Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN Vienna | Austria
TU UB WIEN Universitätsbibliothek

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

DIPLOMARBEIT

BAMBUSARCHITEKTUR IN INDONESIEN

Konstruktionen im Wandel der Zeit

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung
des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von

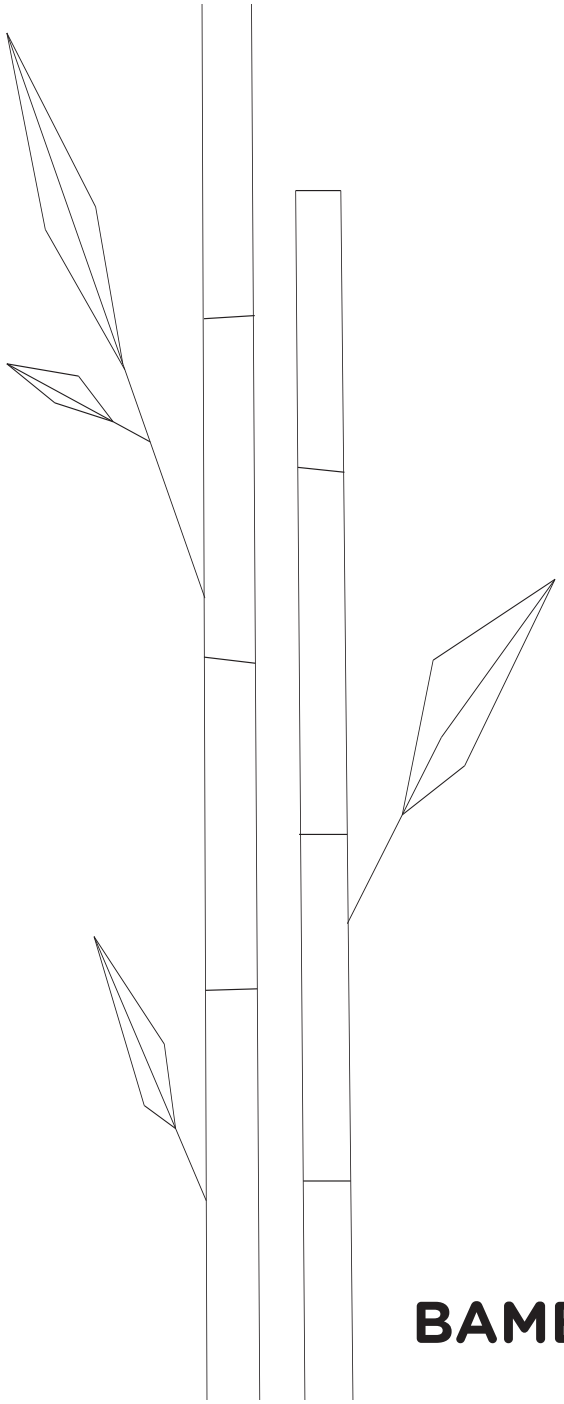
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Erich Lehner

E251 Institut für Architektur- und Kunstgeschichte,
Bauforschung und Denkmalpflege

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von
Barbara Karner BSc.
0925124

Wien, am 26. Februar 2018



BAMBUSARCHITEKTUR IN INDONESIEN

Konstruktionen im Wandel der Zeit

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zu der Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben.

Besonderer Dank gilt meiner Familie, vor allem meiner Mutter **Gabriela König**.

Des Weiteren möchte ich mich bei **Prof. Erich Lehner** für die geduldige Betreuung meiner Abschlussarbeit und einiger weiterer Lehrveranstaltungen während meiner Studienzeit bedanken.

Danke auch an **Ferenc Zàmolyi** für das Fotomaterial, die Literatur und die fachliche Unterstützung.

Silvia Schodl danke ich für das Lektorat dieser Arbeit.

Auch bei meinen Studienkolleginnen **Carina Rüel** und **Denise Kießling** möchte ich mich für die gute Zusammenarbeit während meines Studiums bedanken.

Meinem Lebensgefährten **Florian Schodl** danke ich für seine unendliche Geduld und Unterstützung.

DANKE!

Zusammenfassung

Bauten aus Bambus gewinnen aufgrund ihrer Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung. Dabei handelt es sich um eines der ältesten, natürlichen Baumaterialien, welches vorwiegend in tropischen Klimazonen nahe des Äquators wächst. Als schnell nachwachsender Rohstoff mit jedoch kurzer Haltbarkeit bieten sich unterschiedliche Möglichkeiten hinsichtlich der Nutzung.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Bambusbauten in Indonesien. Untersuchungen über die Entwicklung der Konstruktionsmethoden bilden den Schwerpunkt. Anhand von Beispielen werden die Entwicklungen im Wandel der Zeit erläutert. Im Vergleich zu Bambusbauten aus anderen tropischen Gebieten werden die Unterschiede des Materials und dessen Verarbeitung deutlich. Dabei zeigt sich die unterschiedliche Nutzung des Materials in anderen Tropenregionen. Weiters werden Methoden zur Verlängerung der Haltbarkeit und die Verwendung von Bambus als Gestaltungsmittel betrachtet. Zuletzt wird auf aktuelle Beispiele in Indonesien sowie anderen Teilen der Erde eingegangen.

Abstract

Because of their sustainability buildings made of bamboo are becoming more important. Bamboo is one of the oldest natural building materials which mainly grows in tropical climates near the Equator. As a fast growing resource with a short durability there are different possibilities in terms of use.

This work is about bamboo buildings in Indonesia. Studies on the development of construction methods are the main focus. Using examples, the developments are explained in the course of time. Compared with bamboo buildings in other tropical regions differences in available material and its application will be explained. Furthermore, methods are considered to extend durability and the use of bamboo as decorative material. In the end, actual buildings in indonesia and other countries worldwide will be analysed.

Inhalt

12 **1. Einleitung**

15 **2. Indonesien**
17 2.1. Zahlen und Fakten
18 2.2. Geographie und Klima
19 2.3. Kultur
20 2.4. Bautradition der Region
20 2.4.1. Baumaterialien
22 2.4.2. Haustypen und Baustile

39 **3. Bambus als Baumaterial**
40 3.1. Verbreitung und Vorkommen – der Bambusgürtel der Erde
41 3.2. Bambusarten
43 3.2.1. Heimische Bambusarten Indonesiens
46 3.2.2. Bekannte Bambusarten Indonesiens anderer Herkunft
47 3.3. Eigenschaften
47 3.3.1. Vor- und Nachteile von Bambus
47 3.3.2. Vergleich zu anderen Baumaterialien
48 3.4. Widerstandsfähigkeit von Bambus
48 3.4.1. Belastung
48 3.4.2. Brennbarkeit
48 3.4.3. Feuchtigkeit
48 3.4.4. Schädlinge
49 3.5. Methoden zur Verlängerung der Haltbarkeit

53 **4. Bauen mit Bambus**
54 4.1. Gewinnung und Verarbeitung von Bambus
54 4.1.1. Anbau und Ernten des Bambus
54 4.1.2. Bearbeitung des Bambus
56 4.2. Werkzeuge zur Bearbeitung
57 4.3. Funktionen von Bambus im Bauwesen
58 4.3.1. Fußbodenkonstruktionen
59 4.3.2. Wandelemente
60 4.3.3. Dachkonstruktionen
62 4.3.4 Gerüstbau

63 4.3.5. Brücken
64 4.4. Verbindungen
65 4.4.1. Steckverbindungen
65 4.42. Seilverbindungen
67 4.4.3. Bohrungen und Nägel

69 5. Beispiele von Bambusbauten in Indonesien
70 5.1. Vernakuläre Bambusarchitektur
71 5.1.1. Sulawesi
73 5.1.2. Lombok
75 5.1.3. Alor
77 5.2. Moderne Bambusarchitektur
77 5.2.1. Green School, Bali, 2008
80 5.2.2. Bambusdorf für Lavaflut-Opfer, Java, 2010
83 5.2.3. Alternative Schule, Java, 2013

87 6. Bambuskonstruktionen weltweit im Vergleich
88 6.1. China - Gerüstbau in Hong Kong
90 6.2. Äthiopien - Gewebte Rundhäuser
95 6.3. Europa - Guadua Bamboo Car Park Amsterdam

99 7. Bambus als Gestaltungsmittel
101 7.1. Architektur
102 7.2. Möbel und Innenraumgestaltung
103 7.3. Gartengestaltung und Floristik

105 8. Schlussfolgerung

109 9. Abbildungsverzeichnis

117 10. Quellenverzeichnis
118 10.1. Literatur
123 10.2. Zeitschriften
124 10.2. Internet
125 10.3. Videos

„**Things came before people.**
People came before words.

Tall, green, and nameless,
bamboo walked down centuries
and crossed continents
in time to stand there, waiting,
naked of language,
when the first people came,
to make the first village."

[Autor unbekannt, CAN 2013, S. 2]

1. Einleitung

Bambus hat als Baustoff große Bedeutung für die Architektur in Indonesien. Durch die Ausstellung „Think Global Build Social“ im Sommer 2013 im Architekturzentrum Wien ist mir bewusst geworden, dass das Material nicht nur aufgrund seiner Nachhaltigkeit mehr Aufmerksamkeit verdient hat, als ihm bisher zuteil wurde. Jedes Land, jede Kultur hat ihre eigene Architektursprache und damit auch Bauweise über Generationen hinweg entwickelt. In Indonesien ist Bambus als natürlicher Baustoff ein beeinflussender Faktor in der Entwicklung der Bautradition.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Veränderungen im Wandel der Zeit zu erkennen, genauer zu betrachten und zu vergleichen. Der Schwerpunkt beschränkt sich hierbei auf die etwa letzten 30 Jahre, da man die Bautradition nicht wie in Europa über Jahrhunderte zurückverfolgen kann. Die über Jahrzehnte hinweg entwickelten Techniken und Verarbeitungsmöglichkeiten haben im ersten Teil der Arbeit eine bedeutende Rolle.

Im zweiten Teil werden einige Beispiele von Bambusarchitektur genauer betrachtet und mit Bambuskonstruktionen in anderen Ländern verglichen. Die unterschiedliche Bedeutung des Bambus für das jeweilige Land wird hier besonders deutlich.

Bambus findet aufgrund seiner vielseitigen Eigenschaften nicht nur in der Architektur Verwendung. Im letzten Teil beschäftigt sich die Arbeit mit Bambus als Gestaltungsmittel und damit, welche Funktionen Bambus in Europa erfüllt.

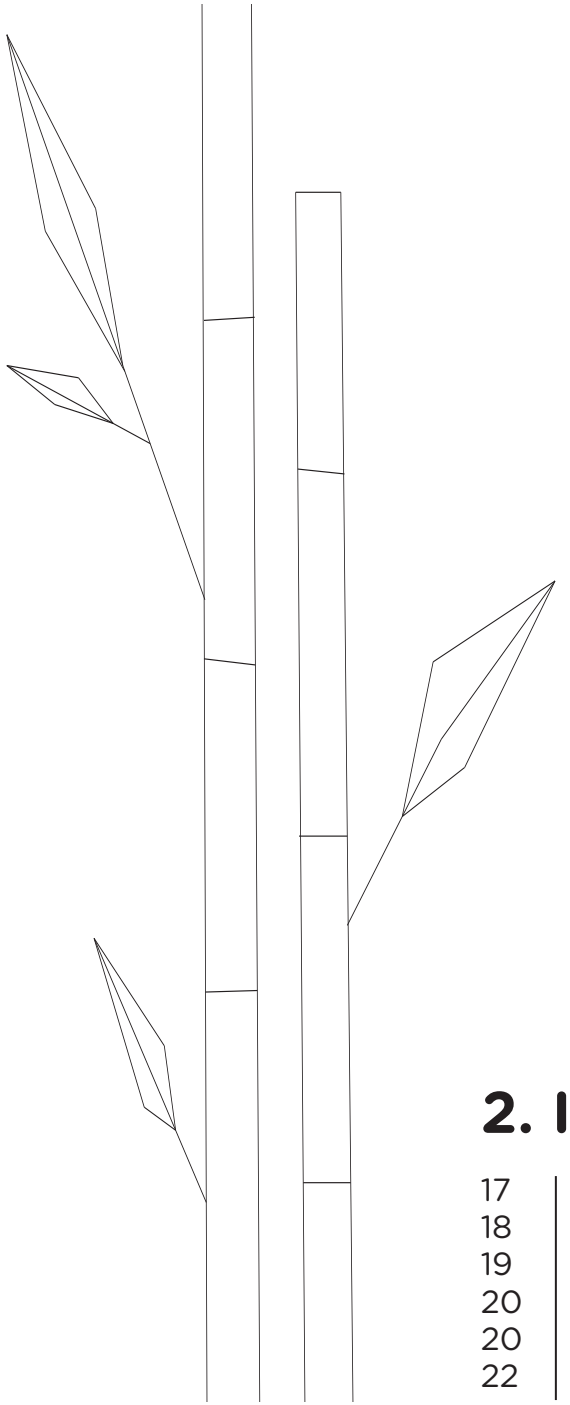
Stand der Forschung

Die vorhandene Literatur vermittelt einen guten Überblick über das Bauen mit dem Baustoff Bambus. Klaus Dunkelberg (2005) hat sich zusammen mit dem Team des Insituts für leichte Flächentragwerke vorwiegend mit der Bautechnik in Indonesien befasst. Im Gegensatz dazu behandeln die Werke von Darrel DeBoer aus den Jahren 2007 und 2014 vermehrt das Material Bambus und seine möglichen Nutzungen. Der Text Bamboo Construction Manual (2014) stellt eine spannende Ergänzung zu diesen Erkenntnissen dar, da er sich mit den Techniken befasst, welche in Afrika angewandt werden. In Hinblick auf Vorbehandlung und Verarbeitung lassen sich dadurch einige Parallelen erkennen.

Die Publikationen von Roxana Waterson (1997) und Gunawan Tjahjono (1998) geben außerdem einen umfangreichen Überblick über die unterschiedlichen Bautypen, an welche in weiterer Folge angeknüpft werden kann, da diese mit einigen Abwandlungen auch heute noch gebaut werden. Zu ähnlichen Erkenntnissen kommen auch die Autoren Barry Dawson und John Gillow. (1994)
Die Forschungserkenntnisse von Tony Whitten, welche er über unterschiedlichste Bereiche des Archipel verfasst hat, geben Aufschluss über die Hintergründe, welche zur Entwicklung der jeweiligen Architektur geführt haben.

Die vorliegende Arbeit soll eine Verbindung zwischen den bereits vielfach dokumentierten Techniken und deren Entwicklung zur zeitgenössischen Bambusarchitektur schaffen.

Abb. 1 Borobudur in Zentraljava



2. Indonesien

17 | 2.1. Zahlen und Fakten
18 | 2.2. Geographie und Klima
19 | 2.3. Kultur
20 | 2.4. Bautradition der Region
20 | 2.4.1. Baumaterialien
22 | 2.4.2. Haustypen und Baustile

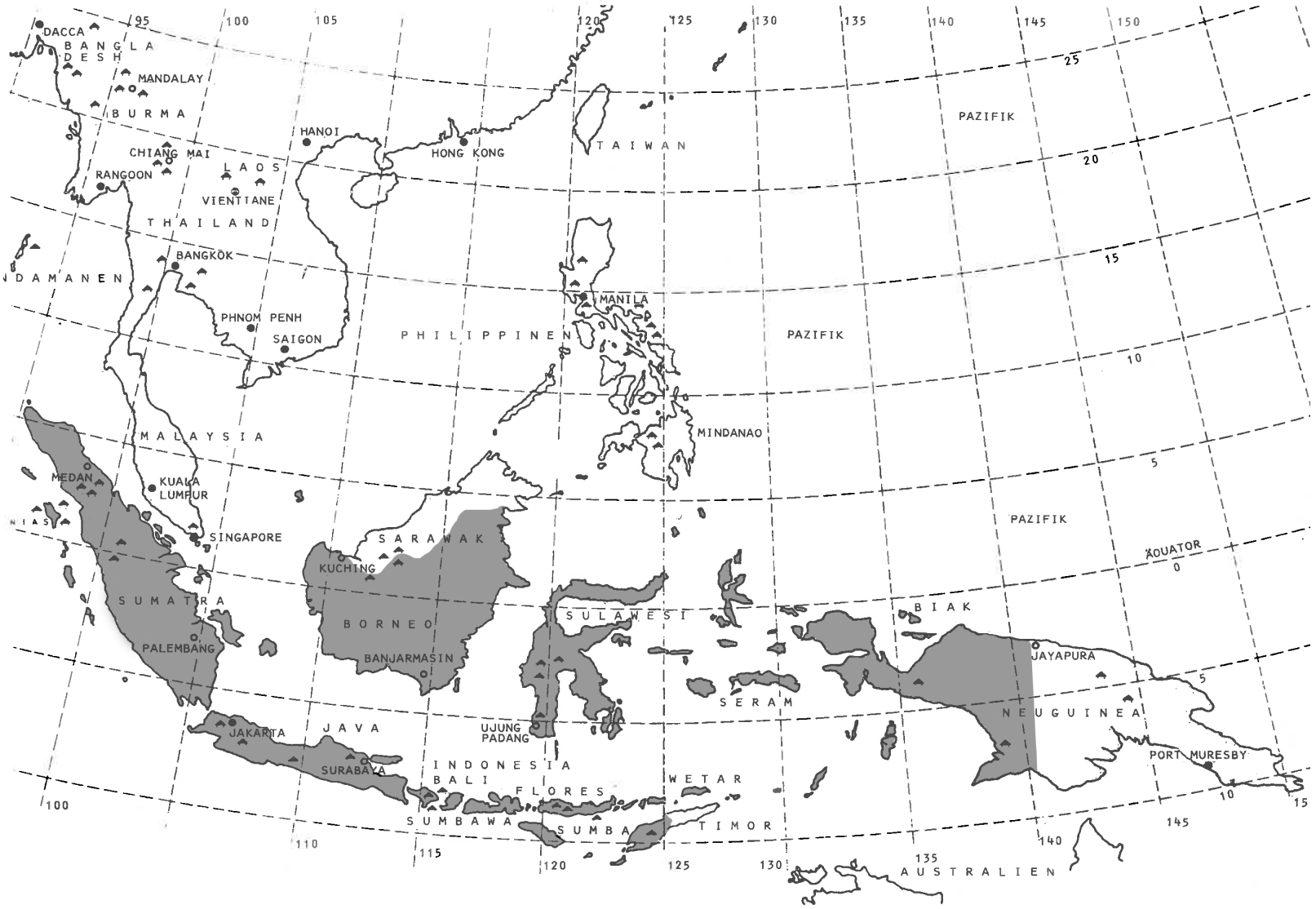


Abb. 2 Übersichtskarte Indonesien

2.1. Zahlen und Fakten

Indonesien ist der größte Archipel, also der größte Inselstaat der Welt. *[Kötter, Roeder und Junghans, 1979, S. 3]* Die genaue Zahl der Inseln des Archipels ist nicht bekannt und umstritten. Die tatsächliche Anzahl wird jedoch auf 17.500 bis 18.300 geschätzt. Nicht alle dieser Inseln haben einen Namen und auch nur ein Teil von ihnen ist bewohnt. *[Schott, 2015, S. 21]*

Der Name entstammt dem lateinischen Indo (Indien) und dem griechischen nesos (Inseln) und wurde vom englischen Ethnologen George Earl gebildet. In Nusantara (Indonesien in der Landessprache) werden 600 verschiedene Sprachen gesprochen, wobei sich Bahasa Indonesia als einheitliche Sprache durchgesetzt hat und aus der malaiischen Sprache entstanden ist. *[Schott, 2015, S. 30]*

Indonesien wurde durch die europäische Kolonialzeit, insbesondere durch die in den 1950er Jahren unabhängig gewordenen Kolonien der Niederländer geprägt. Dieser Einfluss ist auch in der vernakulären Architektur zu erkennen. *[Zamolyi]* Indonesien hat auf einer Fläche von 1.913.579 km^2 eine Einwohnerzahl von 261.115.000 Menschen. In einigen Regionen wie etwa Bali oder Java mit der Hauptstadt Jakarta ist die Bewohnerdichte sehr hoch, jedoch leben die meisten Menschen verteilt auf den 13.677 Inseln des Archipels. *[Löchel, Gwardys und Bogumil, 2017, S. 207]* Die Bevölkerung setzt sich aus 42% Javaner, 15% Sudanesen, 3% Malaien, 3% Maduresen, 3% Bataker, 3% Minangkabau, 3% Betawi, Balinesen, Papuas und anderen Minderheiten zusammen.
Wie bereits zuvor erwähnt, ist die offizielle Sprache vor Ort Bahasa Indonesia. Indonesien ist außerdem eine Republik und die meisten Bewohner sind Muslime (87% Muslime, 7% Protestanten, 3% Katholiken, 2% Hindus, 1% Buddhisten). Die vorherrschende Währung wird Rupiah genannt. *[Löchel, Gwardys und Bogumil, 2017, S. 207]*

Das zuvor erwähnte Problem der Bevölkerungsdichte auf den Inseln Bali und Java hat auch die Architektur beeinflusst. Besonders am Beispiel von Java wird dieser Einfluss deutlich, da hier fünfzig Prozent der indonesischen Bevölkerung leben. *[Asnawi, 2006, S. 14-16]* Auf die daraus resultierende Wohnungsnot muss entsprechend reagiert werden, damit die Kluft zwischen Arm und Reich nicht weiter wächst. *[Frick, 1995, S. 3ff.]* Der FIlm „Jakarta Disorder“ aus dem Jahr 2013 thematisiert die vorherrschenden politischen Probleme im Kontext zur Wohnungsnot.

2.2. Geographie und Klima

Aufgrund der Weitläufigkeit der Inselgruppe gibt es für Indonesien kein einheitliches Klima; das Land wird je nach Region in unterschiedliche Klimazonen unterteilt. Das Klima kann grob in zwei Bereiche unterteilt werden. Während Borneo, Sumatra, Papua, Sulawesi, Westjava und die Molukken von einem immer feuchten Tropen-Klima beherrscht werden, ist das Wetter der Sundainseln, Westjavas und der Aruinseln durch den Monsun bestimmt, welcher im Winter durch die Nordost-Winde für große Trockenheit verantwortlich ist. Der Südwest-Monsun hingegen bringt hohe Niederschläge in diese Region. Aufgrund all dieser Faktoren ist das Klima in Indonesien sehr speziell und kann nicht mit dem anderer Länder verglichen werden. *[Kötter, 1979, S. 21ff.]*

Der indonesische Regenwald, welcher auf das tropische Klima zurückzuführen ist, besitzt einen großen Artenreichtum hinsichtlich Flora und Fauna, welchem wir auch das zahlreiche Vorhandensein des Baumaterials Bambus verdanken. *[Kötter, 1979, S. 54ff.]*

Die Inselwelt setzt sich aus vier Hauptgruppen zusammen. Die Sundainseln, zu welchen die Inseln Sumatra, Nias und Java gehören, die Kleinen Sundainseln - sie reichen von Bali bis Timor - die Molukken sowie West-Papua und Papua mit dem westlichen Teil Neuguineas. *[Helfritz, 1992, S. 9-11]*

Die Inseln unterscheiden sich geographisch sehr stark voneinander. Während einige von Gebirgsketten und Vulkanen geprägt sind, sind auf anderen Inseln tiefe Gräben und Flachland zu finden. Dieses Phänomen hat einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Inseln. Während Vulkanasche als sehr fruchtbar gilt und daher gute landwirtschaftliche Voraussetzungen schafft, findet man auf anderen Inseln vorwiegend lehmhaltige Böden.

Eine prägnante Besonderheit des Archipels stellen die bereits zuvor erwähnten Vulkane dar. Es gibt kaum ein Land, welches so viele Vulkane aufweist wie Indonesien. *[Kötter, 1979, S. 38ff.]* In einem späteren Kapitel wird der Einfluss dieser Vulkane für die Architektur deutlich gemacht.

2.3. Kultur

In der Gesellschaft wird Bambus auch heute noch sehr oft als Baumaterial der Armen bezeichnet. Diese Einstellung lässt sich darauf zurückführen, dass Bambus ein verhältnismäßig günstiger Baustoff ist, welcher in Indonesien ausreichend zur Verfügung steht. Ein anderer Grund dafür ist die vergleichsweise kurze Haltbarkeit des Materials. Deshalb wurden auch keine repräsentativen Bauten aus Bambus gebaut. Wird ein Gebäude als Statussymbol errichtet, so verwendet man moderne, teure Materialien, um dem Reichtum Ausdruck zu verleihen. *[Dunkelberg, 1985, S. 14]* Bei importierten Materialien, also Materialien, welche in Indonesien nicht heimisch sind, glauben viele, sie wären auch besser, da sie teurer sind. Daher werden günstigere Baustoffe oft als weniger wertvoll angesehen. *[Lehner]* Ein genauerer Blick auf die Tragkonstruktion von Bambusbauten zeigt die Verwendung des Materials für niederrangige, nicht tragende Bauteile. Die wichtigen, tragenden Bauteile wie etwa der Dachstuhl wurden und werden vorwiegend aus Holz gebaut, da man Holz höhere Stabilität und somit auch Wertigkeit zuspricht. 70 Prozent der indonesischen Häuser wurden aus Bambus errichtet, die Hälfte davon ausschließlich aus Bambus, die andere Hälfte in Mischbauweise mit Holz. Dadurch wird sichtbar, welche Bedeutung das Material für die Baugeschichte Indonesiens hat. [*Dunkelberg, 1985, S. 140]*

Nicht nur für die Architektur ist Bambus von kultureller Bedeutung. Er wird auch seit Jahrtausenden als Material zur Instrumentenherstellung verwendet. Die Panflöte ist das bekannteste Beispiel dafür. Dort, wo Bambus wächst, werden auch Musikinstrumente daraus gebaut. Dabei handelt es sich vorwiegend um Blasinstrumente. Aber auch Schlaginstrumente, Xylophone oder Marimbas werden daraus hergestellt. Aufgrund neuer Methoden kann man heute auch Instrumente herstellen, welche früher aus Holz gebaut wurden, wie etwa eine Gitarre oder ein Saxophon. Auf Indonesien ist vor allem die Suling, eine Art Blockflöte aus Bambus, bekannt. Weiters findet man dort eines der ältesten Bambusinstrumente der Welt. Das Instrument wird Angklung genannt und ähnelt in der Funktion einem Xylophon. *[Oprins und van Trier, 2005, S. 118-119]*
Waffen, wie etwa Pfeil und Bogen, hat man ebenfalls aus Bambus gebaut, sowie Körbe zur Aufbewahrung von Nahrungsmitteln. *[Recht, Wetterwald, Simon, 1994, S. 22-23]*

2.4. Bautradition der Region

2.4.1. Baumaterialien

Um die Bedeutung von Bambus als Baumaterial zu verdeutlichen, ist es wichtig, auch andere Materialien, welche zur Errichtung von Bauwerken verwendet werden, kennen zu lernen. Häufig findet man auch Architektur, welche in Mischbauweise errichtet wurde. Auf die Vor- und Nachteile sowie Gründe für das Mischen von Materialien wird in einem späteren Kapitel noch genauer eingegangen.

Abb. 3 Steinarchitektur

STEIN

Die Architektur Indonesiens lässt sich erst ab dem 8. Jahrhundert genauer betrachten. Grund dafür sind erste Bauwerke aus Stein. Tempelreliefs lassen vermuten, dass zuvor mit Materialien gearbeitet wurde, welche nicht dauerhaft witterungsbeständig, also aus Holz oder Bambus, und deshalb nicht mehr vorhanden waren. Wenn man von Steinarchitektur auf Indonesien spricht, so sind damit hauptsächlich sakrale Bauten gemeint. Teilweise kam es sogar vor, dass man alte Tempel wieder abriss, um das Baumaterial wieder verwenden zu können. Der starke Einfluss Indiens spiegelt sich auch in der Architektur wider. So wurden Gebäude errichtet, welche stets zur Verherrlichung der Gottheiten des Buddhismus dienen sollten, wodurch einige Bauwerke förmlich überladen an Symbolen waren. *[Bussagli , 1985, S. 144-152]* Aufgrund der schwierigeren Verarbeitung von Stein geht man davon aus, dass die Kultur bei dessen Verwendung bereits weiter entwickelt im Umgang mit Werkzeug war. Bauten aus Stein haben den Vorteil, dass sie länger haltbar sind; es ist jedoch kaum möglich nachträgliche Veränderungen durchzuführen. Aufgrund der mangelnden Luftzirkulation im Innenraum sind Häuser aus Stein nicht für langfristigen Aufenthalt geeignet und wurden deshalb nicht für die Errichtung von Wohnhäusern genutzt. *[Lehner, 2014, S. 101]*

ZIEGEL

Ziegel oder auch Steine werden in einigen Regionen, wie etwa Bali, häufig für die Errichtung der Basis verwendet. Dabei werden zumeist vier niedrige Wände ausgebildet und mit gestampfter Erde ausgefüllt. Die Erde ist zugleich auch der Boden im späteren Bauwerk. Bei wohlhabenderen Familien wird der Boden häufig auch gepflastert. *[Davison, 2003, S. 10]* In einigen Regionen, wie etwa Java, werden die Wohnhäuser auch zur Gänze aus Ziegel gebaut. *[Lehner]*

HOLZ

Holz ist ein in Indonesien sehr häufig verwendetes Baumaterial. Es wird zumeist für die tragende Struktur eines Gebäudes verwendet, aber sehr viele Bauten wurden und werden auch heute noch ausschließlich aus Holz errichtet. Um das Holz vor Feuchtigkeit zu schützen, werden die tragenden Stützen in einigen Regionen auf Stein oder Ziegel gestellt. In Bali beispielsweise gibt es das Asta Kosali, ein Schriftstück über die Prinzipien der Architektur. Es beschreibt genau, welche Holzart für welchen Bauteil verwendet werden sollte. Für Pfosten wird beispielsweise das traditionelle Teakholz empfohlen. *[Fuchshuber, 2016, S. 86]*

BAMBUS UND MISCHBAUWEISEN

Bambus ist aufgrund seiner vielseitigen Verwendbarkeit nicht mehr aus der Baukultur Asiens wegzudenken. Nicht nur für den Bau von Häusern, auch für die Errichtung von Wasserleitungen, Schutzzäunen oder Fußböden findet er Verwendung. *[Recht, Wetterwald und Simon, 1994, S. 20-21]* Viele Bauten werden auch heute noch aus unterschiedlichen Materialien gebaut, um deren Eigenschaften optimal ausnutzen zu können. *[Davison, 2003, S. 10-11]* In einigen Regionen, vor allem in ländlicheren Gebieten, findet man jedoch auch Häuser, welche zur Gänze aus Bambus bestehen. *[Recht, Wetterwald und Simon, 1994, S. 21-22]*

Abb. 4 Beispiel Mischbauweise Bambus und Holz

2.4.2. Haustypen und Baustile

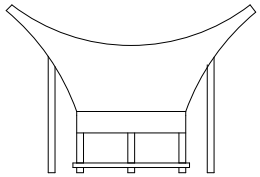
Die Architektur von Indonesien wurde stark von ihrer Umgebung geprägt. Nicht nur von den vorhandenen Materialien, sondern auch von vorherrschenden Bedingungen. *[Dawson und Gillow, 1994, S. 19]* Den Beginn der Geschichte des indonesischen Hausbaus kann man nicht konkret festlegen. Vor etwa 2000 bis 4000 Jahren hat man erste Indizien gefunden, gebaut wurde jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit bereits zuvor. *[Zamolyi 2013, S. 196]* Auf dem größten Archipel der Welt hat sich eine Vielzahl von Baustilen entwickelt. Selbst auf den einzelnen Inseln sind regionale Unterschiede erkennbar.

Die Häuser konnten unterschiedliche Funktionen besitzen; neben solchen mit hauptsächlicher Wohnfunktion entstanden auch welche mit anderen Funktionen, wie etwa Vorratsspeicher oder Bauten für rituelle Zeremonien. Charakteristisches Merkmal aller Bauten auf Indonesien ist die aufwendige Gestaltung der Dächer. Einige Bauten sind sogar ohne Wände ausgeführt. *[Oliver Vol.2 1997, S. 1085]* Bei einem großen Teil der indonesischen Architektur handelt es sich um Pfahlbauten und Häusern mit angehobener Wohnebene. Ebenerdige Bauten findet man selten, und wenn doch, zumeist in trockeneren Regionen. *[Zamolyi, 2013, S.198]*

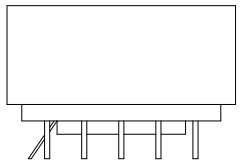
Traditionelle Bauten Südostasiens verzichten großteils auf die Verwendung von Nägeln, dies hat zur Folge, dass man häufig Verbindungen in Form von Seilbindungen vorfindet. Das Bindematerial kann aus Rattan oder auch Bambusstreifen bestehen. *[Waterson, 1997, S. 74]* Von großer Bedeutung für diese traditionelle Architektur ist auch die Wahl des Materials. Heute werden häufig Häuser im traditionellen Stil errichtet, jedoch werden die Materialien durch neuere Errungenschaften ersetzt. Stahl oder gebrannte Ziegel erscheinen haltbarer als die natürlichen Materialien der Umgebung, sind jedoch für das tropische Klima gänzlich ungeeignet, da Massivbau keine ausreichende Durchlüftung zulässt und Metalle häufig zu rosten beginnen. *[Zamolyi, 2013, S. 205]* Des Weiteren sind diese Mischbauweisen mit modernen Materialien im Falle eines Erdbebens zumeist nicht beständig. Gründe dafür sind die schlechte Qualität der Verarbeitung und die mangelhaft ausgeführten Verbindungen. *[Blaß und Fellmoser, 2007]*

Anhand von einigen Beispielen soll die Bautradition des Archipels verständlich gemacht werden. Dazu wurden exemplarisch einige Inseln ausgewählt, um die unterschiedliche Bauweise, welche sich dort entwickelt hat, zu veranschaulichen.

SULAWESI

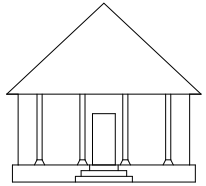


Toraja



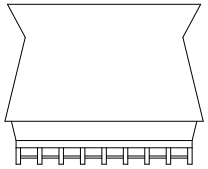
Bugis

BALI

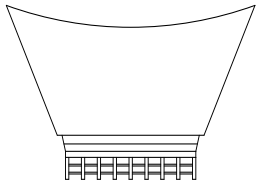


Achsen und Religion

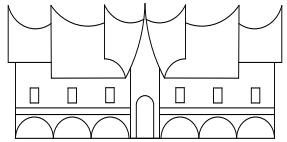
SUMATRA



Karo Batak

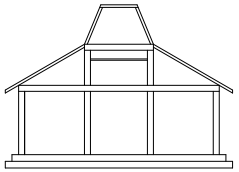


Toba Batak



Minangkabau

JAVA



Pfahlbauten und Dachformen

Abb. 5 Skizzen verschiedener Haustypen

SULAWESI

Auf der Insel Sulawesi haben sich einige sehr ausdrucksstarke Bautypen entwickelt. Es gibt reichlich natürliche Ressourcen und die daraus entstandene Architektur der Insel ist sehr abwechslungsreich. Als die von Peninsulen geprägte Insel im frühen 16.Jahrhundert von den Portugiesen entdeckt wurde, vermuteten sie, es wäre eine Ansammlung lauter kleiner Inseln und nannten sie Celebese, woraus sich der heutige Name Sulawesi entwickelt hat. [*Dawson und Gillow, 1994, S. 109]*

Im Zentrum der Insel, in den bergigen Regionen, findet man sogenannte Toraja-Häuser. *[Zamolyi, 2013, S. 195ff.]* Sie sind zugleich das charakteristische Merkmal der Insel. [*Dawson und Gillow, 1994, S. 109]* Im Norden findet man die Häuser der Minahasa; dabei handelt es sich um einfache Hütten, die auf Pfählen mit Steinbasis errichtet werden. *[Dumarcay, 1986, S. 49]*
Im Süden der Insel findet man die Häuser der Bugis und auch der Osten hat seinen eigenen Baustil entwickelt; diese Bauten sind bisher jedoch noch nicht ausreichend erforscht und dokumentiert. Ein besonderes Merkmal der Häuser auf dieser Insel sind die Satteldächer; bei vielen dieser Bautypen findet man auch einen Unterbau, welcher unerschiedliche Funktionen erfüllt. *[Zamolyi, 2013, S. 195ff.]*

Toraja

Der Legende nach soll das Erscheinungsbild dieser Bauten an die Schiffe erinnern, mit welchen die Insel einst bevölkert wurde. Bei näherer Betrachtung der Bauköper ist dieser Gedanke nachvollziehbar; es gibt jedoch keinen Nachweis dafür, dass sich der Baustil daraus entwickelt hat. Bei südlicheren Stämmen findet man besonders aufwändig gestaltete Toraja-Häuser. Sie sind eigentlich immer in Gruppen angeordnet, in größeren Gemeinschaften können sie auch in Reihen angeordnet sein. *[Helfritz, 1992, S. 24]* Die Ausrichtung der Häuser ist von großer Bedeutung und weist stets nach Norden. Die Nordausrichtung wird mit dem Gott Puang Matua in Verbindung gebracht. *[Tjahjono, 1998, S. 22-23]*
Charakteristisch sind die weit ausladenden Traufen dieser Häuser. *[Waterson, 1997, S.78]* Gestützt werden diese Giebel durch eine massive Holzstütze. Diese Stütze ist häufig sehr reich verziert. Die Konstruktion besteht nahezu ausschließlich aus Holz und Bambus. Die Verwendung von Nägeln ist aus rituellen Gründen nicht erlaubt. *[Helfritz, 1992, S. 97-98]*
Die angehobene Pfahlkonstruktion dient dazu, das Bauwerk vor Verrottung und Insekten zu schützen. Auch für den Fall, dass Erdbeben auftreten sollten, hat sich diese Technik als vorteilhaft erwiesen, da eine Pfahlkonstruktion besser mitschwingt als ein Massivbau. *[Waterson, 1997, S.97-98]*

Nicht alle Bauten werden entsprechend diesen Vorgaben verziert. Die Häuser der weniger wohlhabenderen Dorfmitglieder sind kaum oder gar nicht verziert. *[Helfritz, 1992, S. 97-98]* Besonders arme Menschen können sich den Bau dieser traditionellen Häuser nicht leisten und leben in einfacheren Hütten. *[Tjahjono, 1998, S. 22-23]* Im Gegensatz dazu ist das Ursprungshaus des Dorfes besonders aufwendig geschmückt.

Dieses Haus, das Tongkonan, beherbergt nicht nur die Familie des Inhabers, sondern ist zugleich ein Ort der Versammlung für das gesamte Dorf. Aufgrund der aufwendigen Gestaltung nimmt der Bau eines solchen Hauses zumeist besonders viel Zeit in Anspruch. Die Hauptstütze ist häufig mit Hörnern von Wasserbüffeln aus verschiedenen Opferzeremonien geschmückt. *[Helfritz, 1992, S. 97-98]*

Abb. 6 Torajabauten auf Sulawesi

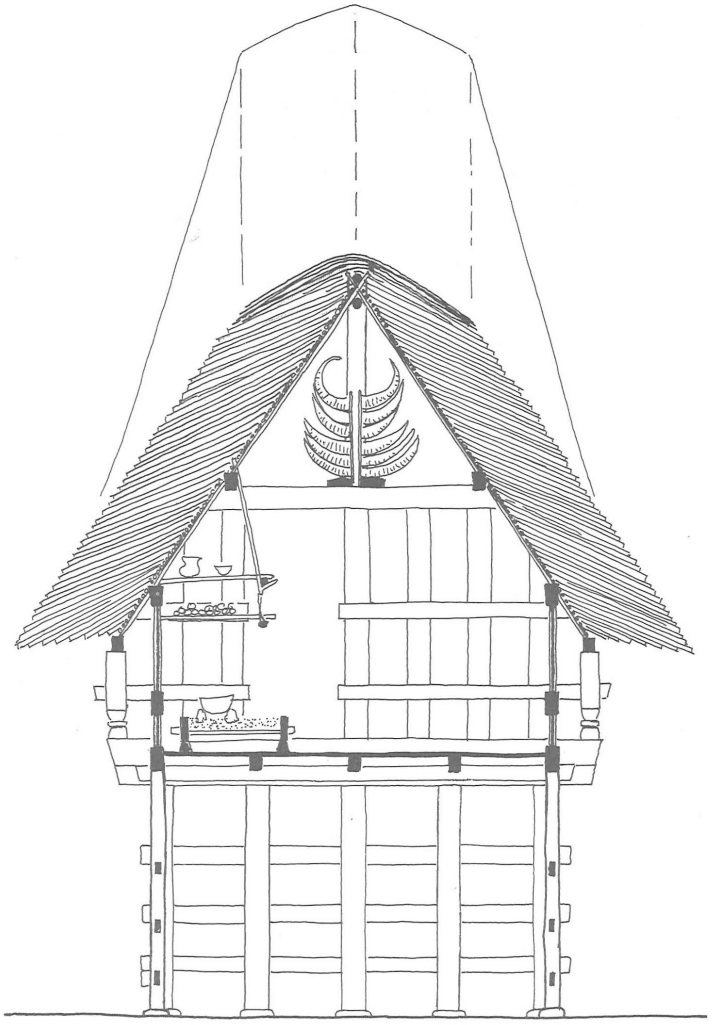


Abb. 7 Schnitt durch ein Toraja-Haus

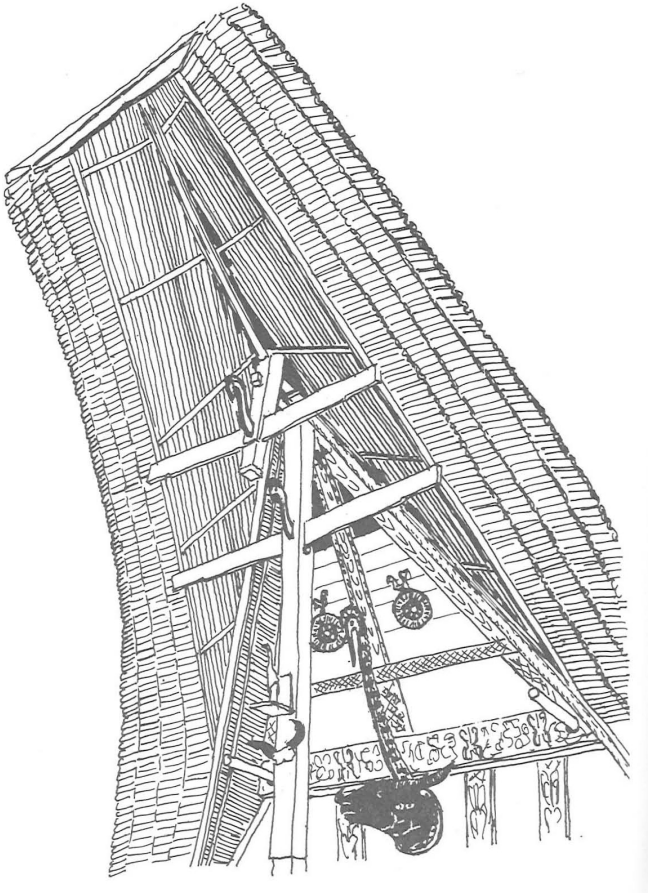


Abb. 8 Dachdetail eines Toraja-Hauses

Bugis

Auch die Ethnie der Bugis hat auf Sulawesi ihren eigenen Baustil entwickelt. Sie ist, so wie auch viele andere Völker in Indonesien, vor allem für Reisanbau und Fischerei bekannt. *[Kuhnt-Saptodewo, Pospíšilovà und Hesser, 2010, S.42-43]*

Das typische Bugis-Haus in Südsulawesi hat einen rechteckigen Grundriss und wird von 4x3 oder 4x4 Pfosten vom Boden abgehoben. [*Dawson und Gillow, 1994, S. 138]* Nur bei nobleren Bauten wurde die Anzahl der Pfosten für die Errichtung der Basis erhöht. In der untersten Ebene, dem sogenannten Unterbau, gibt es keine Wände. Hier werden Tiere oder Vorräte untergebracht. Die mittlere Ebene des Hauses ist die Ebene der Menschen, also der Bereich, in welchem die Menschen wohnen. In einem Haus wohnt die Kernfamilie zusammen mit den unverheirateten Kindern. Das Zentrum des Wohnraums, zumeist auch die Küche - sofern eine vorhanden ist - befindet sich immer an der Rückseite des Hauses. *[Oliver, Vol.2, 1997, S. 1088]* Das Grundgerüst des Hauses besteht aus Holz. Die Elemente werden ineinander verkeilt und dadurch ähnlich einer Steckverbindung zusammengehalten. Für diese Technik benötigt man keine Nägel oder diagonalen Aussteifer. Der Aufbau des Grundgerüsts ist verhältnismäßig einfach und kann mit Hilfe der Dorfbewohner erfolgen, für die Dachkonstruktion werden hingegen Fachleute benötigt. Das Dach wird traditionell mit Palmblättern oder Bambus gedeckt.

Sehr selten findet man javanesische Dachziegel oder auch Holzschindeln aus Borneo. Die Anzahl der Giebelelemente, welche aus Bambusmatten hergestellt werden, symbolisiert den Status des Besitzers. In der Regel findet man Giebel mit ein bis sieben Lagen. *[Oliver, Vol.2, 1997, S. 1089]*
Für die Errichtung der Wände wird zumeist Bambus oder andere natürliche Materialien verwendet, diese sind einfach fixiert, damit sie schnell entfernt oder ausgetauscht werden können. [*Dawson und Gillow, 1994, S. 106]* Früher wurde auch der Boden als Bambusgitter ausgeführt, jedoch werden seit dem 20. Jahrhundert vorwiegend andere Materialien dazu verwendet. Zu dieser Zeit hat man auch mit der Errichtung von Steinfundamenten begonnen. *[Oliver, Vol.2, 1997, S. 1089]*

Hinsichtlich Materialwahl und Dimension haben sich diese Häuser im Laufe der Zeit stark verändert. Auch die Plattform, auf welcher ein Haus steht, war früher deutlich weiter angehoben als dies heute der Fall ist. Anders als bei vielen anderen Bautypen wird bei den Häusern der Bugis Reichtum mit Hilfe von Dekorationen ausgedrückt und nicht durch ansteigende Größe. Die charakteristischen Stützen der Häuser werden heute häufig durch Wände aus Beton ersetzt. Früher wurde die Konstruktion ausschließlich durch Schnüre fixiert, heute werden diese teilweise durch Schrauben und Nägel ersetzt.
[Doubrawa und Zamolyi, 2008, S3ff.]

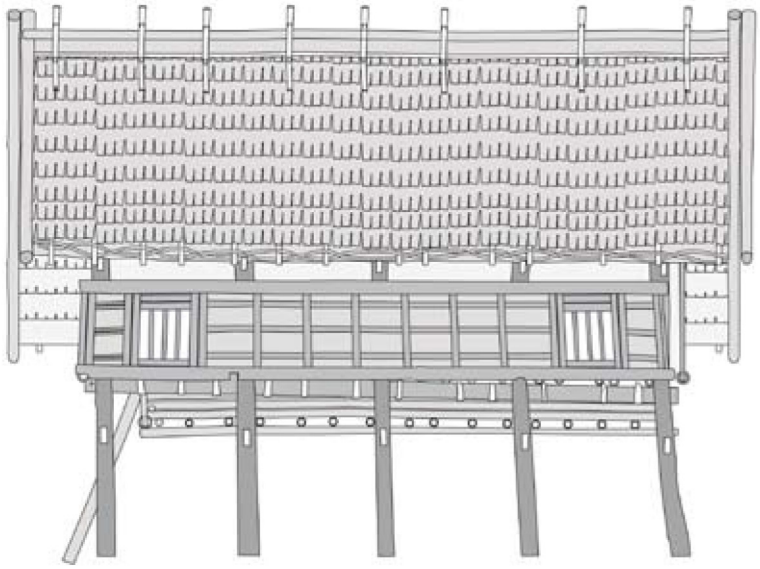


Abb. 9 Konstruktionskizze eines Bugis-Hauses

Abb. 10 CAD-Modell konstruktiver Aufbau eines Bugis-Hauses

BALI

Die Insel Bali stellt gemeinsam mit der Insel Java das Zentrum von Indonesien dar. Sie sind zugleich auch die Inseln mit der größten Dichte an Bewohnern. Die vielen Gemeinsamkeiten lassen sich auch anhand der traditionellen Architektur erkennen. [*Dawson und Gillow, 1994, S.81]*

Das traditionelle Haus Balis ist häufig nur aus natürlichen Materialien errichtet. Vorwiegend verwendet man dafür Holz, Bambus, Gräser für die Dachdeckung und Schnüre aus verschiedensten Pflanzenfäden. *[Davison, 2003, S. 10-11]* Im Unterschied zu vielen anderen Bautypen Indonesiens ist das balinesische Haus direkt auf den Boden gebaut. Eine Ausnahme stellt der Reisspeicher dar, er wird als einziger Bautyp der Insel als Pfahlbau errichtet. *[Dawson und Gillow, 1994, S.8 1ff.]* Das balinesische Gehöft ist von einer Mauer aus Lehm oder Ziegel umgeben. Die Dimensionen sowie auch Proportionen innerhalb des Gehöfts stehen im engen Zusammenhang mit den Bewohnern. Auch für das Volk auf Bali gibt es eine Unterteilung in verschiedene Welten. Dazu gehört die Unterwelt, welche auch mit der Welt des Bösen in Verbindung gebracht wird, die menschliche Welt, in welcher die Menschen leben, und der Himmel, welcher den Platz der Götter symbolisiert. *[Tjahjono, 1998, S. 36-37]*

Obwohl der Aufbau eines balinesichen Gehöfts die Grundsätze der Orientierung befolgt, gleicht kein Gehöft einem anderen. Jedoch findet man in jedem Gehöft drei bestimmte Typen von Tempeln.

Ursprungstempel Pura Puseh: Der erste Tempel, der bei der Gründung des Dorfes gebaut wurde.
Pura Dalam: Ein Grabtempel, welcher für die Geister der Toten errichtet wird.
Pura Balai Agung: Der Tempel der Götter; er gilt als Symbol für fruchtbare Landschaft.
[Waterson, 1997, S. 97]

Die Basis wird aus 4 niedrigen Wänden gebildet. Diese werden aus Ziegel oder Stein errichtet und mit gestampfter Erde gefüllt. In einigen Fällen wird dieser Boden noch mit einem Belag aufgewertet. Häufig jedoch ist die gestampfte Erde zugleich der Boden des Hauses. Darauf wird ein Grundgerüst aus Holz errichtet, welches das Dach trägt; es wird aus Bambus oder Kokosnuss-Holz gebaut. Die Wände haben keine tragende Funktion und können aus sehr unterschiedlichen Materialien bestehen. Häufig verwendet man Stein oder Ziegel für die Errichtung der Wände. Sehr beliebt ist jedoch auch Paras, eine Art Sandstein, welcher in der Sonne getrocknet wird. *[Davison, 2003, S. 10-11]*

Das Material ist ähnlich Lehmziegeln nicht sehr lange haltbar, weshalb manche dieser Konstruktionen nur einige Jahre bestehen. *[Davison, 2003, S. 10-11]* Die Häuser oder auch bale (ind. Pavillon) haben zumeist nur an ein bis zwei Seiten Wände; Ausnahme ist der Bereich, in welchem das Oberhaupt des Dorfes schläft; dieser Pavillon ist an allen Seiten geschlossen. Unterschieden werden die Pavillions auch anhand ihrer Säulenanzahl. Der **„bale sakenam“** besitzt sechs Säulen. Der größte Typ, der **„bale gede“**, wird mit zwölf Säulen errichtet. *[Dawson und Gillow, 1994, S. 87-88]*

Um die Wände so gut wie möglich vor Witterung zu schützen, werden sehr aufwändige Dachkonstruktionen gebaut. Das Haupttragwerk des Daches wird aus Bambus gebildet. Traditionell verwendet man für die Deckung das heimische Alang-Alang-Gras. *[Davison, 2003, S. 10-11]* Dabei werden die Grasbüschel mit einem speziellen Rechen gekämmt und in mehreren Schichten aufgetragen. Der fertige Aufbau misst etwa 45 Zentimeter und hat eine Haltbarkeit von ca. 50 Jahren. *[Dawson und GIllow, 1994, S. 88]* In Bergregionen wird auch Bambus in Form von Schindeln für die Deckung des Daches verwendet, da diese beständiger sind als die Grasdachdeckung. *[Davison, 2003, S. 10-11]*

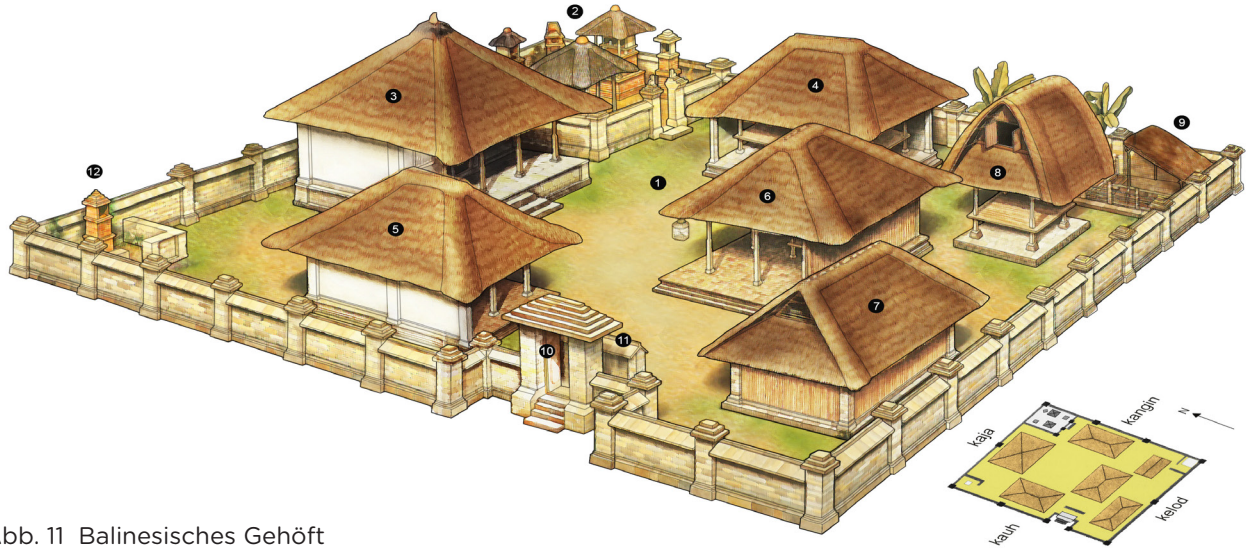


Abb. 11 Balinesisches Gehöft

Abb. 12 Aufbau eines balinesischen Gehöft

JAVA

Neben der buddhistischen Tempelanlage Borobudur, für welche die Insel Java bekannt ist, gibt es auch das sogenannte Javanische Haus, welches das Wohnhaus der Inselbewohner darstellt. Verschiedenste Tempelreliefs lassen vermuten, dass die vernakuläre Architektur der Insel von Pfahlbauten mit Schrägdächern und erweiterten Dachkonstruktionen geprägt war. Die meisten Häuser dieser Art weisen einen sehr ähnlichen Grundriss auf und unterscheiden sich wesentlich bei der Ausbildung des Daches. *[Tjahjono, 1998, S. 34]*

Kampung: So nennt man die einfachste Dachform. Diese Struktur kann einfach erweitert werden, indem man entweder das Dach um einen Vorbau erweitert oder indem man die gesamte Konstruktion kopiert und aneinander reiht.

Limasan: Dabei handelt es sich um eine bereits erweiterte Dachform des Kampung-Daches. In diesen Häusern leben etwas wohlhabendere Menschen. Erweiterbar ist diese Struktur über Stützen am Ende des Hauses oder durch den Anbau einer Veranda.

Joglo: Diese Dachform ist bei den exklusivsten Häusern Javas zu finden. Hierbei ist das Dach deutlich steiler als bei den zuvor erwähnten Varianten. Auch hier kann man die Struktur erweitern.
[Tjahjono, 1998, S. 34]

Die Formen der javanesischen Dächer werden zumeist aus Sattel- oder Walmdächern gebildet. In einigen Fällen gleichen die Dächer auch Mansarddächern. *[Tjahjono, 1998, S. 34]*

Ähnlich den balinesischen Häusern werden die traditionellen Häuser auf Java nicht als Pfahlbauten errichtet, sondern direkt auf den Boden gebaut. Die einfachste Bauform wird durch einen rechteckigen Grundriss gebildet. Für die Wandbekleidungen werden Matten aus gespaltenem Bambus an den Stützen befestigt, welche auch die Dachkonstruktion stützen. *[Dumarcay, 1986, S. 43]* Die Dächer werden meist mit gebrannten Tonziegeln gedeckt, weshalb die Tragkonstruktion große Lasten zu tragen hat. Der Fußboden ist lediglich gestampftes Erdreich und wird nicht mit zusätzlichem Belag versehen. Die gewählten Materialien und die Größe der Häuser stehen im engen Zusammenhang mit dessen Bewohner, je wohlhabender jemand ist, desto besser und größer ist auch das Haus. Bei wohlhabenderen Familien können die Wände auch aus Ziegel gebaut werden und die Dächer sind weitaus komplexer. Jeder erwachsene Mann ist mit dieser traditionellen Bautechnik vertraut. Sobald ein neues Haus gebaut wird, hilft das gesamte Dorf es zu errichten. Auf Java ist, verglichen mit anderen Regionen, sehr wenig traditionelle Architektur zu sehen. *[Dawson und Gillow, 1994, S. 81-84]*

Abb. 13 Javanesisches Haus

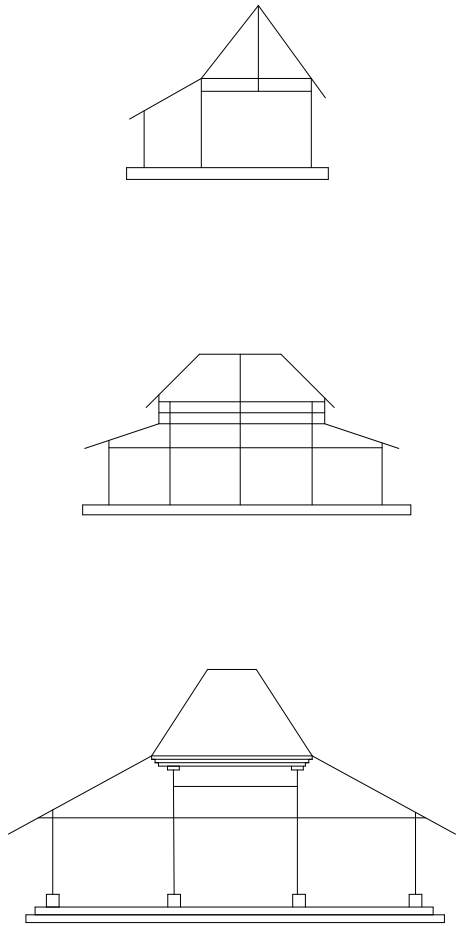


Abb. 14 Erweiterungen des Daches

SUMATRA

Der Norden der Insel Sumatra ist geprägt durch die Häuser des Volkes der Batak. Die Ethnie der Batak kann in sechs Gruppen unterteilt werden, die bekanntesten jedoch sind die Toba-Batak und die Karo-Batak. [*Dawson und Gillow, 1994, S.35]* Bei beiden Typen stehen die Häuser auf Stützen, welche nicht im Boden verankert werden. Der Unterbau des Hauses wird meist als Stallung genutzt, wodurch kein zusätzlicher Bau notwendig ist. Im Boden des Hauses befindet sich ein Loch, in welchem Nahrungsmittelreste entsorgt werden, welche zugleich als Futter für die Tiere dienen. Das Batak-Haus besteht aus einem einzigen Wohnraum. Man gelangt über eine Leiter oder Treppe in das Innere des Hauses. Das markante Dach beherbergt ein großes Luftvolumen und durch die Ritzen erhält man gute Luftzirkulation. Im Inneraum befinden sich 3-4 offene Feuerstellen, welche früher stets brennend gehalten wurden. Neben der Wärme, die dadurch gebildet wird, hilft der Rauch gegen Insekten und konserviert die Dachhaut. In jedem Batak-Dorf gibt es zwei Häuser, welche besonders auffallend sind. Es handelt sich dabei um das Haus des Dorfvorstehers und seine gegenüberliegende Reisscheune. Sie sticht durch die Bemalung schwarz, rot und weiß besonders hervor. *[Helfritz, 1992, S. 64ff.]*

Die Größe eines Dorfes ist in der Regel auf maximal zehn Häuser begrenzt und es befindet sich immer in unmittelbarer Nähe zu Wasser und dem zu bewirtschafteten Feld. [Dawson und GIllow, 1994, S: 36] Auch bei den Batak-Bauten ist der dreiteilige Aufbau, bestehend aus Unterbau, Wandzone und Dach, gut zu erkennen.

Unterbau:
Symbolisiert die Unterwelt und ist die Sphäre des Animalischen. In diesem Bereich befinden sich die Stallungen für die Haustiere. Es gibt keine Ornamente oder Verzierungen. Lediglich die nackte Konstruktion ist zu sehen. Der Unterbau dient auch zum Schutz vor Bodenfeuchtigkeit.

Wandzone:
Dieser Bereich wird mit der irdischen Welt, also der menschlichen Welt, in Verbindung gebracht. Charakteristisch ist auch die flächige Ausformung dieser Zone.

Dach:
Das Dach symbolisiert die überirdische Welt; es dient zum Schutz und wird häufig zum Zeichen kultureller Identität. *[Lehner, 2008, S. 9ff.]*

Toba-Batak

Batak-Bauten zeichnen sich durch sehr dramatische Dachkonstruktionen aus. Wie bereits zuvor erwähnt, sind die bekanntesten Bautypen jene der Toba- und Karo-Batak; es gibt jedoch auch andere Gruppen, wie etwa die Simalungun oder die Angkola. Jedes Batak-Volk hat eine eigene Architektursprache entwickelt. All diese Häuser haben jedoch einen Unterbau und bestehen aus Holz und anderen natürlichen Materialien. Das Fundament wird aus Stein errichtet, um das Bauwerk vor Witterung zu schützen. Die Verwendung von Nägeln ist untersagt. *[Tjahjono, 1998, S. 24-25]* Der Unterbau dieser beiden Bautypen ist weitgehend ident. *[Lehner, 2008, S. 9ff.]* Zwar besitzen beide Hausformen sehr prägnante Satteldächer; sie sind in Struktur und Proportion aber grundlegend unterschiedlich. *[Waterson, 1997, S.75]*

Obwohl es auch bei dem Volk der Batak unterschiedliche Häuser gibt, haben sie alle ein Satteldach mit weit ausladendem Giebel. *[Thajono, 1998, S. 24-25]* Ein wesentliches Merkmal dieser Dächer sind die extreme Durchbiegung und die mehrfach durchbrochene, dekorierte Giebelzone. *[Lehner, 2008, S. 9ff.]* Bemalte Holzschnitzereien dienen nicht nur dem Zweck der Verzierung, sondern haben auch eine rituelle Bedeutung. Ein Beispiel dafür ist der Singa-Kopf, dabei handelt es sich um den stilisierten Kopf eines mystischen Wesens, *[Helfritz, 1992, S. 64ff.]* Bei vielen Bautypen kann der Eingangsbereich zu den prominentesten Teilen des Hauses gezählt werden. Anders jedoch bei den Batak-Häusern. Bei den Toba-Batak wird der Eingang lediglich durch eine Luke gebildet, welche über eine schmale Leiter erreichbar ist. *[Lehner, 2008, S.13]*

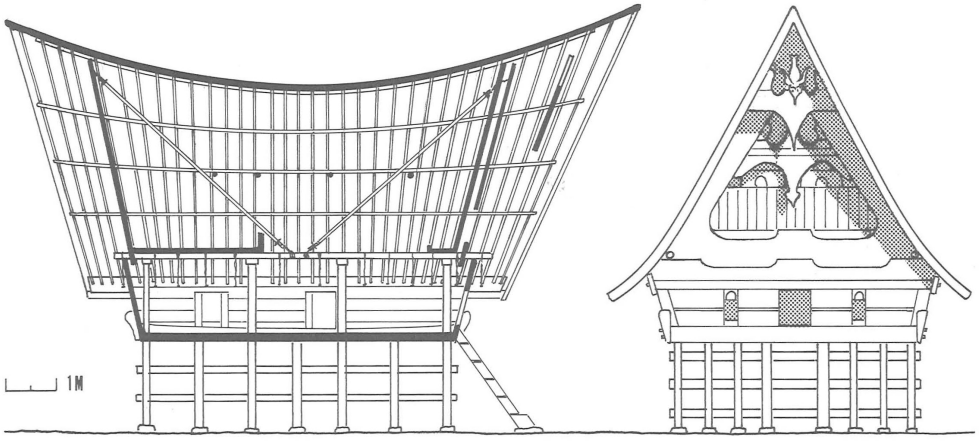


Abb. 15 Ansichten eines Toba-Batak-Hauses

Karo-Batak

Karo-Batak haben die größte Vielfalt an unterschiedlichen Haustypen. Die Häuser der Karo-Batak beherbergen acht bis zwölf Familien. Die Eingangszone wird durch eine Plattform aus Bambus gebildet. *[Dawson und Gillow, 1994, S.51]*

Im Unterschied zu den Toba-Batak werden die Häuser kaum mit Holzschnitzereien dekoriert, dafür aber häufig sehr großzügig mit den traditionellen Farben rot, schwarz, grün und gelb bemalt. Die Farben repräsentieren die Sippen der Vorfahren. *[Tjahjono, 1998, S. 24-25]*

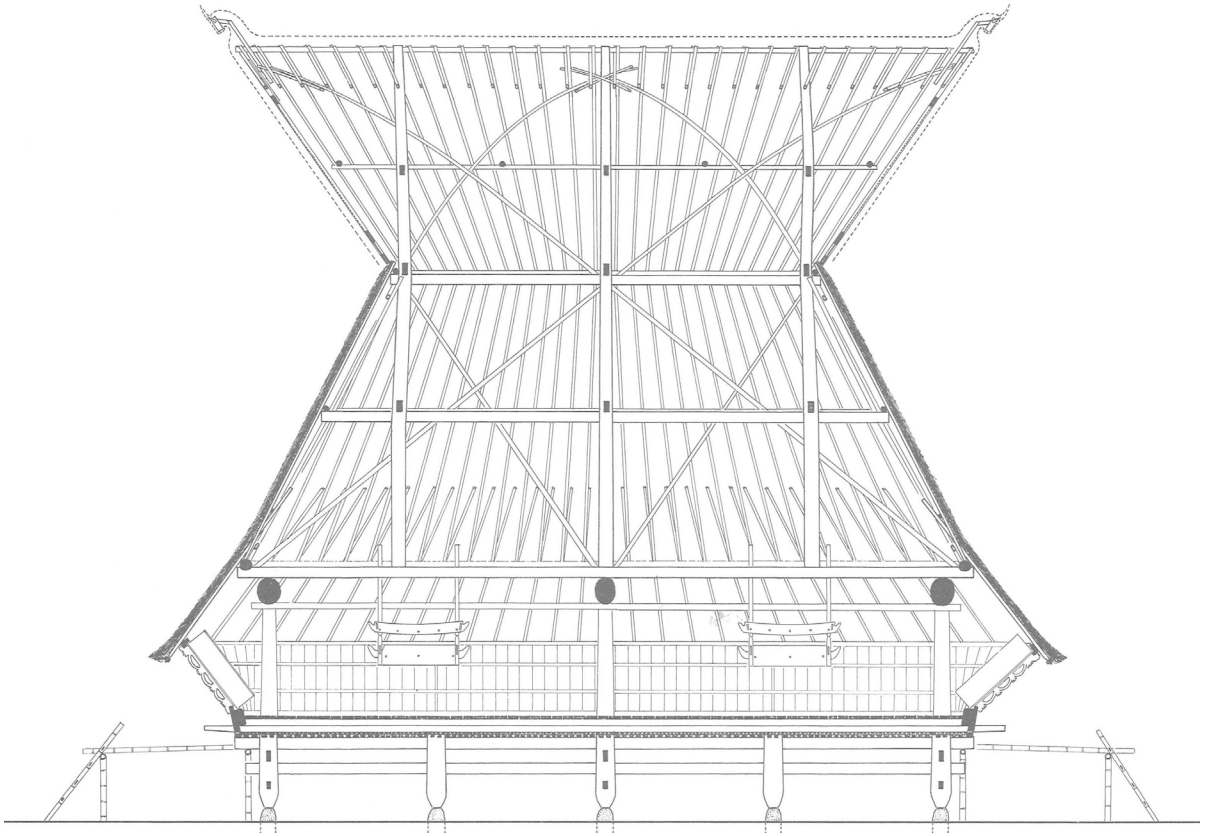


Abb. 16 Konstruktionsskizze Karo-Batak

Minangkabau

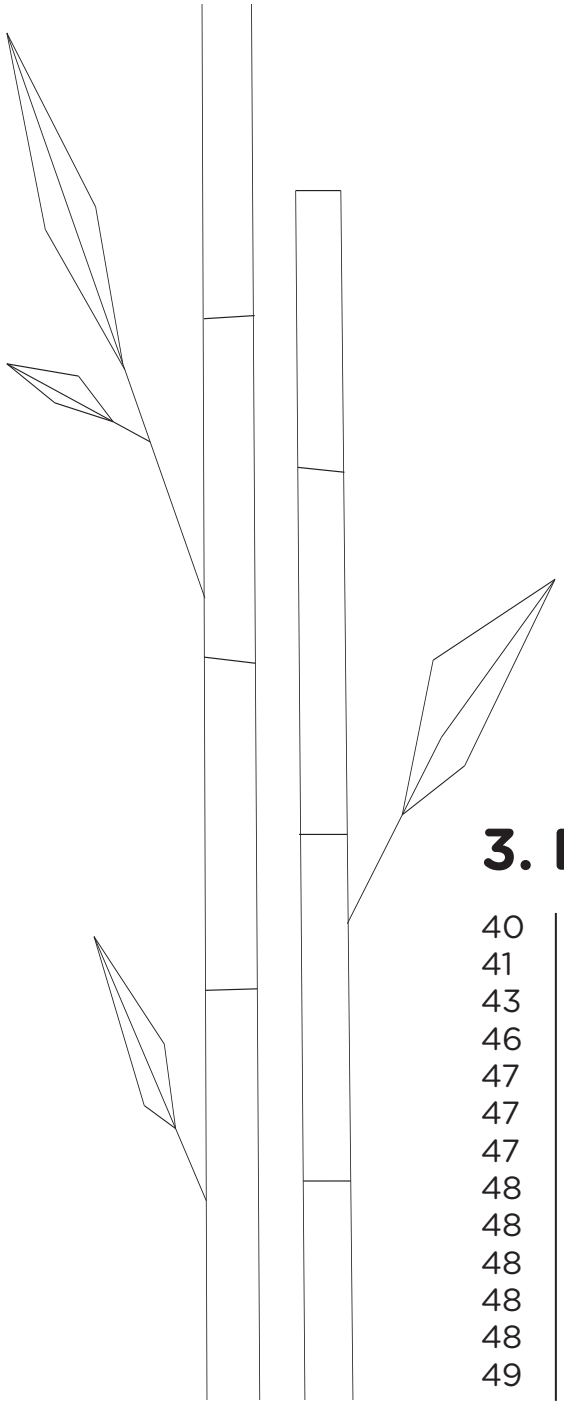
Die Häuser dieser Ethnie werden häufig auch mit dem Begriff “großes Haus” in Verbindung gebracht. Die Häuser erreichen heute jedoch nicht mehr derartige Größen, wie es früher der Fall war. Damals lebten über 100 Menschen in einem Minangkabau Haus. Das größte Haus, das je dokumentiert wurde, beherbergte mit einer Größe von 120x15 Metern 20 Familien. Nicht nur das Wohnhaus, sondern auch Speicherbauten, Gebetshäuser oder Versammlungshäuser basieren auf den grundlegenden Formen dieser Architektur. Der Grundriss dieser Bauform ist rechteckig, der Eingang wird meist an einer der Längsseiten errichtet. *[Tjahjono, 1998, S. 26-27]*
Jedes Mal, wenn ein weibliches Familienmitglied vermählt wird, wird ein weiterer Flügel adaptiert. Dadurch wachsen diese Häuser gemeinsam mit der darin lebenden Familien. Anhand der Zubauten, also auch der Dächer, erkennt man, wie viele Familien darin wohnen.

Die Dachform wird aus tiefen Satteldächern mit zierlichen Spitzen gebildet. Sie sollen an die Hörner eines Wasserbüffels erinnern.
[Helfritz, 1992, S. 69ff.]
Bei den Minangkabau-Bauten gibt es große Unterschiede im Verhältnis von Wand und Dach. Die Höhe der Wände variiert abhänging von Reichtum und Geschmack des Besitzers.
[Waterson, 1997, S. 76]

Die Konstruktion ist ähnlich den Batak-Häusern, da auch diese Häuser auf Stützen stehen. Die Vorderseiten und Giebel sind zumeist aus Holz. Die Rückseiten werden häufig mit Palmblättern oder Bambusmatten verkleidet. Die Dächer werden mit dem schwarzen Bast der Zuckerpalme gedeckt. Aufgrund der beschriebenen Gestaltungsmittel gehört der Baustil der Minangkabau zu den prachtvollsten Bautypen Indonesiens. *[Helfritz, 1992, S. 68ff.]*

Abb. 17 Minangkabau-Haus

Abb. 18 Bambus



3. Bambus als Baumaterial

40 | 3.1. Verbreitung und Vorkommen – der Bambusgürtel der Erde
41 | 3.2. Bambusarten
43 | 3.2.1. Heimische Bambusarten Indonesiens
46 | 3.2.2. Bekannte Bambusarten anderer Herkunft
47 | 3.3. Eigenschaften
47 | 3.3.1. Vor- und Nachteile von Bambus
47 | 3.3.2. Vergleich zu anderen Baumaterialien
48 | 3.4. Widerstandsfähigkeit von Bambus
48 | 3.4.1. Belastung
48 | 3.4.2. Brennbarkeit
48 | 3.4.3. Feuchtigkeit
48 | 3.4.4. Schädlinge
49 | 3.5. Methoden zur Verlängerung der Haltbarkeit

3.1. Verbreitung und Vorkommen - der Bambusgürtel der Erde

Bambus wird hauptsächlich in äquatornahen Regionen, wie etwa Südamerika, Afrika oder Südostasien als Baumaterial verwendet. Aufgrund von neuen Materialien und Techniken hat die Bedeutung von Bambus für einige Zeit in einigen Regionen abgenommen. Da es sich dabei um einen schnell nachwachsenden Rohstoff handelt, welcher in subtropischen Gebieten weit verbreitet ist, greift man heute jedoch wieder vermehrt darauf zurück. Die vielseitige Einsetzbarkeit des Materials ist nur einer von vielen Gründen, welche für die Verwendung von Bambus sprechen.

Da Bambus ein vorwiegend kurzlebiges Material ist, gibt es nur wenige repräsentative Bauten, die aus diesem Material hergestellt wurden. *[Dunkelberg, 1985, S. 12-14]*

Wie bereits zuvor erwähnt, wächst Bambus vorwiegend in den Tropen. Einige widerstandsfähige Arten sind auch in den Subtropen oder noch seltener in gemäßigten Zonen zu finden. Während man in Nordamerika noch vereinzelt natürlich wachsenden Bambus entdecken kann, ist das europäische Klima gänzlich ungeeignet.

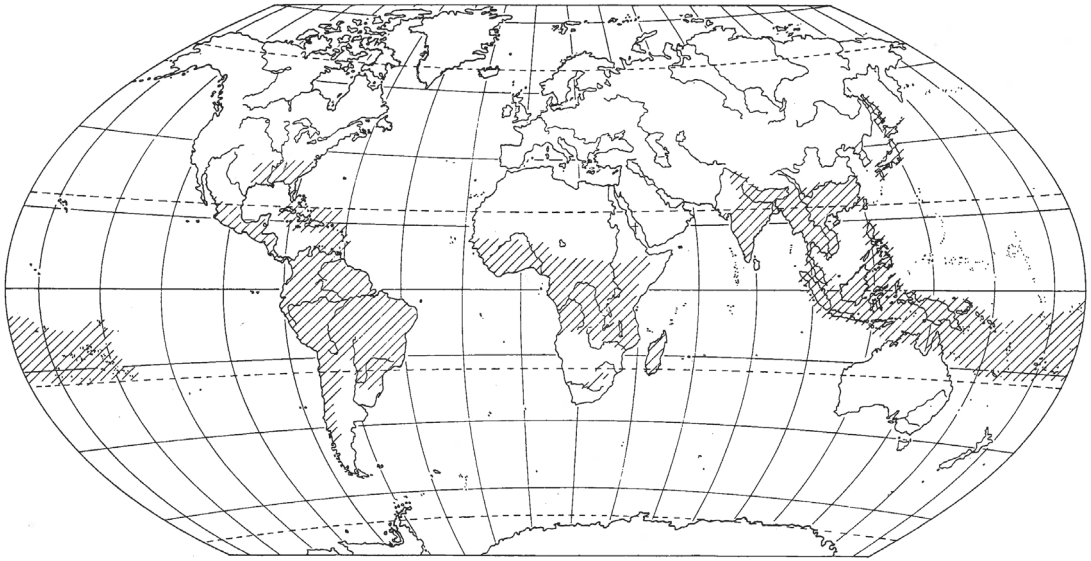


Abb. 19 Der Bambusgürtel der Erde

3.2. Bambusarten

Bambus wächst in der Regel bei Temperaturen zwischen 8,8 und 36°C. Obwohl einige Sorten auch Minusgraden standhalten, ist das optimale Klima eher tropisch. Als Grundvorraussetzung für ein optimales Wachstum sollte der Boden sandig bis lehmig sein. Salzhältige Böden sind für die Anzucht von Bambus ungeeignet.

Ausgangspunkt der Bambuspflanze ist das Wurzelsystem, auch Rhizom genannt. Zunächst entwickelt sich der Halm an der Erdoberfläche und es kann bis zu einem Jahr dauern, bis er seine volle Höhe erreicht hat, erst dann entwickeln sich Zweige. In weiterer Folge wachsen Blätter, welche jährlich abfallen und erneut nachwachsen. Nach ca. 3 Jahren beginnt der Verholzungsprozess; erst dann sind die Bambusrohre als Baumaterial geeignet. *[Dunkelberg, 1985, S. 50ff]* Um Bambus zu vermehren, kann man entweder bestehende Pflanzen teilen oder deren Setzlinge einpflanzen. Eine andere, jedoch meist erfolglose Methode ist die Aussaat. Da Bambus meist nur ein Mal blüht und anschließend abstirbt, ist diese Variante ein sehr langwieriger Prozess. *[Oprins und van Trier, 2005, S.34ff.]*
Bambus gehört mit seinen über 1200 Arten zur Familie der Grasgewächse und lässt sich anhand seiner Rhizome, also des Wurzelsystems, in drei Gruppen einteilen.

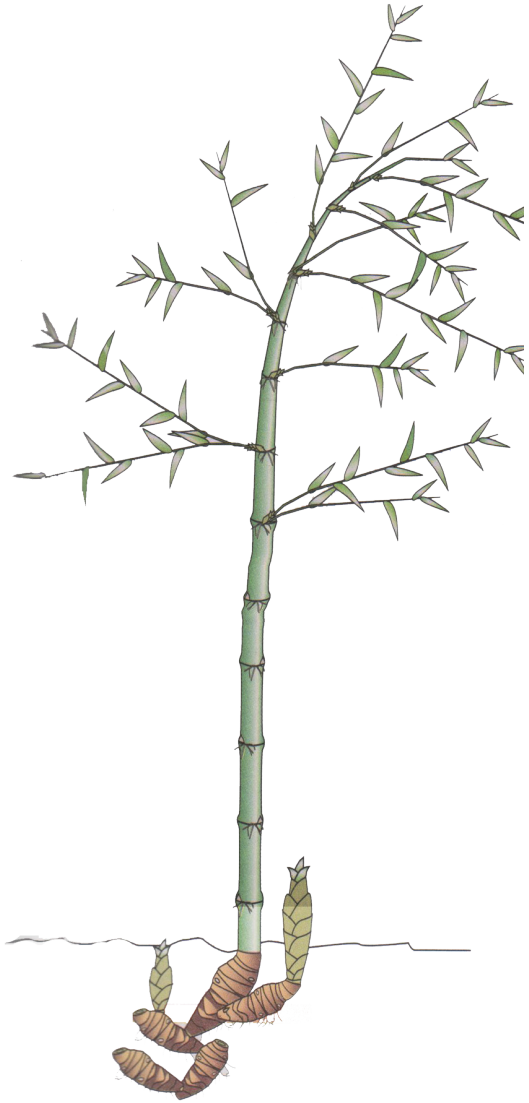


Abb. 20 Bambuspflanze

Der Monopodiale Bambus weist lange dünne Rhizome auf und die Triebe wachsen in regelmäßigen Abständen nebeneinander. Aufgrund seines linearen Wuchsbildes wird er auch laufender Bambus genannt. Beim Sympodialen Bambus hingegen sind die Rhizome dicker und kürzer, die Triebe wachsen in Gruppen, welshalb er auch Klumpender Bambus genannt wird. Die dritte Gruppe, welche häufig eine ineinander verwachsene Kombination aus beiden Wurzelsystemen ist, wird Kletterbambus genannt. *[Fitrianto]*

Die verschiedenen Bambusarten unterscheiden sich nicht nur aufgrund ihres Wuchses, sondern weisen neben Farbe und Größe auch unterschiedliche Qualitäten auf. Nicht alle Bambusarten sind zur Errichtung von Häusern oder Brücken geeignet. Während stabilere Bambussorten vorwiegend als Konstruktion zum Einsatz kommen, werden weichere, dünnere Stäbe für Wandverflechtungen, sowie Textilien verwendet. *[DeBoer und Groth, 2010,S. 16-19]*

Für die Verarbeitung von Bambus als Baumaterial oder auch als Nahrungsmittel werden sowohl heimische als auch importierte Bambussorten verwendet. Abhängig von Form und Stabilität sind unterschiedliche Nutzungen möglich.

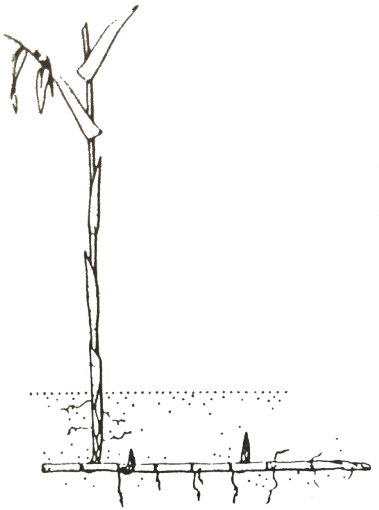


Abb. 21 Monopodiales Rhizom

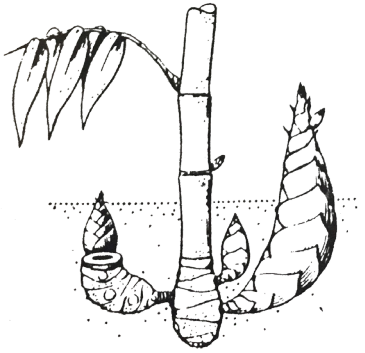


Abb. 22 Sympodiales Rhizom

3.2.1. Heimische Bambussorten Indonesiens

BAMBUSA

Zur Gruppe der Bambusa gehören 139 verschiedene Bambusarten. Die meisten von ihnen werden als Baumaterial genutzt. Das Wurzelsystem dieser Gruppe ist durchgehend sympodial. Diese Sorten sind hauptsächlich in subtropischen und tropischen Gebieten zu finden. In einigen Gebieten der neuen Welt wurden die Pflanzen dieser Gattung derart gut kultiviert, dass die Gruppe Bambusa teilweise auch dort als heimisch gilt. Typisches Merkmal ist ein Ast, welcher meist deutlich länger gewachsen ist als die übrigen. Bambusa gilt als sehr tolerant gegenüber Kälte; die Einwirkung von niedrigen Temperaturen kann jedoch das Wachstum der Pflanze beeinflussen. [Meredith, 2009, S.35]

Bambusa atra

Diese Bambusart wird auch als Langrohrbambus bezeichnet. Die Rohre werden zwischen 5 und 8 Meter lang, haben jedoch nur einen Durchmesser von 2-4 Zentimeter. Es handelt sich hierbei um sympodialen Bambus, die Halme sind gelblich, grün bis dunkelgrün. Bambusa atra wächst bevorzugt in flachen Regionen und Flussufern. Vereinzelt ist er auch an Berghängen zu finden. Er wächst in der Region von Indonesien bis Neu Guinea und kommt als Material für Kunsthandwerk und Korbgeflechte zum Einsatz. *[guadua bamboo]*

Bambusa blumeana

Den Namen Dornenbambus verdankt diese Sorte ihrem Aussehen. Anders als bei vielen anderen Bambusarten werden die Sprossen als Gemüse gegessen. Usprünglich stammt er aus Indonesien und Malaysia, heute ist er in ganz Südostasien weit verbreitet. Feuchte oder trockene, tropische Gebiete sind sein bevorzugter Lebensraum. Er wird bis zu 25 Meter hoch und weist einen Durchmesser von 8-15 Zentimeter auf. *[guadua bamboo]*

Abb. 23 Bambusa blumeana

Bambusa lako

Bambusa lako wird auch Timoresischer Schwarzer Bambus genannt; Grund dafür sind seine dunkel bis schwarzfarbigen Halme. Diese auf Indonesien heimische Sorte wird gerne in Kombination mit anderen hellen Bambussen für dekorative Zwecke verwendet. Die Rohre werden 3-8 Zentimeter stark und bis zu 15 Meter, manchmal auch bis zu 21 Meter, hoch. *[guadua bamboo]* Den Namen Timor Black verdankt er seiner Heimat, der Insel Timor. *[Meredith, 2009, S.40]*

Abb. 24 Bambusa lako

GIGANTOCHLOA

Heimisch in Asien und auf den Pazifischen Inseln zählt diese Gattung zu den besonders großen Bambusarten. Das Wurzelsystem wächst sympodial, also klumpend. Generell ähnelt diese Planzengruppe der Gattung Bambusa. Von dieser Sorte sind 37 Pflanzenarten bekannt; jedoch vermutet man, dass bis zu 200 verschiedene Arten existieren. *[Meredith, 2009, S.90]*

Gigantochloa atroviolacea

Eine weitere auf Indonesien heimische Art ist der Javanische Schwarze Bambus oder auch Tropischer Schwarzer Bambus genannt. Dieser Bambus wächst vorwiegend in sehr trockenen Regionen. Er wird im Gegensatz zu Bambusa lako auch für verschiedenste Konstruktionen verwendet. Mit einem Durchmesser von 6-8 Zentimeter und einer Höhe von bis zu 12 Meter unterscheidet er sich kaum vom Timoresischen Schwarzen Bambus. Aufgrund seines dickwandigen Rohrquerschnitts wird er auch für Möbel oder zur Herstellung traditioneller Musikinstrumente genutzt. Die junge Pflanze ist zuerst grün, jedoch entwickelt die Pflanze später sehr schnell ihre typische braun-schwarze bzw. violett-schwarze Färbung. Wie der Name der Pflanze bereits verrät, findet man diesen Bambus hauptsächlich auf der Insel Java, jedoch auch auf Sumatra

ist er zu finden. Er wird häufig mit der Sorte Bambusa lako verwechselt. Die Grashalme des Gigantochloa atriviolacea sind jedoch matt, bei Bambusa lako hingegen glänzen sie. *[Meredith, 2009, S.91]*

Gigantochloa apus

Die auf Java heimische Bambuspflanze weist einen Durchmesser von bis zu 10 cm auf und wird 9 bis 20 Meter hoch. Bei dieser Pflanze handelt es sich um eine besonders starke Bambusart. Dieser Bambus wird aufgrund seiner Festigkeit gerne für Dachsparren verwendet. Gigantochloa apus wurde 1932 nach Amerika gebracht und von dort aus auch in der neuen Welt, wie etwa Puerto Rico und Nicaragua, kultiviert. *[Meredith, 2009, S.91]*

Abb. 25 Gigantochloa atroviolacea

3.2.2. Bekannte Bambusarten Indonesiens anderer Herkunft

Bambusa balcooa

Dieser ursprünglich aus Nordostindien stammende Bambus wird auch Weiblicher Bambus genannt und findet in vielen unterschiedlichen Bereichen Verwendung. Die Triebe werden als Gemüse gegessen, die Bambusrohre hingehen werden für Gerüstbau, Brücken oder auch den Hausbau verwendet. Seine Rohre werden bis zu 15 Zentimeter dick und bis zu 22 Meter hoch und weisen dadurch hohe Stabilität auf. *[guadua bamboo]*

DENDROCALAMUS

Eine Gattung der alten Welt, welche sympodiale Rhizome aufweist und 52 bekannte Arten umfasst. Darunter befinden sich die größten Bambussorten der Welt. Sie erreichen eine Höhe von 30 Meter und mehr. Obwohl sie den Bambusapflanzen sehr ähnlich sind, gibt es in der Familie der Dendrocalamus keinen Bambus mit stacheligen Verzweigungen. Auch wenn einige von ihnen sehr tolerant gegenüber Kälte sind, benötigen sie eine subtropische bzw. tropische Umgebung. Die meisten Arten des Dendrocalamus werden mit Regionen mit hohen Niederschlägen und gebirgigen Lebensräumen in Verbindung gebracht. *[Meredith, 2009, S. 77]*

Dendrocalamus asper

Aufgrund seiner extremen Größe wird dieser Bambus für besonders schwere Konstruktionen verwendet. Seine bis zu 20 Zentimeter starken Rohre sind besonders stabil und mit einer Länge von bis zu 30 Meter wächst er auch sehr hoch, weshalb er auch Gigantischer Bambus genannt wird. Der große Durchmesser der Rohre lässt auch eine Verwendung als Wasserbehälter zu. Seine Herkunft kann nicht mit Sicherheit zugewiesen werden; man vermutet jedoch, dass er ursprünglich aus Malaysia stammt und sich von dort aus im asiatischen Raum verbreitet hat. Wie auch bei Babusa balcooa sind die Triebe genießbar und deshalb als Gemüse bekannt.*[guadua bamboo]*

Dendrocalamus giganteus

Beim sogenannten Drachen- oder ebenfalls Riesen- oder Gigantischen Bambus handelt es sich um die größte Bambussorte der Welt. Er stammt aus dem Südosten Asiens und kann wie auch andere Sorten für viele unterschiedliche Zwecke genutzt werden. Er kann eine Höhe von bis zu 36 Metern erreichen und wird bis zu 30 Zentimeter stark. *[guadua bamboo]*

Auch einige andere Bambussorten wie etwa Dendrocalamus latiflorus, Dendrocalamus strictus, Gigantochloa apus und Gigantochloa atter werden auf Indonesien verwendet. *[guadua bamboo]*

3.3. Eigenschaften

3.3.1. Vor- und Nachteile von Bambus

Einer der vielen Vorteile von Bambus ist sein schnelles Wachstum. Dort, wo die Pflanze heimisch ist, ist sie zahlreich vorhanden, wodurch keine Engpässe für das Baumaterial zu erwarten sind. Aufgrund seines natürlichen Vorkommens stellt Bambus keine ökologischen Probleme dar. Darüber hinaus ist das Material sehr belastbar. Das Verhalten hinsichtlich Zug, Druck und Biegung bietet auch in Erdbebengebieten enorme Standsicherheit. *[Dunkelberg, 1985, S.12-14]* Einen weiteren Vorteil stellt die leichte Bearbeitbarkeit von Bambus dar. Er kann mithilfe einfacher Werkzeuge und Techniken in Form gebracht und verarbeitet werden. *[Janssen, 1995, S. 2]*

Ein Nachteil von Bambus kann, ähnlich dem Material Holz, ein zu hoher Wassergehalt sein. Dieser beeinflusst sowohl physikalische als auch mechanische Eigenschaften sowie die Möglichkeiten der Weiterverarbeitung. Wenn das Material zu feucht ist, werden die Festigkeitswerte vermindert. Dadurch lässt es sich zwar besser bearbeiten, jedoch ist hier besondere Vorsicht geboten, da das Material leicht beschädigt werden kann. *[Dunkelberg, 1985, S. 72ff]* Der Aufwand, um die Haltbarkeit von Bambus zu erhöhen, ist deutlich höher als bei Holz. Außerdem sind Bambusrohre nicht ganz gerade; dies kann zu Schwierigkeiten bei der Bearbeitung führen. *[Janssen, 1995, S.2-3]*

3.3.2. Vergleich zu anderen Baumaterialien

Bambus kann sowohl mit Stahl als auch mit Holz verglichen werden und ist diesen Materialien in mancher Hinsicht weit überlegen. Vergleicht man die drei Materialien in einem konkreten Beispiel, so hat Bambus das geringste Gewicht und hält einer dreimal höheren Zugbelastung als Holz und einer achtmal höheren Belastung als Stahl stand. Stahl ist jedoch Holz und Bambus hinsichtlich seiner Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse weit überlegen. *[Dunkelberg, 1985, S.42]* Es gilt, die unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich der Nutzung abzuwiegen.

Betrachtet man die Materialien Holz und Bambus in Bezug auf deren Verarbeitbarkeit, so sind die Verbindungen von Bambusrohren weit anspruchsvoller und schwieriger herzustellen. Die Kieselsäure, welche in der Bambusrinde enthalten ist, führt außerdem zu schneller Abnutzung und Abstumpfung der Werkzeuge. *[Janssen, 1995, S.2-3]*

3.4. Widerstandsfähigkeit von Bambus

3.4.1. Belastung

Die Belastbarkeit von Bambus hängt von viele Faktoren, wie etwa Feuchtigkeitsgehalt, Alter, Dichte oder auch Standort, ab. Generell überzeugt Bambus vor allem durch sein Verhalten gegenüber Zugbelastungen. *[Dunkelberg, 1985, S. 84ff]* Es wurden bereits Versuche angestellt Bambus anstelle von Stahl als Bewehrung einzusetzen.

4.3.2. Brennbarkeit

Da Bambus so wie andere Bauhölzer brennbar ist, stellt diese Eigenschaft eine nicht zu unterschätzende Gefahrenquelle dar. *[Janssen, 1995, S.2-3]*
Im Vergleich zu Fichtenholz entflammt Bambus deutlich später. Auch innerhalb eines einzelnen Bambusrohres sind Unterschiede zu erkennen. Es dauert doppelt so lange, bis Bambus in der Stabmitte entflammt, wie in den Randbereichen. Als möglichen Grund vermutet man die höhere Dichte in den Mittelbereichen. Die Lage des Bambus spielt bei der Brennbarkeit eine erhebliche Rolle. Horizontale Konstruktionen sind schwerer entflammbar als Rohre, welche vertikal oder schräg verbaut wurden. *[Dunkelberg, 1985, S. 76-82]*

4.3.3. Feuchtigkeit

Bambus ist sehr anfällig gegenüber Feuchtigkeit und die Lebensdauer kann durch ständige Wassereinwirkung stark verkürzt werden. Es ist daher sehr wichtig darauf zu achten, dass Bambus nicht in direktem Kontakt zum Boden steht. Wenn man das Baumaterial im Inneren eines Bauwerks verwendet, so ist es sowohl vor Regen als auch massiver Sonneneinstrahlung geschützt. Bambushäuser stehen daher oft auf einer Plattform oder auf speziellen Fundamenten, welche die Aufnahme von Bodenfeuchtigkeit verhindern. Aufgrund dieser Erkenntnis werden auch bei der Dachdeckung häufig Mischbauweisen oder wasserresistente Materialien verwendet. *[DeBoer und Groth, 2010, S. 34 ff.]*

3.4.4. Schädlinge

Je feuchter das Matieral ist, desto anfälliger ist es auch für Schädlinge. Ein Grund dafür ist die verminderte Festikeit des Materials. Als gefährlichste Schädlinge werden einige Käfersorten angesehen. Sie können den Bambus derart zernagen, dass
er als Baumaterial nicht mehr brauchbar ist. *[Dunkelberg, 1985, S.94]*

3.5. Methoden zur Verlängerung der Haltbarkeit

Bei ausreichendem Schutz können Konstruktionen aus Bambus sehr lange halten. In einigen Fällen verfallen sie jedoch bereits nach 2 Jahren oder weniger, sofern die Bauteile nicht ausreichend gewartet werden. Um Bambus vor übermäßiger Feuchtigkeit zu schützen, empfiehlt es sich, einen geeigneten Untergrund zu konstruieren. Bambusrohre sollten nicht ungeschützt auf dem Untergrund stehen, da sie sonst ständiger Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Eine Möglichkeit, Bambus möglichst lange zu erhalten, ist ihn möglichst nur bei der inneren Struktur des Gebäudes zu verwenden. Es ist auch von Vorteil, außen liegende Bauteile durch einen möglichst großen Dachüberstand zu schützen. Auch wenn Bambus in einigen Fällen als Dachdeckung genutzt wird, so sind Konstruktionen dieser Art meist nur von kurzer Lebensdauer, sofern diese nicht regelmäßig gewartet werden. *[DeBoer und Groth, 2010, S. 34-38]*

Um die Bauteile vor Schädlingen wie etwa Insekten zu schützen, gibt es unterschiedliche Verfahren. Einerseits hat man die Möglichkeit, mit chemischen oder natürlichen Anstrichen zu arbeiten; andererseits gibt es einige Möglichkeiten bei der Verarbeitung, welche vorsorglich schützen sollen. *[DeBoer und Groth, 2010, S. 27]* Es empfiehlt sich, den Bambus in der kühleren und trockenen Jahreszeit zu ernten. Das Räuchern der Bambusstäbe ist nur eine von vielen Methoden, wie man das Material vorbeugend schützen kann. *[Dunkelberg, 1985, S. 94]*

Mit Hilfe unterschiedlicher Verfahren kann man die Haltbarkeit von Bambus deutlich verbessern. Nach entsprechender Behandlung sind außen liegende Bauteile bis zu 15 Jahre haltbar. Bei innenliegenden Bauteilen kann die Haltbarkeit sogar auf bis zu 25 Jahren erhöht werden. *[Janssen, 1995, S. 11]*

SCHUTZ VOR SCHÄDLINGEN

Bambus ist im Vergleich zu anderen natürlichen Baumaterialien gegenüber Schädlingen relativ gut beständig. Jedoch wird er sehr häufig vom sogenannten Splintholzkäfer befallen, welcher die Struktur zerstört und die Tragkraft des Bambus schwächt. Häufig sind diese Schäden von außen nicht sichtbar. Termiten finden Bambus weitgehend uninteressant und auch andere Insektenarten betrachten den Bambus weniger als Nahrung. *[DeBoer und Groth, 2010, S.26]*

Räuchern

Beim Räuchern werden die Bambusstäbe über Feuerstellen mit starker Rauchentwicklung gelagert. Dabei ist darauf zu achten, dass die Stäbe von Zeit zu Zeit umgeschlichtet werden, damit ein gleichmäßiges Räuchern erzielt werden kann. Die Rinde, welche für viele Schädlinge als Nahrung dient, wird dadurch ungenießbar. Als Nachteil dieser Methode besteht die Gefahr von Rissbildungen. *[Janssen, 1995, S. 7]*

Curing

Eine weitere Möglichkeit, den Bambus für Schädlinge ungenießbar zu machen, ist das sogenannte Curing. Dabei werden die Bambusstäbe geerntet und dann für einige Zeit vor Ort belassen. Wichtig dabei ist, dass die Schnittfläche nicht mit Bodenfeuchtigkeit in Berührung kommt. Die Blätter setzen ihren Stoffwechsel dadurch noch fort und der Stärkegehalt der Pflanze wird dadurch reduziert. Durch die fehlende Stärke sind die Pflanzen weniger attraktiv für Schädlinge. *[Dunkelberg, 1985, S. 94]*

Erhitzen

Eine auf Indonesien untypische Methode ist das Erhitzen. In unterschiedlichen Ofenkonstruktionen werden die Bambusstäbe auf ca. 150°C erhitzt. Die Struktur der Rinde verändert sich während des Prozesses und wird widerstandsfähiger. Aufgrund möglicher Rissbildungen in der Rinde ist diese Methode jedoch auch sehr heikel. *[Dunkelberg, 1985, S. 94]*

Wässern

Wässern ist eine Möglichkeit, welche sehr häufig angewandt wird. Ähnlich wie beim Curing wird hier der Stärkegehalt der Pflanze durch Auswaschen reduziert. Aufgrund der Bewegung sind Flüsse besser geeignet als stehende Gewässer. Der Bambus wird bis zu 12 Wochen im Wasser gelagert; wichtig hierbei ist, dass der Bambus stets gleichmäßig unter Wasser gehalten wird. *[Dunkelberg, 1985, S. 94]*

Insektizide

Der Einsatz von Chemie hilft gegen eine Vielzahl von Schädlingen und Erkrankungen der Bambuspflanze. Sie kann entweder in Form eines Anstrichs aufgetragen werden oder durch Tauchen des Rohres in eine Flüssigkeit. *[Dunkelberg, 1985, S. 94]*

Die verwendeten Flüssigkeiten können auf Wasser- oder auf Ölbasis sein. Öle durchdringen die Fasern besser und schneller als wasserbasierende Mittel, jedoch sind die Inhaltsstoffe meist teurer. Des Weiteren kann die gesundheitliche Bedenklichkeit einiger Stoffe nicht ausgeschlossen werden. Bei wasserbasierenden Flüssigkeiten werden verschiedene Salze in Wasser aufgelöst. Diese Salze können sich jedoch nach einiger Zeit auswaschen, wodurch die Langzeitwirkung nicht gewährleistet werden kann. Auch hier gibt es einige Zusatzstoffe, welche schädliche Auswirkungen auf die Anwender haben können. *[Bamboo Construction Manual, 2014, S. 12]*

SCHUTZ VOR PILZERKRANKUNGEN

Neben der Gefahr von Schädlingen kann Bambus auch von Pilzen angegriffen werden.

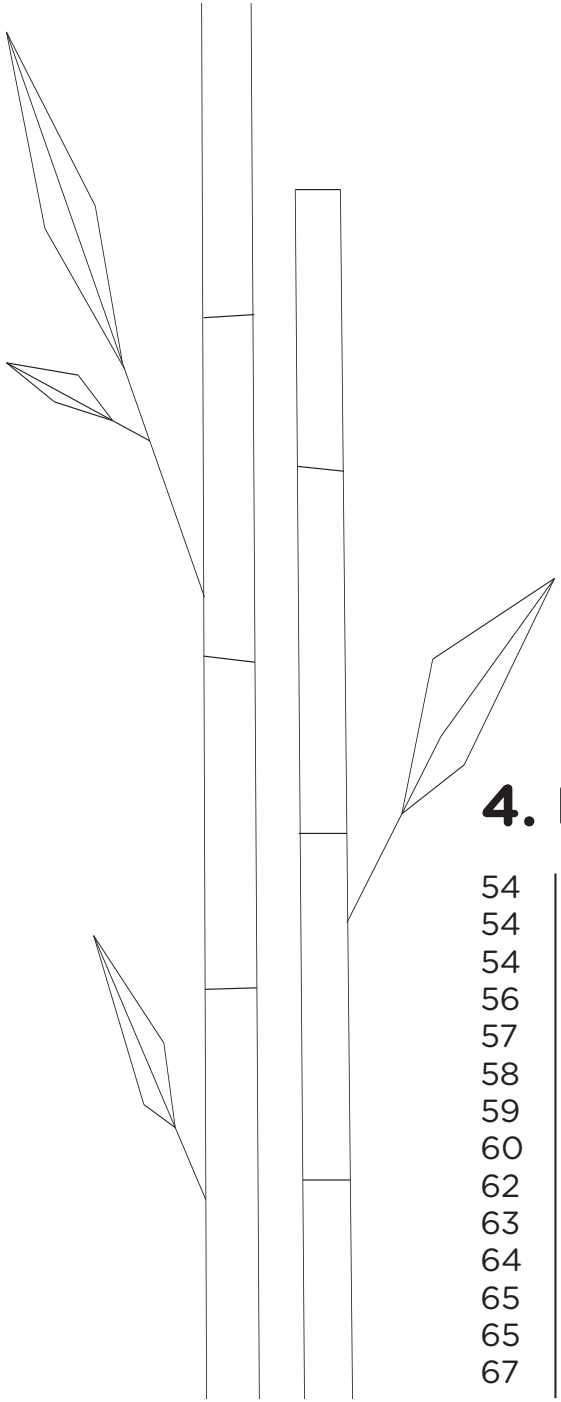
Anstriche

Eine Methode, welche nicht nur zum Schutz vor Insekten, sondern auch Pilzen genutzt werden kann, stellen sogenannte Anstriche dar. Diese Anstriche sind meistens aus Kalk, können jedoch auch aus anderen Stoffen, wie etwa Ölen bestehen. Kalkanstriche sind besonders beliebt, da man damit auch gestalterisch arbeiten kann. *[Dunkelberg, 1985, S. 94]*

Wenn Bambus nicht behandelt wird, so hat er in etwa die gleiche Haltbarkeit wie Weichholz, etwa ein bis zwei Jahre, wenn er äußeren Einflüssen ausgesetzt ist, und 3-5 Jahre, wenn er vor Regen geschützt wird. Getrocknet und im Innenraum genutzt kann das Material noch sehr viel länger erhalten bleiben. [DeBoer, Groth 2010:28]

„Bamboo cut with moon on wane
Will ensure financial gain
But beetles bore it very soon
If cut upon the waxing moon
Moreover its a well known fact
That ripe bamboo is less attacked
So say the chaops who ought to know-
About it really is not so.
For science reared its ugly head
And knocked these superstitions dead.
The lunar myth is utter tripe
And borers like their bamboo rise. “

[Autor unbekannt, CAN 2013, S. 28]



4. Bauen mit Bambus

54 | 4.1. Gewinnung und Verarbeitung von Bambus
54 | 4.1.1. Anbau und Ernten des Bambus
54 | 4.1.2. Bearbeitung des Bambus
56 | 4.2. Werkzeuge zur Bearbeitung
57 | 4.3. Funktionen von Bambus im Bauwesen
58 | 4.3.1. Fußbodenkonstruktionen
59 | 4.3.2. Wandelemente
60 | 4.3.3. Dachkonstruktionen
62 | 4.3.4 Gerüstbau
63 | 4.3.5. Brücken
64 | 4.4. Verbindungen
65 | 4.4.1. Steckverbindungen
65 | 4.42. Seilverbindungen
67 | 4.4.3. Bohrungen und Nägel

4.1. Gewinnung und Verarbeitung von Bambus

4.1.1. Anbau und Ernten des Bambus

Die optimale Zeit, um Bambus in der Region Indonesien zu ernten, ist die Trockenzeit. Es wird auch gesagt, man soll Bambus ernten, wenn der Zuckeranteil der Pflanze besonders gering ist, damit er nicht so leicht von Schädlingen befallen wird. Jedoch ist nicht bestätigt, ob es an der Pflanze liegt, oder ob zu bestimmten Zeiten weniger Schädlinge vohanden sind. *[DeBoer und Groth, 2010, S. 25]*

Bei der Ernte wird zwischen zwei Methoden unterschieden. Der Kahlhieb ist die am weitesten verbreitete Methode, jedoch langfristig gesehen sehr unwirtschaftlich. Dabei werden alle Bambusstäbe gefällt. Da meistens keine neue Anpflanzung erfolgt, ist der Plenterhieb, also das selektive Ernten, weit ökonomischer. Für diesen Verarbeitungsschritt wird häufig eine einfache Machete als Werkzeug verwendet. Im Anschluss sollten sämtliche Zweige und Blätter vorsichtig entfernt werden. Dabei sollte man darauf achten, dass die äußerste Schicht des Bambus nicht verletzt wird, da er sonst anfälliger für Schädlinge und Krankheiten ist. Im Anschluss werden die einzelnen Rohre zu Bündeln zusammengeschnürt und somit für den Transport vorbereitet. Bei der Lagerung ist darauf zu achten, dass der Bambus liegend trocknet, um ein Verbiegen der Rohre zu vermeiden. Des Weiteren sollte man einen möglichst vor Feuchtigkeit und Schädlingen geschützten Platz finden, im Idealfall findet die Lagerung nicht direkt am Boden statt. Das Trocknen nimmt in etwa 6-12 Wochen in Anspruch, bei Ofentrocknung dauert die Trockenphase kürzer, jedoch sind nicht alle Bambusarten dafür geeignet, da Risse in der Rinde entstehen könnten. *[Dunkelberg, 1985, S. 92-94]*

4.1.2. Bearbeitung des Bambus

Brechen, Schneiden, Sägen

Es gibt viele Möglichkeiten, um Bambus zu bearbeiten, jedoch nicht alle von ihnen sind auch nützlich. Aufgrund der langen Fasern der Pflanze lässt Bambus sich nur schwer brechen. Das Material wäre nachher unbrauchbar. Sehr oft wird Bambus geschnitten. Wenn die Klinge sehr schmal und scharf ist, lassen sich mit dieser Technik gute Ergebnisse erzielen. Eine weitere Möglichkeit zur Bearbeitung ist Sägen. Die Sägeblätter sind jedoch sehr teuer und schwierig zu warten, weshalb sie kaum Verwendung finden. *[Deboer und Groth, 2014, S. 12]*

Spalten

Die trocknungsbedingten Spaltungen, welche bei Bambus entstehen können, sind zumeist ungewollt und man versucht ihnen entgegenzuwirken. *[Deboer und Groth, 2010, S. 32]* In manchen Fällen kann das Spalten der Bambusrohre jedoch auch gewollt sein und somit gezielt eingesetzt werden. Man kann gespaltenen Bambus für unterschiedliche Bereiche nutzen: Man findet ihn beispielsweise als Bodenbelag oder Dachdeckung, aber auch für Wandgeflechte wird er verwendet. Zum Spalten reicht ein einfaches Haumesser, welches den Bambus entlang der Fasern zerteilt. *[Dunkelberg, 1985, S. 96]* Dabei wird zwischen Rohrspaltung und Rohrwandspaltung unterschieden. Bei der Rohrspaltung werden die Rohre zumeist halbiert oder geviertelt. In weiterer Folge können die Segmente der Rohrwände in kleinere Teile geschnitten werden. Beide Varianten werden entlang der Längsfasern ausgeführt. *[Dunkelberg, 1985, S. 106-107]*

Bohren

Beim Bohren von Bambus sollte man stets darauf achten, von außen nach innen zu bohren. Durch die vorgegebene Bohrrichtung fransen die Löcher weniger aus. Bessere Ergebnisse erzielt man durch Brennbohren; hierbei kann das Ausfransen des Loches weitgehend verhindert werden. *[Recht, Wetterwald, Simon, 1994, S. 148]*

Biegen

Eine weitere Möglichkeit, Bambus zu bearbeiten, stellt das Biegen dar. Beim sogenannten Kalt-Biegen lassen sich die einzelnen Teile nur bedingt in die gewünschte Form bringen. Abhängig von der Beschaffenheit des Ausgangsmaterials können unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden. Sehr dünne Bambusstreifen lassen sich aufgrund der hohen Elastizität besser biegen als größere Latten. Generell ist die Biegsamkeit von Bambus verglichen mit anderen Baumaterialien sehr gut. *[Dunkelberg, 1985, S. 126]*

Bessere Ergebnisse lassen sich mittels Warm-Biegen erzielen. Durch Wärmeeinwirkung wird Bambus sehr gut formbar. Bauteile, welche mit Hilfe von Wärme gebogen wurden, sind jedoch in der Architektur kaum zu finden. *[Dunkelberg, 1985, S. 130]*

Schälen

Durch das Schälen des jungen Bambus kann die abgeschälte Rinde zugleich als Bindematerial genutzt werden. Einerseits macht man dies, um das Erscheinungsbild des Bambus zu verändern, andererseits ist er dadurch weniger anfällig für Schädlinge. *[Dunkelberg, 1985, S. 108]* In einigen Regionen werden ausschließlich natürliche Materialien für den Bau der Häuser verwendet, wodurch der Einsatz von natürlichem Bindematerial erforderlich ist.

4.2. Werkzeuge zur Bearbeitung

Zur Bearbeitung von Bambus werden unterschiedliche Werkzeuge benötigt. Am häufigsten ist das einfache Haumesser im Einsatz; es zählt zur Grundausstattung, wenn man mit Bambus arbeitet. Es wird bereits bei der Ernte für das Abtrennen der Bambushalme genutzt. Auch für weitere Bearbeitungsschritte, wie etwa das Kürzen oder Teilen der Bambusrohre, wird es verwendet. *[Bamboo Construction Manual, 2014, S.19]*

Mit einem guten Haumesser ist es möglich, sämtliche Bearbeitungen durchzuführen. MIt dessen Hilfe lassen sich sogar Bohrungen herstellen, sofern eine scharfe Spitze vorhanden ist. *[Dunkelberg, 1985, S. 96]*

Weiters werden auch Hämmer, Sägen, Schaufeln und Schnüre für die Errichtung benötigt. Kleine Holzpfähle helfen bei der Markierung des Grundrisses und werden mit dem Hammer in den Boden geschlagen. Die Schnüre werden sehr vielseitig eingesetzt. Sie können als Markierung oder auch als Verbindungselement dienen. Je nach Verfügbarkeit können andere Werkzeuge, wie etwa eine Zange und ein Bohrer, genutzt werden. *[Bamboo Construction Manual, 2014, S.20-21]*

Bambus sollte immer mit möglichst scharfen Werkzeugen bearbeitet werden, damit die Verbindungen genau ausgearbeitet werden können und bestmögliche Haltbarkeit aufweisen. Dies führt auch dazu, dass der Werkzeugverschleiß deutlich höher ist als bei anderen Materialien. *[Dunkelberg, 1985, S.96]*

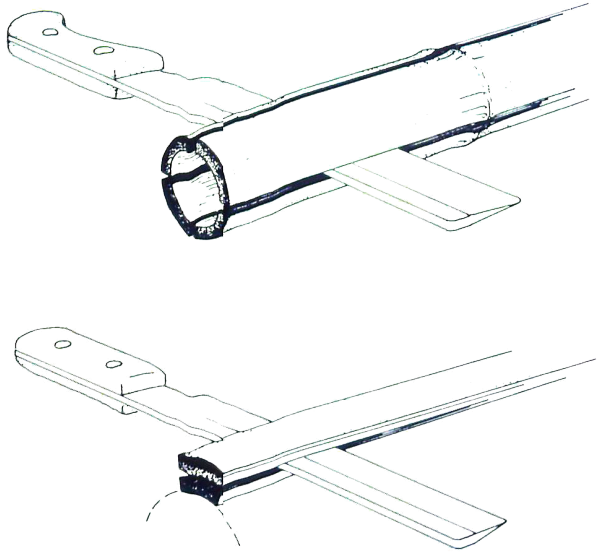


Abb. 26 Haumesser zum Spalten des Bambus

4.3. Funktionen von Bambus im Bauwesen

Auch wenn es Bambushäuser gibt, die zur Gänze aus Bambus errichtet wurden, gibt es hauptsächlich jene, welche in Mischbauweise erbaut wurden. *[Janssen, 1995, S. 18]*

Bevor man mit dem Bau eines Hauses aus Bambus beginnt, sollten einige Gefahrenquellen, welche es bei dieser Bauweise gibt, bekannt sein. Neben den bereits bekannten Gefahren für das Material dürfen beim Hausbau die Möglichkeit eines Erdbebens und die daraus möglicherweise resultierenden Brände nicht vernachlässigt werden. Auch die Windbelastungen müssen bedacht werden und die Verbindungen sollten dementsprechend stabil sein. *[Janssen, 1995, S.19]*

Bambus kann im Ganzen, jedoch auch in Teilen oder nach spezieller Verarbeitung für den Hausbau verwendet werden. Daher ergeben sich auch unterschiedliche Funktionen, die das Material erfüllen kann. *[DeBoer, Groth 2010, S. 5]*

In einigen Fällen wird Bambus auch völlig unbearbeitet genutzt. Man findet unbearbeitete Bambusrohre bei Fußböden oder Brückenkonstruktionen. Dabei werden die Rohre lediglich nebeneinander gereiht und dienen damit als tragende Konstruktion. Auch für den Gerüstbau verwendet man unbehandelte Bambusrohre. *[Dunkelberg, 1985, S. 96-98]*

Da Bambushäuser zumeist nur eingeschossig errichtet werden, findet man nur selten Deckenkonstruktionen aus diesem Material. *[Dunkelberg, 1985, S. 200]*

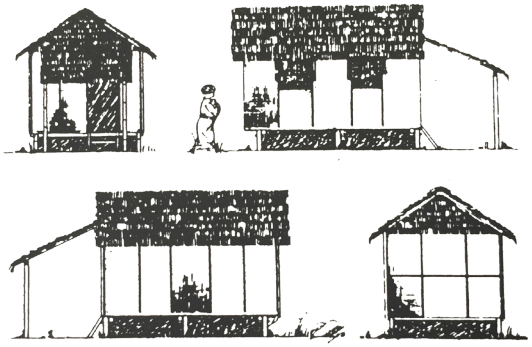


Abb. 27 Bambushaus

4.3.1. Fußbodenkonstruktionen

Bei einfachen Hütten besteht der Fußboden zumeist nur aus gestampfter Erde. Oft ist diese Ebene auch etwas angehoben, um vor Wassereintritt geschützt zu sein. *[Janssen, 1995, S. 20]*
Andere Bauten sind vom Boden abgehoben, dies hat den Vorteil, den Bereich unterhalb des Hauses nutzen zu können und gleichzeitig vor Eindringlingen geschützt zu sein. Oft wird dieser Bereich für die Stallungen genutzt. *[Dunkelberg, 1985, S. 180-183]*

Da Bambus bei ständigem Kontakt mit Bodenfeuchtigkeit nur eine vergleichsweise kurze Haltbarkeit hat, werden Fundamente gebaut, welche den direkten Kontakt von Bambus und Boden verhindern. *[Janssen, 1995, S.21]*

Am häufigsten werden Bambusbretter lose nebeneinander verlegt, aber auch gewebte Bambusmatten oder gespaltener Bambus können als Bodenbelag verwendet werden. *[Janssen, 1995, S.24-25]*

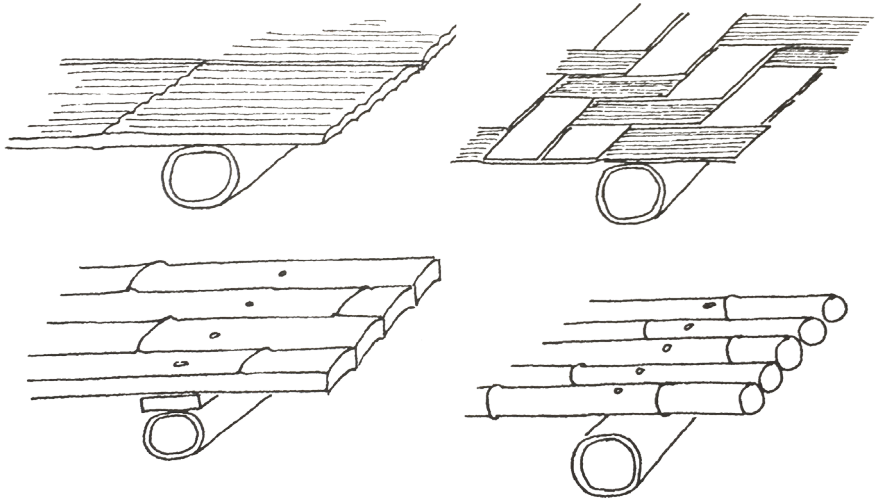


Abb. 28 Arten von Fußbodenbelägen

4.3.2. Wandelemente

Die Aufgabe von Wänden ist es, die Bewohner vor der Witterung, wie etwa Regen oder Sonne, zu schützen. *[Janssen, 1995, S. 27]* Ähnlich den Fußbodenaufbauten kann der Bambus in unterschiedlichen Formen verarbeitet werden. Auch hier kann der Aufbau aus ganzen Bambusrohren, gespaltenen Bambus oder verwebten Bambuselementen bestehen. *[Dunkelberg, 1985, S.190]*

Sofern Fenster und Türen vorhanden sind, sind diese sehr einfach ausgeführt. Es kann sich dabei um einen Rahmen aus Bambusrohren handeln; in weiterer Folge kann eine Abdeckung aus Holz vorhanden sein. *[Janssen, 1995, S.28-29]*

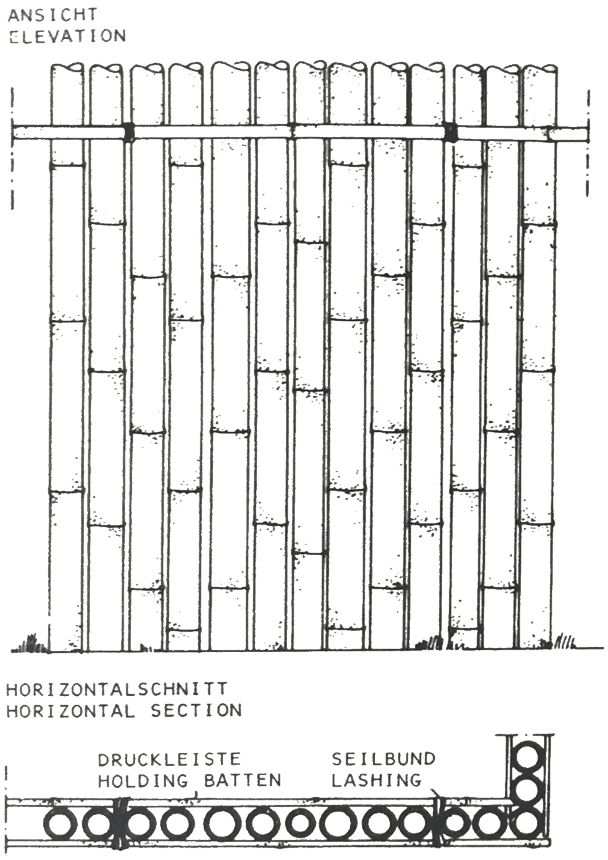


Abb. 29 Wand aus Bambus

4.3.3. Dachkonstruktionen

Im Bereich des Daches kann Bambus entweder als Deckung oder als Konstuktion des Dachstuhls verwendet werden. Bei Dachkonstruktionen aus Bambus wird das gesamte Bambusrohr verwendet, für die Deckung kommen entweder Teile des Rohres in Form von Schindeln oder Bambusblätter zur Ausführung. *[CAN, 2013, S. 52ff.]*

Dachstuhl aus Bambus

Wie bereits mehrfach angedeutet wurde, gibt es zwar einige Ethnien, welche ihre Häuser zur Gänze aus Bambus errichtet haben; in den meisten Fällen handelt es sich bei dem Dachstuhl um eine Mischbauweise aus Holz und Bambus. Dabei wird dem Holz die tragende Funktion zugewiesen und Bambus dient als Unterkonstruktion für die Deckung oder als Ausfachung.

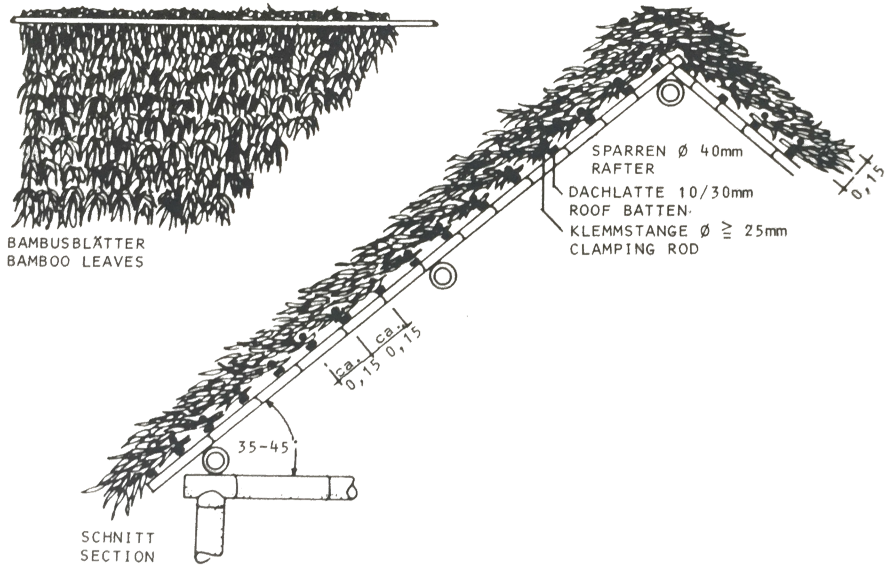


Abb. 30 Dachdeckung mit Bambusblättern

Bambusschindeln

Diese Art der Deckung mit Bambus ist im Vergleich zur Blätterdeckung häufiger zu finden. Die einfachste Form ist die Mönch- und Nonnendeckung mit halbierten Bambusrohren. [IL, 1985, S. 213] Es gibt aber auch Varianten, bei welchen die Rohre geviertelt oder in kleine Streifen geschnitten werden. Abhängig von der Dachform werden entweder die Streifen für gerade Flächen oder die Viertel für gewölbte Flächen gewählt. *[Pall, 2016; S. 47]*

Bambusblätter

Dachdeckungen aus Bambusblättern werden aufgrund ihrer vielen Nachteile gegenüber anderen Blattarten selten ausgeführt. Diese Deckung erfordert eine aufwändigere Unterkonstruktion und ist bei vernachlässigter Wartung häufig undicht. *[Dunkelberg, 1985, S. 217]*

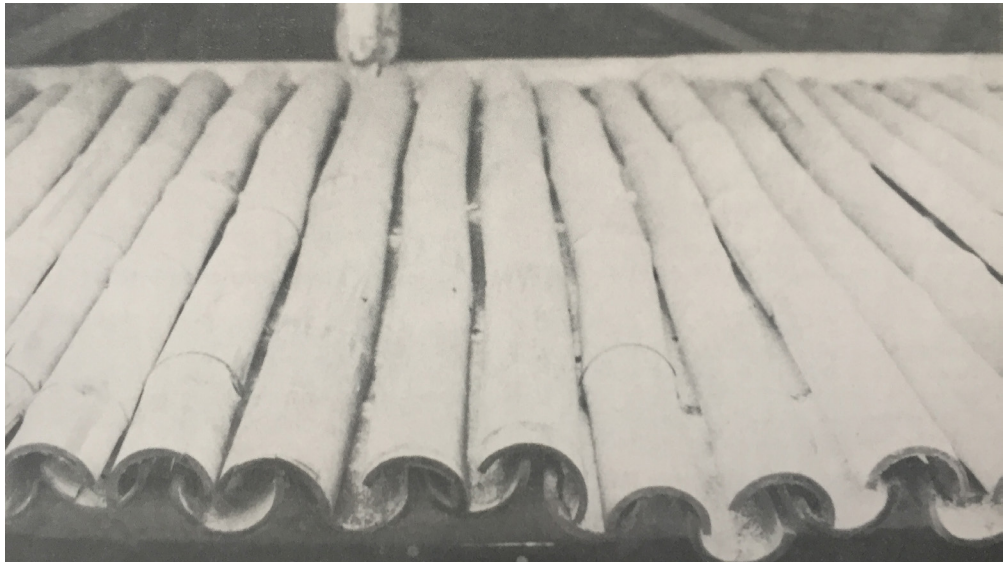


Abb. 31 Dachdeckung mit Bambusschindeln

4.3.4. Gerüstbau

Bambus eignet sich aufgrund seiner Materialeigenschaften auch für den Gerüstbau. Dieser wird am Beispiel Hongkongs später noch genauer erläutert. Für die Errichtung dieser Gerüste werden unbehandelte Bambusrohre verwendet. Verbunden werden die Stangen mittels Seilbindung. *[Dunkelberg, 1985, S. 240ff.]*

Um extreme Höhen erreichen zu können, müssen die Bambusrohre verlängert werden; dafür werden die Stangen überlappend aneinandergebunden. Häufig findet man auch sogenannte Rödelstäbe am Gerüst; sie dienen dazu, die Verbindungen nachzuspannen und können dadurch auch leichter wieder gelöst werden. *[Dunkelberg, 1985, S. 240ff.]*

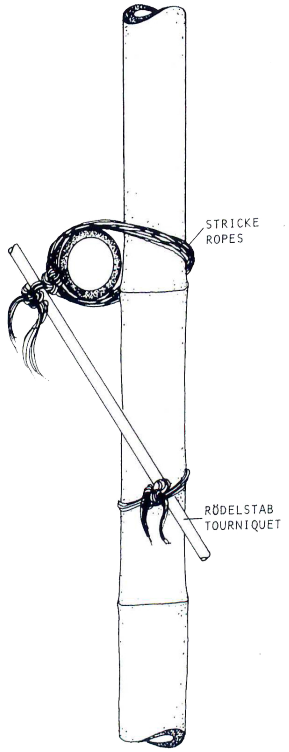


Abb. 32 Verbindung mit Rödelstab

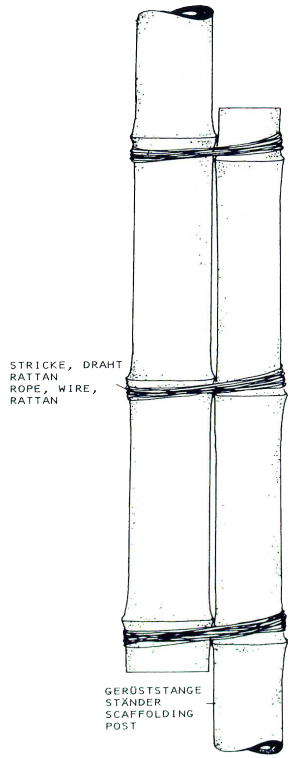


Abb. 33 Verlängerung der Bambusrohre

4.3.5. Brücken

Eine andere Möglichkeit, Bambus sinnvoll einzusetzen, ist der Bau von Brücken und Stegen. Da diese Konstruktionen ständiger Witterung ausgesetzt sind, haben sie jedoch eine kürzere Haltbarkeit als jene, welche beim Hausbau verwendet werden. Aus diesem Grund ist eine ständige Wartung notwendig. *[Dunkelberg, 1985, S. 45]*

Aufgrund anderer Materialbeschaffenheiten ist es auch notwendig, die Bambusrohre vor dem Wegrollen zu bewahren; ein Problem, welches bei Holz kaum anzutreffen ist. Grund dafür ist die runde Form der Bambusrohre. Holz wird auf die benötigte Form zugeschnitten; ein Vorgang, welcher bei Bambus nicht möglich ist, da es sich um einen Hohlkörper handelt. *[Dunkelberg, 1985, S. 45]*

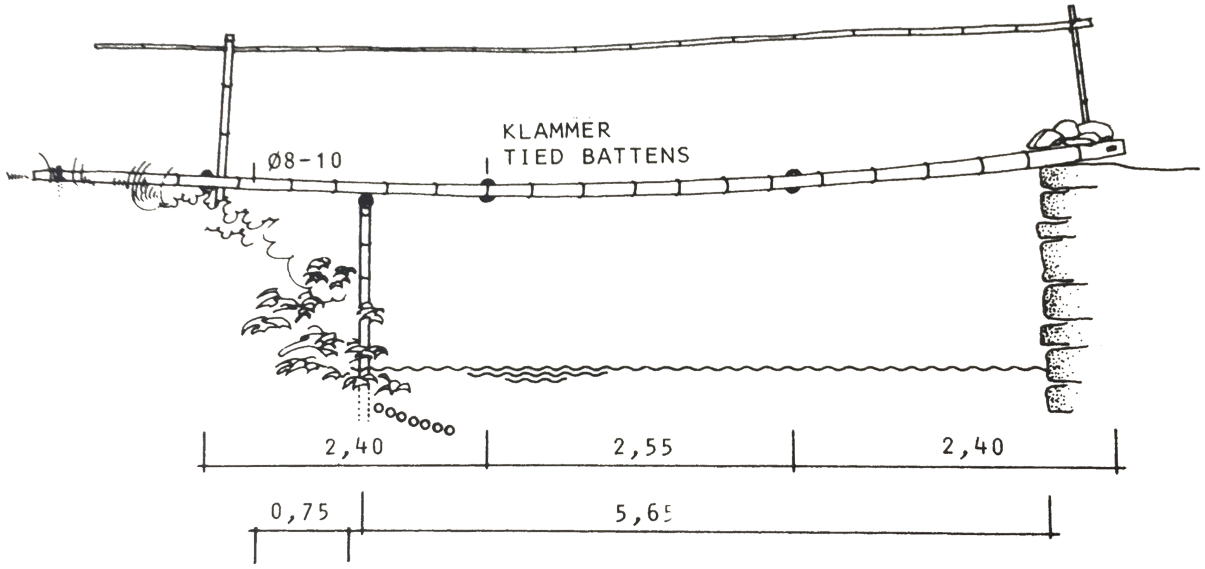


Abb. 34 Bambusbrücke

4.4. Verbindungen

Bei der Herstellung von Verbindungen kann zwischen Verbindungen mit und ohne Hilfsmittel unterschieden werden. Die Variante ohne Hilfsmittel wird zumeist als Flechtwerk ausgeführt. Es kann großen Widerständen standhalten und ermöglicht sehr anspruchsvolle Gestaltungsmöglichkeiten. Da bei dieser Variante die Bambusrinden miteinander verflochten werden, benötigt man keine zusätzlichen Teile oder Materialien für die Verbindung. *[Dunkelberg, 1985, S. 114]*

Generell gibt es einige Dinge, welche für die Herstellung von Verbindungspunkten beachtet werden sollten. Wenn ein Bambusrohr entgegen dem Faserverlauf belastet wird, so sollte in diesem Bereich ein Knotenpunkt sein, da dieser größeren Belastungen standhält. Häufig werden die Rohrenden auch mit Zement ausgefüllt, um die Stabilität des Hohlkörpers zu erhöhen. *[CAN, 2013, S. 24]*

Die Technik des Verstärkens des Bambusrohres durch Auffüllen der Hohlräume mit Zement wurde durch den kolumbianischen Architekten Simon Velez geprägt und entwickelt. Diese Technik ist vor allem in der modernen Bambusarchitektur häufiger zu finden. *[Bamboo Construction Manual, 2014, S. 30]*

Da Bambus verglichen mit anderen natürlichen Materialien wie etwa Holz ein Hohlkörper ist, müssen für die Verbindung der Rohre auch andere Lösungsansätze gefunden werden. *[Velez Simon, 2000, S. 109]* Zwar gibt es ähnlich dem Holzbau zimmermannsmäßige Steckverbindungen; aufgrund anderer Voraussetzungen bei der Materialbeschaffenheit müssen diese jedoch anders ausgeführt werden. Neben dem bereits erwähnten Flechtwerk wird weiters zwischen Steckverbindungen, Seilverbindungen sowie Verbindungen mit Nägeln unterschieden.

4.4.1. Steckverbindungen

Bei Steckverbindungen werden ähnlich dem Flechtwerk ebenfalls keine Hilfsmittel benötigt. Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass die Teile bei den Steckverbindungen voneinander durchdrungen werden, bei der Flechtverbindung werden sie hingegen lediglich miteinander verschlungen. *[Dunkelberg, 1985, S. 114]* Die klassischen Holzverbindungen, welche in Europa bekannt sind und angewandt werden, sind bei Bambus kaum zu finden. Aufgrund anderer Materialeigenschaften sind oft Kombinationen aus Steck- und Seilverbindung notwendig. *[Dunkelberg, 1085, S. 120]*

4.4.2. Seilverbindungen

Am häufigsten findet man Seilverbindungen vor. Wie bereits zuvor erwähnt, stammen diese Seile zumeist von anderen pflanzlichen Materialien. In einigen Regionen werden auch Seile aus Kunststoff hergestellt; sie stören jedoch das Erscheinungsbild und sind weniger verträglich mit den natürlichen Materialien, aus welchen die Konstruktion hergestellt wird.

Die Verwendung von Kunsstoffseilen hat jedoch auch den Vorteil, dass hier mit keiner Lockerung der Verbindungen zu rechnen ist, da sich Kunsstoffseile nicht dehnen. Seile aus natürlichen Materialien können sich durch Feuchtigkeit ausdehnen und die Verbindungen lockern sich dadurch mit der Zeit und müssen entsprechend nachgespannt werden.

Als Material zur Herstellung von Seilverbindungen unterscheidet man zwischen Seilen und Binde- bzw. Flechtstreifen. Zur Herstellung von Seilen werden unterschiedlichste Pflanzenfasern verwendet; als Flechtmaterial nutzt man hingegen die unbehandelte Rinde der Pflanzen. In manchen Fällen kommt auch Draht zum Einsatz; er ist jedoch sehr teuer und muss entsprechend korrosionsbeständig sein, um eine lange Haltbarkeit der Verbindung zu ermöglichen. *[Dunkelberg, 1985, S. 118-120]* Auch bei den Seilverbindungen gibt es unterschiedliche Bindetechniken, die zur Ausführung kommen. Dabei wird berücksichtigt, welcher Qualität die Verbindung nach Fertigstellung entsprechen soll. *[CAN, 2013, S. 21]*

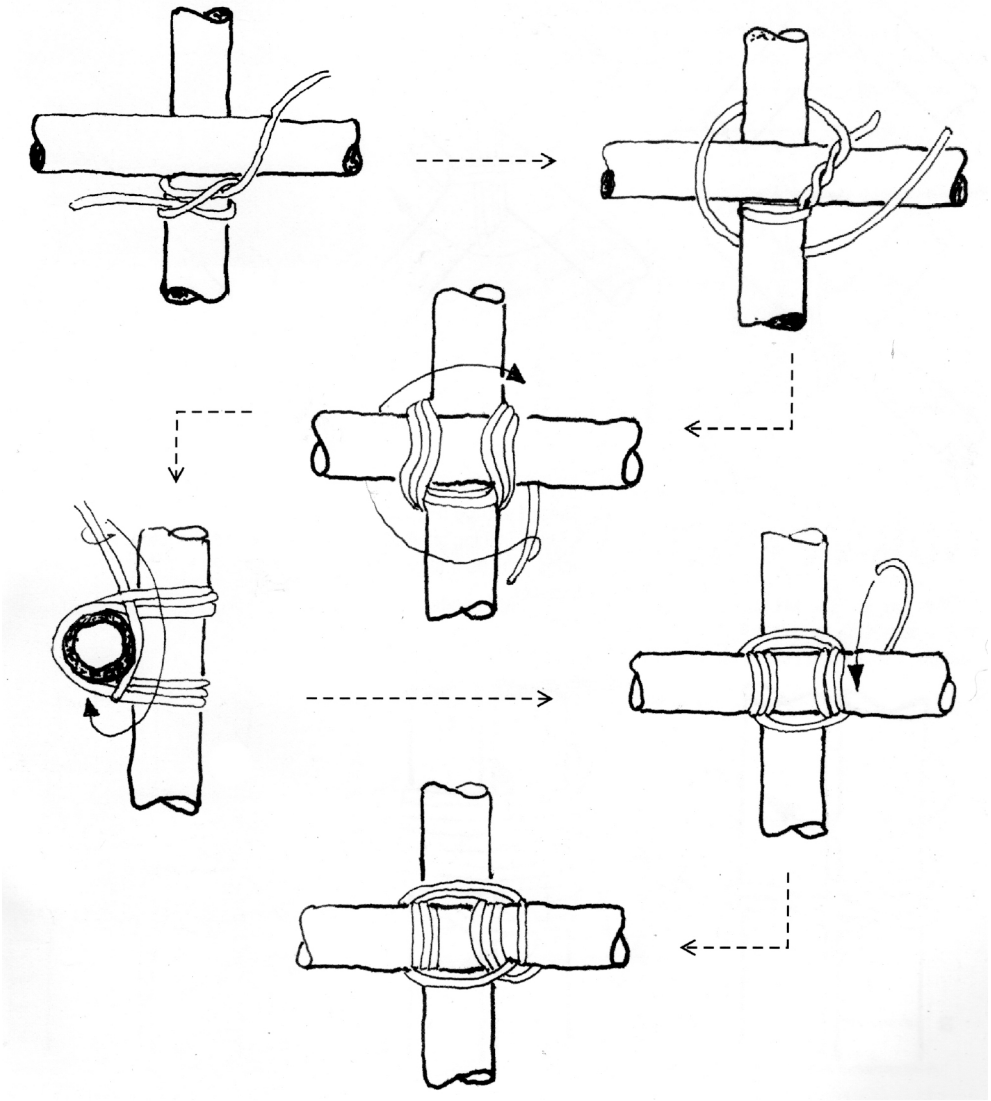


Abb. 35 Beispiel einer Bindetechnik

4.4.3. Bohrungen und Nägel

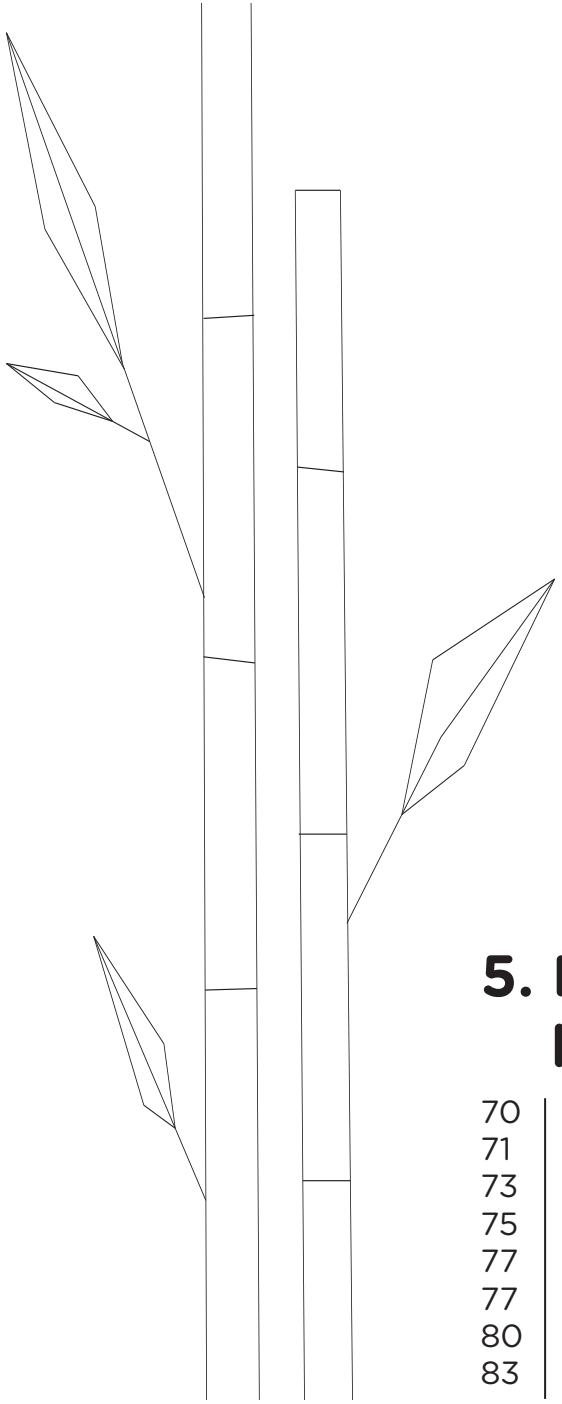
Bei dem Einsatz von Nägeln ist die Gefahr von Rissbildungen sehr hoch. Man kann durch Vorbohren der Löcher entgegenwirken; es gibt auch einige Bambusarten, welche besser für die Verwendung von Nägeln geeignet sind als andere. *[Janssen, 1995, S. 18]*

Auch die Herstellung von Dübeln aus Bambus ist möglich. Dafür benötigt man den unteren Teil eines Bambusrohres. Diesen zerteilt man zunächt in etwa 10-16 einzelne Teile. Mit Hilfe einer Vorlage aus Metall, welche unterschiedlich große Öffnungen hat, kann man die Dübel durch Hineinklopfen anpassen. Beim Klopfen wird der Dübel durch die vorgesehene Öffnung gedrückt und das zu viel vorhandene Material wird abgespalten; dadurch erhalten die Dübel alle die gleiche Größe. *[Bamboo Construction Manual, 2014, S. 29]* Konstruktionen mit Bambusdübeln werden vorwiegend dort angewandt, wo geringeres Gewicht auf Verbindungen einwirkt. Bei größeren Gewichtseinwirkungen können die Knotenpunkte mit Stahlnägeln und Stangen verstärkt werden. *[Bamboo Construction Manual, 2014, S. 30]* Verbindungen mit Schrauben haben gegenüber Nägeln den Vorteil, dass das Material selten reißt. Grund dafür sind die Bohrungen, die für die Verwendung von Schrauben hergestellt werden müssen. Ähnlich den Verstärkungen mittels Zement ist diese Technik vorwiegend in der modernen Architektur zu finden. *[Bamboo Construction Manual, 2014, S. 30]*

Für die Errichtung eines stabilen Knotenpunkts werden häufig auch Mischformen angewandt, um möglichst stabile Verbindungen zu schaffen. *[CAN, 2013, S. 27]*

Bei der Verwendung von Schrauben kann es aufgrund von Feuchtigkeitseinwirkung zu Rostbildung kommen. Deshalb sollte man geschraubte oder genagelte Verbindungen an möglichst witterungsgeschützten Stellen verwenden.

Abb. 36 Konstruktion aus Bambus



5. Beispiele von Bambus-konstruktionen in Indonesien

70 | 5.1. Vernakuläre Bambusarchitektur
71 | 5.1.1. Sulawesi
73 | 5.1.2. Lombok
75 | 5.1.3. Alor
77 | 5.2. Moderne Bambusarchitektur
77 | 5.2.1. Green School, Bali, 2008
80 | 5.2.2. Bambusdorf für Lavaflut-Opfer, Java, 2010
83 | 5.2.3. Alternative Schule, Java, 2013

5.1. Vernakuläre Bambusarchitektur

Um die Bedeutung der vernakulären Architektur besser deuten zu können, muss vorerst der Begriff näher erläutert werden. In der gleichnahmigen Lehrveranstaltung wurde die vernakuläre Architektur folgendermaßen erklärt:

„Vernakuläre Architektur (vernacular architecture) umfasst das indigene Bauen, welches sich auf der Grundlage eigenständiger Traditionen entwickelt, anstatt auf die konkrete Planung durch die Person eines Architekten zurückzugehen. Unter vernakulärer Architektur sind somit Baukulturen zu verstehen, deren Entstehung und Entwicklung nicht von einer elitären Schicht spezialisierter Individuen bestimmt werden, sondern von einer größeren, sozialen Gruppe."

[Andrea Rieger-Jandl / Erich Lehner, Lehrveranstaltung Vernakuläre Architektur WS 2013/14]

Nachstehende Beispiele sollen die wesentlichen Unterschiede der traditionellen Architektur im Vergleich zur modernen Architektur hervorheben. Genauso soll aber auch auf mögliche Gemeinsamkeiten eingegangen werden, insbesondere auf Merkmale, welche sich zwar weiterentwickelt haben, jedoch immer noch deutlich erkennbar vorhanden sind.

Der Fokus wird dabei auf folgenden Themen liegen:

- Technik:
Die Technik hat sich weiterentwickelt, jedoch werden traditionelle Methoden, welche sich als erfolgreich erwiesen haben, weiterhin ausgeführt.

- Dimension:
Die Dimension hat sich wesentlich verändert; durch die Adaptierung moderner technischer Errungenschaften sind größere Spannweiten möglich.

- Werkzeug und Bearbeitung:
Bessere Werkzeuge ermöglichen eine andere Arbeitsweise. Weiters ermöglichen andere Werkzeuge den Einsatz anderer Konstruktionsmethoden.

- Mischformen mit anderen Materialien:
Der gezielte Einsatz von Material entsprechend den Eigenschaften wurde bereits in der vernakulären Architektur angewandt, ist jedoch auch heute in teils anderer Form wiederzufinden.

Für den Vergleich werden zuerst Beispiele aus der vernakulären Architektur beschrieben, welche im nächsten Kapitel modernen Bambuskonstruktionen gegenübergestellt werden.

5.1.1. Sulawesi

Abb. 37 Haus auf Sulawesi

Bei diesem Beispiel ist sehr gut erkennbar, dass viele Häuser der traditionellen Baukultur Indonesiens auf Stützen stehen, um das Bauwerk vor Bodenfeuchtigkeit zu schützen.

Abb. 38 Unterbau eines Hauses auf Sulawesi

Der meist für Stallungen oder als Stauraum genutzte Bereich unterhalb wird hier zum Trocknen der Wäsche verwendet. Der Zugang zum Haus in Form einer Leiter wirkt sehr spartanisch und kann im Fall von Gefahr schnell entfernt werden.

Auf den ersten Blick sieht es so aus, als würde das Grundgerüst des Hauses aus einer reinen Holzkonstruktion bestehen. Betrachtet man jedoch die Unterseite genauer, so sieht man, dass die Konstruktion aus einer Mischung aus Holz und Bambus errichtet wurde. Dadurch ist der sensible Bambus vor äußeren Einflüssen geschützt.

Abb. 39 Konstruktion eines Hauses auf Sulawesi

Abb. 40 Grundgerüst eines Hauses aus Bambus

Bei diesem Gebäude besteht die primäre Struktur aus Bambus. Er wurde für die Errichtung des Daches verwendet und auch für den Unterboden. Gut zu erkennen sind bei diesem Beispiel auch die farbigen Schnüre, mit welchen die einzelnen Bambusrohre zusammengebunden wurden. Bei diesen bunten Schnüren handelt es sich um Kunsstoffseile. Für den Bodenbelag wurden Holzplatten verwendet. Die Dachdeckung und Wandverkleidung sind hier noch nicht sichtbar.

5.1.2. Lombok

Abb. 41 Verbindung im Dachbereich

Bei diesem Beispiel eines Hauses auf der Insel Lombok sieht man sehr deutlich, welche Wertigkeit den unterschiedlichen Baumaterialien zugeordnet wird. Für das Haupttragwerk wurde Holz verwendet, für das Nebentragwerk Bambus. Vollendet wird die Dachkonstruktion mit einer traditionellen Grasdachdeckung.

Abb. 42 Dachkonstruktion Bambus und Holz

Abb. 43 Flechtwerk aus Bambus

Hier wurden unterschiedliche Teile des Bambus verwendet. Es handelt sich dabei um eine Mischbauweise aus Holz und Bambus. Als Wand wurde ein Flechtwerk ausgeführt. Um die einzelnen Elemente miteinander zu verbinden, wurden sie mittels Bindetechnik zusammengefügt. Die Bindestreifen stammen von abgeschälter Bambusrinde.

Abb. 44 Geflochtene Wand aus Bambus

5.1.3. Alor

Um die empfindliche Bambuskonstruktion vor Bodenfeuchtigkeit zu schützen, wurde ein Fundament aus Steinen errichtet, welches den direkten Kontakt zum Erdboden verhindert.

Abb. 45 Steinfundament, um Bambus vor Feuchtigkeit zu schützen

Abb. 46 Haus auf Alor

In den Eckbereichen werden die Bambusrohre mittels Steckverbindung zusammengehalten.

Auch die vielseitige Nutzbarkeit von Bambus ist gut zu erkennen; bei diesem Objekt wurde er für die Grundkonstruktion des Hauses, des Daches sowie auch als Wandverkleidung eingesetzt.

Abb. 47 Seilbindung aus Bambusrinde

Die Konstruktion, bestehend aus Holz für die tragenden Teile und Bambus für die Ausbildung der Dachkonstruktion, wurde mittels Bindetechnik fixiert. Die Binderiemen wurden ebenfalls aus Bambus hergestellt. Anhand der Farbunterschiede kann man erkennen, dass die Verbindungen gewartet wurden. Es sind neue, helle Riemen zu erkennen und dunkle, die vermutlich bereits etwas verwittert sind.

Die Wände bestehen bei diesem Bauwerk aus gespaltenem Bambus. Zusammengehalten werden sie aus Elementen aus weiteren Bambusteilen. Im Eckbereich wurde eine Steckverbindung hergestellt. Halbierte Bambusrohre fixieren die einzelnen Bambusstreifen.

Abb. 48 Befestigung der Wand mit Bambus

6.1. Moderne Bambusarchitektur

Anhand nachstehender Beispiele lässt sich der Unterschied zu vernakulären Bauwerken aus Bambus deutlich erkennen. Nicht nur die Dimension lässt darauf schließen, dass es sich um ein aktuelles Gebäude handelt; moderne Techniken ermöglichen neue Funktionen für das Baumaterial.

6.2.1. Green School, Bali, 2008

Bei der Green School handelt es sich um ein sehr bekanntes Beispiel einer Schule auf Bali. Das Gebäude ist von Reisfeldern und Regenwald umgeben, wodurch auch der Unterricht geprägt wurde. Die Schüler werden über die Produktion von Schokolade, Kokosöl, aber auch das Bewirtschaften der Felder und in der Fischzucht unterrichtet. Mittlerweile besteht der Campus aus über 30 Gebäuden. Für den Großteil dieser Bauten wurde Bambus als Baumaterial gewählt, da dieses Material vor Ort vorhanden ist, schnell nachwächst und außerdem von der Bevölkerung geerntet werden kann. Durch die offenen Wände wurde für ausreichende Durchlüftung im Gebäude gesorgt und es besteht kein Bedarf einer zusätzlichen Klimaanlage. Eine Hängebrücke verbindet den Campus mit dem nächstgelegenen Dorf. *[Arch+, 2013, S. 69]*

Die Schule befindet sich auf einem ca. 20 ha großen Gelände und kann als Pionierprojekt für die Einführung von Bambus in moderner Architektur betrachtet werden. Das Gebäude zählt zu den ersten Konstruktionen, welche derart großen Spannweiten standhält. *[Akmal, 2015, S. 300-301]* Im Hauptgebäude wurden 2.500 Bambusrohre für die Errichtung der tragenden Struktur verbaut. Dadurch konnte ein Durchmesser von 60 Meter überbrückt werden. Die einzelnen Stangen stützen die Tragstruktur, bilden aber auch die spiralförmige Dachform. In einigen Gebäuden, wie etwa auch dem Klassenzimmer oder dem Cafe, wurde Bambus nicht nur für die Konstruktion, sondern auch für die Einrichtung verwendet. *[Akmal, 2015, S. 300-301]*

Die Architekten wollten mit diesem Projekt auf die Verwendung von Bambus als Baumaterial aufmerksam machen, um die Ressourcen des Regenwaldes zu schonen. *[archdaily]* Neben den nachhaltigen Baumaterialien wurde auch Augenmerk auf die Energieversorgung des Campus gelegt. Deshalb versucht man den Verbrauch von fossiler Energie möglichst gering zu halten und alternative Energieerzeugung, wie etwa Solarpaneele, zu nutzen. *[Arch+, 2013, S. 69]* Die Dachkonstruktion wurde mit Hilfe von Stahl in Betonfundamenten verankert, was bei solch großen Spannweiten notwendig ist. *[Fuchshuber, 2016, S. 147]*

Abb. 49 Ansicht Green School

Abb. 50 Innenraum aus Bambus

Abb. 51 Übersicht Green School Gelände

Wie bereits zuvor erwähnt, befindet sich eine VIelzahl an Gebäuden auf dem Gelände der Green School. Das bereits beschriebene Hauptgebäude ist das Herzstück der Schule und beinhaltet die Verwaltung und die High School. *[ibuku]*

Ein weiteres Bauwerk aus Bambus ist die 23 m lange Millennium Bridge, welche die unterschiedlichen Gebäude der Schule miteinander verbindet. Sie führt über den Fluss Ayung. Für die Errichtung wurden 192 Bambusrohre verwendet. Sie sollen die 192 Länder der Welt symbolisieren, da in der Green School Kinder und Jugendliche aus der ganzen Welt unterrichtet werden. Ähnlich dem Hauptgebäude wurden die Bambusstäbe in einer Borsäure-Lösung gelagert, um sie vor Insekten zu schützen. Die Bauzeit der Brücke hat letztendlich 8 Monate in Anspruch genommen. *[Akmal, 2015, S. 298]*

5.2.2. Bambusdorf für Lavaflut-Opfer, Java, 2010

Bei dem Ausbruch eines Vulkans am 5. November 2010 auf der Insel Java wurden in einem Umkreis von fünf Kilometern etliche Häuser und Wälder zerstört. Davon war auch das Dorf Sudimoro betroffen. Insgesamt wurden mehr als zwanzig Häuser von der kalten Lava zerstört. Deshalb wurde für die Bewohner des ehemaligen Dorfes nahe eines Reisfelds eine Unterkunft auf Zeit errichtet.
Die Bewohner von Sudimoro wandten sich an die Gadja Mada Universität. Freiwillige sollten 10 Häuser und eine Moschee bauen, des Weiteren wurden auch öffentliche Einrichtungen benötigt. Das Grundstück für dieses Bauvorhaben hatte ein Größe von 14x110 Metern. Zwei Opfer der verschütteten Siedlung hatten bereits ihre eigenen Häuser errichtet. Das Projekt fand unter der Leitung von Eugenius Pradipto statt, einem Professor der UGM in Yogyakarta, welcher sich auf den Bau mit Bambus spezialisiert hatte und das Material für den Bau des Dorfes entsprechend wählte.
Das Projekt zum Bau des Dorfes wurde von den Bewohnern selbst auf die Beine gestellt. Dank der Unterstützung durch freiwillige Helfer der Universität konnte das Dorf in 90 Tagen fertiggestellt werden.

Neben der vorteilhaften Materialeigenschaften von Bambus waren auch Gründe wie etwa der günstige Materialpreis ausschlaggebend für die Entscheidung, mit welchem Material gebaut werden sollte. Die verhältnismäßig kurze Haltbarkeit von Bambus war den Bewohnern bewusst, da das Ziel dieses Projekts eine Unterkunft auf Zeit war.

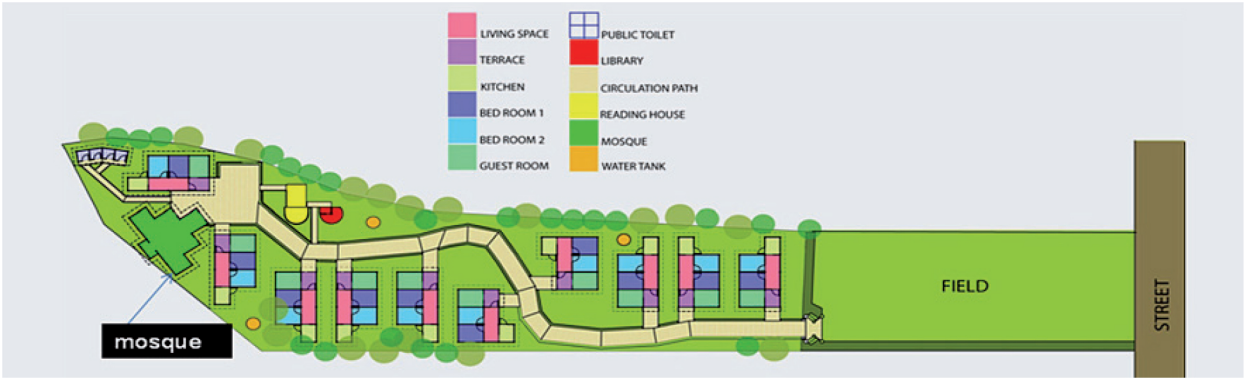


Abb. 52 Lageplan des Bambusdorfes

Abb. 53 Ansicht Bambusdorf von Eugenius Pradipto

Nachdem die Häuser bereits über einen Monat bewohnt wurden, hat man eine Studie über die Haltbarkeit und das Wohlbefinden gemacht. Das Ergebnis war durchwegs positiv, da die Bewohner angaben, das Baumaterial würde eine angenehme Atmosphäre schaffen. Die Moschee würde zudem das Zugehörigkeitsgefühl des Dorfes unterstützen.
Dank der Bolzen- und Schrauben-Konstruktion waren die Häuser sehr stabil und versprachen lange Haltbarkeit. Der Bambussteg war so konstruiert, dass er schnell wieder trocknen konnte, nachdem es geregnet hatte. Die Bewohner konnten ihr Hab und Gut auf engstem Raum unterbringen, jedoch waren die Häuser mit einer Größe von 4x6 Metern zu klein, um alle Besitztümer aus dem vorherigen Zuhause verstauen zu können. Dies hatte zur Folge, dass die zweite Ebene als Stauraum und nicht als Wohnraum genutzt wurde. Aufgrund vieler Öffnungen zur Luftzirkulation wurde es in der Nacht jedoch manchmal sehr kühl. *[Eugenius, 2013, S. 251 ff.]*
Während der Zeit, als das Dorf bewohnt wurde, hatte der Bambus-Weg eine bedeutende Rolle für die Bewohner. Er fungierte nicht nur als Erschließung der Siedlung, er ermöglichte auch freie Interaktion. Heute sind nur noch Teile der Siedlung vorhanden, die Erschließung fiel der Witterung zum Opfer. Der Großteil der Häuser besteht noch, jedoch sind die Teile, welche Feuchtigkeit und Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren, von Pilzen befallen. *[EL, DA-Besprechung: 21.09.2017]*

Abb. 54 Bambus-Erschließung

5.2.3. Alternative Schule, Java, 2013

In Bogor war es das Ziel einiger Eltern, eine Schule mit alternativem Lehrplan zu schaffen und zusätzlich ausreichend Platz im Freien zu ermöglichen, um körperliche Aktivität zu fördern. Die lokale Politik gestattet es, den Lehrplan von Privatschulen durch andere Inhalte zu erweitern. Als Standort wurde ein Grundstück nahe eines Dorfes, umgeben von Gemüsegärten und Bambushainen, ausgewählt. Auf einer überdachten Fläche von 300 Quadratmetern wurde Platz für eine Vor- und Grundschule geschaffen. Die erste Gruppe, die dort unterrichtet wurde, bestand aus vierzig Schülern. Auf dem Stundenplan stehen Fächer wie Umweltbildung, lokale Geschichte und Kultur.

West-Java ist durch das Volk der Sundanesen geprägt. Sie sind bekannt für ihre enge Verbundenheit zur Natur und das Bauen mit Bambus ist Teil der Tradition. Durch neue Innovationen hat sich jedoch der Mauerwerksbau in dieser Region stark verbreitet. Bei dem Bau der Schule wollte man eine Kombination aus zeitgenössischem Design und altbewährtem Material schaffen und somit auch die Wertigkeit des Materials wiederbeleben.
Für die Errichtung der Schule wurden heimische Bambussorten ausgewählt; dabei wurde die Haltbarkeit der sechs Meter langen Bambusrohre durch Vorbehandlung entsprechend verbessert. *[architectureindevelopment]*

Abb. 55 Konstruktion Schule in Bogor

Abb. 56 Bambus-Schule in Bogor

Abb. 57 Bambus-Schule in Bogor

Die tropischen Wälder in der Umgebung von Bogor sorgen für ein feuchtwarmes Klima, auf welches bei dem Entwurf der Schule Rücksicht genommen werden musste. Das Dach wurde dabei so ausgeformt, dass das Regenwasser möglichst gut abfließen kann. Auch wurde die Form dem nahegelegenen Mount Salak nachempfunden. Die ersten Klassen, die in der Schule unterrichtet wurden, bekamen ihre Namen von Bergen in der Region. *[architectureindevelopment]*

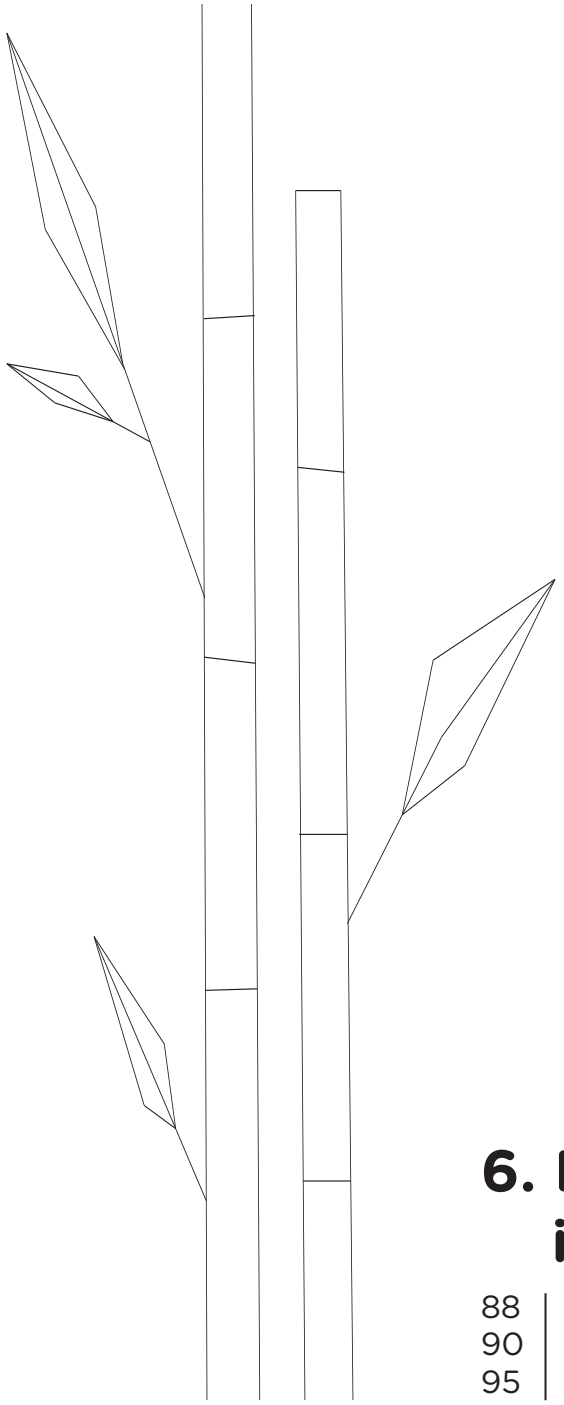
Abb. 58 Bambus-Schule in Bogor

Gesamtheitlich betrachtet ist die Verbindung zur Natur, unabhängig davon, ob es sich um ein Gebäude der Gegenwart oder um ein Beispiel der vernakulären Architektur handelt, stets vorhanden. Die Kurzlebigkeit des Baumaterials Bambus ohne entsprechende Behandlung ist zumeist bewusst und kann in einigen Fällen, wie etwa dem Bambusdorf von Sudimoro, sehr gezielt eingesetzt werden. Durch konstruktiven Schutz kann oft sehr viel erreicht werden. Die Häuser des Sudimoro-Dorfes haben ihre geplante Haltbarkeit um Jahre überschritten.
Nicht nur das Material spiegelt die Verbundenheit zur Natur wider, auch die Formensprache der Architektur kann damit in Zusammenhang gebracht werden. Am Beispiel der nachhaltigen Schule in Bogor wird deutlich, wie sehr der Entwurf von der Umgebung geprägt wurde. Die Form des Daches orientiert sich an den Bergen der Region.

Einige heimische Architekten, wie etwa Andrea Fitrianto, versuchen die Bautradition der Region zu erhalten und den Trend. Mit neuen, importierten Materialien zu bauen, zu durchbrechen und die vorhandenen Materialien wieder mehr in die bestehende Baukultur zu integrieren. Fitrianto hat auch den Entwurf für die alternative Schule in Bogor entwickelt und arbeitet häufig an Projekten, die der Gemeinschaft dienen.

Auch Linda Garland hat die Bambusarchitektur von Indonesien wesentlich geprägt. Die ursprünglich aus Irland stammende Designerin gründete zunächst ein kleines Geschäft auf Bali, welches auf Innenarchitektur spezialisiert war. Später machte sie sich mit dem Material Bambus vertraut und dieser war von da an das vorherrschende Thema ihrer Entwürfe. Sie stellte sehr viele Versuche und Recherchen an, um Bambus länger haltbar zu machen. 1993 gründete sie die Environmetal Bamboo Foundation und arbeitete mit Dr. Walter Liese von der Universität Hamburg zusammen. Sie inspirierte viele Menschen, mit Bambus zu arbeiten, darunter auch John Hardy, den Schöpfer der Green School in Bali. Linda Garland starb 2017, ihre Arbeit wird von ihren Söhnen fortgesetzt. *[ubudnowanthen]*

Abb. 59 Bambushaus in Äthiopien



6. Bambuskonstruktionen weltweit im Vergleich

88 | 6.1. China - Gerüstbau in Hong Kong
90 | 6.2. Äthiopien - Gewebte Rundhäuser
95 | 6.3. Europa - Guadua Bamboo Car Park Amsterdam

6.1. China - Gerüstbau in Hong Kong

In China wird Bambus bereits seit mehreren Tausend Jahren als Baumaterial verwendet; Gerüste aus diesem Material sieht man dort sehr häufig. Aufgrund der guten Anpassungsfähigkeit und der verhältnismäßig niedrigen Kosten lassen sich für unterschiedliche Bauformen in kurzer Zeit Gerüste errichten. Vergleicht man ein Bambusrohr mit einem gleichwertigen Formstück aus Metall, so belaufen sich die Kosten für das Bambusrohr auf etwa 6% der Kosten für eine Metallkonstruktion. Im Gegensatz zu Metallkonstruktionen lässt sich Bambus durch Zuschneiden sehr schnell anpassen. Für die Errichtung eines solchen Gerüsts werden keine zusätzlichen Maschinen oder Werkzeuge benötigt, es kann in Handarbeit rasch aufgestellt werden. In China werden Bambusstäbe für den Gerüstbau vertikal getrocknet und auch auf der Baustelle stehend gelagert. Regenwasser kann so schneller ablaufen und die Qualität des Baumaterials wird durch ständige Feuchtigkeitseinwirkung nicht verschlechtert. *[Jiang]*

Beim Aufbau des Gerüsts wird zwischen ein- und zweilagigen Gerüsten unterschieden. Das einlagige Gerüst ist für leichtere Arbeiten geeignet. Der Auf- und Abbau des Gerüsts ist einfach und zeitsparend. Für schwierigere Arbeiten, bei welchen man Arbeitsplattformen benötigt oder extreme Höhen erreicht werden, verwendet man das zweilagige Gerüst. Zusätzlich verwendet man sogenannte Fallnetze, um das Herunterfallen von Trümmern zu verhindern, damit dadurch niemand verletzt wird. Für Arbeiten an der Fassade werden häufig auch Arbeitsplattformen gebaut. Sie ermöglichen den Zugang zu großen Höhen und sicheres Arbeiten. Beim Abbau des Gerüsts wird von oben nach unten und von außen nach innen gearbeitet, mit nichtragenden Elementen begonnen und mit tragenden Teilen geendet. *[Jiang]*

Einem geübten Arbeiter gelingt es das Gerüst innerhalb kürzester Zeit zu errichten. *[Deboer und Groth, 2010, S.65]*

In Südostasien wird das Bambusgerüst dem aus Metall immer noch vorgezogen. Es gibt jedoch auch schon einige Mischformen, in welchen die beiden Materialien zusammen eingesetzt werden. *[Jiang]*

Abb. 60 Bambusgerüst in Hong Kong

Abb. 61 Bambusgerüst mit Fallnetzen

6.2. Äthiopien - Gewebte Rundhäuser

Afrika beherbergt 40 verschiedene Bambusarten. Äthiopien besitzt 67% des in Afrika wachsenden Bambus, wodurch auch die Bauweise geprägt wurde. Es gibt einige Gründe, weshalb Bambus gegenüber Holz bevorzugt wird. Bambus wächst deutlich schneller als Holz, ist ökologisch weitgehend unbedenklich und er lässt sich leicht transportieren, ohne besondere Maschinen zu benötigen. *[Gebrewold, 2007]*

Da die äußere Hülle der Bambuspflanze widerstandsfähiger ist als der Kern, hat sich in Äthiopien eine Konstruktionsmethode entwickelt, welche ausschließlich die Außenhaut des Bambus verwendet. Der Bambus wird zu einzelnen Streifen verarbeitet und anschließend in traditioneller Webtechnik zu Häusern oder Textilien weiterverarbeitet. *[Gebrewold, 2007]* Die Technik des Hauswebens ist eine besondere Fertigkeit, welche über Generationen hinweg weitergegeben wird. *[Oliver, 1997, S. 2020]*

Es gibt zwei verschieden Arten von Häusern, welche sich im Laufe der Zeit entwickelt haben. Sowohl die Dorze als auch die Sidama verwenden gespaltenen Bambus für die Herstellung diverser Hütten. Vor allem die Dorze-Kultur ist bekannt dafür, die Webtechnik nicht nur für den Bau von Hütten, sondern auch für die Produktion von Bekleidung zu verwenden. *[Gebrewold, 2007]*

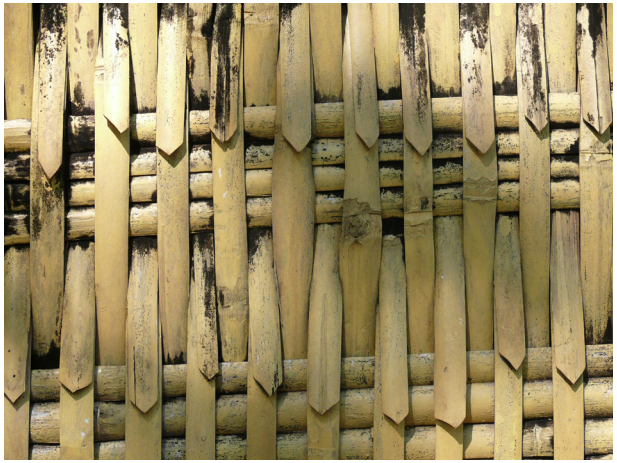


Abb. 62 Gewebter Bambus Äthiopien

Das Dorze-Haus

Dieser Bautyp besitzt einen kreisförmigen Grundriss mit einem vorspringenden Eingangsbereich. Die Höhe der Hütte erreicht in etwa die gleiche Größe wie der Durchmesser. Bis zu 5 Meter erreichen die meisten dieser Häuser. *[Gebrewold 2007]* Einige Hütten werden auch mit einer Höhe bis zu 8 Meter ausgeführt. Kleinere Hütten als 5 Meter sind jedoch kaum zu finden. *[Oliver, 1997, S. 2020]*

Das Haus besteht aus einem dichten Korbgeflecht, wofür der Bambus in feine Streifen geschnitten werden muss. Für die Fertigstellung wird die Hütte noch mit Blättern oder Gras gedeckt. Ein großer Vorteil dieser Konstruktionsmethode ist, dass lediglich ein bisschen Erfahrung und einfache, traditionell erlernte Fähigkeiten für die Errichtung benötigt werden. Um größere Hütten zu errichten, benötigt man Spezialisten. Der Bau einer solchen Hütte dauert 1-2 Wochen und sie hat eine Haltbarkeit von ca. 40 Jahren. Sobald die erdberührenden Teile der Hütte zu verrotten beginnen, wird das Gebäude neu angehoben, gekürzt und an einem anderen Ort abgestellt. Dieser Vorgang wird alle 6 bis 8 Jahre wiederholt. Bei jedem dieser Vorgänge verliert das Haus 20 cm an Höhe. *[Gebrewold, 2007]*

Der Kreis, auf welchem die Hütte errichtet wird, wird vorab mit einem angespitzten Bambusstab sowie einem Stück Seil am Boden angezeichnet. Um die Konstruktionen zu versteifen, werden horizontale Ringe vom Boden bis zur Spitze des Hauses eingearbeitet; der Durchmesser der Ringe nimmt nach oben hin ab. Wenn das Grundgerüst der Hütte fertiggestellt wurde, wird eine Art Vordach errichtet. Besonders große Häuser werden mit einer Holztür verschlossen; zumeist besteht diese Tür jedoch ebenfalls aus Bambus.

Abb. 63 Schematische Darstellung eines Dorze-Hauses

Der Innenraum des Hauses wird in zwei Bereiche unterteilt. Der hintere Bereich wird als Lager bzw. Vorratsraum genutzt, sämtliche Aktivitäten finden im vorderen Bereich des Hauses statt. In der Mitte des Raumes befindet sich eine kleine Feuerstelle. Die Wohnhütte besitzt außer dem Zugang keine weiteren Öffnungen.

Wenn ein Lager verschwunden ist, weil die Häuser nach vielen Jahren verrottet sind, so wird vorübergehend ein kleines Denkmal aus Ästen an die Stelle gelegt. *[Oliver, 1997, S. 2020-2021]*

Das Sidama-Haus

Diese Variante des gewebten Hauses ähnelt dem Dorze-Haus in der Herstellung, jedoch befindet sich in der Mitte des Hauses eine zusätzliche Stütze. Dadurch erhalten die Sidama-Häuser eine Zwiebelform, welche sich von der ovalen Form der Dorze -Häuser unterscheidet. *[Gebrewold, 2007]*

Das Volk der Sidama ist sehr stolz auf seine Hütten und der Bau ist ein Gemeinschaftsprojekt. Es ist die Aufgabe des Besitzers, das notwendige Material für den Bau einer Hütte zu besorgen. Das Anlegen des Grundrisses gleicht einer Zeremonie und wird zumeist von einem älteren Mitglied der Gemeinschaft durchgeführt. Ähnlich wie beim Dorze-Haus wird der Kreis mit Hilfe eines Seiles und eines Holzstabs angelegt. Anschließend wird die tragende Stütze in der Mitte positioniert. Auch im Randbereich werden kleinere Stäbe nahe aneinander in das Erdreich eingebracht.

Für die Fertigstellung der Hütte wird manchmal auch Savannengras verwendet. Auch bei diesem Bautyp wird das fertige Haus in zwei Bereiche unterteilt. Es gibt einen Schlafraum für die Erwachsenen und einen weiteren Bereich für Kinder, Gäste und Vorratshaltung. *[Oliver, 1997, S. 2020-2027]*

Ähnlich der Verarbeitung von indonesischem Bambus werden unterschiedliche Methoden angewandt, um die Haltbarkeit zu verbessern. Auch bei afrikanischem Bambus ist der hohe Zuckergehalt dafür verantwortlich, dass die Pflanze für Schädlinge sehr schmackhaft ist. Methoden wie etwa Räuchern, aufrecht Trocknen oder in zuckerarmen Zeiten zu fällen kommen hier zum Einsatz. *[Gebrewold, 2007]* Die Erfahrung hat auch gezeigt, dass die gewebten Bambushäuser, welche aus ganzen Bambusstangen hergestellt werden, hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit bei Erdbeben deutlich überlegen sind.

Die Webtechnik wurde von einigen zeitgenössischen Architekten aufgegriffen und in adaptierter Form für moderne Architektur verwendet. *[Gebrewold, 2007]*

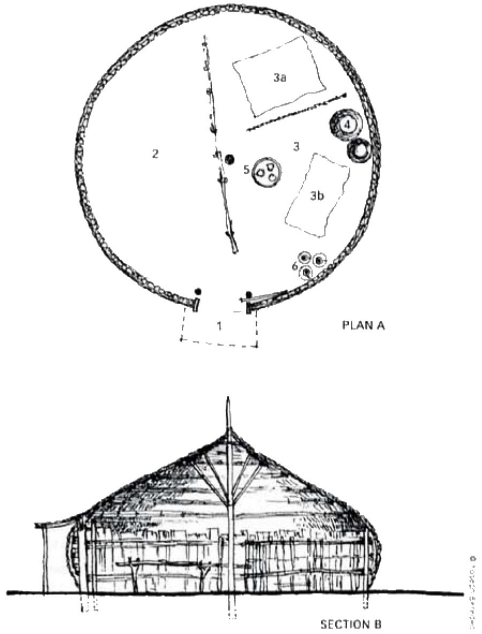


Abb. 64 Schematische Darstellung eines Sidama-Hauses

Aregash Lodge

Inmitten von Kaffeefeldern und üppigen Grünflächen wurde ein Erholungsresort geschaffen, welches die traditionelle Bauweise der Sidama-Häuser widerspiegelt. Auch das Interieur wurde im Sidama-Stil errichtet. Das Dorf besteht aus 10 Häusern. Nicht nur die traditionelle Bautechnik der Sidama-Häuser wurde angewandt, auch das Material Bambus wurde der Tradition entsprechend gewählt und verarbeitet. Touristen ist es somit möglich, einen realistischen Eindruck vom Leben im Sidama-Haus zu erhalten. *[aregash lodge]*

Abb. 65 Sidama-Haus in der Aregash Lodge

Abb. 66 Häuser in der Aregash Lodge

Abb. 67 Panoramabild Aregash Lodge

6.3. Europa - Guadua Bamboo Car Park Amsterdam

Das Parkhaus in Amsterdam wurde in den Jahren 2013-2014 gebaut. *[djga]* Es befindet sich nahe dem Ärztezentrum und zählt als das zweite seiner Art, ist jedoch auch gleichzeitig das größte. Mit 3200 m^2 auf fünf Ebenen bietet es Platz für 1200 Autos. Möglicherweise soll das Projekt in den kommenden Jahren erweitert werden. *[guadua bamboo2]*

Für die Wandverkleidungen wurde das Material Bambus, genau genommen die Art Guadua, gewählt. Die Architekten wollten einen dynamischen Entwurf mit natürlichen und nachhaltigen Materialien. *[guadua bamboo2]* Bambus ist ein starkes, nachhaltiges Material, welches schnell wächst und nach einiger Zeit vergraut. Daher wurde es den Ansprüchen optimal gerecht. Für die Konstruktion des Hauptstiegenhauses wurde unbehandeltes Accoya-Holz gewählt. Bei Accoya-Holz handelt es sich um ein Weichholz, welches entsprechend modifiziert die Qualitäten von Hartholz erreichen kann. Das Stiegenhaus wurde an das Hauptgebäude angeschlossen und mit Glaselementen verkleidet. *[djga]*
Durch die Bambusverkleidung wirkt die Fassade zugleich geschlossen und transparent. Die unterste Ebene wurde nicht verkleidet. Man wollte dadurch einen schwebenden Effekt erreichen und die Masse des Körpers etwas unterbrechen. Rund um das Gebäude wurde eine Oase aus lebenden Bambuspflanzen geschaffen, um einen Kontrast zu den vielen roten Ziegelgebäuden der Stadt zu schaffen. Sämtliche Bambusstangen wurden gegen Insektenbefall und Verrottung geschützt. Außerdem wurden sie zusätzlich mit einer brandhemmenden Imprägnierung ausgerüstet. *[guadua bamboo2]*

Auf Bauherrenwunsch wurde der Bambus nicht gestrichen, um den natürlichen Graueffekt zu erreichen. Ähnlich Holz färbt sich Bambus nach einiger Zeit, wenn er der Witterung ausgesetzt ist, grau. *[guadua bamboo2]*

Abb. 68 Baumaterial für das Parkhaus

Abb. 69 Vorgelagertes Stiegenhaus aus Accoya-Holz

Abb. 70 Parkhaus in Amsterdam

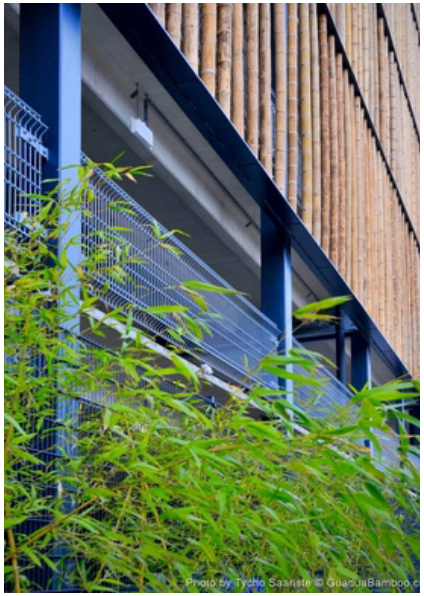


Abb. 71 Bepflanzung im EG

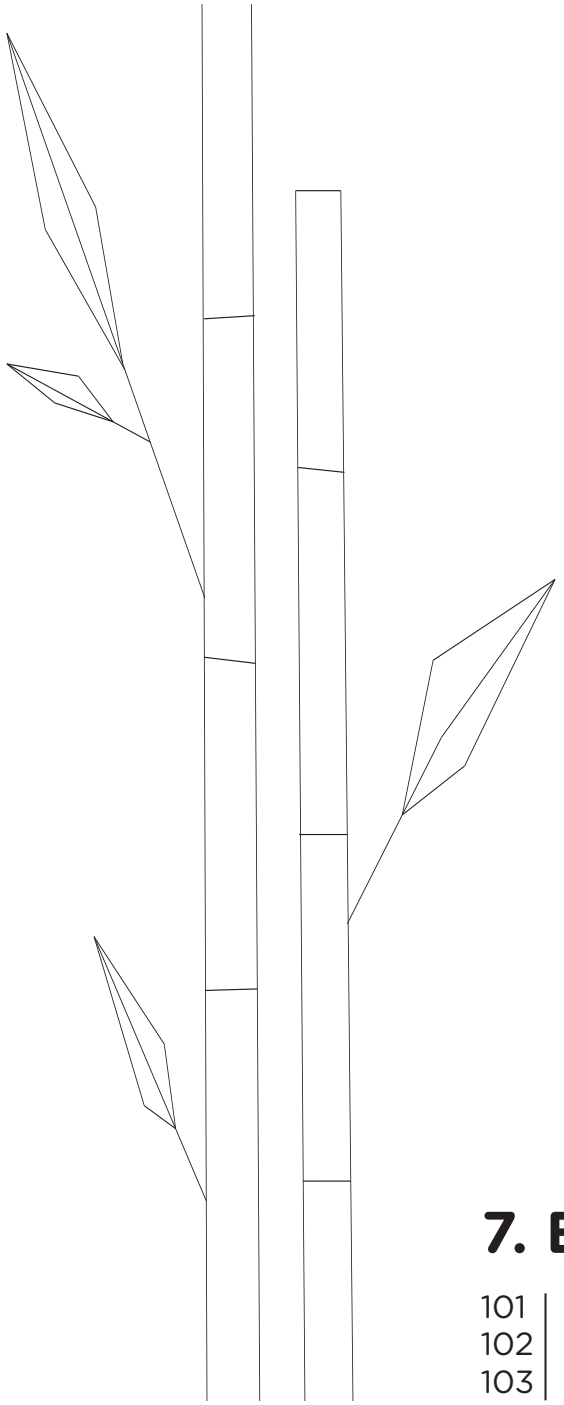
Bambus als Baumaterial wird in jedem Land auf andere Weise genutzt und geschätzt. Während der Gerüstbau durch die kurze Haltbarkeit des Materials nicht gestört wird, da verwitterte Teile jederzeit ausgetauscht werden können, profitiert er von den Materialeigenschaften wie Gewicht und Festigkeit. Im Gegensatz dazu werden die Schwächen des Materials in Äthiopien und Europa akzeptiert und durch unterschiedlichste Methoden ausgeglichen.

In Europa nutzt man die Optik des Bambus, überträgt ihm jedoch keine tragenden Aufgaben; diese werden von beständigen Materialien übernommen. Die Äthiopier haben eine eigene Technik entwickelt, bei welcher dem Bau eine andere Funktion zugeschrieben wird, sobald die erdberührenden Teile zu verrotten beginnen und das Haus dadurch an Höhe verliert. Entsprechend der vorhandenen Gebäudedimension wird die Funktion der Hütte so lange angepasst, bis die Konstruktion nicht mehr genutzt werden kann. Dieses Vorgehen zeigt uns, dass Bambus unterschiedlichen Nutzen haben kann. Er kann wichtige Aufgaben im Hausbau übernehmen, kann aber auch als Hilfsmittel oder als Element zur Gestaltung eingesetzt werden.

In einigen Ländern wird daher sehr effizient mit den vorhandenen Materialien umgegangen. Dies hat zur Folge, dass das Erscheinungsbild von Bambusarchitektur abhängig von der Region und der vorherrschenden Kultur stark variiert.

Abängig davon, ob Bambus ausreichend vorhanden ist, ändert sich auch die Erfahrung mit der angewandten Technik. Dort, wo seit Jahrzehnten damit gearbeitet wird, kann vermehrt auf bewährte Techniken zurückgegriffen werden. In Europa ist noch sehr viel Forschungsarbeit notwendig, um Bambus in die Baukultur zu integrieren.

Abb. 72 Dekorationsobjekt aus Bambus



7. Bambus als Gestaltungsmittel

101 | 7.1. Architektur
102 | 7.2. Möbel und Innenraumgestaltung
103 | 7.3. Gartengestaltung und Floristik

7. Bambus als Gestaltungsmittel

Neben den konstruktiven Vorteilen, die das Baumaterial Bambus besitzt, kann es auch als sehr anspruchsvolles Gestaltungsmittel eingesetzt werden. Nicht nur in der Architektur gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, Bambus einzusetzen. Besonders im europäischen Raum ist die Pflanze als Element der Gartengestaltung zu finden. Auch als Dekorationsobjekt oder Möbelstück ist sie in vielen Haushalten vertreten.

Dabei ist Bambus naturbelassen oder mittels verschiedenster Verfahren behandelt vorzufinden, um das Aussehen des Materials zu verändern. *[Dunkelberg, 1995, S. 130]*

Anhand nachstehender Beispiele wird deutlich, dass Bambus nicht nur aufgrund seiner Materialeigenschaften stets an Beliebtheit gewinnt. Neben der guten Verarbeitbarkeit lassen sich auch viele gestalterische Ideen umsetzen. Dadurch ist es heute auch möglich, Bambusbauten in Europa zu finden, auch wenn der Bambus hier nicht heimisch ist. In Regionen, in welchen Bambus heimisch ist, lässt sich ein starker Kontrast zwischen moderner und traditioneller Bauweise erkennen. Neben den drei Bereichen Architektur, Innenraum und Garten gibt es immer mehr Möglichkeiten, Bambus zu nutzen. In Europa wird er heute beispielsweise auch für die Erstellung von nachhaltigem Geschirr genutzt. Er kann die industriellen Materialien in vielen Bereichen ersetzen.

Abb. 73 Dekoration mit Bambus

7.1. Architektur

Bambus wird nicht nur aufgrund seiner konstruktiven Eigenschaften für den Bau von Häusern verwendet. Mit dem faszinierenden Baumaterial lassen sich optisch sehr anspruchsvolle Konstruktionen errichten. Dank seiner ständigen Verfügbarkeit war es möglich, ausgiebig mit dem Baustoff zu experimentieren.

Einige Architekten haben sich auf die Arbeit mit Bambus spezialisiert und herausragende Konstruktionen entwickelt. Simon Velez hat besonders eindrucksvolle Bauwerke geschaffen und wird deshalb auch häufig als Papst der Bambusarchitektur bezeichnet. *[Oprins und Trier, 2005, S. 104-105]*
Nicht nur als konstruktives Element kann Bambus genutzt werden; durch den Einsatz unterschiedlicher Bambusarten können auch farbliche Akzente gesetzt werden.

Aufgrund seiner vorteilhaften Eigenschaften ist Bambus ein wichtiger Bestandteil der modernen Architektur.

Abb. 74 Bambus-Architektur

7.2. Möbel und Innenraumgestaltung

Auch in der Innenraumgestaltung ist Bambus häufig anzutreffen. Moderne Techniken ermöglichen nicht nur den Bau von dekorativen Elementen wie etwa Körben und Vasen, sondern auch Möbelstücke oder Bodenbeläge werden aus Bambus hergestellt. *[Oprins und Van Trier, 2005, S. 110 ff.]* Die unterschiedlichen Bestandteile des Bambus können für die Herstellung von Möbeln und Dekorationsobjekten genutzt werden. Dafür kann er im Ganzen bleiben, gespalten werden oder es kann auch die verwebte Rinde verwendet werden. *[DeBoer, Groth, 2010, S. 62]*

In Europa findet man ein großes Angebot von Bambusmöbeln, welches von Betten, Kästen bis über Tische und vieles mehr reicht.
Auch Parkettböden werden aus Bambus hergestellt. Sie haben sehr gute Eigenschaften. Diese Böden schaffen nicht nur ein angenehmes Wohnklima, sie sind auch sehr robust. Für Feuchträume sind sie leider nicht geeignet, da Bambus, wie bereits beschrieben, nicht lange haltbar ist, wenn er ständiger Feuchtigkeit ausgesetzt ist. *[wohngesund]*

Bambus ist im Innenraum ähnlich Holz einsetzbar; somit ist nahezu jedes Möbelstück aus Bambus möglich.

Abb. 75 Flechtkörbe aus Bambus

7.3. Gartengestaltung und Floristik

Bambus ist erst seit den 70er Jahren in Europa zu finden. *[Oprins und Van Trier 2005, S. 124]* Zunehmende Beliebtheit als Gestaltungsmittel für Garten und Floristik hat auch zu erweitertem Wissen im Umgang mit der Pflanze in Europa geführt. Für den Garten sollte die passende Sorte entsprechend der Funktion gewählt werden.

Sehr beliebt ist Bambus als Sichtschutz. Dafür sollte auch entsprechend Platz vorhanden sein, denn auf kleiner Fläche wird es kaum gelingen, den Bambus lange zu erhalten. *[Whittaker, 2010, S. 29ff.]* Bambus hat gegenüber anderen Pflanzen, welche zur Pflanzung einer Hecke ausgewählt werden, zumeist den Vorteil, auch im Winter sein Laub zu behalten. Darüber hinaus ist dadurch auch in der kalten Jahrreszeit Schutz vor Wind und Zug möglich. Voraussetzung dafür ist die Verwendung einer winterharten Gattung. *[Recht, Wetterwald und Simon, 1994, S. 124ff.]*

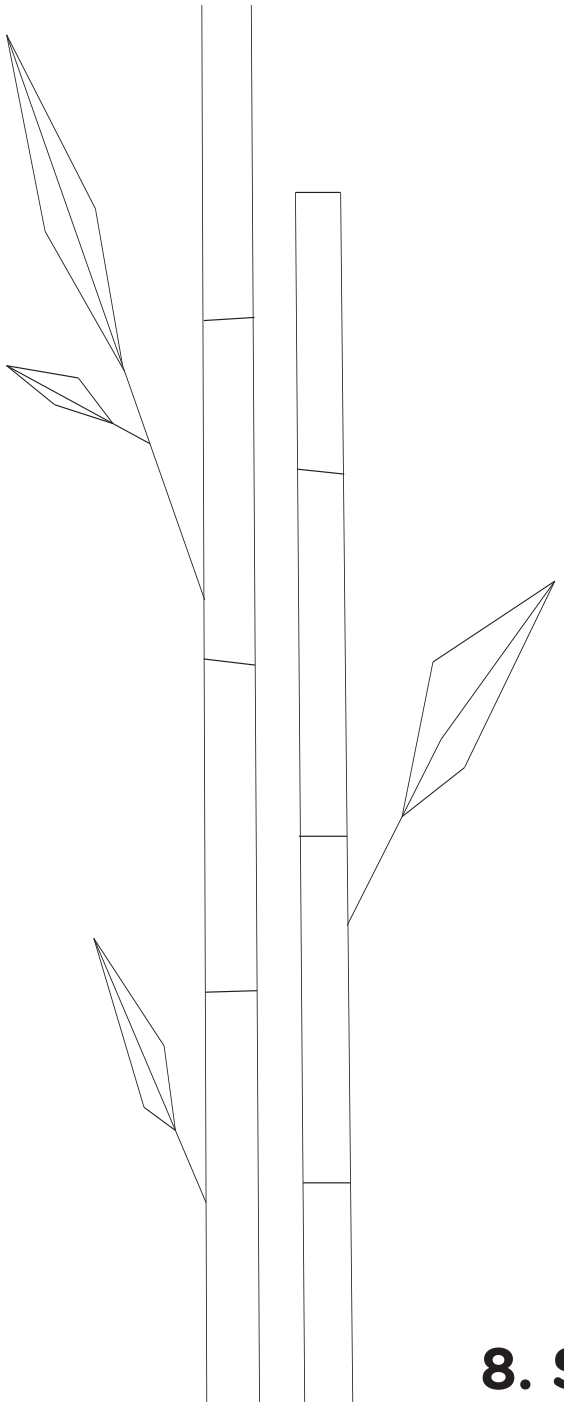
Als Solitärpflanze oder auch als Bambus-Hain kann er sehr dekorativ im Garten eingesetzt werden. Für die Errichtung eines Bambus-Haines sind vor allem große Arten geeignet; man muss jedoch auch bedenken, dass die meisten Arten ihre volle Größe erst nach einigen Jahren erreichen.
Besonders niedrig wachsende Sorten können dafür als Bodendecker eingesetzt werden. Auch hier sind sehr ansprechende Gestaltungen möglich *[Recht, Wetterwald und Simon, 1994, S. 124ff.]*

Bei sämtlichen Gestaltungen im Garten sollte bedacht werden, dass Bambus ein starkes Wurzelsystem besitzt, welche mit Hilfe von Wurzelsperren klein gehalten werden sollte, da es sich sonst stark ausbreitet. Andernfalls ist es notwendig, die Rhizome regelmäßig zu entfernen, da einfaches Zurückschneiden der Pflanze nicht ausreichend ist. *[Whittaker, 2010, S. 157]*

Bambus kann auch in Töpfen eingesetzt und somit als Zimmerpflanze genutzt werden. [Whittaker 2010:41] Für den Innenraum ist die Pflanze jedoch eher ungeeignet, da Bambus eine hohe Luftfeuchtigkeit und für das Wachstum eine kühlere Winterpause benötigt. *[Recht, Wetterwald und Simon , 1994, S. 124 ff.]*

**„Architecture should speak of its time and place,
but yearn for timelessness.“**

[Frank Gehry]



8. Schlussfolgerung

CONCLUSIO

Wenn man die Entwicklung von Bambusarchitektur im Wandel der Zeit betrachtet, so wird erkennbar, dass sich die Bedeutung des Materials verändert hat. Dies hat nicht nur eine Veränderung der Architektur zur Folge, sondern regt auch die Entwicklung neuer Techniken an.

In der **Vergangenheit** wurde die Pflanze als Baumaterial der Armen bezeichnet. Aufgrund seiner Kurzlebigkeit hatte das Material im Gegensatz zu Materialien wie Stein, Ziegel, Holz oder später auch Beton keinen Prestigewert. Da es zahlreich vorhanden war, war es billig und konnte mit Hilfe einfacher Werkzeuge bearbeitet werden. Bambus war in einigen Ländern nicht bekannt, jedoch in den Regionen entlang des Äquators fester Bestandteil der Bautradition.

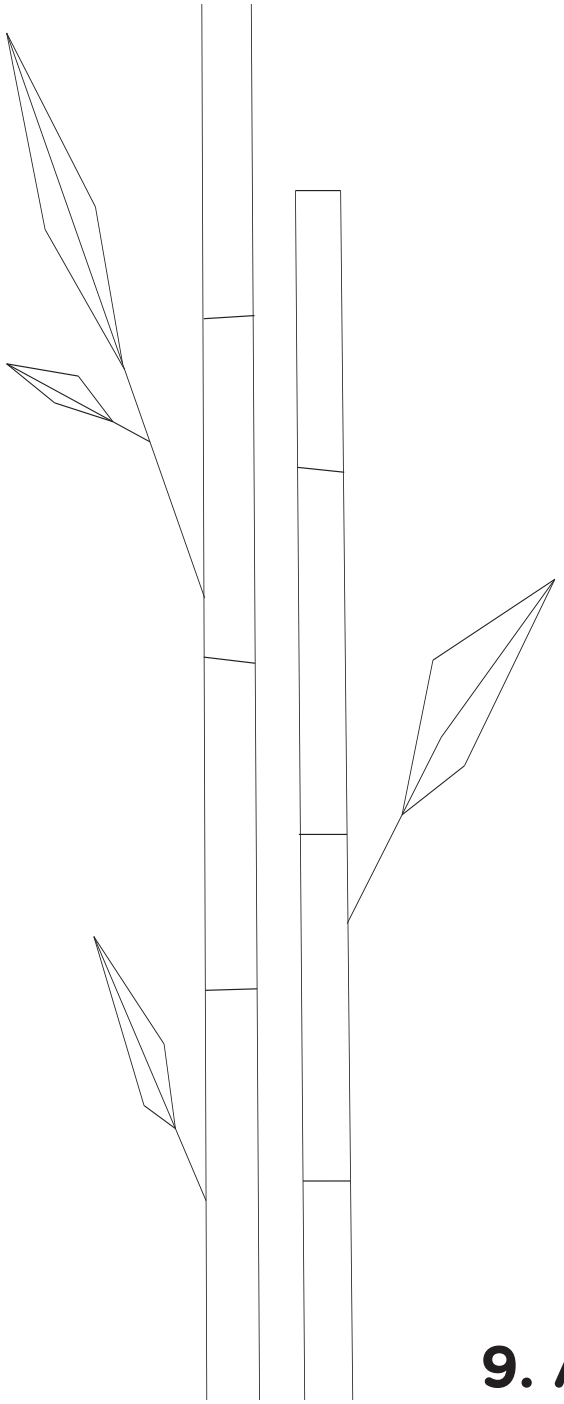
In der **Gegenwart** hat Bambus einen anderen Stellenwert in der Architektur von Indonesien. Aufgrund neuer Erkenntnisse kann man mit Bambus größere Spannweiten überbrücken und daher neue Funktionen erfüllen. Da man die Eigenschaften und somit auch die Vorzüge des Materials zu schätzen weiß, hat das Material seinen "schlechten Ruf" weitgehend verloren. Einzig die Haltbarkeit des Materials stellt noch ein Problem dar, an welchem jedoch weiterhin geforscht wird.

Betrachtet man das Baumaterial Bambus in Hinblick auf dessen Nutzen für die **Zukunft**, so ist der Begriff der Nachhaltigkeit von wesentlicher Bedeutung. Dies ist auch ein Grund dafür, weshalb die Eigenschaften und Methoden zur Optimierung weiter erforscht werden und immer wieder neue Nutzungen ermöglichen. Bereits jetzt ist erkennbar, dass Bambus sich auch in einigen Ländern, in welchen er bisher nicht genutzt wurde, durchsetzen wird.

Für mich persönlich ist der Gedanke, nachhaltige Baumaterialien in die zeitgenössische Architektur zu integrieren, von großer Bedeutung. Dabei muss man darauf achten, dass man nicht nur den Anschein erweckt, mit natürlichen Materialien gebaut zu haben, sondern das Material in seiner natürlichen Form erhält.
Wenn man Holz in Chemie ertränkt, um es möglichst lange haltbar zu machen, so kann man nicht mehr von einem natürlichen Baumaterial sprechen; es handelt sich vielmehr um ein künstlich geschaffenes Gemisch, welches den Anforderungen an Haltbarkeit und Optik entspricht. *[Wolfgang Lobisser]*

Bambus ist jedoch ohne entsprechende Behandlung nicht lange haltbar; man sollte daher den Fokus auf konstruktive Maßnahmen legen, um von den ökologischen Faktoren profitieren zu können.

Weiters sollte bei der Entwicklung neuer Techniken darauf geachtet werden, dass der Bezug zur bestehenden Bautradition nicht verloren geht. Bambusarchitektur hat nicht nur abhängig von der Region eine unterschiedliche Architektursprache entwickelt, vielmehr wird sie sich auch weiterhin in unterschiedliche Richtungen hinsichtlich Nutzung und Verarbeitung entwickeln. Aufgabe der zeitgenössischen Planer und Architekten wird es nun sein, die heutigen Erkenntnisse über nachhaltige Bauweisen, kombiniert mit dem Wissen über die traditionelle Bautechnik des jeweiligen Materials erfolgreich in zukunftsorientierten Projekten umzusetzen.



9. Abbildungsverzeichnis

2. Indonesien

Abb. 1 Borobudur in Zentraljava
Quelle:https://cache-graphicslib.viator.com/graphicslib/vap/destination/yogyakarta-191027.jpg, 20.12.2017

Abb. 2 Übersichtskarte Indonesien
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 43 bearbeitet von **Barbara Karner**

Abb. 3 Steinarchitektur
Quelle: aus Mario Bussagli, Weltgeschichter der Architektur, S. 145

Abb. 4 Beispiel Mischbauweise Bambus und Holz
Quelle: Foto von **Irene Doubrawa**, Flores 2007

Abb. 5 Skizzen verschiedener Haustypen
Quelle: erstellt von **Barbara Karner**

Abb. 6 Torajabauten auf Sulawesi
Quelle:https://1117423714.rsc.cdn77.org/images/gallery/torajatour_tourism/toraja_tourism15.jpg, 12.11.2017

Abb. 7 Schnitt durch ein Toraja-Haus
Quelle: aus Domenig Gaudenz, Tektonik im primitiven Dachbau, S. 178

Abb. 8 Dachdetail eines Toraja-Hauses
Quelle: aus Domenig Gaudenz, Tektonik im primitiven Dachbau, S. 182

Abb. 9 Konstruktionsskizze eines Bugis-Hauses
Quelle: aus Ferenc Zamolyi und Irene Doubrawa, Documenting the past, S. 1

Abb. 10 CAD-Modell konstruktiver Aufbau eines Bugis-Hauses
Quelle: aus Ferenc Zamolyi und Irene Doubrawa, Documenting the past, S. 11

Abb. 11 Balinesisches Gehöft
Quelle:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Balinese_house_compound.jpg 02.01.2018

Abb. 12 Aufbau eines balinesischen Gehöft
Quelle: aus Dawson und GIlow, The tradition architecture of Indonesia, S. 87

Abb. 13 Javanesisches Haus
Quelle: aus Tjahjono Gunawan, Architecture, S. 19

Abb. 14 Erweiterungen des Daches
Quelle: erstellt von **Barbara Karner**

Abb. 15 Ansichten eines Toba-Batak Hauses
Quelle: aus Domenig Gaudenz, Tektonik im primitiven Dachbau, S. 160

Abb. 16 Konstruktionsskizze Karo-Batak
Quelle: aus Domenig Gaudenz, Tektonik im primitiven Dachbau, S. 129

Abb. 17 Minangkabau-Haus
Quelle: aus Tjahjono Gunawan, Architecture, S. 26-27

3. Bambus als Baumaterial

Abb. 18 Bambus
Quelle:http://www.afeinbergphotography.com/images/xl/2009-10-19_293site-Bamboo.jpg, 8.12.2017

Abb. 19 Der Bambusgürtel der Erde
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 13

Abb. 20 Bambuspflanze
Quelle: CAN, S. 8

Abb. 21 Monopodiales Rhizon
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 51

Abb. 22 Sympodiales Rhizon
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 51

Abb. 23 Bambusa blumeana
Quelle:https://static1.squarespace.com/static/53407b1de4b05fdb12d8f4a7/t/537e3d0ae4b0cf44ab8df193/1400782092596/bambusa-blumeana.jpg?format=500w, 20.07.2017

Abb. 24 Bambusa lako
Quelle: https://static1.squarespace.com/static/53407b1de4b05fdb12d8f4a7/5380fa43e4b05a01674f2b23/538101f5e4b02dbdc17ef388/1400963576675/bambusa-lako-11.jpg, 20.07.2017

Abb. 25 Giantochloa atroviolacea
Quelle:https://static1.squarespace.com/static/53407b1de4b05fdb12d8f4a7/547decf6e4b0380edc48a756/547ded13e4b008672c35a50f/1417539901599/Gigantochloa-atroviolacea-culms-4.jpg?format=300w, 20.07.2017

4. Bauen mit Bambus

Abb. 26 Haumesser zum Spalten des Bambus
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 106

Abb. 27 Bambushaus
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 143

Abb. 28 Arten von Fußbodenbelägen
Quelle: Janssen, Building with Bamboo S. 25

Abb. 29 Wand aus Bambus
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 190

Abb. 30 Dachdeckung mit Bambusblättern
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 210

Abb. 31 Dachdeckung mit Bambusschindeln
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 213

Abb. 32 Verbindung mit Rödelstab
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 243

Abb. 33 Verlängerung der Bambusrohre
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 242

Abb. 34 Bambusbrücke
Quelle: Dunkelberg, IL 31 Bambus - Bamboo, S. 246

Abb. 35 Beispiel einer Bindetechnik
Quelle: CAN, S.21

5. Beispiele von Bambuskonstruktionen in Indonesien

Abb. 36 Konstruktion aus Bambus
Quelle: Green School, Bali, August 2013, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 37 Haus auf Sulawesi
Quelle: Sulawesi, Juni 2011, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 38 Unterbau eines Hauses auf Sulawesi
Quelle: Sulawesi, Juni 2011, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 39 Konstruktion eines Hauses auf Sulawesi
Quelle: Sulawesi, Juni 2011, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 40 Grundgerüst eines Hauses aus Bambus
Quelle: Sulawesi, Juni 2011, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 41 Verbindung im Dachbereich
Quelle: Lombok, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 42 Dachkonstruktion Bambus und Holz
Quelle: Lombok, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 43 Flechtwerk aus Bambus
Quelle: Lombok, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 44 Geflochtene Wand aus Bambus
Quelle: Lombok, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 45 Steinfundament, um Bambus vor Feuchtigkeit zu schützen
Quelle: Alor, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 46 Haus auf Alor
Quelle: Alor, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 47 Seilbindung aus Bambusrinde
Quelle: Alor, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 48 Befestigung der Wand mit Bambus
Quelle: Alor, Oktober 2012, **Ferenc Zamolyi**

Abb. 49 Ansicht Green School
Quelle: Imelda Akmal. Architectural Guide Indonesia, S. 300

Abb. 50 Innenraum aus Bambus
Quelle: Imelda Akmal. Architectural Guide Indonesia, S. 300

Abb. 51 Übersicht Green School Gelände
Quelle: Imelda Akmal. Architectural Guide Indonesia, S. 300

Abb. 52 Lageplan des Bambusdorfes
Quelle: Eugenius Pradipto, Bamboo Houses and Mosque for the Victims of the Lava Flood Around on the Pabelan River at Sudimoro Village, S. 3

Abb. 53 Ansicht Bambusdorf von Eugenius Pradipto
Quelle: 2013, **Erich Lehner**

Abb. 54 Bambus-Erschließung
Quelle: 2013, **Erich Lehner**

Abb. 55 Konstruktion Schule in Bogor
Quelle:https://www.panyaden.ac.th/blog/wp-content/uploads/2010/07/DSC_0851.jpg, 18.12.2017

Abb. 56 Bambus-Schule in Bogor
Quelle:http://architectureindevelopment.org/images/projects/421/3428/f1/20130927_3343.JPG, 18.12.2017

Abb. 57 Bambus-Schule in Bogor
Quelle: https://farm8.staticflickr.com/7348/9758370571_9d4fc37223_b.jpg, 18.12.2017

Abb. 58 Bambus-Schule in Bogor
Quelle:http://architectureindevelopment.org/images/projectmainimages/421/c1/20130909_3183.JPG, 18.12.2017

6. Bambuskonstruktionen weltweit im Vergleich

Abb. 59 Bambushaus in Äthiopien
Quelle: Dirk Donath

Abb. 60 Bambusgerüst in Hong Kong
Quelle: Hong Kong, Dezember 2015**, Martin Schodl**

Abb. 61 Bambusgerüst mit Fallnetzen
Quelle: Hong Kong, Dezember 2015**, Martin Schodl**

Abb. 62 Gewebter Bambus Äthiopien
Quelle: Dirk Donath

Abb. 63 Schematische Darstellung eines Dorze-Hauses
Quelle: Oliver, Vol.3, S. 2020

Abb. 64 Schematische Darstellung eines Sidama-Hauses
Quelle: Oliver, Vol.3, S. 2027

Abb. 65 Sidama-Haus in der Aregash Lodge
Quelle: Dirk Donath

Abb. 66 Häuser in der Aregash Lodge
Quelle: Dirk Donath

Abb. 67 Panoramabild Aregash Lodge
Quelle: Dirk Donath

Abb. 68 Baumaterial für das Parkhaus
Quelle:https://static1.squarespace.com/static/53407b-1de4b05fdb12d8f4a7/543e227fe4b07a3fedf25240/55c-9c43de4b06aa610a0420e/1439286363432/gua-dua-bamboo-car-park-amsterdam-3.jpg?format=300w 15.09.2017

Abb. 69: Vorgelagertes Stiegenhaus Accoya-Holz
Quelle:https://static1.squarespace.com/static/53407b-1de4b05fdb12d8f4a7/543e227fe4b07a3fed-f25240/55952c95e4b09f741fea5021/1439286457544/guadua-bamboo-car-park-amsterdam-18.jpg?for-mat=500w 15.09.2017

Abb. 70: Parkhaus in Amsterdam
Quelle:https://static1.squarespace.com/static/53407b-1de4b05fdb12d8f4a7/543e227fe4b07a3fedf25240/55c-9c5f9e4b08ff4eaaccb78/1439286791318/guadua-bam-boo-car-park-amsterdam-19.jpg?format=500w 15.09.2017

Abb. 71: Bepflanzung im EG
Quelle:https://static1.squarespace.com/static/53407b-1de4b05fdb12d8f4a7/543e227fe4b07a3fedf25240/55c-9c581e4b0364641e81213/1439286675616/guadua-bam-boo-car-park-amsterdam-16.jpg?format=300w 15.09.2017

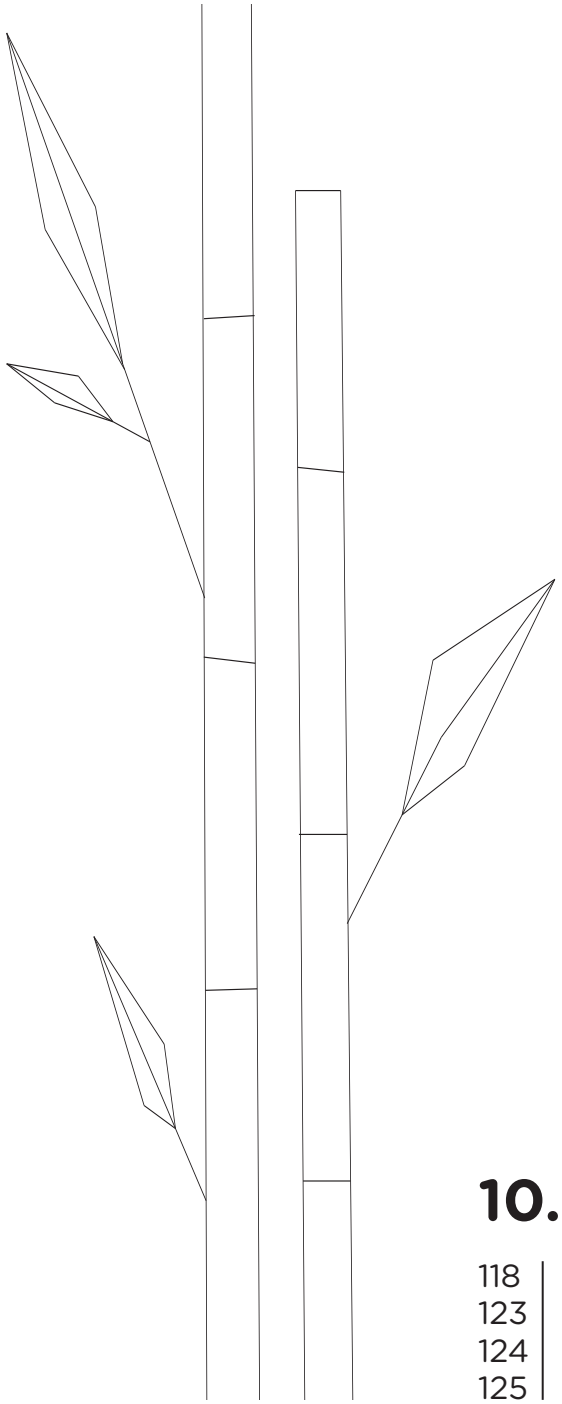
7. Bambus als Gestaltungsmittel

Abb. 72: Dekorationsobjekt aus Bambus
Quelle: Recht, Wetterwald und Simon, Bambus

Abb. 73: Dekorationsobjekt mit Bambus
Quelle: Recht, Wetterwald und Simon, Bambus

Abb. 74: Bambus Architektur
Quelle:https://qzprod.files.wordpress.com/2015/03/lead_sharma-springs-by-rio-6-13-complete-85.jpg?-quality=80&strip=all&w=4000, 04.01.2018

Abb. 75: Flechtkörbe aus Bambus
Quelle: CAN, S. 14



10. Quellenverzeichnis

118 | 10.1. Literatur
123 | 10.2. Zeitschriften
124 | 10.2. Internet
125 | 10.3. Videos

10.1. Literatur

AKMAL, Imelda
Architectural Guide Indonesia, Berlin (DOM publishers), 2015

ASNAWI, St.,
Ansätze zur Entwicklung von neuen Wohnvierteln mit Bewohnerbeteiligung für niedrige Einkommensgruppen in Indonesien: Modellprojekte in Semarang im Vergleich, Kassel (kassel univeristy press), 2006

BOTHAS, Dagmar
Indonesien: Tropische Inselwelt, Leipzig (Brockhaus), 1959

BUSSAGLI, Mario
Weltgeschichte der Architektur, Indien, Indonesien, Indochina, (DVA) 1985

BICKEL-SANDKÖTTER, Susanne
Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe, 2.Auflage, Wirbelsheim (Quelle & Meyer), 2003

BLAß, H.J.**, und FELLMOSER,** P.
Schadensanalyse von Bauwerken in Indonesien nach einem Erdbeben, Karlsruhe (Universität Karlsruhe), 2007

CHAPMAN, Geoffrey P.
The bamboos, San Diego California (Acad. Press) 1997

CHUNG, K.F. and **CHAN**, S.L
Design of Bamboo Scaffolds, Hong Kong (Inbar und Technical University of Hong Kong) 2002

CROUZET, Simon; **COLIN**, Olivier
Bambus auswählen und pflegen, Stuttgart (Ulmer) Leopoldsdorf (Österr. Agrarverl.), 2003

DAVISON, Julian
Introduction to Balinese Architecture, Singapore (Periplus Editions), 2003

DAWSON, Barry und **GILLOW,** John
The tradition architecture of Indonesia, London (Thames and Hudson Ltd.), 1994

DEBOER, Darrel
Bamboo Building and Culture, Applications in the U.S., (DeBoer) 2007

DEBOER, Darrel und **GROTH**, Megan
Bamboo Building Essentials, the eleven basic principles, Vietnam (DeBoer) 2010

DIETER, Joachim und **KRUK**, Gabriele
Bamboo Construction Manual, Adis Ababa (Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2014

DOMENIG, Gaudenz
Tektonik im primitiven Dachbau, Materialien und Rekonstruktionen zum Phänomen der auskragenden Giebel an alten Dachformen Ostasiens, Südostasiens und Ozeaniens, Zürich (ETH) 1980

DOUBRAWA, Irene
Sumba Baut, Tradition und Innovation der indigenen Architektur auf Sumba im Kontext der ostindonesischen Inselwelt, TU Wien (Diplomarbeit) 2009

DOUBRAWA, Irene, und **ZAMOLYI**, Ferenc
Documenting the Past - Transformation and Change in South Sulawesi Architecture, Wien, 2008

DRANSFIELD, Soejatmi, und
WIDJAJA, Elisabeth A.,
Plant resources of South-East Asia, Leiden (Backhuys Publisher) 1995

DUNKELBERG, Klaus
Bambus als Baustoff: seine elementare handwerkliche Anwendung an Beispielen aus Südostasien, Bonn (Habelt) 1980

DUMARCAY, Jaques, The House in South-East Asia, Singapore (Oxford University Press) 1986

FARRELLY, David, The book of bamboo: a comprehensive guide to this remarkable plant, its use, and its history, San Francisco (Sierra Club Books) 1984

FRICK, Heinz, Strukturformen indonesischer Bautechnik, Eindhoven (Bouwstenen Publikati eburo Bouwkunde), 1995

FUCHSHUBER, Therese
Architektur und Identität, TU Wien (Diplomarbeit) 2016

GINDELE, Gertraut
Tourismus und Architektur in Indonesien: Untersucht an Beispielen auf Bali, Lombok und Flores, TU Wien (Diplomarbeit) 2011

GOLDBERG, Gale Beth
Bamboo Style, Layton Utah (Gibbs Smith), 2002

GRÜNAUER, Peter
Das Tongkonan, TU Wien (Seminararbeit) 2016

GUNAWAN, Thjahjono
Indonesian Heritage, Architecture, Singapur (Editions Didier Millet) 1998

GUNTLI, Reto
Bamboo style: exteriors, interiors, details, Köln (Taschen) 2006

HEINRICHS, Dirk
Bambus: winterharte Gattungen für den norddeutschen Klimaraum und seine Verwendung als Baumaterial, Fachhochschule Osnabrück (Diplomarbeit) 1989

HEINSDORFF, Markus
Design with Nature, München (Hirmer), 2010

HELFRITZ, Hans
Kunstreiseführer Indonesien, Eine Reise nach Java, Sumatra, Bali und Sulawesi, Köln (DuMont) 1877

IL, Institut für leichte Flächentragwerke Nr. 31
Bambus - Bamboo, Stuttgart (Karl Krämer Verlag), 2005

JANSSEN, Jules J.A.
Building with Bamboo, Warwickshire (Intermediate Technology Publications) 1995

JANSSEN, Jules J.A.
Designing and Building with Bamboo, Eindhoven (Technische Universität), 2000

JANSSEN, Jules J.A.
Bamboo in building structures, Eindhoven (Technische Universität), Dissertation 1981

KÖTTER, Herbert,
Indonesien: Geographie,Geschichte, Kultur, Religion, Staat, Gesellschaft, Bildungswesen, Politik, Wirtschaft, Tübingen (Erdmann) 1979

LEHNER, Erich
Elementare Architektur, Traditionen des Bauens in außereuropäischen Kulturen, Wien (IVA-Verlag), 2014

LEHNER, Erich
Architekturtradition und ethnische Identität, Bautypen der Karo-Batak und Toba-Batak auf Sumatra in FremdSehen, Köln (archimaera), 2008

LOBOVIKOV, Maxim, **PAUDEL**, Shyam, **PIAZZA**, Marco, **REN**, Hong, **WU**, Junqi,
World Bamboo Resources Assessment 2005, Rom (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2007

LÖCHEL, Christin, **GWARDYS**, Rita,
BOGUMIL, Jonas
Der neue Fischer Weltalmanach 2018, Frankfurt am Main (Fischer Taschenbuch) 2017

MEREDITH, Ted Jordan
Timber Press pocket guide to bamboos, Portland, Oregon (Timber Press) 2009

MINKE, Gernot
Building with bamboo :[design and technology of a sustainable architecture], Basel (Birkhäuser), 2012

MONK, Kathryn A., **DEFRETES**, Yance, **REKSODIHARJO-LILLEY,** Gayatri
The ecology of Nusa Tenggara und Maluku, Singapore (Periplus Ed.) 1997

OHRNBERGER, Dieter
The bamboos of the world, annotated nomenclature and literature of the species and the higher and lower taxa, Amsterdam (Elsevier) 1999

OLIVER, Paul
Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World, Volume 2, Cultures and Habitats, Cambridge (Cambridge Univ. Press) 1997

OLIVER, Paul
Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World, Volume 3,
Cultures and Habitats, Cambridge (Cambridge Univ. Press) 1997

OPRINS, Jan und **VAN TRIER,** Harry
Bamboo, A Material for Landscape and Garden Design, Basel (Birkhäuser), 2006

OPRINS, Jan und **TRIER VAN**, Harry
Bambus, Stuttgart (Eugen Ulmer KG) 2005

PALL, Stefan
Phänomenologie Dach. Das Dach als Indikator eines Phänomens, TU Wien (Diplomarbeit), 2016

PRADIPTO, Eugenius
Bamboo Construction, Houses and Mosque for the victims of Pabelan River´s Flood at Sudimoro, Muntilan, Central Java, Indonesia, Yogyakarta (Universitas Gadjah Mada) 2013

RECHT, Christine, **WETTERWALD**, Max F., **SIMON**, Werner
Bambus, Stuttgart (Eugen Ulmer GmbH & Co.), 1994

SCHEFOLD, Reimar; **NAS**, Peter J.M; **DOMENIG**, Gaudenz
Indonesian Houses, Volume 1, Tradition and transformation in vernacular architecture, Niederlande (Koninklijk Instituut voor Taal-, Land-en Volkenkunde), 2003

SCHEFOLD, Reimar; **NAS,** Peter J.M; **DOMENIG**, Gaudenz, und **WESSING**, Robert
Indonesian Houses, Volume 2, Survey of vernaculare architecture in western Indonesia, Niederlande (Koninklijk Instituut voor Taal-, Land-en Volkenkunde, 2008

SCHOTT, Christina
Indonesien. Ein Länderportrait, Berlin (Ch. Links Verlag) 2015

TJAHJONO, Gunawan,
Indonesian Heritage, Architecture, Singapur (Archipelago Press) 1998

SCHULZE, Fritz
Kleine Geschichte Indonesiens, München (C.H. Beck) 2015

VAN UFFELEN, Chris
Bamboo Architecture and Design, Salenstein (Braun Publishing AG), 2015

VÈLEZ, Simòn
Grow your own house: Simòn Vèlez und die Bambusarchitektur, Wheil am Rhein (Vitra Deisgn Museum), 2000

VORLAUFER, Karl
Südostasien: Brunei, Indonesien, Kambodscha, Laos, Malaysia, Myanmar, Osttimor, Philippinen, Singapur, Thailand, Vietnam; Darmstadt (WBG Wiss. Buchges.) 2009

WALTER, Christina
Die traditionelle Wohnsiedlung und die Entwicklung der traditionellen Wohnkultur in Bali/Indonesien, Technische Universität Berlin (Disser tation) 2002

WATERSON, Roxana
The Living House. An Anthropology of Architecture in South-East Asia, London (Thames and Hudson) 1997

WHITTAKER, Paul
Practical bamboos, The 50 Best Plants for Screens, Containers and More, Portland, Oregon (Timber Press) 2010

WHITTAKER, Paul
Hardy bamboos, Portland, Oregon (Timber Press) 2005

WHITTEN, Anthony, **MUSTAFA**, Muslimin, **HENDERSON**, Gregory S.
The ecology of Sulawesi, Singapore (Periplus Ed.) 2002

WHITTEN, Tony, **SERIAATMADJA**, Roehayat Emon, **AFIFF**, Suraya A.,
The ecology of Java and Bali, Singapore (Periplus Ed.), 1996

WHITTEN, Tony
The ecology of Sumatra, Yogyakarta, Indonesia (Gadjah Mada Univ. Pr.) 1984

XIAO, Yan, **INOUE**, Masafumi, **PAUDEL**, Shyam K.
Modern bamboo structures: proceedings of first International Conferenc on Modern Bamboo Structures, Changsha, China, 28 - 30 October 2007, Leiden (CRC Press/Balkema) 2008

ZAMOLYI, Ferenc
Developments and changes in eastern indonesian vernacular architecture: Living between tradition and modernization, Technische Universität Wien, 2013

10.2. Zeitschriften und Texte

ARCH+
211/212:Think Global, Build Social!

CAN
Community Architects Network,
Bamboo Construction Source Book, Mai 2013
https://issuu.com/communityarchitectsnetwork/docs/the_bamboo_book_final_12-5-13

National Geographic
Vol. 158, No. 4, Oktober 1980, Bamboo the giant grass

Lancaster Farming
December 20, 1980, S. C18 - C19, Everything you ever wanted to know about bamboo

Gebrewold, Berhanu
...Woven, An attempt of giving a modern ground for Sidama and Chencha houses, OADUS plc - Arba-Minch: 2007

JIANG, Aiyin
An Sustainable Scaffolding Alternative - Bamboo Scaffolding, Cincinnati (University of Cincinnati)
http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2008/paper/CPGT190002008.pdf

11.3. Internet

[greenschool]
http://www.greenschool.org/, Green school in Bali (20.04.2014)

[bambus-lexikon]
http://www.bambus-lexikon.de/bauen-mit-bambus-building.98.html (20.04.2014)

[payer]
http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch035.htm (20.04.2014)

[guadua bamboo]
http://www.guaduabamboo.com (26.01.2015)

[guadua bamboo2]
https://www.guaduabamboo.com/construction/guadua-bamboo-car-park-amsterdam (10.09.2017)

[ibuku]
http://ibuku.com/heart-of-school/ (07.10.2017)

[indobamboo]
http://www.indobamboo.com (01.03.2015)

[inbar]
http://www.inbar.int/ (07.03.2015)

[wohngesund]
https://www.wohngesund.at/parkett/parkett-bambus-hell.html {28.12.2017}

[irbnet]
http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26756.pdf “Community Bridge: Building Relilience with Bamboo” von Andrea Fitrianto (20.07.2017)

[aregash lodge] http://www.aregashlodge.com/ (10.09.2017)

[djga] https://www.djga.nl/en/projecten/parkeergarage-mcs-amsterdam (10.09.2017)

[architectureindevelopment]
http://architectureindevelopment.org/ (26.01.2015)

[architectureindevelopment]
http://www.architectureindevelopment.org/project.php?id=421 (18.12.2017}

[archdaily]
http://www.archdaily.com/81585/the-green-school-pt-bambu (07.10.2017)

[ubudnowandthen]
http://ubudnowandthen.com/vale-linda-garland-legend/ (18.12.2017)

11.4. Videos

BASIL, Gelpke
Bambus, Superfaser der Natur, NZZ Format, Neue Zürcher Zeitung, 2007

BREUER, Ascan und **JASCHKE**, Victor
Jakarta Disorder, Golden Girls (Hoanzl), 2013

10.3. Personen

FITRIANTO Andrea
Vortrag an der TU Wien über Bambusarchitektur in Indonesien

LEHNER Erich
Diplomarbeitsbetreuung

LOBISSER Wolfgang
Betreuer einer Exkursion in das Freilichtmuseum Aspern an der Zaya 2012

PRADIPTO Eugenius,
Architekt in Indonesien, E-Mailkontakt

ZAMOLYI Ferenc
Diverse Interviews