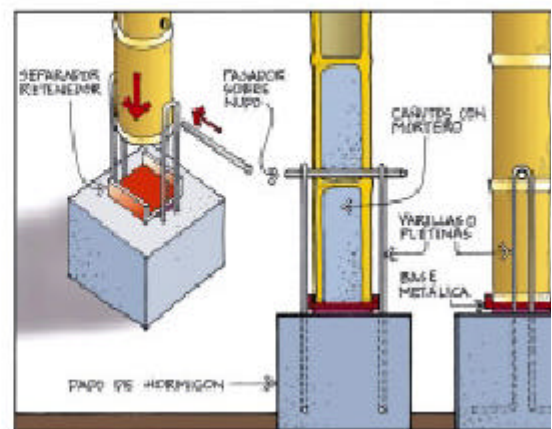
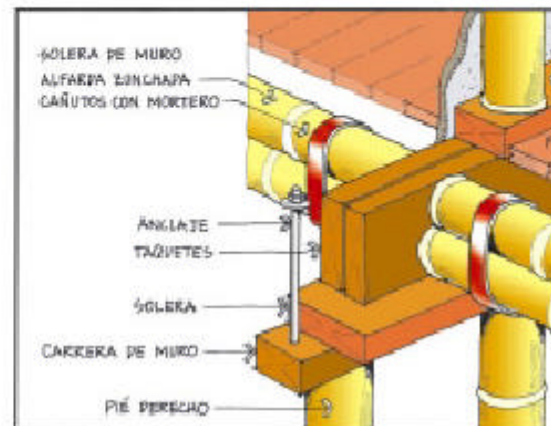
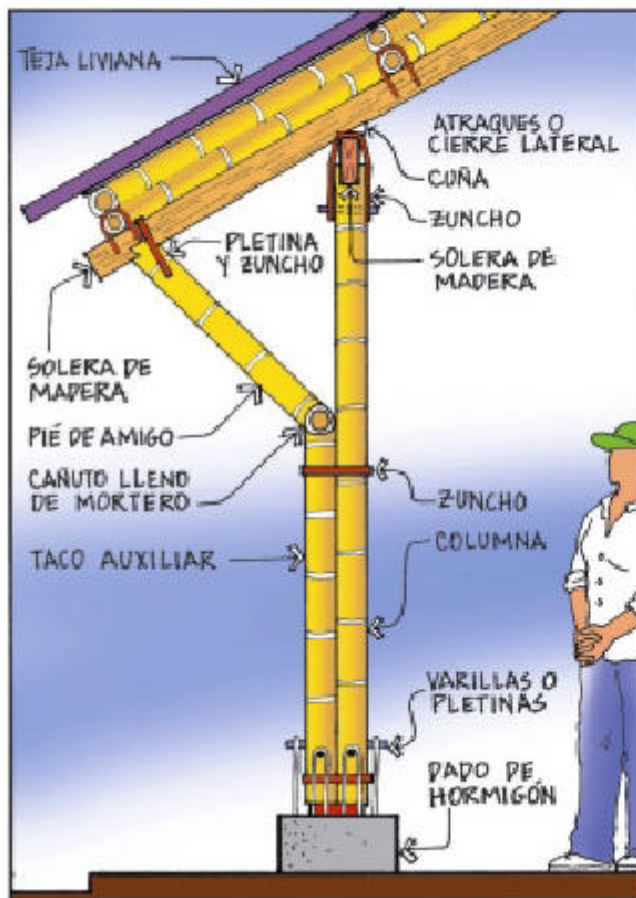


Konstruktionshandbuch für erdbebensicheres Bauen mit Bambusfachwerk

Ein Auszug

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO



Entwickelt von

ais ASOCIACIÓN COLOMBIANA
DE INGENIERÍA SÍSMICA

Finanziert durch:



LA RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN
DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA – LA RED

Deutsche Übersetzung:
im Rahmen des Seminars „Entwerfen mit Bambus“, Lehrstuhl für Tragkonstruktionen,
RWTH Aachen
[Néstor Espinosa Mitjanas](#), Matrikel-Nr.: 25 56 99
[Thiemo Ebbert](#), Matrikel-Nr.: 22 22 91
Aachen, 20.01.04

Anmerkung der Übersetzer:

Das vorliegende Handbuch soll den Menschen in Mittel- und Südamerika als Planungs- und Ausführungshilfe beim Bau von einfachen Wohnhäusern dienen. Es ist so verfasst, dass insbesondere Laien es verstehen und behandelt ausführlich viele Grundlagen, die für Architekten als selbstverständlich gelten.

Die Zielgruppe dieser Übersetzung jedoch sind Architekturstudenten und Architekten. Daher verzichten wir auf einige der für diese Gruppe trivialen Kapitel (im Inhalt grau dargestellt), wie „Was ist ein Erdbeben?“, „Durchgehende Lastabtragung“ und „Wie baut man ein Streifenfundament?“. Auch die Beschreibung des Baustoffes Guadua setzen wir als bekannt voraus, vgl. bambus.rwth-aachen.de.

Statt dessen befassen wir uns intensiver mit den Kapiteln über Bauelemente und Konstruktionsdetails.

Inhalt

Kapitel I

Was heißt Erdbebensicheres Bauen von Wohnhäusern?

Erdbeben und Erdbebensicherheit
Prinzipien der Erdbebensicherheit

- Regelmäßige Form
- Geringes Gewicht
- Große Steifigkeit
- Gute Stabilität
- Fester Baugrund und gute Gründung
- Geeignete Konstruktion
- Kompetente Materialien
- Qualität der Konstruktion
- Fähigkeit Energie zu absorbieren
- Befestigung der Ausbauteile und Installationen

Kapitel II

Allgemeine Grundlagen
Allgemeines
Baumaterial Guadua
Durchgängige Lastabtragung und Aussteifung

Kapitel III

Gründung
Vorbereitung des Untergrundes
Streifenfundamente bei ebenem Baugrund
Fundamente bei Grundstücken mit Gefälle
Installation

Kapitel IV Wände

Diagonal ausgesteifte tragende Wände
Nicht diagonal ausgesteifte tragende Wände
Nicht tragende Wände
Auskreuzungen
Wandlängen
Symmetrie der Wände

Kapitel V

Geschossdecken
Grundlagen
Ausführung
Details

Kapitel VI Stützen

Kapitel VII Dächer

Kapitel VIII Verbindungen

Stabverbindungen

Nagelverbindungen
Bolzenverbindungen
Verbindungen mit Stahlbändern
Strukturelle Verbindungen

Fundament-Wand
Schwellen aus Holz
Schwellen aus Bambus

Verbindungen von Wandelementen

Wände in einer Ebene
Wände in verschiedenen Ebenen
Verbindung zwischen Wänden und Dach

Kapitel I

Prinzipien der Erdbebensicherheit

Regelmäßige Form

Die Gebäudegeometrie sollte sowohl im Grundriss, wie auch im Aufriss, einfach gehalten werden. Komplexe, unregelmäßige Formen, sowie Asymmetrien verhalten sich negativ bei Erdstößen. Unregelmäßige Geometrie fördert Torsion oder Verdrehungen des Bauwerkes. Ferner können an Ecken hohe Kraftkonzentrationen entstehen, denen das Gebäude nicht standhält.

Große Steifigkeit

Eine Konstruktion darf sich bei einem Erdbeben nur minimal verformen. Eine weiche oder biegsame Konstruktion würde sich übermäßig verformen. Dabei entstünden Schäden an tragenden Bauteilen oder Ausbauteilen und Installationen, die in der Regel nur geringe Biegung aufnehmen können.

Fester Baugrund und gute Gründung

Das Fundament eines Hauses muss in der Lage sein, die eingeleiteten Kräfte sicher in den Baugrund zu übertragen. Ebenso wichtig ist, dass der Grund diese Kräfte aufnehmen kann. Weiche Böden verstärken seismische Wellen und fördern Setzungen, die der tragenden Konstruktion schaden.

Kompetente Materialien

Hochwertige Materialien garantieren die nötige Fähigkeit des Gebäudes jene Energien zu absorbieren, die bei Erschütterungen in es eingeleitet werden. Zerbrechliche und unregelmäßige Materialien neigen eher zum Versagen. Lehmwände oder Wände aus unbewehrtem Lehmziegel-, Ziegel oder Hohlblockmauerwerk sind äußerst gefährlich. Unbewehrtes Mauerwerk eignet sich nur zur Ausfachung eines Stabtragwerkes.

Fähigkeit Energie zu absorbieren

Die Konstruktion muss in der Lage sein durch Erdbeben hervorgerufen

Geringes Gewicht

Je leichter ein Gebäude ist, desto weniger Kräfte muss es im Falle eines Erdbebens aufnehmen. Geraten große Massen in Bewegung, verstärken sie die einwirkende Kraft des Bebens. Ein schweres Dach, zum Beispiel, wirkt wie ein umgedrehtes Pendel und führt zu starken verformenden Kräften in der tragenden Konstruktion.

Gute Stabilität

Bei Einwirkung der Vibrationen eines Erbebens müssen Gebäude immer noch in der Lage sein, das Gleichgewicht zu halten. Bei mangelhafter Gründung besteht die Gefahr des Kippens oder Weggleitens eines Gebäudes. Bei ungenügendem Abstand zwischen benachbarten Gebäuden löst der Einsturz eines Hauses oft eine Kettenreaktion aus und bringt andere mit zu Fall.

Geeignete Konstruktion

Damit ein Gebäude einem Erdbeben standhält muss das Tragwerk stabil, symmetrisch, einheitlich und durchgehend, oder zu mindest fest verbunden, sein. Grobe Unterschiede in Dimensionen oder Steifigkeiten, ungeordnete Lastverteilung oder große Kragarme fördern gefährlich Kraftkonzentrationen, Torsionsspannungen und Deformationen, welche zu großen Schäden oder dem Einsturz eines Gebäudes führen können.

Qualität der Konstruktion

Neben der Wahl der richtigen Materialien und der richtigen Gestaltung, ist eine gute Bauleitung, technische Überwachung und Qualitätskontrolle unerlässlich. Ein Erdbeben findet mit Sicherheit die Nachlässigkeiten und Fehler, die beim Bau begangen wurden.

Befestigung der Ausbauteile und Installationen

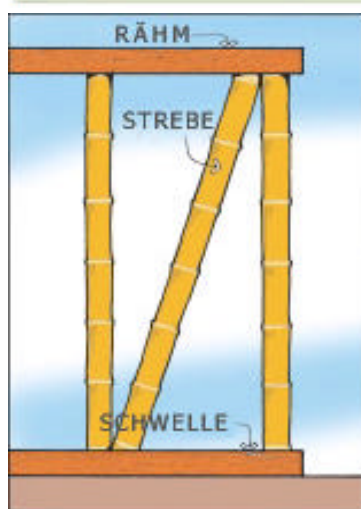
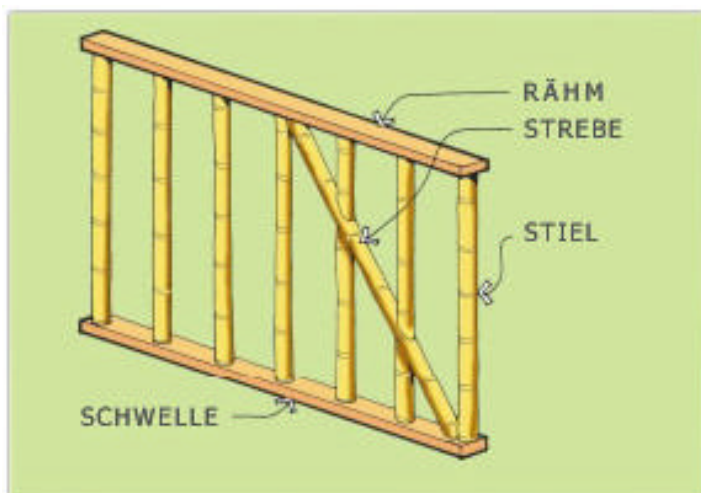
Ausbauteile, wie Trennwände, Fassaden

Deformationen in ihren Komponenten aufzunehmen, ohne dass dabei größere Schäden entstehen. Wenn ein Gebäude nicht flexibel und gleichzeitig robust ist besteht die Gefahr, das es bereits beim Beginn eines Erdbebens Schaden durch Deformation nimmt. Eine starre Konstruktion birgt die Gefahr plötzlich und ohne Vorwarnung einzustürzen.

und Fenster, sowie haustechnische Installationen müssen gut befestigt werden und dürfen die tragende Konstruktion nicht beeinflussen.

Kapitel IV Wände

Die Wände in ein- und zweigeschossigen Häusern lassen sich in drei Typen unterteilen:



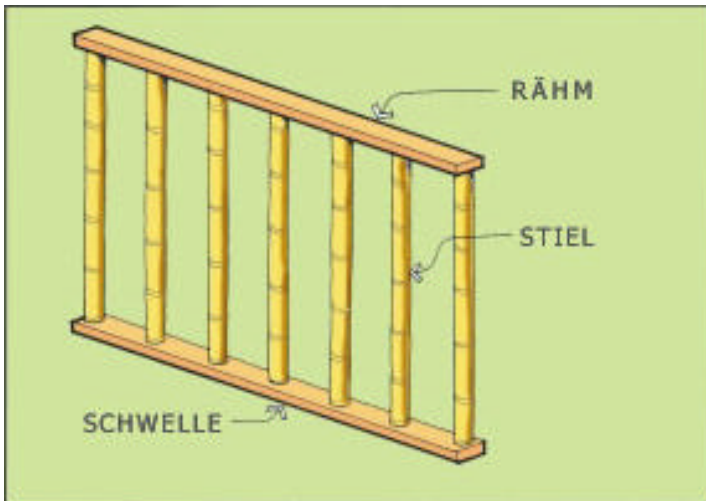
Diagonal ausgesteifte tragende Wände

Sie bestehen aus Schwelle, Rähm, Stielen und Diagonalstreben. Später werden sie mit Zementmörtel verputzt. Als Putzträger dienen entweder Bambusmatten oder Drahtgewebe.

Zusätzlich zu vertikalen Lasten nehmen diese Wände Horizontalkräfte aus Wind oder Erdbeben auf. Gebäudeecken, sowie die Enden jeder Wand, müssen in allen Richtungen mit Diagonalstreben versehen sein. Tragende Wände müssen vom Fundament bis zum Dach durchgehen.

Nicht diagonal ausgesteifte tragende Wände

Diese Wände bestehen lediglich



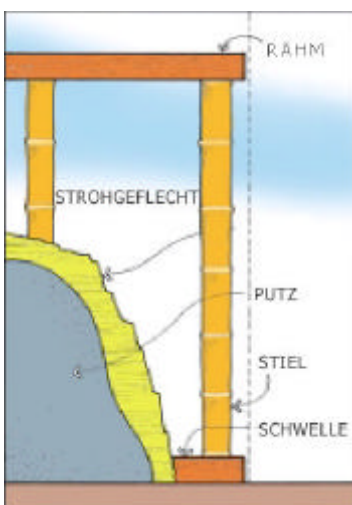
aus Schwelle, Rähm und Stielen. Sie können nur vertikale Lasten aufnehmen. Sie dürfen sich nicht kreuzen und werden dort erstellt, wo Türen oder Fenster eingebaut werden sollen. Alle tragenden Wände folgen dem Verlauf der Streifenfundamente.

Nicht tragende Wände

Wände, die nichts weiter tragen als ihr Eigengewicht, heißen „Nicht tragende Wände“. Sie haben rein raumgliedernde Funktion. Bei Anschluss an eine orthogonale Wand übernehmen die Geschossdecken die aussteifende Funktion.

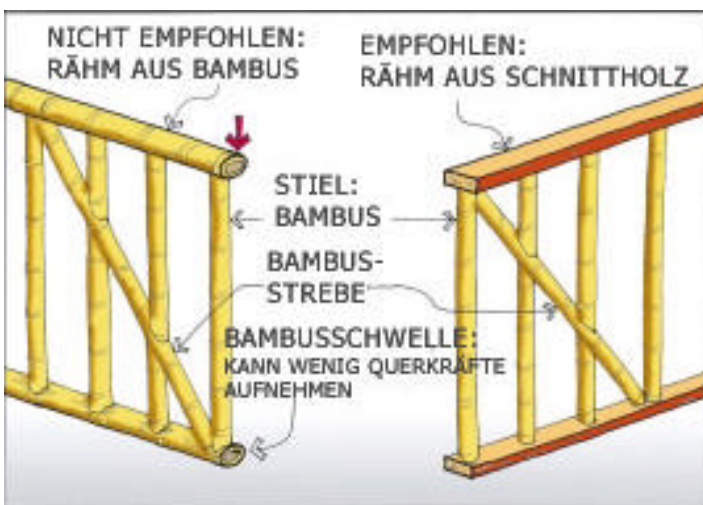
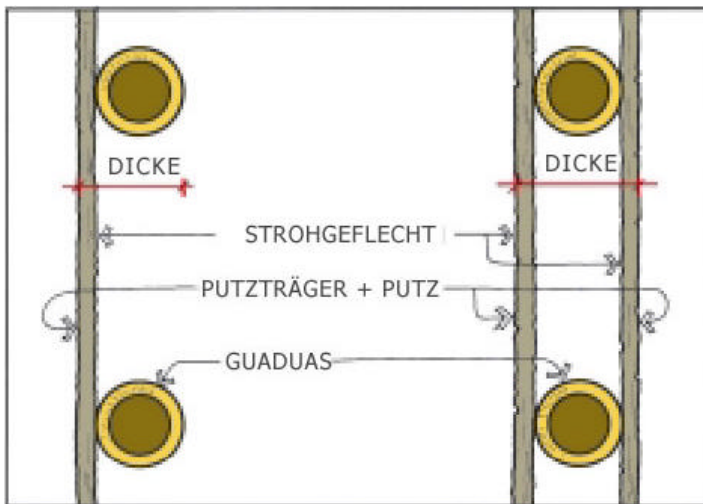
Ausführung

Fachwerkwände setzen sich zusammen aus Bambus und/ oder Schnittholz. Dabei nennt sich das untere horizontale Element „Schwelle“, das obere „Rähm“ und vertikalen „Stiele“. Ein Wandelement kann mit Zementmörtel verputzt werden.

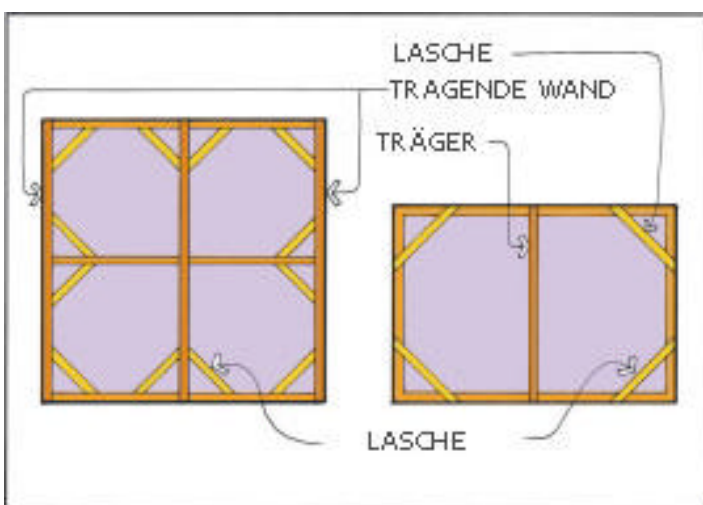


Als Putzträger dient Drahtgewebe, Streckmetall oder ein Bambusgeflecht, welches direkt auf das Ständerwerk genagelt wird. Auch kann eine Kombination der beiden verwendet werden und zunächst die Bambusmatte auf die Ständer genagelt werden und auf diese wiederum der metallische Putzträger.

Die Dicke der fertigen Wand errechnet sich somit aus dem Durchmesser des Bambus und der Dicke der Beplankung auf beiden Seiten.



Die Schwellen müssen mindestens den selben Querschnitt haben, wie die Stiele. Es empfiehlt sich, Rähm und Schwelle aus Schnittholz zu erstellen. Dies ermöglicht einfachere und maßgenauere Anschlüsse. Auch kann Holz Kräfte quer zur Faser besser aufnehmen als Bambus.



Auskreuzungen

Die Schwellen eines Wandelementes müssen so mit Geschossdecken und Dach verbunden werden, dass Horizontalkräfte in die tragenden Wände eingeleitet werden. Dabei ist besondere Aufmerksamkeit der festen Verbindung von Deckenplatte und tragender Wand zu schenken.

Damit Wände als Scheiben wirken müssen zumindest die Ecken mit Diagonallaschen versehen werden. Solche Laschen genügen bei Seitenverhältnissen einer Wandscheibe von maximal 1 : 1,5. Bei größeren Verhältnissen müssen Streben eingebracht werden, die die Wandfläche unterteilen.

Auch Geschossdecken und Dachflächen müssen Scheibenwirkung haben und somit diagonal ausgekreuzt werden.

Wandlängen

Zur Verteilung der Kräfte, die bei einem Erdbeben entstehen müssen die Wände folgende Eigenschaften erfüllen.

Minimale Länge:

$$L_i = 0,17 * A_p$$

dabei ist

L_i : Gesamtlänge der Wand in einer Richtung ohne Öffnungen

A_p : Gesamte Geschossfläche

Symmetrie der Wände

Wände sollten einigermaßen symmetrisch angeordnet sein. Zumindest sollen sie dieser Gleichung entsprechen:

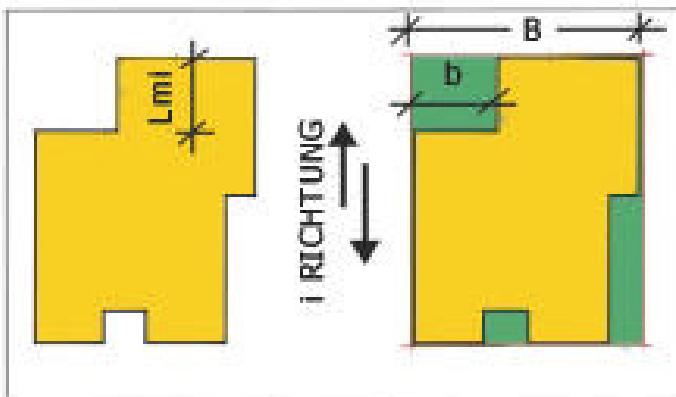
$$\left[\frac{\sum (L_m * B) - \frac{b}{2}}{B} \right] \leq 0,15$$

dabei ist

L_m : Länge der jeweiligen Wand in Richtung i

b : Lotrechter Abstand von jeder einzelnen Wand bis zur Außenkante, des Rechtecks, das die Fläche der Geschossdecke umfasst.

B : Die Gesamtlänge der Gebäudeseite rechtwinklig zur betrachteten Wand



Kapitel V Geschossdecken

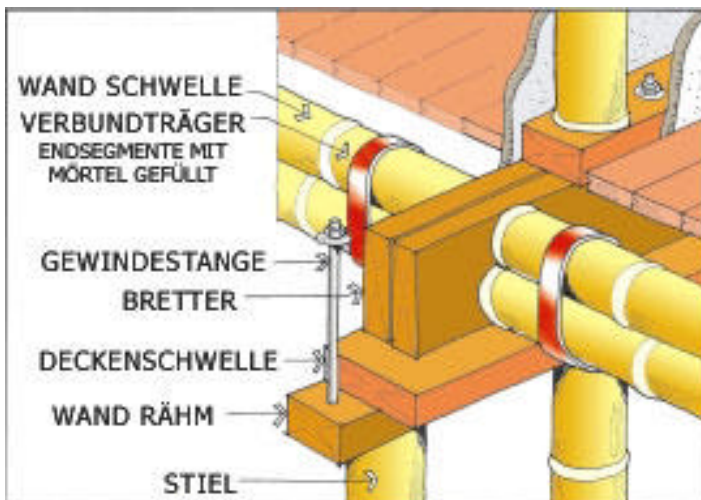
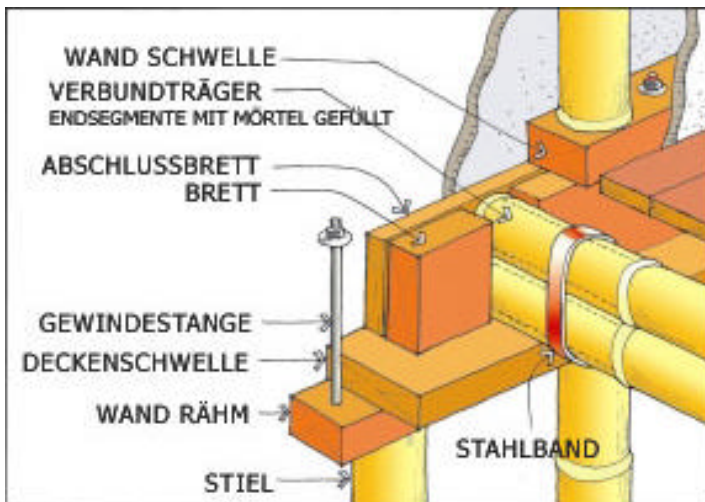
Grundlagen

Eine Geschossdecke muss ständige Lasten, wie auch Nutzlasten tragen. Ferner übernimmt sie aussteifende Funktion.

Geschossdecken sollten nicht aus einer Betonplatte bestehen, sondern sich zusammensetzen aus:

- A) horizontalen Trägern aus Bambus, Balken oder Kanthölzern, welche den Bodenaufbau tragen
- B) Bodenaufbau aus Bambus oder Metallgewebe als verlorene Schalung für Aufbeton oder Holzwerkstoffplatten, welche die Scheibenwirkung erzeugen
- C) umlaufende Schwellen in der Ebene der Aussteifung.

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt haben Geschossdecken als eine Einheit aussteifende Wirkung. Dafür müssen die einzelnen Elemente der Geschossdecke fest miteinander verbunden werden. Die Geschossdecke selbst muss jedoch nicht biegesteif angeschlossen werden.



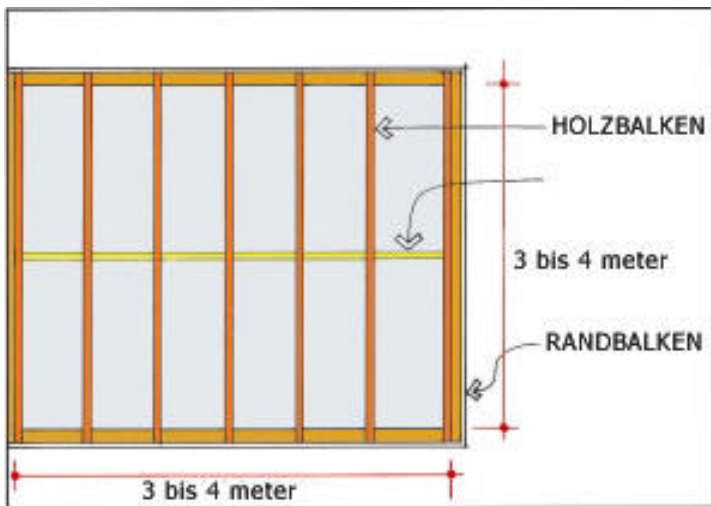
Geschossdeckendetails mit Deckenbalken aus Guadua auf Wandelementen mit Holzrähm

Ausführung

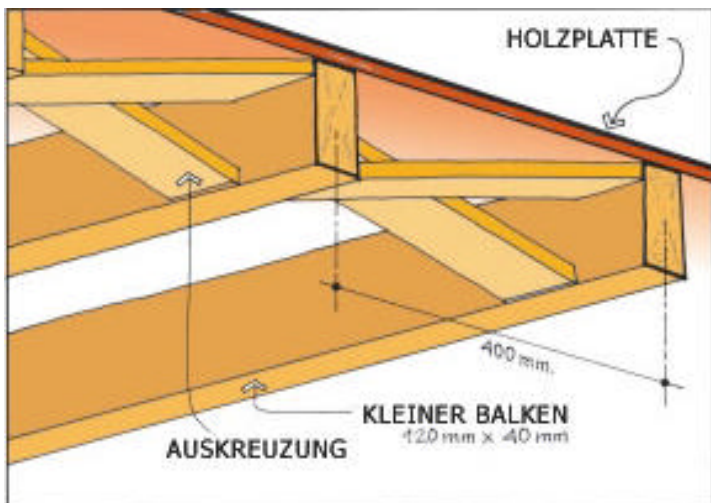
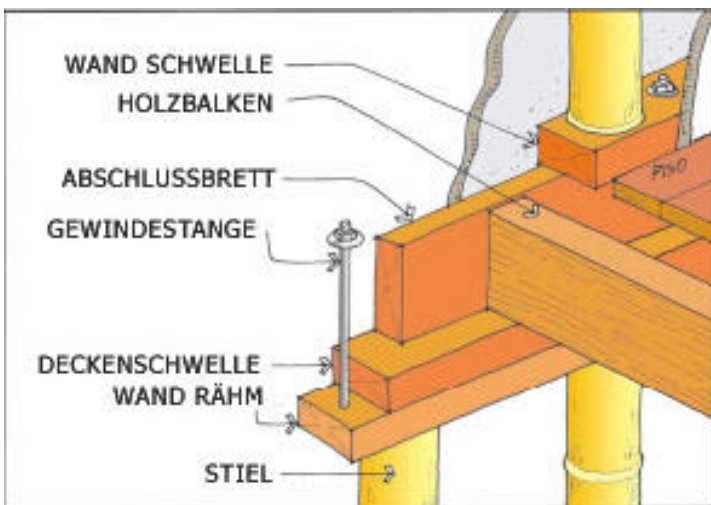
Es empfiehlt sich die Geschossdecke, oder zumindest die Schwellen und Rähme, aus festem Schnittholz zu erstellen. Bei einer reinen Bambus-Konstruktion müssen für die Deckenbalken je zwei Bambusstangen übereinander eingebracht werden. Dabei müssen die Stangen fest miteinander verbunden werden, z. B. mit Stahlbändern im Achsabstand von 30 bis 40 cm. Vor den Köpfen der Bambusstangen, sowie zwischen je zwei Deckenträgern sollten Holzbretter eingebaut werden, welche die selbe Höhe haben wie die aufgedoppelten Bambusstangen. So wird eine übermäßige Verformung des Bambus verhindert. Die Bambusegmente, die auf der Deckenschwelle oder auf Wänden aufliegen sollten dabei mit Zementmörtel verfüllt werden, um Druck quer zur Faser aufnehmen zu können, bzw. zu verteilen.

Als obere Schicht empfiehlt sich Zementestrich, bewehrt mit Baustahlmatten mit einem Mindestquerschnitt von $0,5 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Auf dem Estrich kommen nur leichte Bodenbeläge in Betracht, z. B. farbige Kunstharzbeschichtungen, Anstriche oder Vinyl-Beläge. Von keramischen Fliesen und anderen schweren Belägen ist abzuraten.

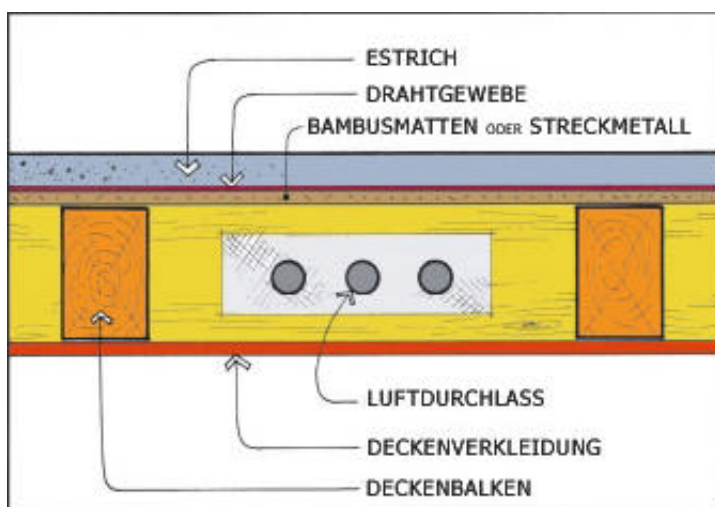
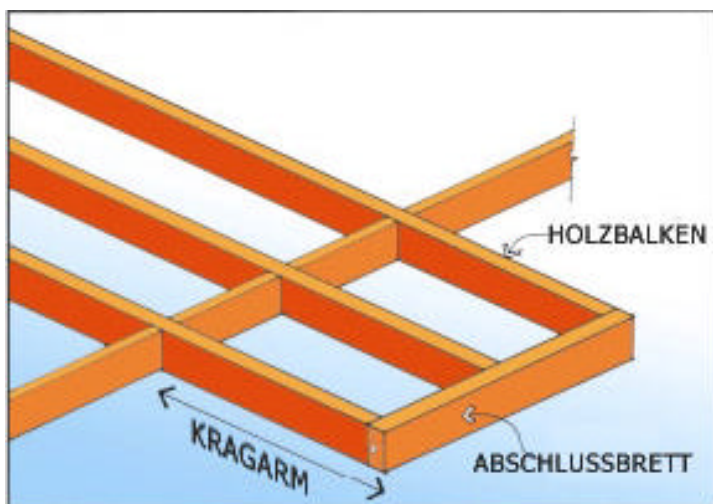


Bei Geschossdecken aus Schnittholz beträgt der Mindestbalkenquerschnitt 12 / 4 cm bei einer Feldlänge von max. 4,00 Metern und einem Balkenabstand von max. 40 cm. Als Aufbau dienen Holzbretter oder -platten mit einer Mindestdicke von 15 mm.



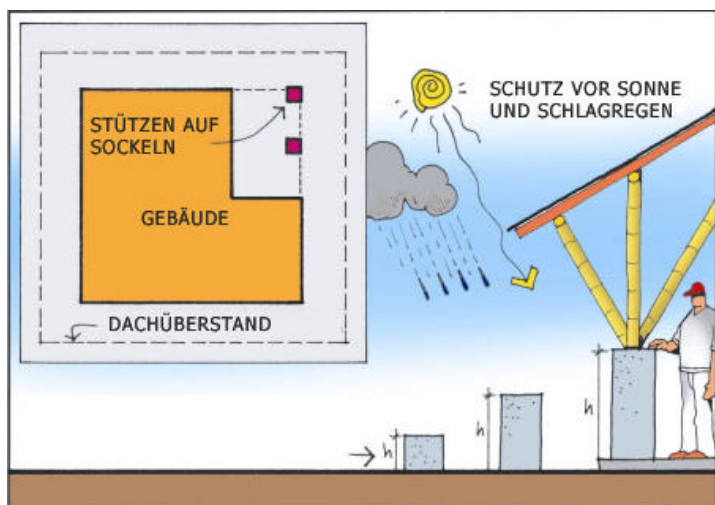
Vertikale Auskreuzungen mit Brettchen verhindern ein Kippen und Beulen der Deckenbalken.

Kragarme werden aus durchlaufenden Balken aus Holz oder Bambus hergestellt.



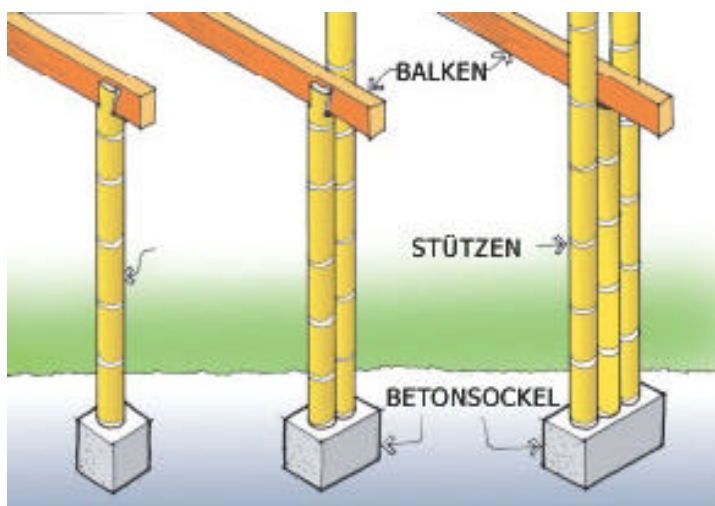
Wird die Decke unterseitig verkleidet, muss für eine ausreichende Belüftung des Zwischenraumes gesorgt werden.

Kapitel VI Stützen



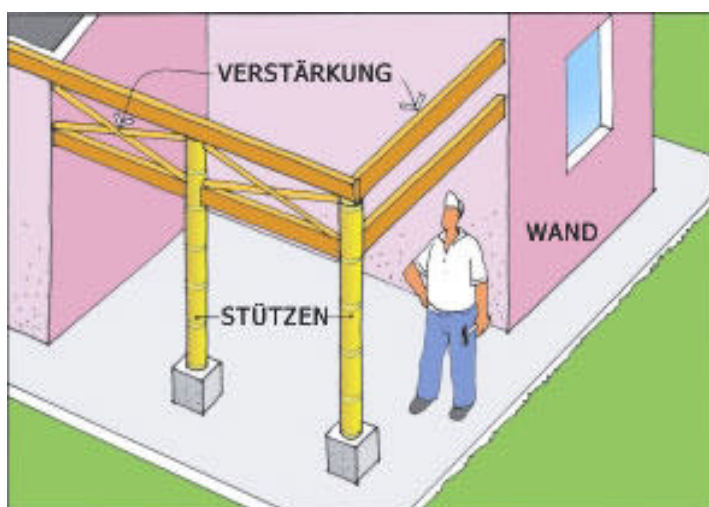
Grundlagen

Stützen nehmen vertikale und schräge Lasten auf. Stützen können aus Guadua hergestellt werden, vorausgesetzt sie sind nicht Sonnenlicht und Wasser ausgesetzt. Sie müssen einen gewissen Abstand vom Erdboden haben. Diesen Abstand gewährleisten sie mit Hilfe von Sockeln und Stützenfüßern.

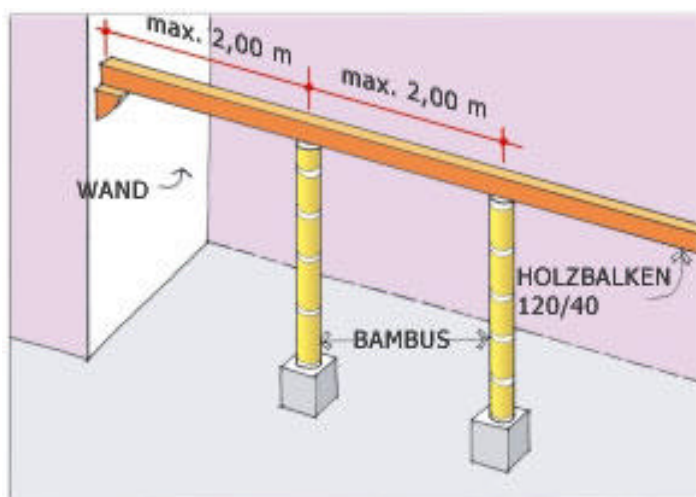


Ausführung

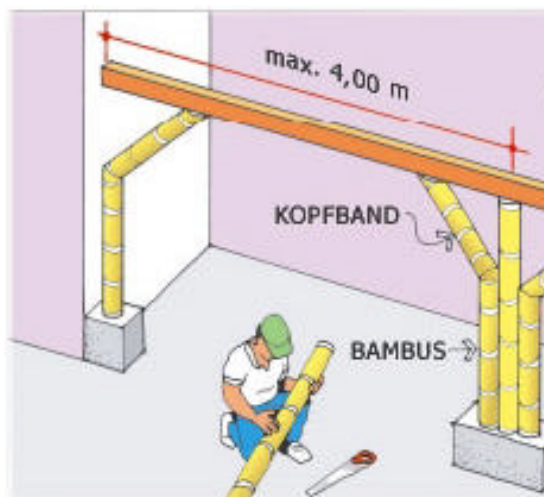
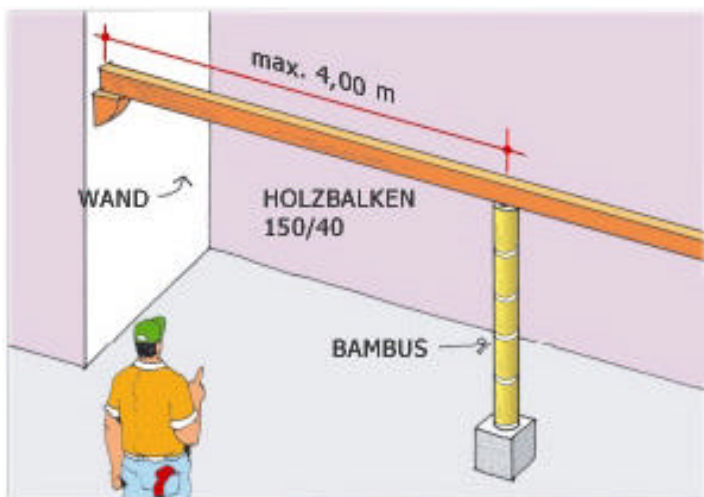
Bambusstützen müssen mit angrenzenden Bauteilen fest verbunden werden. Beachtung benötigen die Detailpunkte Sockel, Stütze-Wand, Stütze-Dach



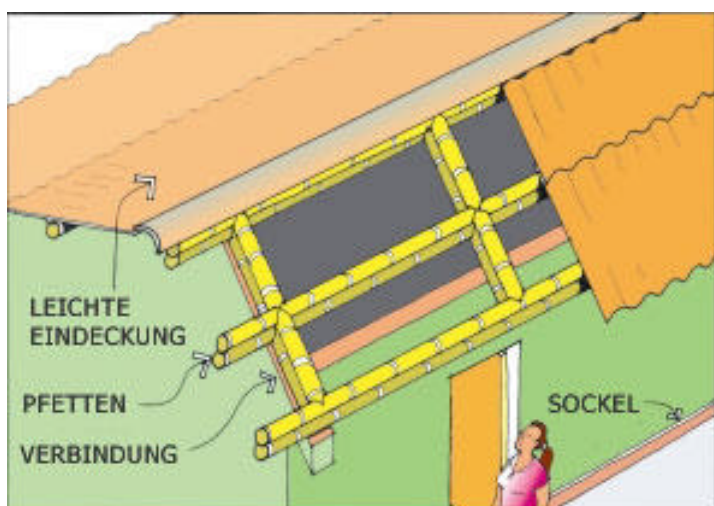
Die Stützen müssen untereinander und an angrenzenden Mauern verstrebt werden



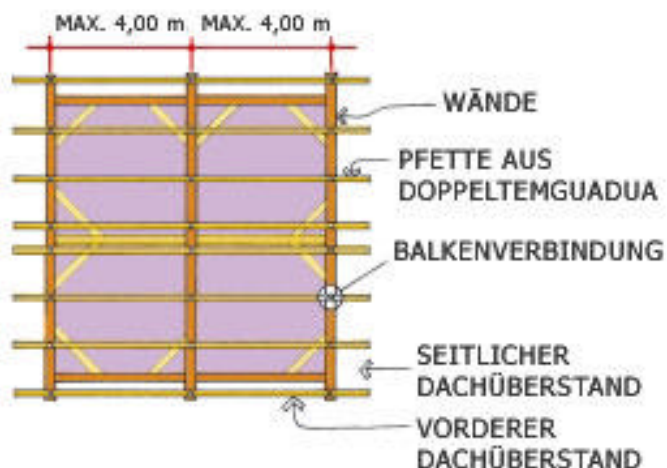
Abhängig von eingeleiteten Lasten, und Bauwerksproportionen können S einer, zwei oder mehr Bambusstangen



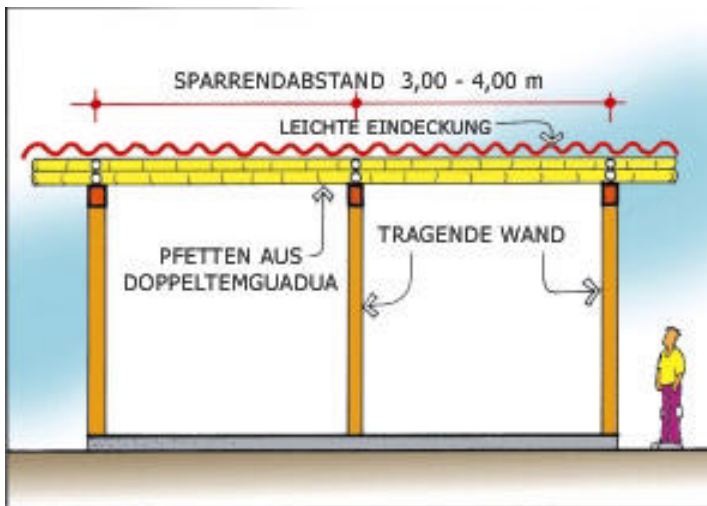
Kapitel VII Dächer



Tragende Teile müssen auch seitliche aufnehmen. Dazu müssen entsprechende Verankerungen und Verspannungen verwendet werden.



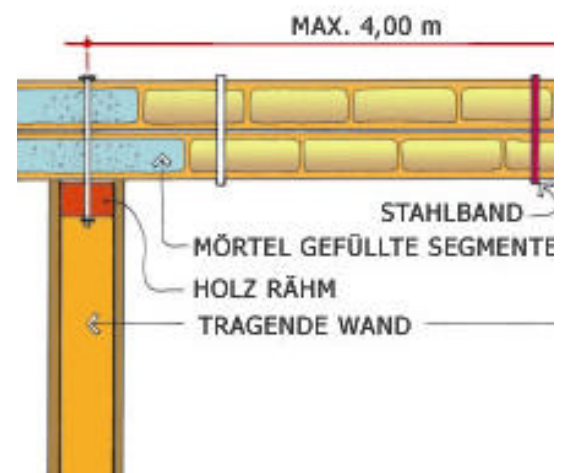
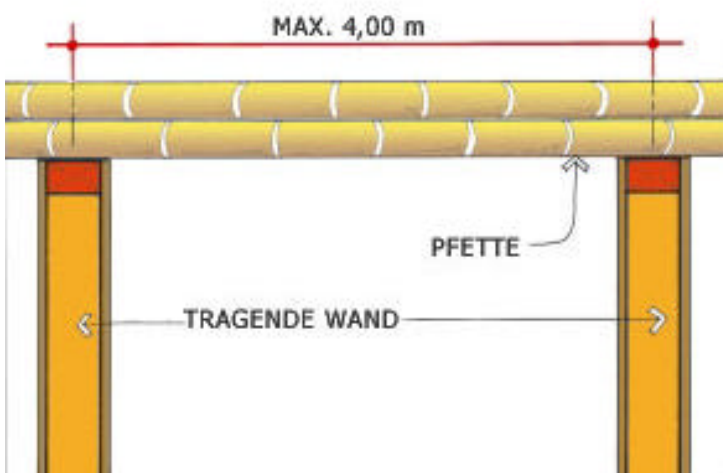
Pfetten und Sparren, die Lasten der E auf die Wände übertragen, müssen so dimensioniert sein, dass sie horizontal vertikale Lasten übernehmen und sie mit dem oberen Abschluss der tragenden verbunden werden.



Sparren und Pfetten können aus Guadua Schnittholz erstellt werden.

Bei Trägern aus Guadua müssen die Enden mit Mörtel verfüllt sein.

Wird eine Eindeckung aus keramische aufgebracht, ist direkter Kontakt mit der Wand durch Einbau einer Feuchtigkeitssperre zu vermeiden.



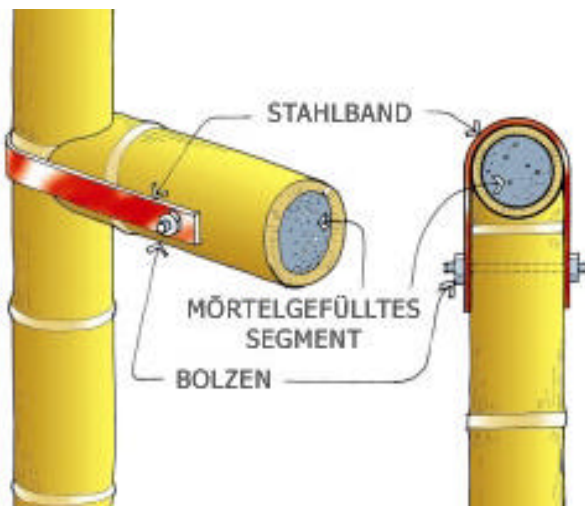
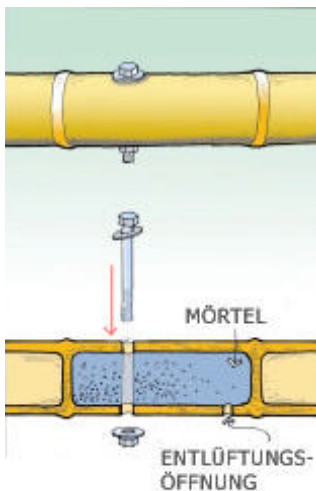
Kapitel VIII Verbindungen

Alle strukturellen Elemente müssen so verankert und verstiebt sein, dass sie die nötige Stabilität und Flexibilität bieten, die verschiedenen Lasten aufzunehmen.

Stabverbindungen

Nagelverbindungen

Nagelverbindungen finden Verwendung an beanspruchten Anschlüssen zwischen Bambus, z. B. Rähm und Schwellen oder Wandelement. Sie eignen sich nicht für die Verbindung von zwei oder mehreren Bambusstangen. Wegen der Längsrisse des Bambus beim Einschlag von Nägeln sind Nagelverbindungen dienen in der Regel nur zum temporären Befestigen von Bauarbeiten aber nicht als dauerhafte



Bolzenverbindungen

Beim Bohren von Löchern für Bolze hoher Drehzahl gebohrt werden.

Alle Rohrabschnitte mit Bolzen müssen verfüllt werden.

Um das Segment vollständig zu füllen, muss der Mörtel genügend fließfähig sein. Es besteht aus Mörtel mit einem Zement-Wasser-Verhältnis von 0,5 an, dabei darf das Sand-Zement-Verhältnis 1 nicht überschreiten.

Zum Verfüllen einzelner Bambussegmente werden die Segmente an zwei Stellen an Bolzen befestigt. Mörtel wird mit einem Trichter oder einer Pumpe eingebracht. Durch die zweite Öffnung entweichen die Luft.

Verbindungen mit Stahlbändern

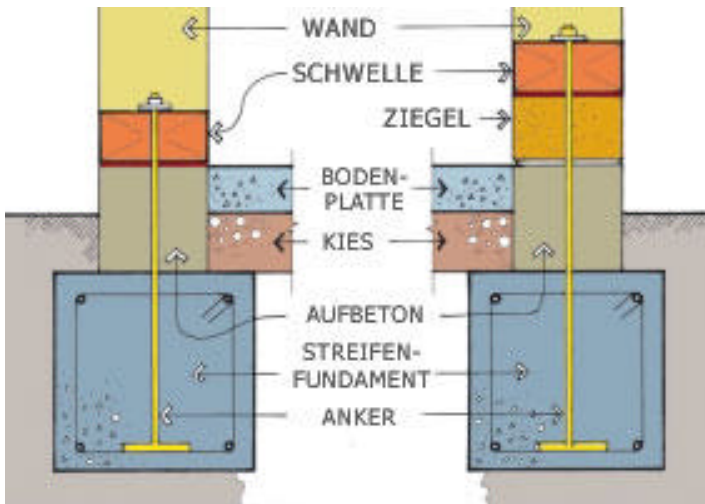
Mit dieser Verbindung werden die Bambussegmente aneinander angeschlossen. Bei Verbindungen, die belastet werden, muss der Knoter eine höhere Zugfestigkeit aufweisen als die verbundenen Elemente. Der Knoter muss eine größere Zugkraft als 10 kN (1000 kg) aushalten können.

Strukturelle Verbindungen

Bei Bambusfertigteilbauten ist die Verbindung der Elemente innerhalb einer Wand untergeordneter Bedeutung und kann daher auch genagelt werden.

Im Gegensatz dazu sind die Anschlüsse der Fertigteile untereinander sowie an Fundamenten strukturell wichtig.

Folgende Anschlüsse werden unterschieden:



Verbindung Fundament-Wand

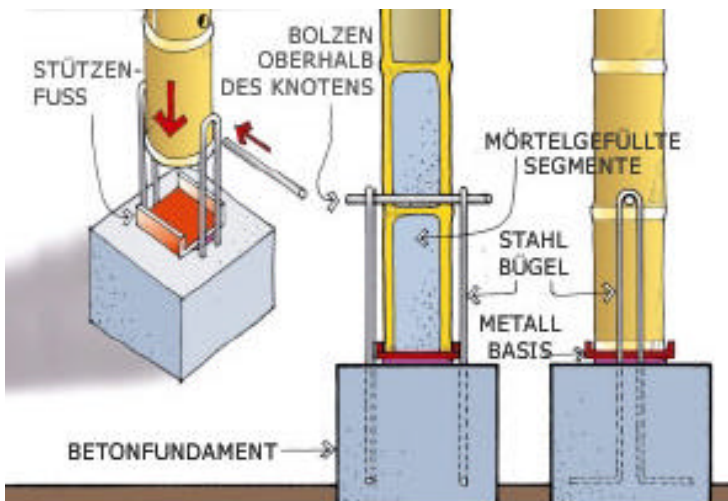
Aufgehende Mauern müssen direkt mit dem Fundament verbunden sein, entweder mit dem Streifenfundament oder auf einem aufbetonierten Sockel. Wandelemente bestehen ausschließlich aus Bambusstangen oder aus Bambus- und Holzbauteilen. Es ist zu beachten, dass die unterste Schwelle aus Stein erstellt werden muss, da Bambus Querkräfte aufnehmen kann.

Verbindung mit Schwellen aus Holz

Schwellen aus Schnittholz werden mit Gewindestangen, Unterlegscheiben und dem Fundament befestigt. Zwischen Holz und Fundament muss eine Sperrschicht eingebaut werden.

Verbindung mit Schwellen aus Bambu

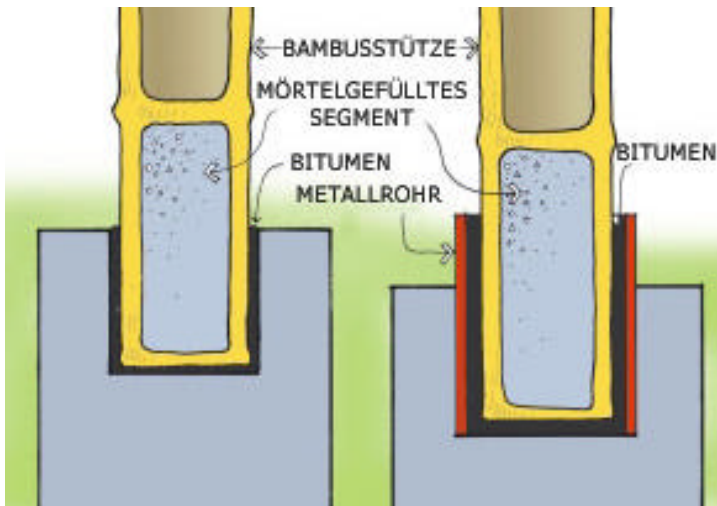
In diesem Fall muss die Mauer mit Verbindungselementen angeschlossen werden, genau wie beim Anschluss von Stahl. Der Bambus darf nicht direkt mit dem Beton oder Mauerwerk in direktem Kontakt stehen. Daher ruht der Bambusstützenfuß auf einem Metall- oder einem wasserfesten Material.



Die Lasten werden über den Stützenfuß auf das Fundament übertragen.

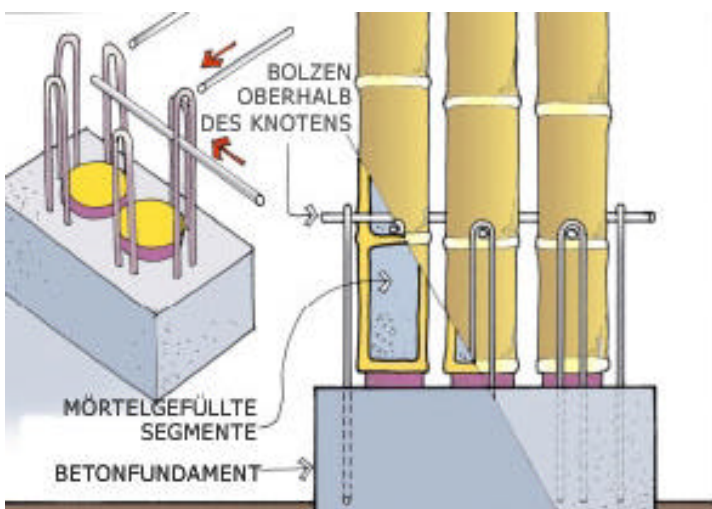
Zugkräfte werden über eine Bolze übertragen. Der Bolzen durchdringt ein oder zwei Bambussegmente. Das darunterliegende Segment wird mit Mörtel gefüllt, wozu es unten mit einem Knoten versehen muss. Der Bolzen wird über Flachstahl-Rundstahllaschen, die in das Fundament eingegossen sind, mit diesem verbunden. Diese Verbindung überträgt nur Zug und ist eine Ergänzung des Stützenfußes. Es ist an jeder Stütze in beiden Achsen ein Zuganker anzubringen.

Der Stützenfuß muss auch Schutz für die Bambusstütze auf dem Fundament übertragen. Solches eingespannte Auflager muss alle 4 Meter, an den Ecken des Gebäudes und an großen Öffnungen eingebaut werden.

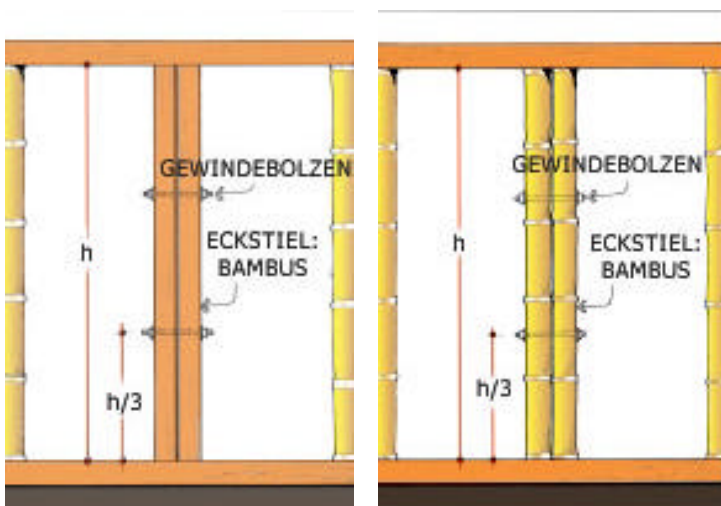


Am besten eignet sich dafür ein M mindestens 3,2 mm Wandstärke, in Ende des Bambus eingebaut wird. wird in das Fundament eingegossen.

Um eine schub- und zugfeste Ve erhalten kann man auch die Bambus in das Fundament setzen. Dabei mu eine bituminöse Abdichtung als zwischen Bambus und Beton eingeba



Solche Verbindungen funktionieren au Stützen aus mehreren Bambusstange



Verbindungen von Wandelementen

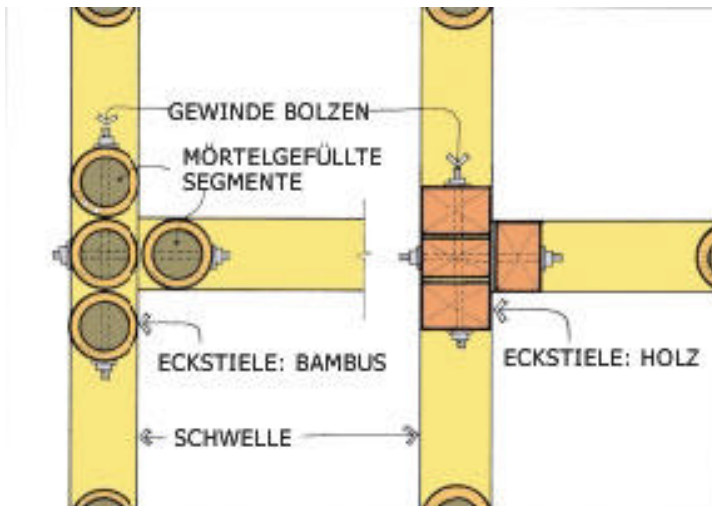
Wände können in einer oder in ve Ebenen verlaufen.

Wände in einer Ebene

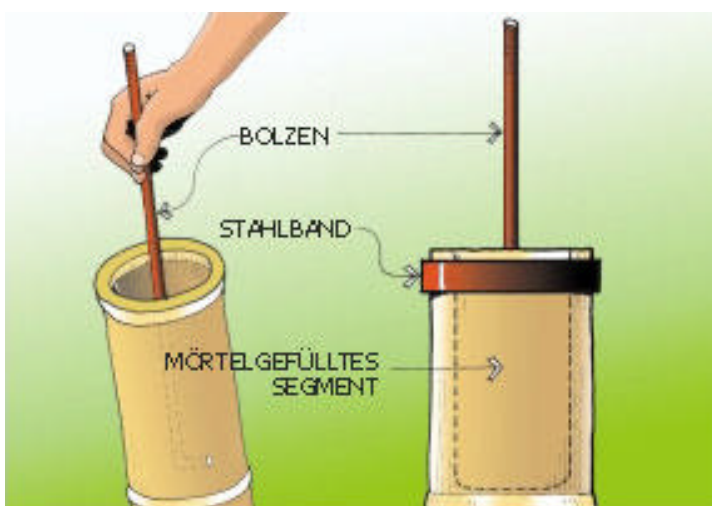
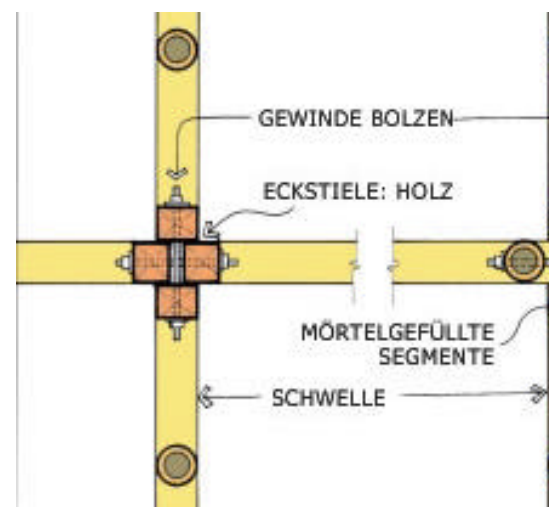
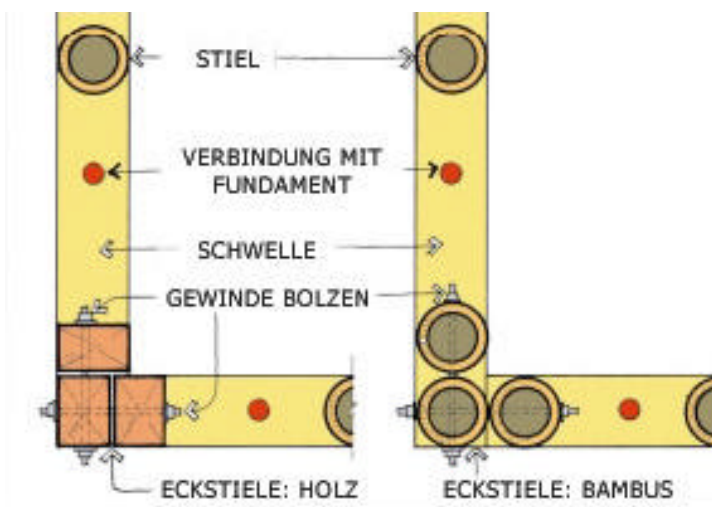
Bei Verbindungen mit Bolzen, u müssen immer mindestens zwei Ve jeweils in den Drittelpunkten, eingek Der Bolzendurchmesser muss min mm betragen.

Wände in verschiedenen Ebenen

In Eckpunkten müssen Bolzen Achsenrichtungen eingebracht werd für Bambus, wie auch für Eckverb



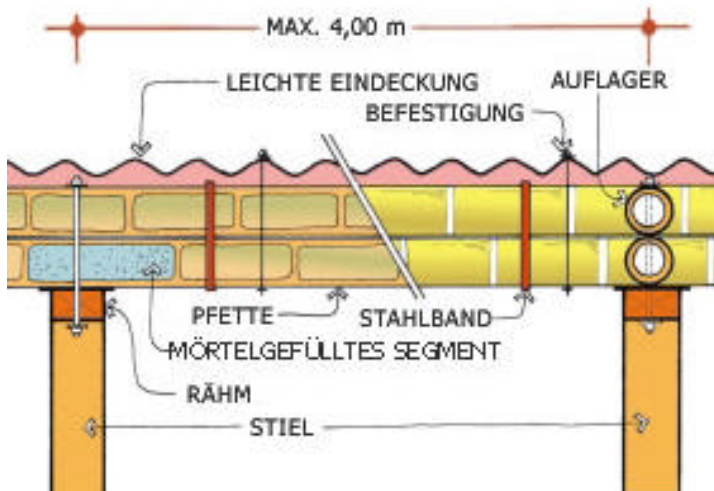
Schnittholz-Konstruktionen.



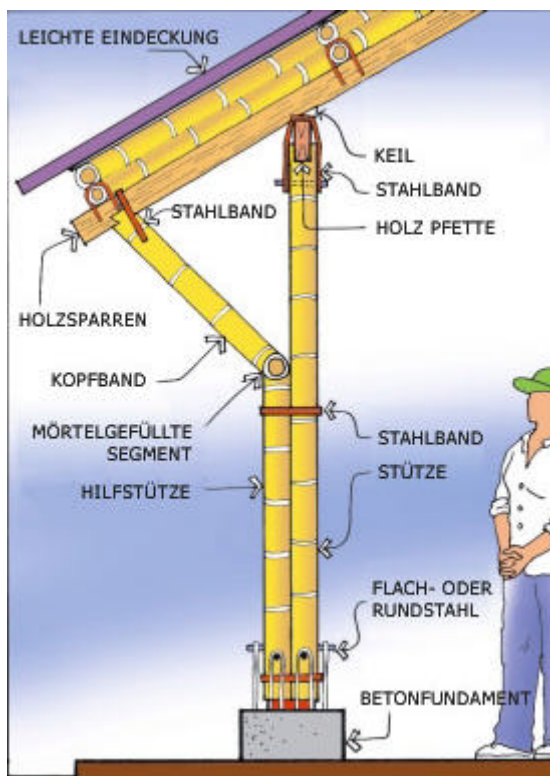
Verbindungen zwischen Wänden und
Bei Konstruktionen aus Schnittholz
Verbindung analog zum Fundament
erstellen. Es werden Bolzen durch
Dachträger geführt und verschraubt.

Bei Konstruktionen aus Bambus
vertikalen Stützen mit den Balken
werden. Dazu wird das oberste S
Bambusstütze mit Mörtel gefüllt u
feuchten Mörtel ein Bolzen eingesteckt
Rand des Rohres muss mit einer Zv
Aufreißen gesichert werden.

Bei elementierten Wänden muss ein
Balken mit den Wänden verbunden
den später das Dach aufgesetzt
erhält die Funktion eines Ringbalken
daher an den Ecken verbunden werde



Die Dacheindeckung muss im Traufbereich mit diesem Balken verbunden werden



Ist ein großer Dachüberstand als Holzschutz gewünscht, oder ein geplantes, kann man diesen Überkopfbändern erstellen. Diese sollten eine Neigung von mindestens 60° haben.

Literaturliste

- ≠ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 1999. "Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Ley 400 de 1997. Decreto 33 de 1998. Decreto 34 de 1999". Tomo 2 Título G - Edificaciones de Madera. Santafé de Bogotá D. C. Colombia
- ≠ Housing the homeless in Ecuador, Bericht von Misereor
- ≠ IL 31 Bambus, Karl Krämer Verlag, 2000
- ≠ Tabellenbuch Bautechnik, Europa Verlag, 1997
- ≠ Fachstufen Bauzeichner, Verlag Handwerk und Technik, 1996
- ≠ Diccionario para la Enseñanza lengua Española, VOX, 2002

Url

- ⚡ http://www.desenredando.org/public/libros/2001/csrve/guadua_lared.pdf
- ⚡ <http://www.bamboo.org/>
- ⚡ <http://www.chinabamboo.com/>