

Bundeforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg

Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg

Arbeitsbericht

Des Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes

Nr. 2001/03

Mai 2001

Eigenschaften von Nipa- und Kokosfasern sowie Herstellung und Eigenschaften von Span- und MDF- Platten aus Nipa und Kokos

von

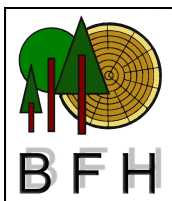
K. Kruse, A. Frühwald

Bundeforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft

und die

Ordinate für Holzbiologie,
Holztechnologie und Weltforstwirtschaft der

UNIVERSITÄT HAMBURG



E-Mail: KKruse@holz.uni-hamburg.de

Tel: 040 / 739 62-601

Fax: 040/ 739 62-480



BFH (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft)
Leuschnerstraße 91
21031 Hamburg

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere die des Abdruckes, der fotomechanischen Wiedergabe, der Eingabe in elektronische Systeme und der Übersetzung in fremde Sprachen.

Die im folgenden vorgestellten Untersuchungen wurden in den Jahren 1999 und 2000 am Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der BFH (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft) im Auftrag der Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH durchgeführt (GTZ PN 98.4203.0-244.80 und 98.4203.0-244.81).

Wir möchten an dieser Stelle folgenden Einrichtungen und Personen für ihre konstruktive Kooperation danken:

The BioComposites Centre

Dr. J. Hague

Bangor, Wales (UK)

Fa. Pallmann

Dipl.-Ing. H. Fried

Zweibrücken, Germany

Fa. Kahl

Reinbek, Germany

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung, Methoden, Material, bisherige Erfahrungen	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Methoden	1
1.3	Material.....	1
1.4	Bisherige Erfahrungen mit Nipa- und Kokosfasern für die Plattenherstellung	2
2	Charakterisierung des Probenmaterials	2
2.1	Anlieferungsfeuchte.....	3
2.2	Aschegehalt.....	4
2.3	SiO ₂ (Silizium-Dioxid)-Gehalt.....	5
2.4	Salzgehalt.....	6
2.5	pH-Wert.....	8
2.6	Pufferkapazität	8
2.7	Siebanalysen.....	9
2.8	Feuchteaufnahmegeschwindigkeit von Kokosfasern	9
2.9	Abschließende Bewertung der grundlegenden physikalischen und chemischen Materialeigenschaften.....	10
3	Herstellung von Spanplatten aus Nipa	12
3.1	Vorbereitung der Rispen.....	12
3.2	Herstellung der Hackschnitzel	12
3.3	Spanherstellung	13
3.4	Optimale Maschinenkonfiguration zur Spanaufbereitung	14
3.5	Plattenherstellung.....	14
3.5.1	Beleimung	15
3.5.2	Mattenformung	15
3.5.3	Pressen	16
3.6	Platteneigenschaften	16
3.6.1	Mechanische Eigenschaften.....	17
3.6.2	Eigenschaften gegenüber Feuchte	18

4	Verarbeitung von Kokosfasern und Kokosstaub zu Spänen für Platten	20
4.1	Material und Methoden	20
4.2	Ergebnisse und Schlußfolgerungen	20
5	Herstellung von MDF-Platten aus Nipa	22
5.1	Vorbereitung der Nipa-Rispen	22
5.2	Herstellung der MDF-Platten	22
5.2.1	Faserherstellung und Trocknung	22
5.2.2	Ergebnisse der Faserherstellung aus Nipa	22
5.2.3	Mattenformung und Pressen	23
5.3	Platteneigenschaften	25
5.3.1	Mechanisch-technologische Platteneigenschaften.....	25
5.3.2	Eigenschaften gegenüber Feuchte	27
6	Herstellung von MDF-Platten aus Kokos	29
6.1	Vorbereitung der Kokosfasern	29
6.2	Faser- und Plattenherstellung	29
6.3	Platteneigenschaften	29
7	Vergleich der Eigenschaften von Span- und MDF-Platten aus Nipa.....	31
7.1	Mechanische Eigenschaften	31
7.2	Verhalten gegenüber Feuchte	32
8	Schlußfolgerungen für die Herstellung und Verwendung von Span- und MDF-Platten aus Nipa und Kokos.....	35
8.1	Nipa.....	35
8.2	Kokos	37
9	Zusammenfassung.....	38
10	Literatur.....	40
11	Annex.....	41

1 Aufgabenstellung, Methoden, Material, bisherige Erfahrungen

1.1 Aufgabenstellung

Das Projekt „Nutzung von Nipa- und Kokosfasern in Vietnam“ (Kurztitel) beschäftigt sich mit Aufkommen, Ernte, Verwertung und Marktaspekten von Non-Forest-Fasern bzw. Holz in Vietnam. Die Gründe, weshalb dieser potentielle Rohstoffbereich für Vietnam wichtig ist bzw. sein kann, sind ausführlich bei Fink (1999a, 1999b) dargestellt. Wie die Voruntersuchungen gezeigt haben, wird den Nipa-Palm-Rispen und den Fasern der Kokosnuß ein erhebliches Aufkommenspotential zugemessen. Fink zeigt dies im Detail, einschließlich der möglichen Bereitstellungsorganisation und der Kosten für eine industrielle Verwertung. Wie in den vorhergehenden Studien dargestellt ist, besteht in Vietnam ein wachsender Bedarf an plattenförmigen Materialien (z.B. Spanplatten, mitteldichte Faserplatten) für den Möbel-, Innenausbau- und generellen Baubereich.

Die nachfolgend beschriebene Studie sollte daher prüfen, ob aus dem Material von Nipa und Kokos Span- und Faserplatten hergestellt werden können, welche Verfahrensparameter dafür notwendig sind, welche Platteneigenschaften sich ergeben und wie und wo die Platten verwendet werden könnten.

1.2 Methoden

Dazu waren folgende Untersuchungsschritte erforderlich:

- Evaluierung der Erfahrungen in der Literatur
- Beschaffung von Untersuchungsmaterial
- Charakterisierung des Untersuchungsmaterials auf seine für die Verwertung grundlegenden Materialeigenschaften
- Herstellung und Prüfung von Span- und mitteldichten Faserplatten
- Bewertung der Platteneigenschaften und Ableitung von Hinweisen für eine mögliche Verwendung

Die Untersuchungsmethoden sind detailliert in den jeweiligen Sachkapiteln beschrieben.

1.3 Material

Zusammen mit der Firma Applicatio wurde ein Beschaffungsplan für das Untersuchungsmaterial erstellt. Applicatio hat das Material in Vietnam beschafft und getrocknet, um für den Transport geeignet zu sein, und nach Deutschland verschifft.

Nipa: Um die mögliche Variation zwischen verschiedenen Standorten (Wuchsbedingungen, Bodenbedingungen) zu erfassen, wurde aus der Provinz Ben Tre Material von vier Standorten in den Distrikten

TP = Than Phu MC = Mo Cay

GT = Giong Trom BD = Binh Dai

beschafft und untersucht (je ca. 1000 kg Frischgewicht je Distrikt). Geliefert wurden die Rispen der Blätter, wobei die Rispen in Einzelstücke von ca. 1,20 m Länge geteilt wurden. Anhand der Durchmesser konnte die Lage innerhalb eines Wedels lokalisiert werden. Details dazu sind bei Kastler (1999) beschrieben. Das Material war luftvorgetrocknet, um beim Containertransport nicht zu verschimmeln.

Kokos: Beschafft wurden:

- a) Kokosfasern (Länge meist größer 100 mm), wobei Fasern relativ lose in Säcken (um Brechen zu vermeiden) mit einer Dichte von 50 - 100 kg/m³ und in Ballen gepreßt (Dichte 100 - 200 kg/m³) vorlagen.
- b) Kokosstaub (Siebmaterial aus der Fasergewinnung), wobei im Staub auch kurze Fasern (überwiegend bis ca. 10 mm) enthalten waren. Staub wurde lose in Säcken und in Ballen gepreßt geliefert. Kokosfasern sind durch die Aufarbeitung relativ trocken, so daß keine besondere Trocknung in Vietnam vorgenommen wurde.

1.4 Bisherige Erfahrungen mit Nipa- und Kokosfasern für die Plattenherstellung

a) Literatur

In der Literatur waren keine spezifischen Arbeiten über die Eignung von Nipa- oder Kokosfasern für die Plattenherstellung zu finden.

Es gibt ausführliche Literatur zur Plattenherstellung aus Ölpalm-Rispen (vgl. Choon et al. 1991). Daraus ist abzuleiten, daß die Aufarbeitung des Materials Nipa-Rispen besondere Probleme bereiten kann. Ölpalm-Rispen bestehen (wie die Rispen anderer Palmen) zu einem erheblichen Volumenanteil aus Parenchym, das sich aufgrund seiner Zellgeometrie und -eigenschaften nicht für die Plattenherstellung eignet. Insofern konnte dies auch für Nipa erwartet werden. Zum anderen finden sich bei Palmen generell sehr harte Leitbündel (oftmals in Verbindung mit einem hohen Aschegehalt) die sowohl im mechanischen als auch im thermo-mechanischen Prozeß schwierig aufzuarbeiten sind. Dies wird für Ölpalme bei Hassan et al. (1991) und Jalil et al. (1991) beschrieben.

b) Sonstige Erfahrungen

Für Kokosfasern liegen bei einem namhaften Anlagenhersteller Erfahrungen aus einer Laboruntersuchung zur Herstellung von Spanplatten vor. Die Materialausbeute erwies sich wegen des hohen Staubanteiles bzw. -anfalls während der Aufbereitung als relativ gering, die Kürzung der Fasern möglichst in einheitliche Kurzlängen bereitete nicht unerhebliche Probleme, die erzielten Platteneigenschaften (bei relativ hohen Klebstoffanteilen) lagen zwischen 50 % und 80 % von „normalen Holzspanplatten“.

Für Nipa sind bisher keine Industrierversuche bekannt geworden.

2 Charakterisierung des Probenmaterials

Um grundsätzliche Hinweise auf Eignung, Aufarbeitung des Materials, Prozeßparameter der Plattenherstellung und Platteneigenschaften ableiten zu können, müssen einige grundlegende Materialeigenschaften bekannt sein. Untersucht wurde im einzelnen (in Klammern ist dargestellt, für welche Verfahrensschritte diese Eigenschaften wichtig sind):

- a) Anlieferungsfeuchte (wichtig für Aufarbeitung)
- b) Aschegehalt (Aufarbeitung, Verklebung, Bearbeitung der Platten)
- c) SiO₂-Gehalt (Aufarbeitung, Bearbeitung der Platten)
- d) Salzgehalt (Verklebung, thermische Verwertung)
- e) pH-Wert (Verklebung)
- f) Pufferkapazität (Verklebung)

- g) Siebanalysen (Ausbeute Material, Verklebung)
h) Feuchteaufnahmegeschwindigkeit (Aufbereitung) - nur Kokos

2.1 Anlieferungsfeuchte

Methode: Darrverfahren nach DIN 52 183

Ergebnisse

a) Nipa

Bestimmt wurde die Feuchte an je 20 zufällig ausgewählten Proben je Herkunft. Die Ergebnisse sind wie folgt:

Herkunft	Feuchte Mittelwert [%]	Var.koeffizient [%]
TP	21,8	19
MC	16,4	12
GT	20,2	25
BD	19,4	28

Tabelle 1: Anlieferungsfeuchte (in Hamburg) von Nipa-Rispen

Trotz der Unterschiede in der mittleren Feuchte ist nicht wahrscheinlich, daß sich die Gleichgewichtsfeuchte des Materials verschiedener Standorte systematisch unterscheidet.

b) Kokos

Bestimmt wurde die Feuchte an insgesamt 30 Proben der Sortimente Fasern/Staub, gepreßt und lose.

Material	Feuchte Mittelwert [%]	Var.koeffizient [%]
Faser lose	14,8	7
Faser gepreßt	16,7	8
Staub lose	32,5	12
Staub gepreßt	31,6	18

Tabelle 2: Anlieferungsfeuchte (in Hamburg) von Kokosfasern und -staub

Die hohe Feuchte des Staubes ist vermutlich dadurch bedingt, daß er unmittelbar nach Anfall (Aufarbeitung der Nuß, Absieben) in Kunststoffsäcke bzw. Ballen verpackt wurde, während die Fasern während der Lagerung vor dem Verpacken weiter trocknen konnten.

2.2 Aschegehalt

Methode: Veraschung bei Temperaturen von über 550 °C im Muffelofen nach Darrvorgang bei 103 °C, Aschegehalt (in %) bezogen auf Trockengewicht

Ergebnisse

a) Nipa

Bestimmt wurde der Aschegehalt an den insgesamt 80 Feuchteproben (je 20 pro Herkunft).

Herkunft	Aschegehalt Mittelwert [%]	Var.koeffizient [%]
TP	8,9	13
MC	8,5	22
GT	8,6	16
BD	11,8	15

Tabelle 3: Aschegehalt von Nipa-Rispen

Der Aschegehalt von Nipa ist, im Vergleich zu anderen Materialien (Holz, auch von Palmen), sehr hoch. Es muß weiter untersucht werden, um welche Aschebestandteile es sich handelt (SiO₂-, Salzuntersuchungen (s.a. Kap. 2.3 und 2.4)). Wahrscheinlich ist, daß sich der hohe Aschegehalt negativ auf die Verklebung, maschinelle Bearbeitung und thermische Verwertung auswirkt.

b) Kokos

Bestimmt wurde der Aschegehalt an den 30 Feuchteproben. Die Ergebnisse sind wie folgt:

Material	Aschegehalt Mittelwert [%]	Var.koeffizient [%]
Faser lose	0,86	16
Faser gepreßt	3,20	5
Staub lose	5,42	13
Staub gepreßt	5,92	15

Tabelle 4: Aschegehalt von Kokosfasern und -staub

Es liegen deutliche Unterschiede zwischen Fasern und Staub vor. Möglicherweise ist der Staub sehr verschmutzt, möglicherweise werden aber mineralische Bestandteile beim Aufarbeiten der Nuß bzw. der Fasern abgeschieden. Dies könnte auch ein Hinweis sein, daß die gepreßten Fasern mit höheren Staubanteilen einen deutlich höheren Aschegehalt als die losen Fasern aufweisen. Nicht erklärlich sind die Unterschiede zwischen Fasern gepreßt und Fasern lose. Auf die Ergebnisse zur SiO₂-Untersuchung wird verwiesen.

2.3 SiO₂(Silizium-Dioxid)-Gehalt

Methode: Bestimmung des Aschegehaltes, dann Asche zweimal mit HCl (Dichte 1,19 g/ml + Aqua dest., Mischung 1:1) vermengen und eindampfen. Nacheinander mit HCl und dest. Wasser verdünnen, Filtern und Waschen, Trocknen, im Ofen bei 550 °C glühen. SiO₂ als Rückstand (in %) bezogen auf trockenes Material.

Ergebnisse

a) Nipa

Bestimmt wurde der SiO₂-Gehalt an den 80 Feuchte-/Ascheproben. Die Ergebnisse sind wie folgt:

Herkunft	SiO ₂ -Gehalt Mittelwert [%]	Var.koeffizient [%]
TP	0,51	25
MC	0,41	30
GT	0,44	27
BD	0,67	28
fertige MDF-Platte	0,37	
-----	-----	
max. Wert	0,61	
min. Wert	0,17	

Tabelle 5: SiO₂-Gehalte von Nipa-Rispen und in fertigen MDF-Platten, hergestellt aus Nipa-Rispen

Im Vergleich zu den Aschegehalten sind die SiO₂-Gehalte niedrig. Tendenziell weist ein hoher Aschegehalt auch auf einen hohen SiO₂-Gehalt hin (Standort BD). Absolut gesehen sind die SiO₂-Gehalte hoch im Vergleich zu „normalen Holzarten“, wo selten Werte > 0,1 % vorkommen. Das bedeutet, daß die spangebende Bearbeitung (Sägen, Profilieren, Bohren der Platten) besondere Werkzeuge (Hartmetall, Keramik) erfordert.

Offen bleibt die Frage, welche anorganischen Bestandteile den hohen Aschegehalt verursachen (siehe auch 2.4 Salzgehalt).

b) Kokos

Bestimmt wurde der SiO_2 -Gehalt an den 30 Feuchte-/Ascheproben. Die Ergebnisse sind wie folgt:

Material	SiO_2 -Gehalt Mittelwert [%]	Var.koeffizient [%]
Fasern lose	0,55	9
Fasern gepreßt	0,31	80!!
Staub lose/gepreßt ¹⁾	1,71	11
¹⁾ max. Wert 2,62 %, min. Wert 1,42 %		

Tabelle 6: SiO_2 -Gehalte von Kokosfasern und –staub.

Die SiO_2 -Gehalte der Fasern liegen in der Größenordnung wie für Nipa. Dies hat entsprechende Auswirkung (siehe Abschnitt a) Nipa).

Die deutlich erhöhten Werte für Staub sprechen einerseits für Verschmutzungen des Staubes mit Erde/Sand, andererseits ist auch möglich, daß das SiO_2 im Staub tatsächlich aus der Kokosfaser stammt. **In jedem Fall ist der SiO_2 -Gehalt des Staubes für eine Verwertung als Plattenmaterial (Span- oder Faserplatten) zu hoch! Bei der MDF-Herstellung bleibt der SiO_2 -Gehalt in den Fasern erhalten und liegt in der Platte vor.**

2.4 Salzgehalt

Methode: Elementbestimmung (Natrium für NaCl, Kalium, Magnesium, Schwefel, Phosphor - siehe Anlage 3)

Ziel war die Bestimmung von Natrium, um den Gehalt an NaCl zu ermitteln. Es ist zu vermuten, daß der Gehalt an NaCl relativ hoch ist, da die Nipa-Palmen in Brackwasser (z.T. unterschiedlicher NaCl-Gehalt) wachsen.

In den folgenden Ergebnissen ist der Elementgehalt für Natrium auf NaCl (Salz) umgerechnet.

Ergebnisse

a) Nipa

Untersucht wurden 1) die Enden der Palm-Rispen und 2) das untere Ende der Rispen sowie 3) Mischproben verschiedener Rispen einer Herkunft - jeweils unteres Ende.

Herkunft	NaCl-Gehalte Mittelwerte [%]		
	Rispen oben Einzelwert	Rispen unten Einzelwert	Rispen unten Mischprobe
TP	3,5	4,6	4,6
MC	7,1	4,4	4,2
GT	4,7	7,1	7,8
BD	5,5	6,8	7,8

Tabelle 7: NaCl-Gehalte von Nipa-Rispen

Trotz unterschiedlicher Standorte unterscheiden sich die Salzgehalte nur geringfügig; die Absolutwerte sind jedoch hoch. Der Mittelwert beträgt 6,1%. Dabei sind gewisse Wirkungen auf die Klebstoffhärtung zu erwarten, die jedoch durch entsprechende Klebstoffeinstellung beherrschbar sind. Auffallend sind die hohen Kalium-Werte für den Standort TP, die z.T. auch als Salz vorliegen könnten.

b) Kokos

Material	NaCl-Gehalte [%]
Faser lose	0,07
Faser gepreßt	1,55
Staub lose	0,86
Staub gepreßt	1,45

Tabelle 8: NaCl-Gehalte (Mittelwert) von Kokosfasern und -staub

Die NaCl-Gehalte (Na^+ als NaCl bewertet) sind recht gering und spielen für die Verwertung von Kokosfasern und -staub keine Rolle.

c) Platten (MDF)

Wird der Na-Gehalt in fertigen Platten als NaCl bewertet, ergeben sich folgende NaCl-Gehalte (Mittelwert) in Platten (aus Nipa):

Plattentyp (Nummer)	NaCl-Gehalte [%]
Referenz (Fichte)	0,07
03	5,00
04	4,80
09	3,70
11	4,70

Tabelle 9: NaCl-Gehalte (Mittelwert) in MDF-Platten aus Nipa

Der Mittelwert der NaCl-Werte beträgt 4,5%. Damit liegen die Platten-NaCl-Werte um ca. 25% niedriger als die der Nipa-Rispen. Das bedeutet, daß das NaCl durch den Refinerprozeß zu einem Teil aus dem Faserstoff herausgelöst wird (und in das Quetschwasser übergeht). Dies war zumindest für das Cl⁻ zu erwarten. Vor einer industriellen Produktionsaufnahme sollte noch geklärt werden, ob das Na⁺ wirklich überwiegend als NaCl vorliegt und damit verklebungsrelevant sowie störend bei der Verbrennung wäre.

2.5 pH-Wert

Methode: Herstellung von Holzmehl in einer Schwingmühle Herzog SHM 100 P, ca. 10 g Mahlgut mit 150 ml aqua dest. 24 Stunden schütteln, dann pH-Elektrode 5 Minuten eintauchen (Magnetrührer), messen (Messungen in Mischphase).

Ergebnisse

a) Nipa und b) Kokos

Untersucht wurde für Nipa jeweils getrennt das obere und das untere Ende der Rispen („oben“, „unten“).

Herkunft/Material			pH-Wert	
			1. Versuchsreihe	2. Versuchsreihe
Nipa	TP	oben	5,5	6,1
		unten	5,5	6,1
	MC	oben	5,7	6,2
		unten	6,0	6,3
	GT	oben	5,6	6,5
		unten	6,4	6,4
	BD	oben	6,0	6,3
		unten	6,5	6,1
Kokos	Faser	lose	5,4	5,3
		gepreßt	5,0	5,9
	Staub	lose	4,4	5,5
		gepreßt	4,9	5,5

Tabelle 10: pH-Werte für Nipa-Rispen sowie für Kokosfasern und -staub

Die pH-Werte von Nipa und Kokos schwanken relativ gering und liegen in einer Größenordnung wie für „normales Holz“. Besondere Probleme mit der Verklebung sind bei Beurteilung des pH-Wertes nicht zu erwarten. Besondere Klebstoffmodifikationen erscheinen nicht erforderlich.

2.6 Pufferkapazität

Methode: Herstellung von Holzmehl und Versetzen mit aqua dest. sowie 24 Stunden Rühren wie unter 1.5. Dann Zusetzen der Pufferlösung und auf 1 g Holzmehl bewerten.

Die Pufferkapazität gibt an, wieviel Säure bzw. Alkali im Klebstoffhärter erforderlich ist, um das Klebstoff-/Holzsystem auf pH 3 (für Aminoplast-Klebstoffe) bzw. auf pH 8 (für Phenoplast-Klebstoffe) zu bringen. Die Pufferkapazität ist eine entscheidende Größe für die Klebstoffhärtung in Platten.

Ergebnisse

1) Nipa und b) Kokos

Untersucht wurde für Nipa jeweils getrennt das obere und untere Ende der Rispen („oben“, „unten“).

Herkunft/Material			Pufferkapazität (pH gemessen mit Schott-Elektrode)	
			Nach pH 3 [mg/g]	nach pH 8 [mg/g]
Nipa	TP	oben	0,3	2,8
		unten	0,4	2,2
	MC	oben	0,6	2,6
		unten	0,7	2,4
	GT	oben	0,4	2,8
		unten	0,7	2,3
	BD	oben	0,5	2,4
		unten	0,5	2,9
Kokos	Faser	lose	0,2	0,8
		gepreßt	0,3	2,0
	Staub	lose	0,3	1,7
		gepreßt	0,3	2,5

Tabelle 11: Pufferkapazität (nach pH 3 und pH 8) für Nipa und Kokos

Die Pufferkapazität nach pH 3 entspricht „normalem Holz“ (vgl. Boehme et al. 1989), die nach pH 8 ist leicht höher. Insgesamt sind die Streuungen gering, so daß dies bei der Klebstoffeinstellung verhältnismäßig leicht beherrschbar ist.

2.7 Siebanalysen

Siehe Kapitel 3.

2.8 Feuchteaufnahme-geschwindigkeit von Kokosfasern

Bei der Aufarbeitung der Kokosfasern zeigte sich, daß bei Feuchten < 20 % der Anteil an Staub sehr hoch wird. Die Aufarbeitung wurde in einer Pelletierpresse mit Lochmatritze vorgenommen. Es ist ratsam, die Aufarbeitung bei höheren Feuchten vorzunehmen, das Material muß also befeuchtet werden.

- Methode:** a) Vorversuch: 250 g Fasern in Wasserbad eingebracht, für 6, 12, 24 Stunden gewässert; Feuchtebestimmung.
b) Hauptversuch: Einbringen eines Sackes mit loser Faser in Wasserbad für 0,1; 3, 6, 14, 24, 36 Stunden; Feuchtebestimmung

Ergebnisse

aus Hauptversuch

Zeit unter Wasser [Stunden]	Feuchtegehalt [%]
0 (Ausgang)	12
0,1	61
3	92
6	97
14	110
24	128
36	131

Tabelle 12: Feuchtezunahme von Kokosfasern bei Eintauchen in Wasser

Es zeigt sich, daß die Fasern sehr schnell befeuchten. Feuchten von 60 % und mehr (Lagerung von 10 bis 30 Minuten unter Wasser) reichen aus, um eine gute Kürzung der Fasern bei relativ geringen Feinanteilen zu erzielen.

2.9 Abschließende Bewertung der grundlegenden physikalischen und chemischen Materialeigenschaften

a) Nipa

Vom grundsätzlichen Aufbau her (Anatomie) ist mit gewissen Problemen bei der Aufbereitung des Materials (trocken als auch naß) zu rechnen. Die relativ harten Leitbündel bedeuten entsprechenden Werkzeugverschleiß und die hohen Schnitt- bzw. Zerkleinerungskräfte führen zu einem starken Abtrennen des Parenchyms, was in hohem Feinanteil resultiert. Dadurch sinkt die Ausbeute an Fasermaterial. Bei der trockenen Aufbereitung (z.B. Schlagkreuzmühlen nach vorgehendem Hacken) ist es sinnvoll, das Parenchym als Staub abzusieben, um nicht den Klebstoffanteil in zu große Höhen zu treiben. Die Ausbeute ist dann entsprechend niedrig. Bei der thermomechanischen Aufarbeitung (für MDF) kann das Parenchym in nur sehr geringem Umfang ausgeschleust werden. Die Folge ist ein hoher Klebstoffbedarf (soweit die Beleimung über eine Blow-Line vorgenommen wird). Alternativ wäre eine (in der Praxis eher seltene) Trockenbeleimung nach vorhergehendem Siebvorgang. Allerdings sind bis dahin hohe Prozeßkosten entstanden (Aufschluß und Trocknen), so daß das verbleibende Fasermaterial mit sehr hohen Kosten belastet ist.

Die Aschegehalte sind teilweise sehr hoch, was zu Problemen der Bearbeitung der fertigen Platten führen kann. Dieser Aschegehalt ist zwar zu einem geringeren Teil auf SiO₂ zurückzuführen, dennoch sind die SiO₂-Gehalte von ca. 0,6 % bezogen auf trockene Fasern so hoch, so dass spezielle Schneidmaterialien (Hartmetall, evt. Keramik) erforderlich sind.

Die Salzgehalte schwanken zwar etwas und sind im Vergleich zu "normalem Holz" hoch, dürften technologisch aber keine besonderen Probleme verursachen.

pH-Werte und Pufferkapazitäten liegen im für andere Holzarten üblichen Bereich, so daß sie im Verklebungsprozeß ebenfalls beherrschbar sind.

Von den grundsätzlichen Eigenschaften her dürfte Nipa daher für die Plattenherstellung - mit gewissen Einschränkungen bei der Aufarbeitung und Plattenbearbeitung sowie bei der Materialausbeute (Kosten) - geeignet sein. Es erscheint technologisch daher besonders vorteilhaft, MDF herzustellen, da dort infolge des thermomechanischen Aufschlusses die Werkzeugabnutzung geringer und die Materialausbeute höher ist.

b) Kokosfasern und Kokosstaub

Kokos(faser-)staub kommt aufgrund seiner körnigen Struktur (resultiert in geringen Platten-Biegefestigkeiten) als alleiniger oder mengenmäßig wesentlicher Rohstoff für Platten nicht in Frage. Allenfalls in bestimmten Mengeneinheiten in Zumischung zu Fasern ist Staub sinnvoll einzusetzen. Dies kann sich - ausreichend hohe Klebstoffanteile vorausgesetzt - sogar auf einige Platteneigenschaften (z.B. Querzugfestigkeit) positiv, auf andere (z.B. Gefahr für Dampfplatzer) aber generell negativ auswirken. Staubanteile von deutlich größer 10 % in den Platten erscheinen aus technologischen und wirtschaftlichen Gründen kaum sinnvoll.

Die Kokosfasern sind hart, im thermomechanischen Prozeß (MDF) dürften sie daher einige Probleme bereiten. Bei geeigneter mechanischer Aufarbeitung dürften die Ergebnisse jedoch gut bis zufriedenstellend im Hinblick auf eine Herstellung von Spanplatten sein (z.B. Kürzen mittels Lochtrommel-Pelletierpresse).

Die Aschegehalte, vor allem die SiO₂-Gehalte, sind bei Fasern nicht übermäßig hoch; jedoch bei Staub deutlich höher, was vermutlich nicht ausschließlich auf Verschmutzung zurückzuführen ist. Auch von daher wäre eine Verwendung von Staub problematisch.

Die technischen Eigenschaften pH-Wert und Pufferkapazität dürften keine besonderen Schwierigkeiten für eine gute Klebstofftechnologie bereiten.

Damit erscheinen Kokosfasern grundsätzlich geeignet zur Herstellung von Faser- und Spanplatten. Der Staub von Kokosfasern ist aufgrund seiner Kleinkörnigkeit und in der Folge hohen Klebstoffverbrauches, schwieriger Plattentechnologie und mäßigen Platteneigenschaften nicht geeignet. Eine Alternative wäre, den Staub als Füllstoff in Kunststoffen (z.B. Preßmassen) einzusetzen.

3 Herstellung von Spanplatten aus Nipa

3.1 Vorbereitung der Rispen

Die Rispen der Nipa-Palme wurden bei zwei unterschiedlichen Feuchten zu Spänen aufbereitet. Ein Teil der Rispen wurde in der Feuchte belassen, die sie nach Anlieferung in Hamburg aufwies ($u \approx 30\%$). Ein anderer Teil der Rispen wurde vor der Zerspanung auf eine Holzfeuchte von $u \approx 10\%$ getrocknet.

3.2 Herstellung der Hackschnitzel

Die Herstellung der Hackschnitzel und der Späne erfolgte im Technikum der Fa. Pallmann. Die Rispen wurden in einem konventionellen Trommelhacker (PHT 120x500) zu Hackschnitzeln zerkleinert.

Bei der Zerkleinerung der trockenen Rispen war eine deutliche Staubentwicklung festzustellen, die eine externe Absaugung im Bereich des Hackers erforderlich machte. Für die Zerkleinerung der feuchten Rispen wurde die Absaugung ebenfalls eingesetzt, eine Notwendigkeit scheint aber nicht zwingend erforderlich zu sein.

In Tabelle 13 sind die Ergebnisse des Herstellungsprozesses und der Analyse der Hackschnitzel dargestellt. Die Schüttdichten und die Kapazitäten bei der Hackschnitzelerzeugung liegen unterhalb der für Nadelholz üblichen Größen, erforderlich sind somit etwas größer dimensionierte Hacker und Bunker.

Beim Vergleich der **Siebfraktionen der Hackschnitzel** ist deutlich zu erkennen, daß die aus trockenem Material hergestellten Hackschnitzel einen größeren Fein-Anteil aufweisen. Des Weiteren zeigt sich, daß nach entsprechender Siebung im Prozeß, die Siebfraktionen $> 0,5$ und $> 1,0$ mm direkt als Deckschichtmaterial, die Siebfraktionen $> 2,0$ bis $> 4,0$ mm direkt als Mittelschichtmaterial verwendet werden (\Rightarrow ca. 50 %) können. Bei dem aus feuchtem Material hergestellten Hackschnitzeln können dagegen nur die Siebfraktionen $< 0,5$ bis $> 3,15$ mm direkt als Mittelschichtmaterial verwendet werden (\Rightarrow ca. 10 %). Durch die direkte Verwendung eines Teils der Hackschnitzel als Spanmaterial können die Kapazitäten der nachfolgenden Maschinen zur Spanherstellung entsprechend kleiner gewählt werden. Diesen Einsparungen sind die Investitionen für die erforderlichen Siebe und gegebenenfalls der Trocknung gegenüber zu stellen.



Abbildung 1: Nipa-Rispen, Hackschnitzel und Späne

Parameter	Trocken u » 10%	Lufttrocken u » 30%
Stromaufnahme [A]	40 - 45	40 - 45
Leistung [kg atro/h] inkl. 20% Reserve	3900	3000
Schüttgewicht [g atro/l]	65	115
Siebfraktionen [mm]	Anteil [%]	Anteil [%]
> 10,0	30,0	74,6
> 8,0	19,9	5,3
> 4,0	25,4	9,1
> 3,15	4,7	2,0
> 2,0	6,5	3,3
> 1,0	6,2	3,0
> 0,5	3,9	1,5
< 0,5	3,4	1,2

Tabelle 13: Ergebnisse Hackschnitzelherstellung Nipa (Trommelhacker).

3.3 Spanherstellung

Mit den Hackschnitzeln wurden an verschiedenen Maschinen Versuche zur Herstellung von Spänen durchgeführt.

Bei Verwendung einer Deckschichtmühle wurde ein äußerst hoher Fein-Anteil produziert, der weder für die Herstellung von Span- noch von MDF-Platten geeignet ist.

Die Verwendung einer Schneidmühle zeigte bei den trockenen Hackschnitzeln akzeptable, bei Verwendung von feuchten Hackschnitzeln jedoch unbefriedigende (würfelige Späne) Ergebnisse.

Die Verwendung einer Hammermühle (PHMS) zeigte die besten Ergebnisse bei der Spanherstellung. Hier konnten sowohl mit trockenen als auch mit feuchten Hackschnitzeln sehr gute Spanqualitäten hergestellt werden. Die Ergebnisse der Siebanalyse der Späne sind in Tabelle 14 zu finden.

Es zeigt sich, daß die Späne aus trockenen Hackschnitzeln vollständig verwendbar sind. Selbst die Siebfraktion < 0,5 mm weist aufgrund der verwendeten Absaugung einen vernachlässigbaren Staubanteil auf. Die Späne der Siebfraktionen < 0,5 bis > 1,4 mm sind *stiftig*, die der Siebfraktionen > 2,0 bis > 6,3 mm *flächig*. Für die Deckschicht können die Fraktionen < 0,5 und > 0,5 mm (45%) eingesetzt werden. Die Spänen zeigen eine sehr gute Rieselfähigkeit besitzen aber dennoch einen ausreichenden *Tack* nach Streuung zu einer Spanmatte.

Die Späne aus feuchten Hackschnitzeln zeigen optisch den besten Span (flächig, wenig Feinanteil). Bei der Siebfraktion ergibt sich aber auch nach der Trocknung ein sehr hoher Anteil der größten Fraktion (>6,3 mm), was ursächlich durch ineinander verhakte Späne herrührt. Dieses Material ist daher nur bedingt streufähig (siehe Kap. 3.5.2). Für die Deckschicht können die Fraktionen < 0,5 und > 1,0 mm (35%) eingesetzt werden. Die Mittelschicht der Spanplatte dürfte etwas offener sein, was die Entlüftung verbessert und damit die Preßzeit reduziert.

Parameter	Trocken u » 10%	Lufttrocken u » 30%
Stromaufnahme [A]	100	100
Leistung [kg atro/h] inkl. 20% Reserve	2700	1700
Schüttgewicht [g atro/l]	48	42
Siebfractionen [mm]	Anteil [%]	Anteil [%]
> 6,3	2,5	39,3
> 3,15	12,9	8,8
> 2,0	7,6	5,6
> 1,4	19,5	8,2
> 1,25	6,2	2,5
> 1,0	6,3	4,0
> 0,5	25,3	18,4
< 0,5	19,7	13,2

Tabelle 14: Ergebnisse Spanherstellung Nipa (Hammermühle)

3.4 Optimale Maschinenkonfiguration zur Spanaufbereitung

Die Herstellung von Spänen aus Nipa-Rispen ist einfach und problemlos möglich. Es können einfache, konventionelle Maschinen eingesetzt werden, an denen keine Umbauten erforderlich sind. Aufgrund der Untersuchungen wird folgende industrielle Spanaufbereitung vorgeschlagen:

1. Herstellung der Hackschnitzel
Materialfeuchte: 30 – 50%
Trommelhacker: Hacklänge 30 mm, Siebgröße 60x60 mm
Beschickung: Förderband ca. 30 – 50 m
Absaugung: wahrscheinlich nicht erforderlich, ansonsten ca. 10.000 m³/h
2. Spanherstellung
Trocknung: Materialfeuchte ca. 10%
Hammermühle: Sieblochung 5x50 mm Längsschlitz
Beschickung: Vibrorinne
Absaugung: bei Bedarf ca. 30.000 m³/h

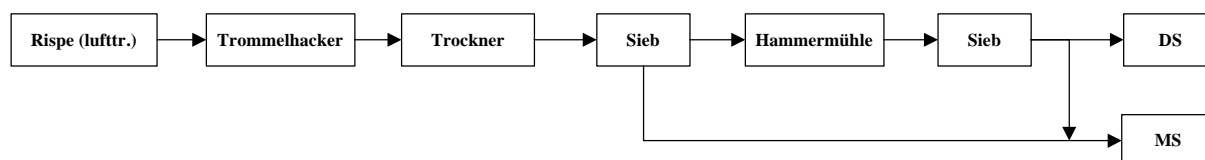


Abbildung 2: Verfahrensablauf Spanherstellung Nipa

3.5 Pattenherstellung

Aus den Nipa-Spänen wurden in den Versuchsfeldern der Universität Hamburg in konventionellen Verfahren ein- und dreischichtige Spanplatten hergestellt. Hierzu wurden die Spansortimente *feucht* und *trocken* im Labortrockner auf eine einheitliche Feuchte von

u \approx 10% getrocknet. Vor der Beleimung der dreischichtigen Spanplatten wurden die Späne in Deck- und Mittelschichtspäne mittels Rüttelsieben fraktioniert (Mittelschichtspäne > 1 mm, Deckschichtspäne < 1 mm). Für die Herstellung der einschichtigen Spanplatten wurde das unfraktionierte Spansortiment verwendet. Die Spanplatten hatten eine Dichte zwischen 530 und 750 kg/m³. Die einschichtigen Platte waren 12 mm, die dreischichtigen Platte 19 mm dick. Der Preßzeitfaktor betrug 10 oder 15 s/mm.

Versuch	Ein-/drei- schichtig	Dicke [mm]	Solldichte [kg/m ³]	Preßzeitfaktor [s/mm]
01	Ein	12	550	10
02	Ein	12	530	15
03	Ein	12	650	15
04	Ein	12	750	15
05	Ein	12	650	10
06	Ein	12	750	10
07	Drei	19	650	10
08	Drei	19	650	10

Tabelle 15: Versuchsplan Spanplatten aus Nipa

3.5.1 Beleimung

Die Beleimung der Späne erfolgte in Beleimmischern mit einem konventionellen Harnstoff-Formaldehydharz (BASF Kaurit 350). Der Festharzgehalt betrug bei den einschichtigen Platten 8%, bei den dreischichtigen Platten 7% in der Mittelschicht und 12% in der Deckschicht. Allen Platten wurde 1% Paraffin zugesetzt. Aufgrund eines Berechnungsfehlers wurden anstatt 1,0% nur 0,4% Härter zugesetzt.

Bei der separaten Beleimung der Deckschichtspäne kam es zu einer merklichen Staubentwicklung, die Staubfraktionen sind also unbedingt im vorwege abzuziehen. Bei der Beleimung der Mittelschicht war eine inhomogene Leimverteilung festzustellen. Augenscheinlich waren die verhakten Spanknäule zumindest teilweise überbeleimt, während vereinzelt Späne wenig oder keinen Leim aufwiesen. Das bedeutet, daß eine gute Verteilung der Späne im Leimmischer erforderlich ist, eventuell vorher eine besondere Aufarbeitung (Zerkleinerung der Knäuel).

3.5.2 Mattenformung

Die beleimten Späne wurden manuell gestreut. Dabei konnten die Späne vielfach nicht ausreichend vereinzelt werden. Ein nicht geringer Teil der Späne war untereinander verhakt und bildete Knäule aus (s.o.). Solche Spanknäule wurden während des Streuens durch 'zerreiben' vereinzelt. In allen Fällen ließen sich aus trockenen Hackschnitzeln hergestellte Späne besser streuen; die Vereinzlung war aber dennoch schwierig. Eine höhere Feuchte der beleimten Späne erleichterte die Vereinzlung.

3.5.3 Pressen

Die Spanmatten (50 x 70 cm²) wurden auf einer Einetagenpresse bei 220°C zu Spanplatten verpresst.

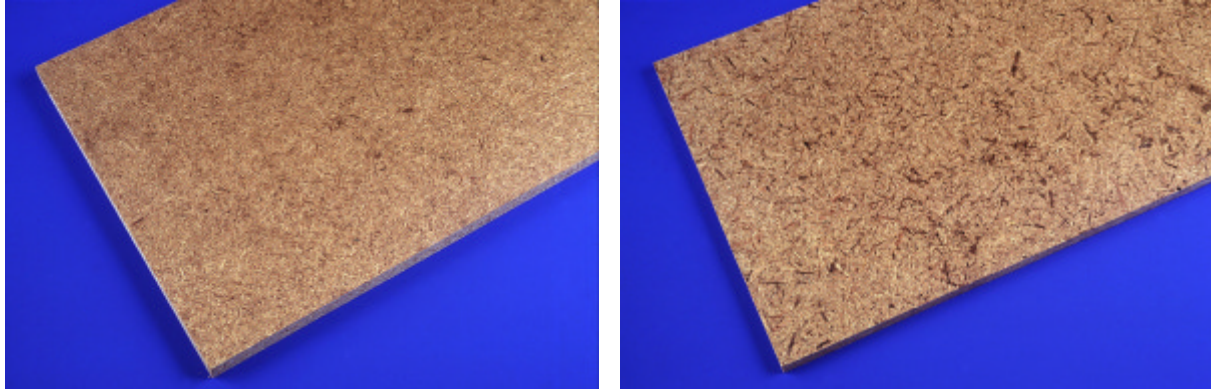


Abbildung 3: Spanplatte aus Nipa (rechts mit Leimflecken).

3.6 Platteneigenschaften

Nach dem Pressen wurden die Platten besäumt, zu Proben aufgetrennt und mindestens 4 Wochen im Normalklima (20°C, 65% rL) gelagert.

An den Spanplatten wurden folgende Eigenschaften geprüft:

Dichte	EN 323	19 Proben/Platte
Dichteprofil	γ -Strahlungsmessung	2 Proben/Platte
Biegefestigkeit	EN 310	2 Proben/Platte
Biege-Elastizitätsmodul	EN 310	2 Proben/Platte
Querzugfestigkeit	EN 319	5 Proben/Platte
Dickenquellung 24 Std.	EN 317	6 Proben/Platte
Dimensionsstabilität	EN 318	2 Proben/Platte
Abhebefestigkeit	EN 311	3 Proben/Platte
Schraubenauszieh Widerstand	EN 320	3 Proben/Platte

In Tabelle 16, Tabelle 17 und Tabelle 18 sind die Ergebnisse der Eigenschaftsprüfungen dargestellt. Bei der folgenden Diskussion werden die Ergebnisse mit den Anforderungen der EN 312 verglichen. Die verschiedenen Abschnitte der EN 312 beziehen sich auf Anforderungen an Spanplatten für unterschiedliche Anwendungsgebiete:

EN 312-2	General purpose
EN 312-3	Interior fitments (incl. furniture)
EN 312-4	Load-bearing dry conditions

3.6.1 Mechanische Eigenschaften

Platte	Dichte [kg/m ³]	Biege-E- Modul [N/mm ²]	Biege- festigkeit [N/mm ²]	Querzug- festigkeit [N/mm ²]	Abhebe- festigkeit [N/mm ²]	Schraubenauszieh- widerstand	
						Fläche [N]	Kante [N]
01	531	1057	6,0	0,16	0,31	662	n.b.
02	509	1300	6,8	0,07	0,24	568	n.b.
03	663	2188	13,9	0,15	0,52	887	n.b.
04	706	n.b.	n.b.	0,23	0,51	1162	n.b.
05	655	1780	11,4	0,26	0,49	977	n.b.
06	742	2204	13,9	0,37	0,63	1145	n.b.
07	632	2034	11,2	0,18	0,65	977	444
08	648	2208	12,6	0,19	0,68	1078	448

n.b. nicht bestimmt

Anforderungen

EN 312-2			11,5	0,24			
EN 312-3		1600	13	0,35	0,80		
EN 312-4		2150	15	0,35			

Tabelle 16: Mechanische Eigenschaften von Spanplatten aus Nipa.

Die Anforderungen an den Biege-E-Modul werden von den dreischichtigen Spanplatten problemlos erfüllt. Hier erreichen die Spanplatten sogar die Werte von Spanplatten für das Bauwesen. Die geforderte Biegefestigkeit für Möbel-Spanplatten wird von den dreischichtigen Nipa-Spanplatten nur knapp nicht erreicht. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Werte der Biegefestigkeit mit geringem Aufwand, z.B. durch eine leichte Anpassung des Rohdichteprofils erhöht werden können. Die Werte der Querzugfestigkeit bleiben hinter den Anforderungen der EN 312-3 und in der Regel auch hinter denen der EN 312-2 zurück. Wesentlich ist hierfür sicherlich die zu geringe Härtermenge im Versuch. Dieses dürfte im industriellen Prozeß kein Problem darstellen. In diesem Zusammenhang ist weiterhin festzustellen, daß eine Preßzeit von 10 s/mm höhere Querzugfestigkeiten ergab als eine Preßzeit von 15 s/mm. Es ist daher zu vermuten, daß bei der längeren Preßzeit die Leimbindungen bereits während des Heißpressens durch Hydrolyse zum Teil wieder zerstört wurden. Die Abhebefestigkeit der Nipa-Spanplatten rangiert nur wenig unterhalb des nach Norm geforderten Wertes für Möbelspanplatten. Der Schraubenauszieh-widerstand der Nipa-Spanplatten liegt ca. 40% niedriger als der ehemals nach EMB (1993) für MDF-Möbelplatten geforderte Wert, was aber aufgrund der Plattenstruktur erklärbar ist.

Aus den Ergebnissen läßt sich folgern, dass Spanplatten aus Nipa produziert werden können, die sich grundsätzlich als Möbelplatten einsetzen lassen. Hierzu sind nur geringfügige verfahrenstechnische Anpassungen notwendig um die nach EN 312-3 geforderten mechanischen Eigenschaften zu erreichen:

Die Platte muß eine mittlere Dichte von ca. 680 kg/m³ aufweisen. Das Rohdichteprofil ist anzupassen (Abbildung 4). Es sollte ein Deckschichtmaximum von ca. 930 kg/m³ aufweisen, um eine ausreichende Biegefestigkeit zu erzielen. Um die geforderte Querzugfestigkeit zu erreichen sollte die minimale Dichte nicht geringer als ca. 590 kg/m³ liegen. Die Härtermenge ist deutlich zu erhöhen (auf ca. 1%). Die Preßzeit von 10 s/mm kann aller Wahrscheinlichkeit sogar weiter reduziert werden. Es ist anzunehmen, daß durch die genannten Maßnahmen die Abhebefestigkeit die geforderten Werte sicher erreicht und die Werte für den Schraubenauszieh Widerstand deutlich besser werden.

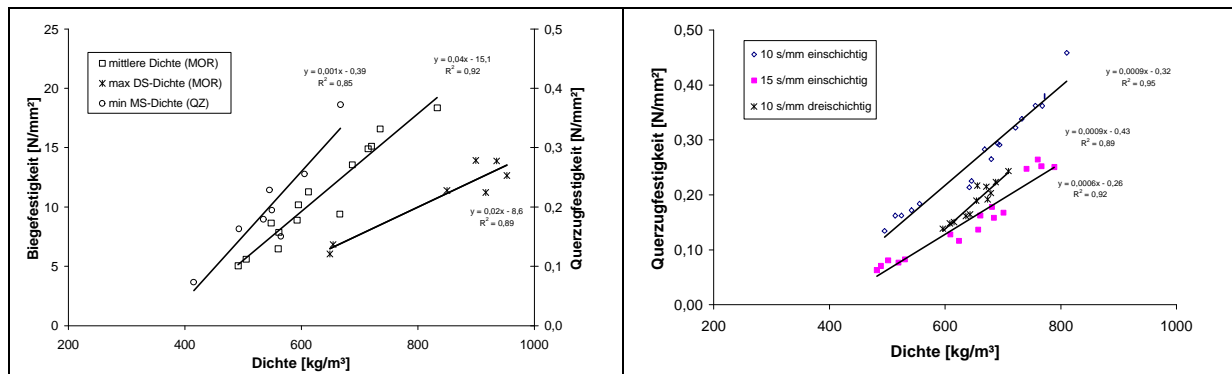


Abbildung 4: Biege- und Querzugfestigkeit in Abhängigkeit des Dichteprofiles (Nipa-Spanplatte).

3.6.2 Eigenschaften gegenüber Feuchte

Spanplatten aus Nipa zeigen akzeptable Werte der Dickenquellung (24 Std). Die dreischichtigen Nipa-Spanplatten erreichen sogar die für Bauspanplatten nach EN 312-4 geforderten Werte.

Die Längenabmessung der Nipa-Spanplatten reduziert sich bei einem Klimawechsel von 20°C/65%rL in 20°C/35%rL um ca. 0,15%. Bei einem Wechsel in 20°C/85%rL nimmt die Länge um ca. 0,21% zu. Rechnerisch ergibt sich somit einen Längenänderung von 0,36% für den Wechsel von 20°C/35%rL in 20°C/85%rL. Eine derartige Längenänderung ist weit größer als die vergleichbarer UF-verleimter Spanplatten (Schwab et al. 1997).

Die Ausgleichsfeuchte der Nipa-Spanplatten in den 3 Normklimata (20/35, 20/65, 20/85) ist ebenfalls deutlich höher als die UF und PF-verleimter Spanplatten (Schwab et al. 1997). Die im Feuchtklima gelagerten Platten zeigten nach etwa 4 Wochen Lagerung erste Ansätze einer Besiedlung von Schimmelpilzen. Deren Besiedlung ist an einen hohe Feuchte gebunden. Ursächlich für die erhöhte Ausgleichsfeuchte dürfte der hohe Salzgehalt der Späne und damit auch der der Spanplatten sein.

	Dickenquellung [%]	Wasser- Aufnahme [%]	Dimensionsänderungen		
			DL35 [%]	IL85 [%]	35-85 [%]
Mittelwert	13,6	63,8	-0,13	0,29	0,33
Min	18,8	80,1	-0,10	0,21	0,42
Max	24,3	114,5	-0,15	0,37	0,52
V	16,5	20,2	13,2	17,2	13,2
EN 312-4	15				

Tabelle 17: Dickenquellung, Wasseraufnahme und Längenänderung von Spanplatten aus Nipa.

	Klima		
	20/35	20/65	20/85
Mittelwert	7,3	11,4	32,4
Min	6,8	11,0	26,3
Max	7,6	11,8	35,0
V	4,0	2,0	6,6

Tabelle 18: Ausgleichsfeuchte von Spanplatten aus Nipa in verschiedenen Klimata.

Es ist festzuhalten:

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Spanplatten aus Nipa produziert werden können. Weiterführende Untersuchungen zur Verbesserung der Beleimung und Mattenformung sind durchzuführen. Mit geringen technologischen Anpassungen (Dichteerhöhung, Preßprogramm) können die geforderten mechanischen Werte für Spanplatten für den Möbelbau erreicht werden. Die Dimensionsänderungen durch Feuchte sind groß. Hierdurch und vor allem durch eine potentielle Besiedlung von Schimmelpilzen wird die Verwendung in feuchten Klimaten eingeschränkt.

4 Verarbeitung von Kokosfasern und Kokosstaub zu Spänen für Platten

4.1 Material und Methoden

Aufgrund der Zusammensetzung und Struktur der verschiedenen Kokossortimente *Faser lose*, *Faser gepreßt*, *Staub lose*, *Staub gepreßt* konnten diese nicht der klassischen Spanaufbereitung (Hacker, Mühlen etc.) zugeführt werden, sondern wurden mittels Lochsiebmatritzen gekürzt (Lochdurchmesser ca. 10 mm). Die Lochsieve selbst bestanden aus Edelstahl. Das Kokosmaterial wurde über eine Rüttelrinne den Lochsiebmatritzen zugeführt und mit einer Walze bei einem Druck von 30 bar durch die Lochsiebmatritzen hindurchgetrieben. Zum Zeitpunkt der Verarbeitung wiesen die Kokossortimente eine Feuchte von ca. 20 % auf.

Die Untersuchung des Schüttgewichtes zeigt, dass das Schüttgewicht durch die Verarbeitung deutlich ansteigt, was aus der Zerkleinerung der Fasern resultiert (Tabelle 19). Natürlich haben die Fasersortimente in beiden Verarbeitungsstufen ein geringeres Schüttgewicht als die Staubsortimente.

Sortiment		Schüttgewicht [kg/m ³]
Original	Fasern	20
	Staub	107
Verarbeitet	Fasern	157
	Staub	365

Tabelle 19: Schüttgewicht von Kokosfasern und –staub.

Von den verarbeiteten Kokossortimenten wurde anschließend die Korngrößenverteilung festgestellt. Hierzu wurden Quadratmaschensieve verschiedener Lochabmessungen verwendet.

4.2 Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse sind in Tabelle 20 und Abbildung 5 dargestellt. Es ist zu erkennen, daß beide Fasersortimente eine ähnliche Korngrößenverteilung aufweisen. Gleiches gilt für die 2 Staubsortimente.

Im Durchschnitt weisen die Staubsortimente einen höheren Anteil größerer Siebfraktionen auf als die Fasersortimente. Ursache sind die zu größeren Pellets verfestigten Staubpartikel. Diese zerfallen jedoch bereits bei mittlerem (Finger)Druck in einzelne Staubpartikel. Sowohl die Staub- als auch die Fasersortimente weisen einen hohen Feinanteil nach der Verarbeitung auf. In beiden Fällen sind 30-40% des Materials (Siebfraktionen $\leq 0,2$ mm) als Staub zu bezeichnen und nicht für die Herstellung von Spanplatten geeignet. Bei dem Staubsortiment kommen weitere Anteile gröberer Siebfraktionen hinzu, die bei mechanischer Beanspruchung der Pellets in Staubpartikel zerfallen. Das Staubsortiment kann somit gänzlich für die Verwendung der Spanplattenherstellung ausgeschlossen werden.

Die Fasersortimente zeigen einen Gewichtsanteil von ca. 40% der für die Deckschicht verwendet werden kann. Zum Einsatz in der Mittelschicht kommen etwa 22% Gewichtsanteil in Frage. Die Ausbeute beträgt in diesem Fall somit etwa 62%. Eine so hergestellte Spanplatte würde eine dichte Mittelschicht und glatte Oberfläche aufweisen.

Sortiment	Siebmaschenweite [mm]									
	8	6	4	2	1	0,5	0,4	0,2	0,1	0,05
Faser lose	2	1	2	9	11	28	13	20	8	4
Faser gepreßt	2	1	2	9	13	27	11	23	7	4
Staub lose	11	8	9	21	14	14	4	9	6	4
Staub gepreßt	12	2	5	13	15	20	7	16	7	3
Spansortimente	Übergröße			Mittelschicht		Deckschicht			Staub	

Tabelle 20: Siebfraktionen (%) Kokosfasern und –staub nach Lochsiebmatrize

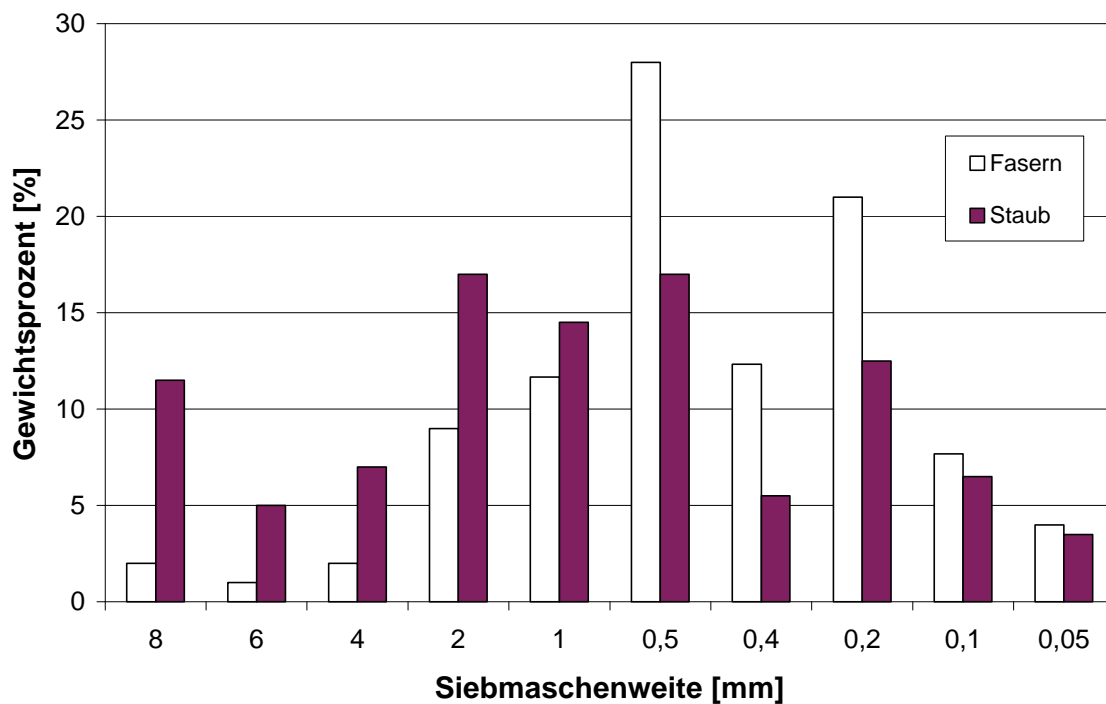


Abbildung 5: Siebfraktionen Kokosfasern und –staub nach Lochsiebmatrize.

5 Herstellung von MDF-Platten aus Nipa

5.1 Vorbereitung der Nipa-Rispen

Die Nipa-Rispen wurden in Hamburg mit einer Bandsäge in ca. 2,5 cm lange Abschnitte getrennt. Ca. 180 kg der Abschnitte wurden in Plastiksäcken zum BioComposites Centre (Bangor) transportiert.

5.2 Herstellung der MDF-Platten

In Bangor stand eine MDF-Pilotanlage zur Verfügung. Für die Herstellung der Platten wurden die nachfolgend aufgeführten Maschinenkomponenten und Prozeßparameter verwendet.

5.2.1 Faserherstellung und Trocknung

Das Rohmaterial wurde über eine Stopfschnecke einem Vorkocher (Höhe 2,6 m) zugeführt. Nachgeschaltet war ein 60 Liter großer Digester. Ein 12“ Refiner von Andritz Sprout Bauer zersetzte das Material. Im Anschluß erfolgte die Beleimung der Fasern in einer Blow-line (Länge 9 m) und die Trocknung in einem Rohrtrockner (Länge ca. 112 m).

Die MDF-Platten aus Nipa wurden mit folgenden Prozeßparameter hergestellt:

Druck im Kocher:	6 bar
Verweilzeit:	ca. 5 min
Refinerenergie:	ca. 13 KWh
Spez. Refinerenergie:	ca. 0,173 kWh/kg
Scheibenabstand:	0,12 mm
Harz:	UF (E1) 14 und 18% Festharzgehalt auf atro Holz
Wachs:	0,8% Emulsion
Trockner:	Einlaßtemperatur 155°C Auslaßtemperatur ca. 92°C

5.2.2 Ergebnisse der Faserherstellung aus Nipa

Der zunächst gewählte Kocherdruck von 8 bar erwies sich als zu hoch, da kein ausreichend dichter Pfropfen in der Stopfschnecke ausgebildet werden konnte. Der während der Versuche verwendete niedrigere Kocherdruck von 6 bar erlaubte einen störungsfreien Prozeß. Gleichzeitig konnte die produzierte Faserqualität durch erhebliche Reduzierung des Feinanteils gesteigert werden (Abbildung 6). Das Material der Siebfraktion > 2 mm bestand im wesentlichen aus Faserbündeln. Diese wirken sich positiv auf das Entlüftungsverhalten der Matte während des Heißpressens und auf die mechanischen Eigenschaften der Platten aus. Bei dieser Einstellung betrug die spezifische Energieaufnahme 0,18 kWh pro Kilogramm hergestellter Fasern.

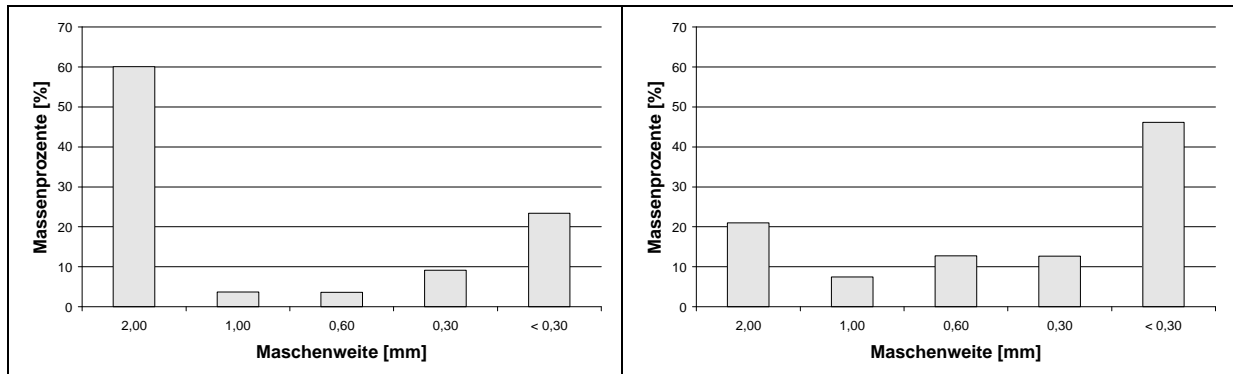


Abbildung 6: Siebfraktionen Nipafasern (links: 6 bar, rechts: 8 bar Kocherdruck)

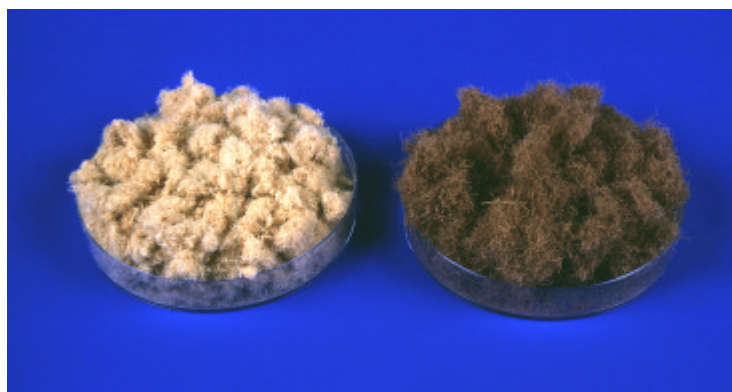


Abbildung 7: Fasern aus Fichte und Nipa

5.2.3 Mattenformung und Pressen

Die Fasermatte wurde mittels einer mechanischen Streumaschine (Bison) geformt. Die Faserfeuchte wurde gravimetrisch mit einem IR-Meßgerät bestimmt (IMAL UM200). Die Matten wurden kalt vorverdichtet. Anschließend erfolgte in der Heißpresse die Herstellung der MDF-Platten.

Faserfeuchte der Fasermatte:	11-12%
Preßtemperatur:	180°C
Preßzeitfaktor:	15 s/mm
Plattengröße:	600 x 600 mm ²

Plattenvariationen

Es wurden mehrere Plattentypen hergestellt. Hierdurch sollten die Effekte verschiedener Dichten und Festharzgehalte auf die physikalisch-technologischen Eigenschaften der Platten untersucht werden. Des weiteren sollten die hergestellten Plattentypen, MDF-Platten unterschiedlicher potentieller Anwendungsgebiete repräsentieren.

Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Festharzgehalt [%]	Pot. Verwendung	Platten-Nr.
4	820	14	HDF	01, 02
12	700	14	Möbel	03, 04
12	800	14	HDF	05, 06
12	750	18	Einfluß Festharz, Dichte	08, 09
12	800	18	Einfluß Festharz, Dichte	07
18	500	14	Innenausbau	10
18	700	14	Möbel	11, 12
18	750	14	Möbel	13, 14
18	800	14	Möbel	15

Tabelle 21: Versuchsplan MDF-Platten aus Nipa

Nach der Herstellung wurde von den Platten allseitig ein ca. 8 cm breiter Besäumstreifen abgetrennt. Die Proben für die physikalisch-technologischen Prüfungen wurden nach Ausformung im Normklima (20°C, 65% rL) gelagert.

Zu Vergleichszwecken wurden 3 MDF-Platten aus Fichte hergestellt. Diese hatten eine Plattendicke von 18 mm bei einer Dichte von 730 kg/m³. Der Festharzgehalt der MDF-Platten aus Fichte betrug 14%. Die Herstellbedingungen (Refiner, Trockner, Presse etc.) waren identisch mit denen der MDF-Platten aus Nipa.



Abbildung 8: MDF-Platten aus Fichte und Nipa.

5.3 Platteneigenschaften

Das Fasermaterial zeigte ein ‚normales‘ und problemloses Verhalten während der Faserrocknung, Mattenformung und nachfolgend beim Heißpressen. Keine der Platten wies Platzer auf. Die Oberfläche der ungeschliffenen Platten erscheint allerdings recht rauh.

5.3.1 Mechanisch-technologische Platteneigenschaften

An den MDF-Platten wurden folgende Eigenschaften geprüft:

Dichte	EN 323	16 Proben/Platte
Dichteprofil	γ -Strahlungsmessung	2 Proben/Platte
Biegefestigkeit	EN 310	2 Proben/Platte
Biege-Elastizitätsmodul	EN 310	2 Proben/Platte
Querzugfestigkeit	EN 319	6 Proben/Platte
Dickenquellung 24 Std.	EN 317	4 Proben/Platte
Dimensionsstabilität	EN 318	2 Proben/Platte
Abhebefestigkeit	EN 311	4 Proben/Platte
Schraubenauszieh Widerstand	EN 320	3 Proben/Platte
Aschegehalt		3 Platten

Die Ergebnisse der mechanischen Prüfungen sind als Mittelwert der einzelnen Platten in der folgenden Tabelle 22 zu finden.

Wie ersichtlich erfüllen die MDF-Platten aus Nipa die nach EN 622-5 gestellten mechanischen Anforderungen an im Halbtrockenverfahren hergestellte MDF für den Einsatz als Möbelplatte zum überwiegenden Teil bereits mit den hier gewählten Verfahrensparametern.

Die dünnen, 3,5 mm dicken Platten erfüllen die gestellten Anforderungen problemlos. Sowohl die geforderte Querkzugfestigkeit als auch der Biege-Elastizitätsmodul wird von den Platten problemlos erfüllt. Um die geforderte Biegefestigkeit zu erreichen, ist entweder die Dichte geringfügig auf etwa 820 kg/m³ anzuheben, vermutlich aber nur das Preßprogramm anzupassen.

Bei dickeren Platten mit einer Dicke zwischen 12 und 18 mm sind differenziertere Betrachtungen notwendig. Grundsätzlich sollten die MDF-Platten eine mittlere Dichte von ca. 750 kg/m³ aufweisen um die geforderten Eigenschaften als Möbelplatte erfüllen zu können. Hinsichtlich der einzelnen Eigenschaften ergibt sich folgendes Bild: Zur Erreichung der geforderten Biegeeigenschaften, sollte die maximale Deckschichtdichte mindestens 980 kg/m³ betragen. Zur Erzielung einer ausreichenden Querkzugfestigkeit sollte die minimale Dichte in der Mittelschicht nicht kleiner als 700 kg/m³ sein (vgl. Abbildung 9). Die mit diesen Parametern (Dichteprofil, Festharz) erzielbare Abhebefestigkeit dürfte bei etwa 0,88 N/mm² liegen.

Ein signifikanter Einfluß des Festharzgehalts auf die mechanischen Platteneigenschaften war nicht festzustellen.

Platte	Dicke [mm]	Dichte [kg/m ³]	Biege- festigkeit [N/mm ²]	Biege-E- Modul [N/mm ²]	Querkzug- festigkeit [N/mm ²]	Abhebe- festigkeit [N/mm ²]	Schraubenauszieh- widerstand	
							Fläche [N]	Kante [N]
01	3,6	823	27,3	3184	1,05	1,28	223	n.b.
02	3,7	817	20,8	2658	0,74	0,77	160	n.b.
03	12,6	697	16,6	2146	0,53	0,58	1090	n.b.
04	12,6	692	15,3	2015	0,59	0,60	1153	n.b.
05	12,6	739	16,0	2071	0,66	0,70	1133	n.b.
06	12,6	744	17,1	2281	0,62	0,72	1325	n.b.
07	12,5	752	24,2	2915	0,70	0,86	1130	n.b.
08	12,5	723	18,6	2190	0,75	0,80	1135	n.b.
09	12,5	738	19,9	2251	0,64	0,76	1295	n.b.
10	17,1	562	6,6	1081	0,21	0,35	610	285
11	17,9	671	14,7	2072	0,19	0,64	963	322
12	17,8	749	22,2	3271	0,24	0,80	1168	465
13	18,2	776	21,3	2688	0,15	0,79	1253	422
14	18,2	714	21,8	2937	0,23	0,94	1065	396
15	18,2	802	n.b.	3368	0,18	1,01	1285	472

n.b. nicht bestimmt

Anforderungen

EN 622-5	2,5 – 4,0 mm	23		0,65		
	12,0 – 19,0 mm	20	2200	0,55		

Tabelle 22: Mechanische Eigenschaften von MDF-Platten aus Nipa

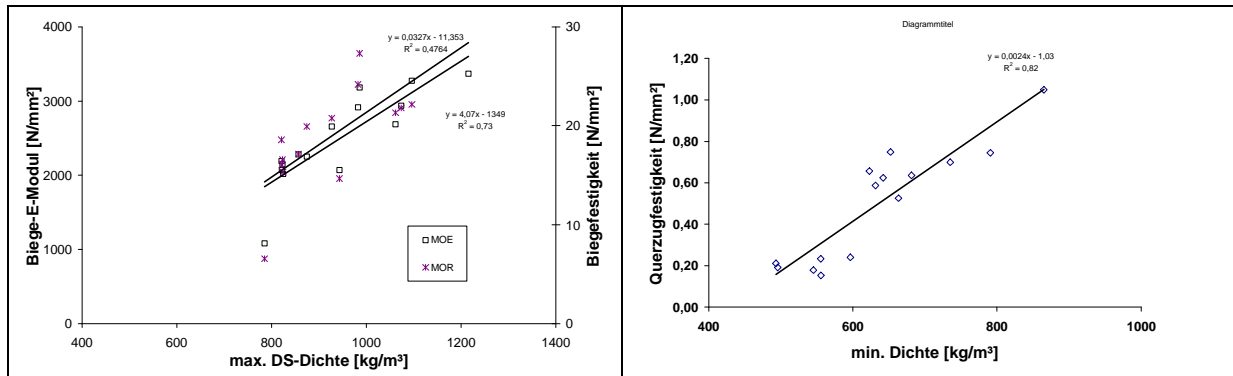


Abbildung 9: Biege- und Querkzugfestigkeit in Abhängigkeit des Dichteprofiles (MDF-Platten aus Nipa)

5.3.2 Eigenschaften gegenüber Feuchte

Im folgenden werden die Eigenschaften der MDF-Platten aus Nipa gegenüber Feuchteeinwirkung dargestellt. Eine Übersicht geben Tabelle 23 und Tabelle 24.

	Dickenquellung (24 Std)		Wasser- aufnahme [%]	Dimensionsänderungen		
	2,5 - 4,0mm [%]	12,0 - 19,0mm [%]		DL35 [%]	IL85 [%]	35-85 [%]
Mittelwert	23,2	13,7	63,0	-0,17	0,43	0,60
Min	21,7	11,4	48,2	-0,13	0,25	0,41
Max	24,8	17,4	92,4	-0,21	0,64	0,79
V	6,6	12,3	17,2	9,5	37,0	24,2
EN 622-5	35	12				

Tabelle 23: Dickenquellung, Wasseraufnahme und Längenänderung von MDF-Platten aus Nipa

	Klima		
	20/35	20/65	20/85
Mittelwert	7,2	10,5	33,2
Min	6,8	9,8	27,7
Max	7,7	11,5	36,9
V	3,5	4,8	8,2

Tabelle 24: Ausgleichsfeuchte von MDF-Platten aus Nipa in verschiedenen Klimata.

Die Dickenquellung (24 Std) der MDF-Platten aus Nipa kann als befriedigend im Vergleich zu den Forderungen nach Norm bezeichnet werden. Die dünnen Platten erfüllen bereits mit den gewählten Prozeßparametern die geforderten Eigenschaften. Die dickeren Platten weisen

eine Dickenquellung auf, die zumeist geringfügig oberhalb der Norm liegt. Durch eine etwas höhere Zugabe von Hydrophobierungsmitteln kann die Dickenquellung aber soweit reduziert werden, dass die Normwerte eingehalten werden.

Die Längenänderung in der Fläche der Nipa-Platten bei den unterschiedlichen Klimata ist mit 0,59% (35→85) sehr hoch und auch deutlich größer als die vergleichbarer MDF-Platten aus Fichte (siehe Kap. 7.2). Dieses Verhalten resultiert aus der deutlich erhöhten Ausgleichsfeuchte im allgemeinen und insbesondere aus der extrem hohen Ausgleichsfeuchte von 33,2% bei hoher Luftfeuchte (20°C/85%rL). Diese hohe Ausgleichsfeuchte dürfte auch die Ursache dafür sein, dass die MDF-Platten aus Nipa nach etwa 4 wöchiger Lagerung im Feuchtklima (20°C/85%rL) von Schimmelpilzen besiedelt wurden. Die Pilze überzogen die Proben nach etwa 8 Wochen vollständig mit einer dünnen bläulichen Schicht.

Die großen Dimensionsänderungen bei den unterschiedlichen Klimata und die mögliche Besiedlung von Schimmelpilzen muß bei der Verwendung von Nipa-Platten unbedingt berücksichtigt werden (siehe Kap. 8). Hierzu wären Untersuchungen erforderlich, ob der Salzgehalt möglicherweise reduziert werden kann oder die Platten (auf chemischen Wege) schimmelbeständig ausgerüstet werden können.



Abbildung 10: Mit Schimmelpilzen besiedelte MDF-Platten aus Nipa nach Lagerung im Feuchtklima

Es ist festzuhalten:

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass MDF-Platten aus Nipa produziert werden können, die mit geringen technologischen Anpassungen (Dichteerhöhung, Preßprogramm) die geforderten mechanischen Werte für MDF-Platten für den Möbelbau erreichen. Die Dimensionsänderungen durch Feuchte sind groß. Hierdurch und vor allem durch eine potentielle Besiedlung von Schimmelpilzen wird die Verwendung in feuchten Klimaten eingeschränkt. Dieses ist besonders unter tropischen Klimabedingungen wichtig.

6 Herstellung von MDF-Platten aus Kokos

6.1 Vorbereitung der Kokosfasern

Von den Kokos-Fasern wurde ein Ballen (ca. 90 kg) gepreßter Fasern nach Bangor transportiert. Teile der Kokosfasern wurden mittels einer Guillotine in Abschnitte von ca. 2 cm geschnitten.

6.2 Faser- und Plattenherstellung

Aufgrund des sehr geringen ‚Schüttgewichtes‘ der Kokosfaser (Originallänge) wurde die Eintragsmenge zum Kocher mittels zusätzlicher Zuführschrauben erhöht. Während des Prozesses zeigte die Stopfschnecke immense Variationen der Stromaufnahme bis hin zur Belastungsgrenze. Des weiteren bildete das Material beim Übergang vom Kocher zum Refiner einen Pfropfen vor den Refinerscheiben aus, der den Materialtransport reduzierte und teilweise sogar unterband. Aus genannten Gründen war die Faserherstellung aus den Kokosfasern mit Originallänge unmöglich und die Versuche wurden abgebrochen.

In einem weiteren Versuch wurde untersucht, ob die Faserherstellung durch vorheriges Zerkleinern der Kokosfasern erreicht werden kann. Zu diesem Zweck wurden die Kokosfasern mittels einer Guillotine auf eine Länge von ca. 2,5 cm gekürzt. Diese Fasern besaßen ein sehr geringes Schüttgewicht. Auch hier traten große Probleme hinsichtlich Brückenbildung der Fasern in Zuführung und Kocher auf. Erschwerend kam hinzu, dass sich die Fasern hochgradig durch die Stopf- und die Austragsschnecke verdichten liessen. Hierdurch konnten dem Refiner nur recht geringe Fasermengen zugeführt werden. Im Laufe des Versuchs bildete sich ein mehr oder minder massiver Pfropfen der die Stopfschnecke und damit die Gesamtanlage zum Stillstand brachte. Die produzierten Fasern wiesen einen hohen Anteil sehr feiner Fasern auf. Aus den produzierten Fasern konnten 2 MDF-Platten hergestellt werden (Kocherdruck 6 bar, 18% Festharzgehalt).

6.3 Platteneigenschaften

Die Platten gingen auf dem Postweg von Bangor nach Hamburg verloren, daher werden die Platteneigenschaften im folgenden aufgrund visueller und manueller Beobachtungen beschrieben.

Die Platten wiesen eine besonders dunkelbraune Farbe auf. Der ausströmende Geruch war sehr intensiv und war dem von stark erhitztem Lignin vergleichbar. Leimflecken waren trotz der recht hohen Leimdosierung nicht zu erkennen. Die Plattenoberfläche erschien recht rau. Die mechanischen Eigenschaften der Platten erschienen bei manueller und visueller Kontrolle ähnlich denen der zum Vergleich hergestellten Platten aus Fichte. Aufgrund des hohen Feinanteils der Fasern ist anzunehmen, dass die mechanischen Eigenschaften etwas schlechter als die der Fichte-Platten sind. Dies könnte aber problemlos durch eine Anhebung von Dichte und Klebstoffanteil kompensiert werden. Hinsichtlich der Eigenschaften gegenüber Feuchte ist anzunehmen, dass die Dickenquellung nach 24 Stunden geringer als

die der Fichte-Platten sein dürfte, da das Wasser schlechter in die Probe penetriert. Die Längenänderung bei Klimawechsel dürfte entsprechend der Mineraliengehalte deutlich geringer als die der Nipa-Platten ausfallen, aber dennoch etwas höher als die der Fichte-Platten. Die Besiedlung durch Schimmelpilze im Feuchtklima ist nicht zu befürchten.

Es ist festzuhalten:

Die Untersuchungen zeigen, dass eine Herstellung von MDF-Platten aus Kokosfasern mit konventioneller Technik nicht möglich ist. Die Kürzung der Fasern brachte nur geringfügige Verbesserungen, änderte aber nichts an den grundlegenden Problemen (Brückenbildung, Pfropfen).

Aufgrund des geringen Schüttgewichts der Kokosfasern und der gleichzeitigen Brückenbildung ergaben sich nur geringe Durchsatzmengen. Die Kapazitätsbezogenen Investitionskosten wären somit deutlich höher als bei anderen Rohstoffen.

Von der MDF-Herstellung aus Kokos wird auf Grund der geschilderten verfahrenstechnischen Probleme abgeraten.

Die mögliche Verwendung von Kokosfasern in leichten Faserplatten sollte in weiteren Versuche untersucht werden. Hierzu müßten die Fasern mit Bindemitteln beaufschlagt werden und als *non-woven mat* verdichtet werden.

7 Vergleich der Eigenschaften von Span- und MDF-Platten aus Nipa

Im folgenden werden die Eigenschaften von MDF-Platten aus Nipa und Fichte sowie die von Spanplatten aus Nipa miteinander verglichen. Für die Gegenüberstellung der Eigenschaften werden Platten mit ähnlichen Herstellparametern verwendet (Tabelle 25).

	MDF-Nipa	MDF-Fi	Span Nipa
Dicke [mm]	18	18	20
Dichte [kg/m ³]	760	730	645
Festharzgehalt [%]	14	14	MS 7 DS 12

Tabelle 25: Charakteristika der verglichenen Span- und MDF-Platten

7.1 Mechanische Eigenschaften

In Abbildung 11 sind die mechanischen Eigenschaften der MDF-Platten aus Nipa und Fichte sowie die der Spanplatten aus Nipa grafisch dargestellt. Wo existent sind die geforderten Werte nach EN mit aufgenommen.

Es ist festzustellen, dass die MDF-Platten aus Nipa in jedem Fall geringere mechanische Eigenschaften aufweisen als MDF-Platten aus Fichte. Die Biegeeigenschaften (MOE, MOR) der MDF-Platten aus Nipa erfüllen die Forderungen der EN 622. Die nach EN geforderten Querkzugfestigkeiten werden dagegen nicht erfüllt, was aber durch entsprechende Anpassung des Preßprogrammes kompensiert werden kann.

Die Spanplatten aus Nipa weisen in der Regel Werte auf, die in der Nähe der Anforderungen für Möbelplatten liegen. Eine Ausnahme bildet die Querkzugfestigkeit, wofür aber die im Versuch zu geringe Härterdosierung verantwortlich ist.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Nipa-Platten geringere mechanische Eigenschaften aufweisen als Platten aus Nadelholz. Aus diesem Grunde müssen Nipa-Platten mit höherer Dichte hergestellt werden um gleiche Eigenschaften zu erreichen. Platten für statische Beanspruchungen, d.h. für den Einsatz im Bauwesen lassen sich aus Nipa nicht oder nur mit besonders großem Aufwand herstellen.

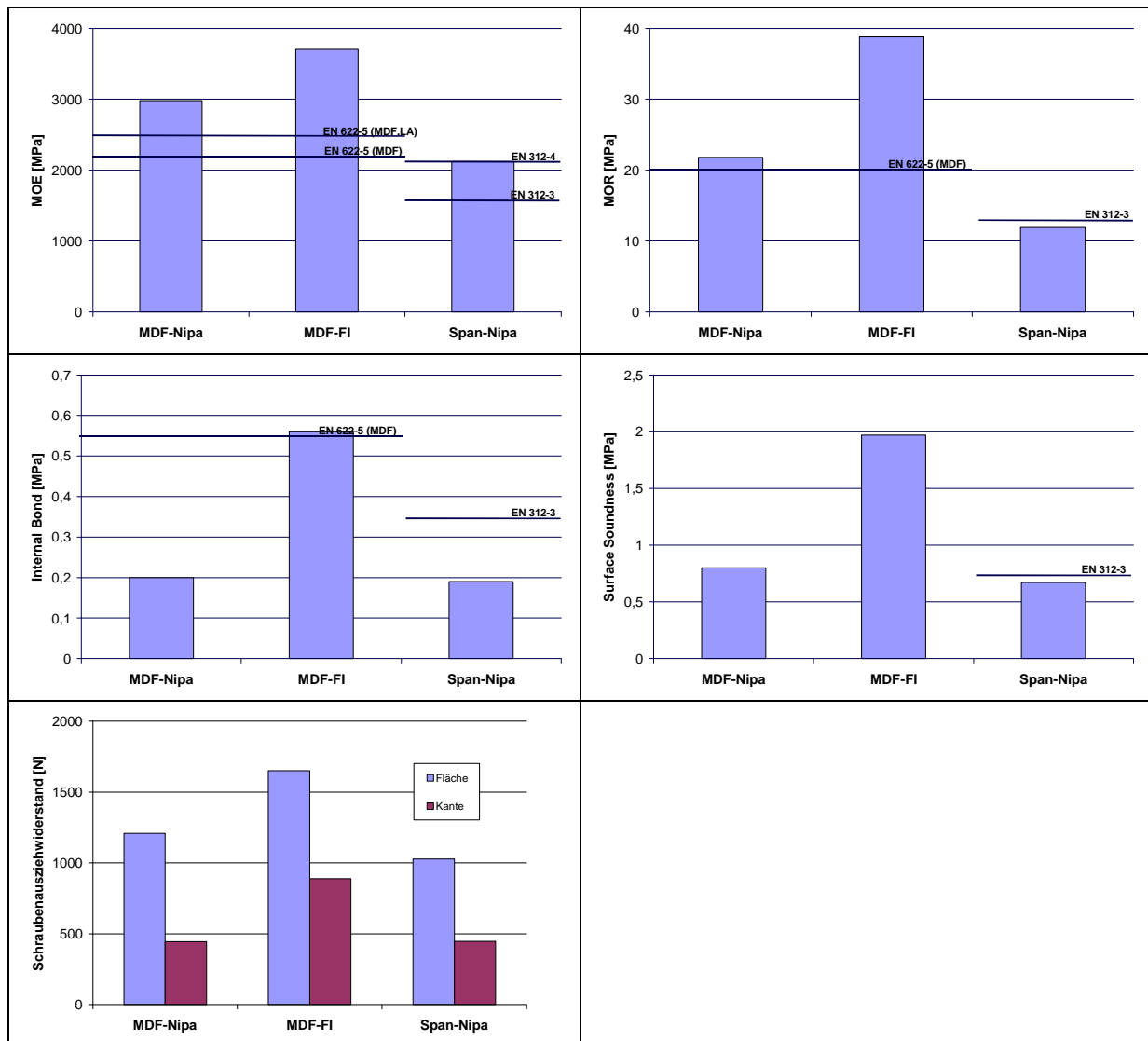


Abbildung 11: Vergleich Span- und MDF-Platten (mechanische Eigenschaften)

7.2 Verhalten gegenüber Feuchte

Im Allgemeinen besitzen MDF- und Spanplatten aus Nipa ein deutlich ungünstigeres Verhalten gegenüber Feuchte als MDF-Platten aus Fichte.

Die Dickenquellung (24 Std) der Nipa-Platten ist deutlich höher als die der MDF-Platten aus Fichte. Die nach Norm geforderten Werte werden von den Nipa-Platten nicht oder aber nur knapp erfüllt.

Die Längenänderung in Plattenebene bei Klimawechsel der MDF-Platten aus Nipa ist wesentlich größer als die der Fichten-Platten. Die der Spanplatten aus Nipa etwas kleiner als die der MDF-Platten aber immer noch deutlich größer als die der MDF-Platten aus Fichte. Ein Klimawechsel von 20°C/35rL auf 20°C/85rL führt bei den Nipa-Platten zu einer

Längenänderung von 0,42 bis 0,58%, während die Länge der Fichten-Platten nur um 0,30% zunimmt.

Die Dickenänderung bei Klimawechsel der Spanplatten aus Nipa ist etwas größer als die der MDF-Platten aus Nipa. Hierfür dürften vor allem die größere Dicke der Späne gegenüber der der Fasern verantwortlich sein. Bei einem Klimawechsel von 20°C/35rL auf 20°C/85rL nimmt die Dicke der Nipa-Platten um ca. 25% zu, während die der Fichten-Platten nur um ca. 8% ansteigt.

Die Ausgleichsfeuchte der Platten aus Nipa ist wesentlich größer als die der MDF-Platten aus Fichte. Dies gilt insbesondere bei hohen Luftfeuchten. So besitzen Nipa-Platten im Feuchtklima mit $u \approx 33\%$ eine mehr als doppelt so hohe Ausgleichsfeuchte wie die Fichte-Platten ($u \approx 13\%$). Durch die große Menge eingelagerten Wassers ergeben sich in der Konsequenz die wesentlich größeren Dimensionsänderungen sowie die Besiedlungsmöglichkeit für Schimmelpilze bei Nipa-Platten.

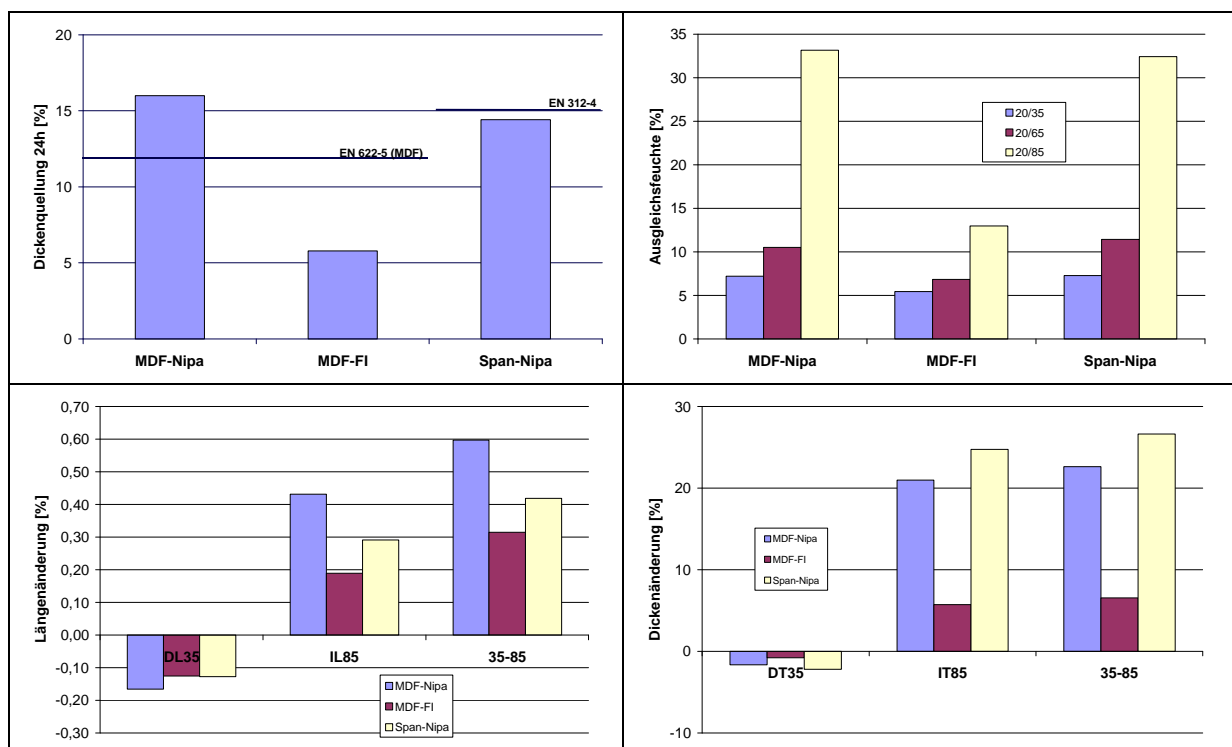


Abbildung 12: Vergleich Span- und MDF-Platten aus Nipa und Fichte (Feuchteverhalten)

Dieses Verhalten ist vor allem deshalb von besonderer Bedeutung, wenn berücksichtigt wird, dass die Platten aus Nipa bei der Lagerung im Feuchtklima (20/85) nach 2-4 Wochen von Schimmelpilzen besiedelt wurden, die MDF-Platten aus Fichte dagegen überhaupt nicht.

Ursächlich für die angeführten Aspekte ist der extrem hohe Salzgehalt (siehe Kapitel 2.4) der Nipa-Rispen und folglich der der daraus hergestellten Platten. So liegt beispielsweise der Gehalt an Natrium-Ionen etwa 80 bis 100 mal so hoch wie der von MDF-Platten aus Fichte. Dies entspricht nach Umgerechnung auf NaCl ca. 4 Masse% bezogen auf trockenes Holz. Dies ist selbst für tropische Bäume sehr hoch (vgl. Schmidt et al. 1999). Aufgrund des hohen

Salzgehaltes besitzen die Platten eine große Hygroskopizität, weshalb die Ausgleichsfeuchte dieser Platten wesentlich größer ist als die der MDF-Platten aus Fichte. Der hohe Grad der Wassereinlagerung bewirkt die großen Dimensionsänderungen und schafft die erforderlichen Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze.

Salzgehalt (vgl. Kap. 1.4)

Von den mineralischen Bestandteilen der Nipa-Rispen stellen die Na⁺-Ionen mit ca. 3 Masse% den größten Anteil dar. Diese extreme Anreicherung dürfte vor allem aus den Standortbedingungen der Wuchsgebiete resultieren, da über die Wurzeln stark mineralienhaltiges Brack-Wasser aufgenommen wird. Des Weiteren besitzen Monocotyledonen einen hohen Anteil an Parenchymzellen die ihrerseits zwecks Funktionsfähigkeit Mineralien anreichern. Aus diesem Grunde sind auch die anderen Mineralien (K, Mg, etc.) zu größeren Anteilen in Nipa-Rispen zu finden als in tropischen Laubbäumen. So enthält beispielsweise der Stamm von *Swietenia macrophylla* im Vergleich zu Nipa-Rispen nur ca. ein Drittel an K, Mg und S-Ionen (Schmidt et al. 1999).

Aufgrund der Herstellbedingungen ist der Salzgehalt der MDF-Platten aus Nipa gegenüber den Rispen und den Spanplatten aus Nipa etwas reduziert. Durch das Vordämpfen und den Kochvorgang konnte ein Teil des Salzes (ca. 25%) in Lösung gebracht werden, der dann entweder durch das Quetschwasser der Stopfschnecke oder im Trockner ausgetrieben wurde. Konsequenter Weise ergeben sich daraus auch unterschiedliche Ausgleichsfeuchten in den Klimata (Abbildung 12).

Der hohe Salzgehalt ist bei der Verarbeitung zu berücksichtigen, dies gilt insbesondere bei der Herstellung von Faserplatten, wo ein Teil der Mineralien in Wasser gelöst ist. Anlagenkomponenten wie Kocherwandungen, Blow-Line und Trockner sind aus entsprechend resistenten Materialien auszuführen.

8 Schlußfolgerungen für die Herstellung und Verwendung von Span- und MDF-Platten aus Nipa und Kokos

8.1 Nipa

Der hohe Salzgehalt ist bei der Verarbeitung zu berücksichtigen, dies gilt insbesondere bei der Herstellung von Faserplatten, wo ein Teil der Mineralien in Wasser gelöst ist. Anlagenkomponenten wie Kocherwandungen, Blow-Line und Trockner sind aus entsprechend resistenten Materialien auszuführen.

Aufgrund der hohen Ausgleichsfeuchten, der großen Längenänderungen bei Wechselklima und der Schimmelpilzbildung bei hoher Luftfeuchte sind die Anwendungen derart hergestellter Span- und MDF-Platten aus Nipa deutlich eingeschränkt. Ursache des Verhaltens ist mit sehr großer Wahrscheinlichkeit der hohe Salzgehalt der Niparispes und damit auch der Span- und MDF-Platten aus Nipa. Ließe sich der Salzgehalt reduzieren, würden auch die damit verknüpften Effekte minimiert oder gar verhindert. Im folgenden werden einige Möglichkeiten zur Reduzierung des Salzgehaltes aufgeführt:

1. Die Rispes können ohne vorherige Trocknung vor der Weiterverarbeitung für einige Zeit (Stunden/Tage) in (Warm-)Wasserbecken gelagert werden.
2. Im Zuge der Hackschnitzelwäsche wird ein Teil des Salzes ausgewaschen. Durch eine intensivere Wäsche, besonders bei höheren Temperaturen, erhöht sich die Auswaschung.
3. Es ist zu überprüfen, ob die Herstellung von Faserplatten im Naßverfahren die gewünschten Reduzierung des Salzgehaltes erlaubt.

Bei der Herstellung von Nipaprodukten ist das Problem der Schimmelpilzbildung grundsätzlich zu unterbinden, da dies eine Verwendung von Nipa-Produkten bei hohen Luftfeuchten (z.B. Tropen, Küche, Bad) und im dekorativen Bereich gänzlich ausschließt. Sollte eine (vollständige) Reduzierung des Salzgehaltes (s.o.) nicht möglich sein, besteht die Möglichkeit den Platten Fungizide zuzusetzen, wobei dann aber immer noch große Dimensionsänderungen auftreten würden.

Auch die großen Dimensionsänderungen führen zu Beschränkungen der Verwendung von Span- und MDF-Platten aus Nipa, vor allem dann, wenn die Platten beschichtet werden. Dünne, leichte Folien sind daher nicht geeignet, da diese bei derartigen Dimensionsänderungen zwangsläufig Falten bzw. Risse zeigen würden. Beschichtungsmaterialien müßten somit ausreichend gute mechanische Eigenschaften aufweisen (Elastizität, Reißfestigkeit). Bei Folien dürften solche aus PVC sich hier besonders gut verhalten. Dies könnte eventuell durch schwere Papiere (>200g/m²) oder Furniere erreicht werden. Des weiteren muß der Klebstoff die auftretenden Kräfte aufnehmen können. EPA und APAO scheidet daher aus. PUR-Klebstoffe dürften am ehesten geeignet sein (Brückner und Erb 1999).

Große Dimensionsänderungen sind ansonsten durch entsprechende Maßnahmen der Planung und Konstruktion der Holzprodukte zu berücksichtigen. Sollen die Platten z.B. als

Schrankrückwände eingesetzt werden, sind Nuten und Fälze entsprechend auszuführen. Am einfachsten wären Einsatzgebiete, bei denen Dimensionsänderungen nicht relevant sind. Sollen die Patten lackiert werden, wird davon abgeraten Lacke auf Wasserbasis zu verwenden. Auch bei anderen Lacksystemen ist der hohe Salzgehalt und eine dadurch bedingte mögliche Wechselwirkung zu beachten.

Wie erkennbar sind die mechanischen Eigenschaften der Platten aus Nipa in jedem Fall deutlich geringer als die der MDF-Platten aus Fichte. Von einem Einsatz mit dauernder statischer Beanspruchung (Bauwesen) ist abzuraten. Der Einsatz im Möbelbau scheint möglich. Die mechanischen Eigenschaften weisen darauf hin, dass die maschinelle Bearbeitung (Sägen, Fräsen, Beschichten (Furnier, Laminat)) der MDF-Platten aus Nipa grundsätzlich möglich sein dürfte, aber evt. verbunden mit erhöhtem Werkzeugaufwand. Es ist aber erforderlich die Plattendichte zu erhöhen, wodurch sich ausreichende mechanische Eigenschaften realisieren liessen, so dass erforderliche Beanspruchungen bei der Beschichtung oder durch Befestigungsmittel aufgenommen werden können.

Aus vorgenanntem ergeben sich folgende 2 Szenarien.

Szenario 1: Der Salzgehalt kann nicht reduziert werden.

Die Verwendung von Produkten aus Nipa ist auf Luftfeuchten kleiner ca. 70% zu beschränken. Gleichzeitig sind Maßnahmen zu treffen die großen Dimensionsänderungen zu kompensieren. Ein Einsatz im dekorativen und statisch beanspruchten Bereichen ist nicht möglich.

Potentielle Verwendungen sind:

Verpackungsmittel (keine Lebensmittel)
Paletten

Szenario 2: Der Salzgehalt kann reduziert werden.

Die Verwendung von Span- und MDF-Platten aus Nipa ist hinsichtlich der Luftfeuchte nicht beschränkt. Die auftretenden Dimensionsänderungen dürften deutlich kleiner sein, aber immer noch größer als die vergleichbarer Rohstoffe. Es sind also weiterhin Maßnahmen zur Kompensation zu reffen. Ein Einsatz im dekorativen Bereich erscheint möglich. In statisch beanspruchten Breichen ist der Einsatz aufgrund recht geringer mechanischer Eigenschaften fraglich.

Die Herstellung von MDF-Platten ist mit konventioneller Verfahrenstechnik möglich; eventuell sogar in leichter Ausführung (geringerer Dampfdruck). Die Herstellung von Spanplatten ist ebenfalls grundsätzlich möglich. Hier sind weitere Untersuchungen zur Spanaufbereitung zwecks Verbesserung der Streufähigkeit durchzuführen.

Potentielle Verwendungen von Span- und MDF-Platten aus Nipa sind:

Verpackungsmittel
Rückwände
Schubkastenböden
Paneele

8.2 Kokos

Kokosfasern sind für die Herstellung von MDF-Platten nicht geeignet. Auch eine modifizierte Verarbeitung lieferte keine befriedigenden Ergebnisse. Auch die Herstellung von Spanplatten aus Kokosfasern ist nur mit größerem Aufwand verbunden. Die Ausbeute an verwendbaren Spänen mit ca. 65% zu gering. Es wird vorgeschlagen, Kokosfasern direkt für die Herstellung von *non-woven mats* zu verwenden. Hiermit ließen sich Formteile oder Dämmplatten produzieren.

Kokosstaub ist weder für die Herstellung von MDF- noch von Spanplatten geeignet. Es wird vorgeschlagen, dieses Sortiment als Füllstoff für Preßmassen (Kunststoffe) zu untersuchen. Die Verwendung als Substrat für Pflanzenaufzucht etc. wäre auch innovativ.

9 Zusammenfassung

Nipa-Rispen, Kokosfasern und –staub verschiedener Standorte aus Vietnam wurden am Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg und am Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft hinsichtlich physikalischer und chemischer Eigenschaften untersucht. Die Aufbereitung zu Spänen und Fasern sowie die Herstellung von Span- und MDF-Platten erfolgte bei The BioComposites Centre, Firma Pallmann und Firma Kahl. Die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Platten wurden wiederum am Oht und der BFH untersucht.

Nipa-Rispen

Nipa-Rispen besitzen einen recht großen Anteil harter Leitbündel auf, der mit einem entsprechend hohen Werkzeugverschleiß und Schnitt- bzw. Zerkleinerungskräften verbunden ist. Auf Grund eines SiO₂-Gehalts sind spezielle Schneidmaterialien (z.B. Hartmetall) erforderlich. Der hohe Parenchym-Anteil reduziert bei der Zerspannung/Zerkleinerung durch Staubbildung die Ausbeute. pH-Werte und Pufferkapazitäten liegen in für Holz üblichen Bereichen.

Nipa-Rispen lassen sich einfach und problemlos zu Spänen und Fasern aufbereiten. Hierbei können einfache, konventionelle Maschinen eingesetzt werden, an denen keine Umbauten erforderlich sind. Der erforderliche Investitionsaufwand ist gering. Die Herstellung von Fasern im Refinerprozeß kann mit einem reduzierten Dampfdruck/Energieaufwand erfolgen.

Bei der Herstellung von Spanplatten erwiesen sich die Spanbeimung und die Mattenstreuung als problematisch. Nipaspäne tendieren dazu sich ineinander zu verhaken und größere Spanknäule zu bilden. Derartige Spanknäule müssen spätestens bei der Streuung aufgelöst werden, um ein homogenes Flächengewicht zu erzielen. Die Herstellung von MDF-Platten war problemlos, allerdings ist der hohe Salzgehalt bei der Anlagenkonzeption z.B. durch Verwendung von entsprechend resistenten Materialien zu berücksichtigen.

Span- und MDF-Platten lassen sich mit akzeptablen Preßzeiten herstellen. Die mechanischen Eigenschaften der Platten sind überwiegend befriedigend. Durch geringfügige verfahrenstechnische Anpassungen (Erhöhung Dichte, Anpassung Preßprogramm) lassen sich für den Möbelbau ausreichende mechanische Eigenschaften erzielen. Die Eigenschaften gegenüber Feuchte (Dickenquellung 24h, Dimensionsänderung bei verschiedenen Klimaten) sind nicht ausreichend. Die Dimensionsänderungen bei Klimawechsel sind sehr hoch. Alle aus Nipa hergestellten Platten wurden bei Lagerung im Feuchtklima (20°C/85%rL) nach 2-4 Wochen von Schimmelpilzen besiedelt.

Die Verwendung als Verpackungsmittel ist bereits jetzt möglich. Kann die Besiedlung von Schimmelpilzen unterbunden werden, sind höherwertige Produkte möglich. Die Verwendung in statisch beanspruchten Bereichen (Bauwesen) scheidet aufgrund der recht geringen mechanischen Eigenschaften aus. Die Verwendung im Möbelbau ist grundsätzlich möglich. Eine Beschichtung der Platten und deren Verwendung im dekorativen Bereich ist an der

Eliminierung der Schimmelpilzbildung und an eine Reduzierung der Dimensionsänderung bei Klimawechsel gebunden. Um dieses Ziel zu erreichen ist der hohe vorhandene Salzgehalt der Nipa-Rispen im Zuge der Aufbereitung zu reduzieren.

Kokos

Asche- und SiO₂-Gehalte von Kokosfasern sind nicht übermäßig hoch; bei Kokosstaub durch Verunreinigungen etwas höher. pH-Werte und Pufferkapazitäten liegen in für Holz üblichen Bereichen.

Kokosfasern sind für die Herstellung von MDF-Platten nicht geeignet. Auch eine modifizierte Verarbeitung lieferte keine befriedigenden Ergebnisse. Auch die Herstellung von Spanplatten aus Kokosfasern ist nur mit größerem Aufwand verbunden. Die Ausbeute an verwendbaren Spänen ist mit ca. 65% zu gering. Es wird vorgeschlagen, Kokosfasern direkt für die Herstellung von *non-woven mats* zu verwenden. Hiermit ließen sich Formteile oder Dämmplatten produzieren.

Kokosstaub ist weder für die Herstellung von MDF- noch von Spanplatten geeignet. Es wird vorgeschlagen, dieses Sortiment als Füllstoff für Preßmassen (Kunststoffe) zu untersuchen. Die bisherige Verwendung als Substrat für Pflanzen etc. wäre auch innovativ.

10 Literatur

- Boehme, C.; Roffael, E.; Beyer, S.; Miertzsch, H.: Extraktstoffgehalte, Pufferkapazitäten und pH-Werte verschiedener Holzarten. In: WKI-Kurzbericht Nr. 7/89 (1989)
- Brückner, P.; Erb, A.: Die Sieben-Prozent-Regel. MDF-Magazin (HK) Oktober 1999.
- Fink, D.: Final Report *Utilization of Coconut Palmwood from Vietnam for the Timber and Construction Industry*, December 1999, GTZ PN 98.4203.0-244.81.
- Fink, D.: Final Report *Utilization of Nipapalm leaves and Coconutfibres for Production of Panles in Vietnam*, December 1999, GTZ PN 98.4203.0-244.80.
- Hassan, K.; Hassan, A. H.; Ramli, R.; Jusoh M. Z.: Improvement of the brightness of unbleached chemithermomechanical pulps from oil palm frond. In: Coon et al. 1991, S. 219-230.
- Jalil, A. A.; Kasim, J.; Ramli, R.: Fibre properties and chemical constitutions of oil palm fronds at different ages. In: Coon et al. 1991, S. 12-18.
- Kastler, J.: Aufkommen und Bereitstellung von Kokosfasern und Nipa Palm Stalks in Vietnam für eine industrielle Vewertung. Diplomarbeit Universität Hamburg, 1999, 135 S..
- Schmidt, P.; Lieberei, R.; Bauch, J.; Gasparotto, L.: Biomass production and mineral element content of *Swietenia macrophylla* King in the juvenile phase under plantation conditions in Central Amazonia. In: Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Nr. 193 (1999), Hamburg.
- Schwab, E.; Steffen, A.; Korte, C.: Feuchtebedingte Längenänderung von Holzwerkstoffen in Plattenebene. Holz als Roh- und Werkstoff 55 (1997) S. 227-233.
- Choon, K.; Mansor, H.; Sudin, R.; Poh, K.; Shaari, K.: Proceedings of the National Seminar on Oil Palm Trunk & Other Palmwood Utilization. 4-5. March 1991, Kuala Lumpur. Oil Palm Tree Utilization Committee of Malaysia.

11 Annex

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nipa-Rispen, Hackschnitzel und Späne.....	12
Abbildung 2: Verfahrensablauf Spanherstellung Nipa	14
Abbildung 3: Spanplatte aus Nipa (rechts mit Leimflecken).....	16
Abbildung 4: Biege- und Querzugfestigkeit in Abhängigkeit des Dichteprofils (Nipa-Spanplatte).....	18
Abbildung 5: Siebfraktionen Kokosfasern und –staub nach Lochsiebmatritze.	21
Abbildung 6: Siebfraktionen Nipafasern (links: 6 bar, rechts: 8 bar Kocherdruck).....	23
Abbildung 7: Fasern aus Fichte und Nipa.....	23
Abbildung 8: MDF-Platten aus Fichte und Nipa.....	25
Abbildung 9: Biege- und Querzugfestigkeit in Abhängigkeit des Dichteprofils (MDF-Platten aus Nipa).....	27
Abbildung 10: Mit Schimmelpilzen besiedelte MDF-Platten aus Nipa nach Lagerung im Feuchtklima.....	28
Abbildung 11: Vergleich Span- und MDF-Platten (mechanische Eigenschaften).....	32
Abbildung 12: Vergleich Span- und MDF-Platten aus Nipa und Fichte (Feuchteverhalten) ..	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anlieferungsfeuchte (in Hamburg) von Nipa-Rispen	3
Tabelle 2: Anlieferungsfeuchte (in Hamburg) von Kokosfasern und -staub	3
Tabelle 3: Aschegehalt von Nipa-Rispen.....	4
Tabelle 4: Aschegehalt von Kokosfasern und -staub.....	4
Tabelle 5: SiO ₂ -Gehalte von Nipa-Rispen und in fertigen MDF-Platten, hergestellt aus Nipa-Rispen	5
Tabelle 6: SiO ₂ -Gehalte von Kokosfasern und –staub.....	6
Tabelle 7: NaCl-Gehalte von Nipa-Rispen.....	7
Tabelle 8: NaCl-Gehalte (Mittelwert) von Kokosfasern und -staub	7
Tabelle 9: NaCl-Gehalte (Mittelwert) in MDF-Platten aus Nipa	7
Tabelle 10: pH-Werte für Nipa-Rispen sowie für Kokosfasern und -staub.....	8
Tabelle 11: Pufferkapazität (nach pH 3 und pH 8) für Nipa und Kokos	9
Tabelle 12: Feuchtezunahme von Kokosfasern bei Eintauchen in Wasser	10
Tabelle 13: Ergebnisse Hackschnitzelherstellung Nipa (Trommelhacker).....	13
Tabelle 14: Ergebnisse Spanherstellung Nipa (Hammermühle).....	14
Tabelle 15: Versuchsplan Spanplatten aus Nipa	15
Tabelle 16: Mechanische Eigenschaften von Spanplatten aus Nipa	17
Tabelle 17: Dickenquellung, Wasseraufnahme und Längenänderung von Spanplatten aus Nipa.	19
Tabelle 18: Ausgleichsfeuchte von Spanplatten aus Nipa in verschiedenen Klimata.	19
Tabelle 19: Schüttgewicht von Kokosfasern und –staub.....	20
Tabelle 20: Siebfraktionen (%) Kokosfasern und –staub nach Lochsiebmatritze	21

Tabelle 21: Versuchsplan MDF-Platten aus Nipa	24
Tabelle 22: Mechanische Eigenschaften von MDF-Platten aus Nipa	26
Tabelle 23: Dickenquellung, Wasseraufnahme und Längenänderung von MDF-Platten aus Nipa	27
Tabelle 24: Ausgleichsfeuchte von MDF-Platten aus Nipa in verschiedenen Klimata.	27
Tabelle 25: Charakteristika der verglichenen Span- und MDF-Platten.....	31