzen genutzt werden, die an die dortigen Standortverhältnisse angepasst sind, da von ihnen zum einen ein stabileres Wachstum und

somit insgesamt eine höhere Produktion erwartet werden kann und sie zudem leichter auf den lokalen Märkten angeboten werden können. Im Einzelfall kann jedoch durchaus zum Nutzen anderer Kulturen auf Exoten zurückgegriffen werden.

Bei den vorgestellten Arten handelt es sich fast ausschließlich um solche, die aus der Amazonasregion stammen und dementsprechend an die dortigen Verhältnisse adaptiert sind. Da es sich bei den beschriebenen Arten zudem um durchweg perenne Pflanzen handelt, sind sie erst nach ein paar Jahren nutzbar, frühestens wie *Bactris gasipaes* und *Bixa orellana* bereits nach 2 Jahren. Die meisten der Arten können vielfältig genutzt werden. Extrembeispiele für eine hohe Anzahl an Nutzungsmöglichkeiten stellen die Palmenarten *Bactris gasipaes* und *Cocos nucifera* („Multi-purpose trees“) dar. Überlegt werden muss, inwieweit und in welcher Anzahl für den Kleinbauern das Einbringen von Nutzhölzern interessant ist, da es sich um Pflanzen handelt, deren Holz erst nach einem längeren Zeitraum geerntet werden kann. Wichtig ist hierfür, den Kleinbauern deutlich zu machen, dass diese Form der Produktion oft sehr ertragreich ist, zumal oft auch andere Pflanzenteile dieser Spezies nutzbar bzw. teilweise für Absatzmärkte sogar noch interessanter sind (z. B. *Bertholletia excelsa*, *Carapa guianensis*). Daneben können diese Arten je nach Kronenaufbau auch als Schattenbaumarten für andere Kulturen genutzt werden. Schwieriger ist hingegen für den Kleinbauern die Anwendung von *Bixa orellana* und *Schizolobium amazonicum* innerhalb solcher Systeme, da beide Pflanzen im Grunde nur bei hohen Produktionen Absatzmärkte finden. Da *B. orellana* eine sehr produktive Pflanze bei gleichzeitig sehr niedrigen Ansprüchen ist, sollte hier ein Anbau dieser sehr kostengünstigen Pflanze von einem entsprechend nahen Absatzmarkt abhängig gemacht werden. Bei *Schizolobium* ist hingegen zu überlegen, ob sie in Systemen für Kleinbauern sinnvoll ist, oder sich nicht vielmehr für die Wiederaufforstung degradierter Flächen eignet, in denen das schnelle Wachstum dieser Pflanzenart als sehr positiv eingestuft wird. Diese Art der Nutzung, wie auch die Anreicherung von Sekundärwaldbeständen, ist eine Form, die immer mehr an Bedeutung gewinnen wird und vor allem in Südbrasilien schon weitreichend angewendet wird. Hiefür eignen sich neben den schnellwüchsigen Arten wie *Schi-*

zobium auch Baumarten, die den Qualitätsholzarten zugeordnet werden (*Cedrela odorata*). Wie die Eindämmung des *Hypsipyla*-Befalles bei *Swietenia macrophylla* zeigte, kann in diesen Fällen die Sekundärvegetation durchaus positive Effekte aufweisen. Bei der Pflanzung muss jedoch im besonderen Maße auf die ökophysiologischen Ansprüche der Pflanzen geachtet werden, wie im Fall von *Swietenia* auf das Lichtbedürfnis im Jugendstadium der Pflanzen. Dies ist jedoch auch für den Aufbau von Mischkultursystemen ein wichtiger Aspekt.

Die meisten der beschriebenen Arten verfügen über ein sehr hohes Nutzungspotential, was beispielsweise das internationale Interesse an *Theobroma grandiflorum* zeigt, und sollten in verstärktem Maße in Systemen für kleinbäuerliche Betriebe Anwendung finden. Bei entsprechender Kulturführung ermöglichen sie dem Kleinbauern nicht nur dauerhafte, über das Jahr verteilte Ernteerträge, sondern führen bei entsprechender Handhabung zu einem zusätzlichen Einkommen. Dies setzt jedoch eine Aufklärung der Bauern insbesondere über den Einsatz von Pflanzenarten und Düngern sowie über andere notwendige Kulturmaßnahmen, z. B. geeignete Pflanzabstände, voraus. Insbesondere ist es jedoch dringend notwendig, für eine deutliche Verbesserung der Infrastruktur zu sorgen, die dem Kleinbauern schnellere Transportwege zu den Absatzmärkten in diesen Gebieten ermöglichen.

Danksagung

Das SHIFT-Projekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) sowie das „Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico“ (CNPq) in Brasilien finanziert. Die Abbildungen 3a und 4a wurden von Frau Dr. G. NOLDT aufgenommen.

Literatur

BÄRTELS, A. 1989: Farbatlas Tropenpflanzen, Zier- und Nutzpflanzen. – Stuttgart (Ulmer).
 BAUCH, J., DÜNISCH, O., & GASPAROTTO, L., (Eds.) 1999: Investigations on tree species suitable for the recultivation of degraded land áreas in Central Amazônia. – BFH-Mittg. 193, 1389 S. Hamburg (Verlag M. Wiedebusch).
 CLEMENT, C.R., 1989: The potential use of the peji-

baye palm in agroforestry systems. – Agrofor. Syst. 7:201–212.
 CLEMENT, C.R., 1991: Pupunha, uma árvore domesticada. – Ciência Hoje 5:66–73.
 CLEMENT, C.R., & HABTE, M., 1995: Genotypic variation in vesicular-arbuscular mycorrhizal dependence of the Pejibaye palm. – Journ. Plant Nutrition 18:1907–1916.
 CLEMENT, C.R., & MORA-URPÍ, J.E., 1987: Pejibaye palm (*Bactris gasipaes*, *Arecaceae*): Multiuse potential for the lowland humid tropics. – Economic Botany 41:302–311.
 CLEMENT, C.R., & ARKCOLL, D.B., 1991: The pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K., *Palmae*) as an oil crop: potential and breeding strategy. – Oléagineux 46(7):293–299.
 DEENIK, J., ARES, A., & YOST, R.S., 2000: Fertilization response and nutrient diagnosis in peach palm (*Bactris gasipaes*): a review. – Nutrient Cycling in Agroecosystems 56:195–207.
 DE MAYOLO, A., 1989: Peruvian dye plants. – Economic Botany 43:186.
 DINIZ, T.D.A.S., & BASTOS, T.X., 1974: Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanha do Brasil. – Boletim Técnico do IPEAN 64:59–71.
 DÜNISCH, O., BAUCH, J., & SCHWARZ, T., 1999: Supply of *Swietenia macrophylla* KING and *Carapa guianensis* AUBL. with K, Ca and Mg in three plantation systems. – BFH-Mittg. 193:79–96.
 EMMERICH, S., 2002: Die Feinwurzelsysteme von vier tropischen Nutzbäumen, ihre Nährstoffaufnahme und ihre Interaktionen in einer agroforstlichen Mischkultur in Zentral-Amazonien. – Dissertation, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 179 S.
 FAO 1986: Food and Fruit-bearing Forest Species. 3. Examples from Latin America. – FAO Forestry Paper 44(3). 308 S.
 FEARNSIDE, P.M., 1993: Forests or fields? A response to the theory that tropical forest conservation poses a threat to the poor. – Land Use Policy 10:108–121.
 FRANKE, W., 1985: Nutzpflanzenkunde. Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen. 3. Aufl. – Stuttgart (Thieme).
 GARCIA, M., 2004: Effects of pesticides on soil fauna: Development of ecotoxicological test methods for tropical regions. In: DENICH, M., MARTIUS, C., & VAN DE GIESEN, N., (Hrsg.): Ecology and Development Series 19. Göttingen (Cuvillier Verlag). 281 S.
 IDZACK, E., 1994: Development of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (VAMF) in the experimental area of the SHIFT-project. – In: Rekultivierung degradierter, brachliegender Monokulturfleichen in ausgewogene Mischkulturfleichen unter besonderer Berücksichtigung bodenbiologischer Faktoren, SHIFT-Jahresbericht 1994, EMBRAPA/CPAA. Universität Hamburg, Institut für Angewandte Botanik. S. 1–12.

- INPE 2000: Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Monitoring of the Brazilian Amazon forest by satellite. Relatório 1999–2000, Maio 2000. – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Ministério da Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, SP, Brasil. 22 S.
- KAINER, K.A., DURYEA, M.L., MACÊDO, D.E., & WILLIAMS, K., 1998: Brazil nut seedling establishment and autecology in extractive reserves of Acre, Brazil. – *Ecological Applications* 8:397–410.
- LEHMANN, J., DA SILVA, J.R., SCHROTH, G., GEBAUER, G., & DA SILVA, L.F., 2000: Nitrogen use in mixed tree plantations with a legume cover crop. – *Plant and Soil* 225:63–72.
- LEHMANN, J., DA SILVA CRAVO, M., DE MACEDO, J.L.V., MOREIRA, A., & SCHROTH, G., 2001a: Phosphorus management for perennial crops in central Amazonian upland soils. – *Plant and Soil* 237:309–319.
- LEHMANN, J., MURAOKA, T., & ZECH, W., 2001b: Root activity patterns in an Amazonian agroforest with fruit trees determined by ^{32}P , ^{33}P and ^{15}N applications. – *Agroforestry Systems* 52:185–197.
- LIEBEREI, R., BIANCHI, H., BOEHM, V., & REISDORFF, C., 2002: Neotropical Ecosystems. – Proceedings of the German-Brazilian Workshop Hamburg, 2000. BMBF, 464 S.
- LIMA, M.I.P.M., CLARET DE SOUZA, A.D.G., GASPARETTO, L., & GUIMARES, R.R., 1991: Morte progressiva do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). – *Fitopatologia Brasileira* 16(2):36.
- LÖSCH, R., 2001: Wasserhaushalt der Pflanzen. – Wiebelsheim (Quelle und Meyer).
- LÖTSCHERT, W., 1985: Palmen. Botanik, Kultur, Nutzung. – Stuttgart (Ulmer).
- LÖTSCHERT, W., & BEESE, G., 1984: Pflanzen der Tropen. 323 Zier- und Nutzpflanzen. – München etc. (BLV Verlagsgesellschaft).
- LORENZI, H., DE SOUZA, H.M., DE MEDEIROS COSTA, J. T., COELHO DE CERQUEIRA, L.S., & FERREIRA, E., 2004: Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas. – Instituto Plantarum de estudos da Flora LTDA. 416 S.
- LOUREIRO, A.A., SILVA, M.F., & ALENCAR, J.C., 1979: Essências madeireiras da Amazônia. II. – Manaus (INPA/SUFRAMA). 245 S.
- MAINIEIRI, C., & CHIMELO, J.P., 1989: Fichas de características das madeiras brasileiras. – São Paulo (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). 418 S.
- MARTIUS, C., HÖFER, H., GARCIA, M.V.B., RÖMBKE, J., & HANAGARTH, W., 2004: Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in Central Amazonia. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68:137–154.
- MERCADANTE, A.Z., & PFANDER, H., 1998: Carotenoids from annatto: a review. – *Recent Research Developments in Agriculture and Food Chemistry* 2:79–91.
- MORAES, V.H. DE F., MÜLLER, C.H., SOUZA, A.G.C. DE, & ANTÔNIO, I.C., 1994: Native fruit species of economic potential from the Brazilian Amazon. – *Angewandte Botanik* 68:47–52.
- MÜLLER, C.H., 1981: Castanha do Brasil, estudos agronômicos. – CPATU-EMBRAPA, Belém, Documentos 1:1–25.
- MYERS, N., 1991: Tropical deforestation: The latest situation. – *Biotropica* 41:282.
- NOLDT, G., BAUCH, J., KOCH, G., & SCHMITT, U., 2001: Die Feinwurzelstruktur von *Carapa guianensis* AUBL. und *Swietenia macrophylla* KIND und ihre Anpassung an die Trockenzeit in Zentralamazonien. – *Journal of Applied Botany* 75:152–158.
- NURMINEN, T., 1994: Nutzung des Holzes der Peji-baye-Palme (*Bactris gasipaes* H.B.K.). – Diplomarbeit am Fachbereich Biologie der Universität Hamburg. 151 S.
- PATIÑO, V.M., 1963: Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. I. – Cali, Colômbia (Imp. Dep.).
- REHM, S., & ESPIG, G., 1984: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen, Anbau, wirtschaftliche Bedeutung, Verwertung. 2. Aufl. – Stuttgart (Ulmer).
- REISDORFF, C., 2003: Stabilität von Agroforstsystemen in Zentral-Amazonien. Produktionsökologische und physiologische Studien an der Nutzpflanze *Theobroma grandiflorum* (WILLD. ex SPRENG.) SCHUM. – Dissertation, Universität Hamburg. 183 S.
- RIBEIRO, C.C., 1990: Influência da homogeneização, através de homogeneizador de pressão, sobre algumas características do néctar de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* SCHUM.). – Tese de Mestrado, Escola Politécnica da USP, São Paulo. 82 S.
- RIBEIRO DE NAZARÉ, R.F., BARBOSA, W.C., & VIEGAS, R.M.F., 1990: Processamento das sementes de Cupuaçu para a obtenção de cupulate. – EMBRAPA-CPATU, Belém, Boletim de Pesquisa 108:1–38.
- RODRIGUES, M.R.L., 1998: Disponibilidade de micronutrientes em solos da Amazônia. – Dissertation, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 156 S.
- ROSENGARTEN, F. JR., 1984: The Book of Edible Nuts. – New York (Walker & Co.).
- RUIZ, P.O., 1993: El rol de las micorrizas en pijuayo (*Bactris gasipaes* H.B.K.). – In: IV Congreso internacional sobre biología, agronomía e industrialización del Pijuayo, Noviembre 1991, Iquitos, Perú. Editores: J. MORA URPI, L.T. SZOTT, M. MURILLO, V.M. PATIÑO. Editorial de la Universidad de Costa Rica. S. 127–134.
- SCHMIDT, P., 1996: Biomasseproduktion und Mineral-elementversorgung ausgewählter tropischer Nutzpflanzen im Amazonasgebiet Brasiliens. – Dissertation Universität Hamburg, Fachbereich Biologie. 304 S.

- SCHROTH, G., DA SILVA, L.F., SEIXAS, R., TEIXEIRA, W.G., MACEDO, J.L.V., & ZECH, W., 1999: Subsoil accumulation of mineral nitrogen under polyculture and monoculture plantations, fallow and primary forest in a ferrallitic Amazonian upland soil. – Agriculture, Ecosystems and Environment 75:109–120.
- SCHÜTT, P., WEISGERBER, H., SCHUCK, LANG, U.M., STIMM, B., & ROLOFF, A., 2004: Bäume der Tropen. – Hamburg (Nikol Verlagsgesellschaft).
- SILVA, S., & DONATO, H., 1991: Frutas do Brasil. – Empresa das Artes Projetos & Edições Artísticas Ltda. 166 S.
- SILVA, A.Q., & SILVA, H., 1986: Teores de nutrientes em cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Nota Técnica. – Anais Cong. Bras. frutic. 8:269–276.
- SMITH, N.J.H., WILLIAMS, J.T., PLUCKNETT, D.L., & TALBOT, J., 1992: Tropical forests and their crops. – Ithaca u. London (Cornell University Press).
- TEIXEIRA, W.G., 2001: Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey ferralsol in the Central Amazon. – Bayreuther Bodenkundl. Berichte 72. 255 S.
- VENTURIERI, G.A., 1993: Cupuaçu: A espécie, sua cultura, usos, e processamento. Com contribuições de B. RONCHITELES, I.D. KOSSMANN FERRAZ, M. LOURDE, N. HAMADA. – Clube do cupu, Belém. 108 S.
- ZECH, W., SCHROTH, G., CRAVO, M. DA S., TEIXEIRA, W.G., KAISER, K., & LEHMANN, J., 1998: Water and nutrient fluxes as indicators for the sustainability of different land-use systems on the terra firme near Manaus. – In: LIEBEREI, R., BIANCHI, H., & VOSS, K. (eds.): Proceedings of the Third SHIFT-Workshop, Manaus. 6 S.
- Autoren:
 PETRA SCHMIDT,
 Staatliches Museum für Naturkunde,
 Erbprinzenstr. 13,
 76133 Karlsruhe
- REINHARD LIEBEREI,
 Biozentrum Klein Flottbek,
 Abteilung Pflanzenökologie und
 Nutzpflanzenbiologie,
 Universität Hamburg,
 Ohnhorststr. 18,
 22609 Hamburg
- JOSEF BAUCH,
 Zentrum für Holzwirtschaft,
 Universität Hamburg, Leuschnerstr. 91,
 21031 Hamburg
- LUADIR GASPAROTTO,
 Embrapa Amazônia Ocidental,
 Caixa Postal 319,
 CEP 69011–970 Manaus,
 AM, Brasil.