Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

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/englweb/).

MASTERARBEIT

MODULARES BAUSYSTEM in LEICHTBAUWEISE für den WIEDERAUFBAU in HAITI

ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines Diplomingenieurs unter der Leitung von

Prof. DDI Wolfgang Winter

e259/2 Fachgebiet für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau
Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Architektur
von

Florian Tinsobin
Matrikelnr. 9820659
Ackerweg 18
4813 Altmünster

Wien, am

1	**EINLEITUNG**	4
1.1	**Anlass der Arbeit und Zielformulierung**	4
1.2	**Aufbau der Arbeit**	5
2	**HAITI**	6
2.1	**Geographie**	6
2.2	**Politische Geschichte**	7
2.3	**Bevölkerungsprofil**	12
2.4	**Wirtschaft**	12
2.5	**Baumaterialien**	14
2.6	**Das Haitianische Haus**	14
3	**PORT AU PRINCE: GESCHICHTE SEINER ARCHITEKTUR**	16
4	**REHABILITATIONSMASSNAHMEN NACH NATURKATASTROPHEN**	18
5	**PLANUNGS- UND BAUMASSNAHMEN FÜR ENTWICKLUNGS- UND KRISENREGIONEN**	
5.1	**Tropengerechtes Bauen**	22
5.1.1	Klima in Haiti	23
5.1.2	Baumaßnahmen für tropengerechtes Bauen	23
5.2	**Erdbeben**	27
5.2.1	Entstehung und Auswirkung von Erdbeben	27
5.2.2	Erdbeben in Haiti	30
5.2.3	Bauliche Schutzmaßnahmen gegen Erdbeben	31
5.3	**Tropischer Wirbelsturm**	36
5.3.1	Entstehung und Auswirkung von Tropischen Wirbelstürmen	36
5.3.2	Wirbelstürme im karibischen Raum	37
5.3.3	Bauliche Schutzmaßnahmen gegen Tropische Wirbelstürme	38
6	**REALISIERUNGSBEISPIELE VON NOTUNTERKÜNFTEN IN HAITI**	40
6.1	**Not- und Behelfsunterkünfte**	40
6.2	**Interims- und dauerhafte Bauten**	40
7	**SCHLUSSFOLGERUNGEN**	44

8 ENTWURF EINES MODULSYSTEMS IN LEICHTBAUWEISE 45
8.1 Modulelemente als Frachtcontainer 47
8.2 Baubeschreibung 51
8.2.1 Zeitlicher Ablauf und Kosten 51
8.2.2 Bauelemente 53
8.2.3 Wandlung einer Notunterkunft zum idealtypischen haitianischen Haus 57
8.2.3.1 Montageprozess 63
8.2.4 Beispiel eines zwei geschossigen Wohnbaus 65
8.2.4.1 Statische Bemessung und Erdbebensicherheit 70
8.2.5 Beispiel eines Schulareals 72
8.3 Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick 74

ANHANG A 76

ANHANG B 81

LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS 95
Literatur 95
Internetquellen 96
Experteninterviews, Gespräche 100

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS 100

1 EINLEITUNG

1.1 Anlass der Arbeit und Zielformulierung

Als das Erdbeben der Stärke 7,0 nach Richter am 12. Jänner 2010 das ärmste Land der westlichen Hemisphäre erschütterte, waren sich viele Experten gewiss, dass ein Großteil der Gebäude eingestürzt und eine große Anzahl an Menschen unter ihnen begraben sein würden. Die vordringlichsten Gründe für die hohe Opferzahl waren die Nähe des Erdbebenherdes zur Millionenstadt Port au Prince sowie fehlende Baustandards in Haiti.

In Europa gibt es strenge Regelwerke am Bau und auch für Erdbebensicherheit. In der Diplomarbeit werden diese europäischen Baustandards und Technologien auf ein modulares Bausystem angewandt, das den Wiederaufbau in Haiti beschleunigen kann. Dazu wurde auf Holz als im Land bekanntes und einst viel verwendetes Baumaterial zurückgegriffen, mit welchem ein einfach verständliches Tragsystem entwickelt wurde. Die Gebäudestruktur wird den Anforderungen an vorherrschende Umwelteinflüsse wie Erdbeben, Wirbelstürme und Tropenklima gerecht. Darüber hinaus werden auch die lokale Kultur, die Bautradition und die notwendigen und empfohlenen Maßnahmen der UNDRO und von UNHCR für den Wiederaufbau nach einer Naturkatastrophe berücksichtigt.

Nach der anfänglichen Funktion als Notunterkunft, welche den Überlebenden die Möglichkeit eines raschen und sicheren Witterungsschutzes bietet, kann das Gebäude bei Bedarf umgenutzt, erweitert oder in seine modularen Elemente zerlegt und neu errichtet werden, um als permanente Struktur verschiedene Funktionen zu erfüllen. Aufgrund seiner geringen Masse bei dennoch massiver Bauweise weist es positive Eigenschaften im Falle eines weiteren Erdbebens oder eines Wirbelsturms auf. Die Selbstausbauoption mit lokalen Baumaterialien oder Recyclingstücken ermöglicht eine Wiederherstellung der gewohnten Umgebung.

Die Errichtung und der Transport des Bausystems wurden beispielhaft für die Katastrophe in Haiti durchgearbeitet, es kann jedoch auch nach Unglücken in anderen, vorwiegend tropischen und subtropischen Regionen der Erde Anwendung finden.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in einen Theorie- und einen Entwurfsteil. In Ersterem wird dem Leser der für ein Allgemeinverständnis dienliche, historische Hintergrund vermittelt, Planungs- und Baumaßnahmen nach einer Katastrophe sowie eine Auswahl der in Haiti errichteten Not- und Interimsbauten wiedergegeben. Der praktische Teil stellt das auf dem ersten Teil basierende Bausystem vor und erklärt dessen Montage und Erdbebensicherheit. Um die vielseitige Anwendbarkeit zu verdeutlichen, wurden vier Nutzungsmöglichkeiten durchgearbeitet:

- Die Notunterkunft und deren Wandlung zum
- „idealtypischen haitianischen Haus“,
- ein zwei geschossiger Wohnbau sowie
- ein Schulareal mit sechs Unterrichtsräumen.

Abb. 1: Zentralamerika und Karibischer Raum (Central Intelligence Agency, 2010)

Abb. 2: Karte von Haiti (MINUSTAH GIS and UN Cartographic Section, 2008)

2 HAITI

Die folgenden Ausführungen dienen dazu, dem Leser einen Überblick über den Karibikstaat Haiti zu geben. Dabei wird auf die Geographie, die historischen Ereignisse und Wirtschaftsfaktoren, die Zusammensetzung der Bevölkerung, sowie Bauweisen und Baumaterialien näher eingegangen.

Vor etwa 200 Jahren zählte der Inselstaat in der Karibik noch zu einer der wohlhabendsten Kolonien Frankreichs. Sie wurde 1804 zur ersten unabhängigen Republik von vorwiegend Schwarzen, heute gilt sie als das ärmste Land der westlichen Hemisphäre.[1]

Das Wort Haiti kommt aus der Sprache der Taino, eine der Gruppen der Ureinwohner Haitis, und bedeutet „bergiges Land“. Tatsächlich sind 80% des Landes mit Bergen bedeckt.[2]

2.1 Geographie

Die Insel Hispaniola, von der die Republik Haiti das westliche Drittel einnimmt, liegt zwischen dem Karibischen Meer und dem Nordatlantischen Ozean.[3] Das Staatsgebiet Haitis mit 27.750 km² bildet ein nach Westen geöffnetes U, welches den Golfe de la Gonâve umschließt. Er liegt zwischen den Breitengraden 18 und 20 sowie den Längengraden 71,5 und 74,5. Wie bereits die Namensgebung der Taino andeutet, ist es ein gebirgiges Land mit Erhebungen von bis zu 2.680 m über dem Meeresspiegel (*Morne de la Selle* im Südosten). In der Landesmitte erreichen die Berge 1.500 m bis 1.800 m, auf der südlichen Tiburon-Halbinsel im Massif du Sud bis 2.400 m.

Geologisch gesehen liegt Hispaniola zwischen der Karibischen und der Nordamerikanischen Platte, welche sich jährlich um ca. 20 mm verschieben, was in der Geschichte immer wieder zu Erdbeben geführt hat. Eine Liste der Vorkommnisse im karibischen Raum seit 1900 ist im Anhang A zu finden.

[1] The World Factbook - Haiti, 2010
[2] Bellegarde-Smith, 1990, S. 4
[3] The World Factbook - Haiti, 2010

Informationen zu den klimatischen Bedingungen wurden in vorliegender Arbeit dem Kapitel Tropengerechtes Bauen untergeordnet.

2.2 Politische Geschichte

Es folgt ein detaillierterer Blick auf Haitis Vergangenheit mit dem Ziel, den wirtschaftlichen und organisatorischen Status Quo als Folge historischer Ereignisse zu erklären. Als Christoph Columbus am 6. Dezember 1492 auf Hispaniola landete, beschrieb er das Land ähnlich einem Paradies. Die Spanier machten sich bald die Ureinwohner untertan und brachten Krankheiten mit, gegen die die Tainos keine natürlichen Abwehrkräfte besaßen. Die erste europäische Niederlassung in der westlichen Hemisphäre war Fort Navidad. 1501 brachten die Spanier die ersten Schwarzen aus dem heutigen Mali, Ghana, und Kongo nach Haiti, welche ihre kulturellen, sozialen und politischen Vorstellungen, sowie ihre wirtschaftlichen Strukturen auf die Insel mitnahmen und teilweise beibehalten konnten. Die Spanier gaben wegen der Unwirtlichkeit bald den Westteil der Insel auf und überließen ihn 1697 Frankreich. Bereits 30 Jahr zuvor bestanden Niederlassungen französischer Seeräuber auf der *île de la Tortue* nördlich von Hispaniola.

Kolonien sollten den Reichtum des Mutterlandes Frankreich vermehren. Dabei warf Sklavenhandel allein einen Profit von 300 bis 2.000 Prozent ab. Per Gesetz war die Errichtung von Industrien in den Kolonien verboten. Zucker und Kakao zum Beispiel, wurden in Frankreich verarbeitet und in Europa weiter verkauft. Die französische Kolonie Saint-Dominques exportierte doppelt so viel, wie sie importierte. Zur Zeit der Französischen Revolution betrug der Anteil Saint-Dominques am Außenhandel Frankreichs 40 Prozent. Zucker, Café, Baumwolle, Indigo und Kakao wurde auf 8.500 Plantagen auf einer Gesamtfläche von 500.000 Hektar angebaut. 1789 zählte man 4.100 Schiffe, welche im Hafen ein- oder ausliefen.[4] Saint-Dominques galt als weltweit reichste Kolonie: 40 Prozent des Zuckers und die Hälfte des Cafés, der weltweit angebaut wurde, wurden auf dem westlichen Drittel der Insel Hispaniola geerntet.[5]

[4] Bellegarde-Smith, 1990, S. 31f
[5] Klooster, 2009

Die sozialen und politischen Einrichtungen waren klar dem Wirtschaftswachstum, nicht der Weiterentwicklung der Kolonie, untergeordnet. Während der französischen Kolonisierung gab es auf der Insel ein Ungleichgewicht von etwa 30.000 Weißen und mehr als 500.000 Schwarzen, welches durch einen komplexen Militärapparat von 3.000 Mann aufrecht gehalten wurde. Da die Plantagenwirtschaft eingerichtet wurde, um externen Märkten zu dienen und nicht lokale Bedürfnisse nach Waren und Lebensmitteln zu befriedigen, lag das finanzielle und politische Zentrum außerhalb Haitis.

Die Spitze der sozialen Pyramide bildeten die Weißen, welche in *„grands blancs“*, *„petits blancs“* und *„blancs manants“* unterteilt wurden. Eine Gruppe in der Mitte bilden die *„affranchis“*, die *„Befreiten“*, welche vorwiegend aus Mulatten und wenigen Schwarzen bestand. Sie waren oft gut ausgebildet und besaßen etwa ein Viertel der Plantagen und Sklaven. Weil ihr wirtschaftlicher Einfluss stieg und sie zahlenmäßig wuchsen, wurden sie vermehrt diskriminiert. Die Ereignisse rund um die Französische Revolution bot ihnen Gelegenheit, sich aus ihrer Unterdrückung zu befreien. Am Fuß der sozialen Pyramide standen die Sklaven, welche stetig importiert wurden. Von 1697 bis 1791 stieg deren Zahl explosionsartig von 5.000 auf etwa 500.000 an. Zum Zeitpunkt der Unabhängigkeit waren mehr als die Hälfte der Sklaven von Saint-Dominique in Afrika geboren, was auf eine hohe Sterblichkeitsrate hinweist. Sie wurden nicht besser als Tiere behandelt.

Abb. 3: General Jean-Jaques Dessalines (Wikipedia, 2010)

Erste größere Aufstände unter der Führung von Toussaint Louverture wurden niedergeschlagen. Die Widerstandsbewegungen vereinten sich jedoch erneut unter General Jean-Jaques Dessalines und erzielten militärische Siege. In dem 13 Jahre andauernden Konflikt könnten 100.000 Haitianer ihr Leben gelassen haben, bevor er im Dezember 1803 zu einem Ende kam.[6] Die Allianz der Sklaven und *„affranchis“* rief 1804 als erstes Land Lateinamerikas die Unabhängigkeit vom Mutterland aus. Haiti wurde die erste schwarze Republik[7], die jedoch bald durch ungelöste, klassenbasierte Konflikte erschüttert wurde. Dessalines wurde von *„affranchis“* 1806 ermordet, weil sie glaubten, dass er sich auf die Seite der schwarzen Mas-

[6] Bellegarde-Smith, 1990
[7] Österreichisch-Dominikanische Gesellschaft, 2004

sen geschlagen hatte. Dies hatte eine Teilung des Landes in ein nördliches Königreich unter Christophe und eine Republik im Süden, geführt von Pétion, zur Folge.

Letztendlich hatten die Regierungen unter Dessalines, Pétion und Christophe wieder eine landwirtschaftlich dominierte Wirtschaft zum Ziel. Unter den neuen Umständen, bedingt durch die Abschaffung der Sklaverei, waren die weiten Plantagen in den Ebenen unwirtschaftlich geworden, was die Bauern veranlasste, die Hügel zu bewirtschaften und vorwiegend Café und Nahrungsmittel anzupflanzen. Viele europäische Länder erkannten den Staat Haiti aufgrund der guten Handelsbeziehungen untereinander an. Jean-Pierre Boyer, als neues Oberhaupt des wieder vereinten Haitis, erlangte 1838 auch die Anerkennung Frankreichs, welches mit Haiti die lukrativste Kolonie verloren hatte, und einigte sich auf Reparationszahlungen in der Höhe von 60 Millionen Francs,[8] welche nicht zuletzt verantwortlich für den ökonomischen Zustand waren, in dem Haiti in das 20. Jahrhundert eintrat.

Ein weiteres, wichtiges Ereignis stellt die Invasion von US Truppen in Haiti 1915 dar. Nach 19 erfolglosen Versuchen, die „*Môle Saint-Nicolas*“ im Nordwesten Haitis für die Verwendung als Flottenstützpunkt zu annektieren, starteten die Vereinigten Staaten eine militärische Besatzung, welche 19 Jahre lang dauerte. Die unmittelbaren Gründe waren Unstimmigkeiten der Nationalbank Haitis mit der New York National City Bank, sowie Streitigkeiten zwischen der haitianischen Regierung und der haitianischen Eisenbahngesellschaft, welche sich im Besitz der Vereinigten Staaten befand. Zwei Monate nach der Invasion setzten die USA einen neuen Präsidenten ein, lösten das haitianische Parlament auf und zensierten die Presse und den Nachrichtendienst. Widerstände durch Bauern, welche sich in den Bergen verschanzten, wurden niedergeschlagen. Als 1934 Haitis drittgrößte Stadt, Les Cayes, angegriffen wurde und dabei unbewaffnete Bauern zu Tode kamen, löste das in den Vereinigten Staaten unerwünschte Reaktionen hervor, was die US-Regierung dazu veranlasste, ihre Strategie zu ändern. Die USA verließen Haiti und hinterließen ein konservativ geführtes Land mit Mulatten

[8] Bellegarde-Smith, 1990, S. 35f

Abb. 4: Präsident François Duvalier und Sohn Jean-Claude (Cova, 1997)

an der Spitze der Regierung, welche westliche Interessen vertraten. Der politische und ökonomische Status der schwarzen Bevölkerung war in der Zeit der Besatzung weiter gesunken.[9]

Unter dem 1957 gewählten Präsidenten, François Duvalier, und dem von ihm eingesetzten Nachfolger, seinem Sohn Jean-Claude Duvalier, erlebte ein Großteil der haitianischen Bevölkerung eine Zeit der Angst und des Terrors. Die von ihnen installierte Geheimpolizei, die „*Tonton Macoutes*“, verwendete Mittel wie Gefängnis, Folter, Mord und Exil, um Kritiker verstummen zu lassen. Vater und Sohn Duvalier verabsäumten es, Projekte zur Entwicklung der nationalen Wirtschaft zu verwirklichen.[10] Aus einer Revolte der Bevölkerung 1985 und weiteren Kämpfen ging der Priester Jean-Bertrand Aristide als Präsident hervor. Er wurde bereits sieben Monate nach Antritt vom Militär und führenden privaten Wirtschaftskräften des Amtes wieder enthoben, weil sie den Verlust ihrer althergebrachten Rechte des Terrors und der Ausbeutung nicht akzeptieren wollten.[11] Der UN-Sicherheitsrat bewilligte darauf eine militärische Intervention – mit dem „Ziel, die Demokratie wiederherzustellen“ und brachte den geputschten Präsidenten wieder in sein Amt zurück. Als erste Amtshandlung löste Aristide das Militär auf und reduzierte die Exekutive auf 4.000 Polizisten.[12] 1996 folgte ihm im Amt René Préval. Der Wiederwahl Aristides im Jahre 2000 gingen schwere Unruhen voran. Da die aussichtsreichsten Oppositionsparteien die Wahlen boykottierten, konnte sich Aristide mit knapp 92 % der Stimmen durchsetzen.[13] Während seiner Amtszeit versuchte er mittels dutzender bewaffneter Banden die Opposition einzuschüchtern.[14] Diese wiederum versuchte durch Anschläge die Macht der Regierung zu untergraben. Nachdem Aristide 2004 das Land verlassen hatte, versuchte der UN-Sicherheitsrat, durch die Entsendung von 3.800 Blauhelmen, die eskalierenden Kämpfe in den Griff zu bekommen.[15] Unter der Aufsicht der „*United Nations Stabilization Mission in Haiti*“ (MINUSTAH) konnten 2006 Parlaments- und

[9] Bellegarde-Smith, 1990, S. 72f
[10] ebda, S. 99f
[11] Chomsky, 1993
[12] Schmid, 2004
[13] Nissen, 2000
[14] Schmid, 2004
[15] GlobalSecurity.org, 2005

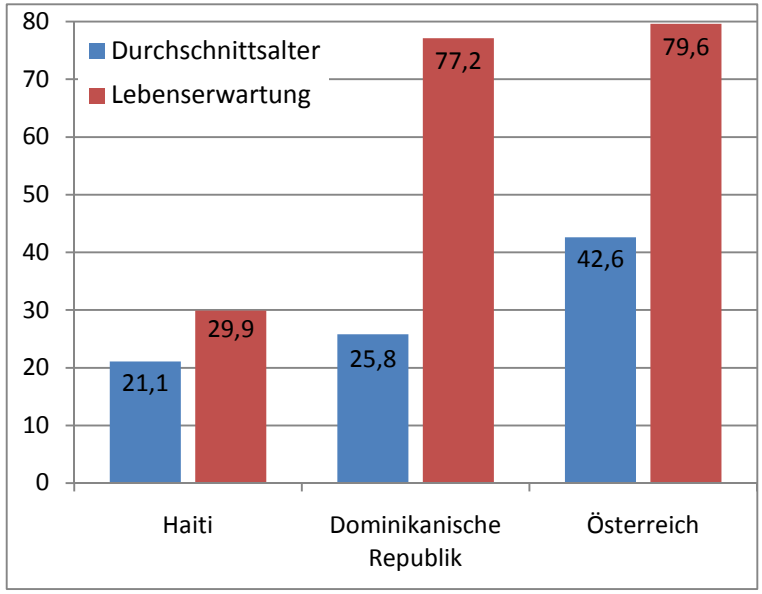
Präsidentschaftswahlen abgehalten werden, bei denen René Préval als Sieger hervorging.[16] Im April 2008 wurde die gesamte Regierung aufgrund hoher Lebensmittelpreise durch den Senat entlassen.[17]

Haiti ist eine präsidiale Republik, mit einem Präsidenten als Staatsoberhaupt, der alle 5 Jahre direkt gewählt und nicht unmittelbar aufeinander folgend wiedergewählt werden darf. Dieses System gestaltet die Verfolgung eines Zieles über 5 Jahre hinaus als schwierig. Das Parlament besteht aus einem Abgeordnetenhaus, dessen 83 Mitglieder auf 4 Jahre gewählt sind, und einem Senat. Die Parlaments- und Präsidentschaftswahlen am 28. November 2010 brachten keinen Sieger hervor. Der Kandidat der Regierungspartei, Jude Célestin, sowie die Oppositionelle Mirlande Manigat werden sich im Jänner einer Stichwahl stellen. Trotz einiger Unregelmäßigkeiten erklärten internationale Beobachter der Organisation Amerikanischer Staaten den Urnengang für gültig.[18]

Der Westen von Hispaniola zählt durch seine steilen Hänge und Gebirge, sowie aufgrund jährlicher Tropenstürme und relativ häufiger Erdbeben zu den unwirtlicheren Teilen der Insel. Zudem wurden sowohl Boden als auch Bevölkerung seit der Landung Columbus' systematisch ausgebeutet. Heute hat das Land keine Reserven mehr, auf die es zurückgreifen könnte, um bedeutende nachhaltige Projekte zu realisieren. Internationale Hilfeleistungen erreichen nur teilweise die breite Bevölkerung und werden eingefroren, wenn die Maßnahmen der Staatsführung nicht den Vorstellungen der Geldgeberländer entsprechen. Das bekommt vorwiegend die Masse der Bevölkerung zu spüren und nicht die kleine Oberschicht, die die tatsächliche Macht inne hat und mit aller Gewalt zu verhindern versucht, dass ihr Einfluss geschmälert wird.

[16] The World Factbook - Haiti, 2010
[17] Tagesschau.de, 2008
[18] Polansky, 2010

Tabelle 1: Vergleich des Durchschnittsalters und der Lebenserwartung von Haiti, der Dominikanischen Republik und Österreich (The World Factbook - Haiti, 2010)



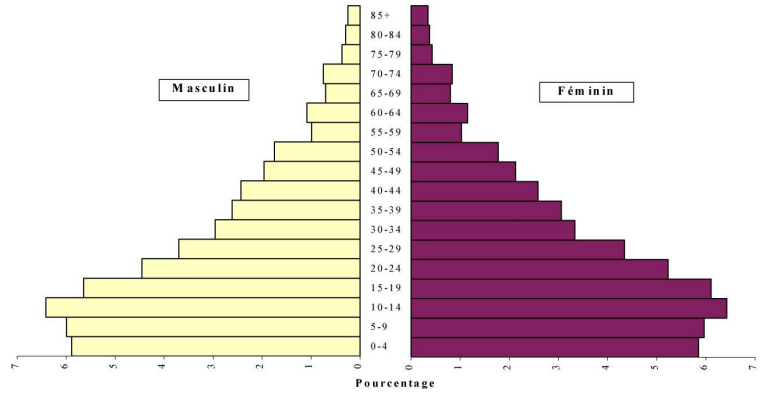


Abb. 6: Alterspyramide der haitianischen Bevölkerung, Stand 2003 (Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique, 2009)

2.3 Bevölkerungsprofil

Die nachfolgenden Daten sollen einen Eindruck vermitteln, in welcher Notlage sich jeder einzelne Haitianer und Haitianerin auch ohne Katastrophe befindet.

95% der rund 9,6 Millionen Einwohner Haitis sind dunklen Hauttyps. Die kleine Oberschicht von 5 % besteht vor allem aus Mulatten und Weißen. Mehr als ein Drittel der Bevölkerung ist jünger als 15 Jahre. Offiziell wird die überwiegende Mehrheit der Römisch Katholischen Kirche zugerechnet, jedoch praktiziert etwa die Hälfte der Bevölkerung Voodoo. Die offiziellen Sprachen sind Französisch und Kreolisch. Das Durchschnittsalter liegt bei 21 Jahren, verglichen mit 26 Jahren in der Dominikanischen Republik und 42,6 Jahren in Österreich. Die Lebenserwartung beträgt in Haiti laut World Factbook knapp 30 Jahre, im Nachbarstaat 77 Jahre. Etwa 64 % der Bevölkerung leben unterhalb der absoluten Armutsgrenze. 53 % der Menschen über 15 Jahre können lesen und schreiben.[19] Haitianischen Angaben zufolge gab es 2008 etwa eine Million gemeldete Arbeitslose, was einem Prozentsatz von 20 % entspricht.[20] Das World Factbook gibt keine präzisen Angaben, schätzt jedoch, dass zwei Drittel der Haitianer keiner formellen Beschäftigung nachgehen. Cunningham (1997, S. 35) gab für 1987 eine Arbeitslosenquote von 50% an.[21]

Die soziale Situation legt in Hinblick auf den für die Diplomarbeit unternommenen Entwurf eine schlichte Planung nahe, in der alle Bauteile einer genau definierten Verwendung zugeordnet sind und mögliche Erweiterungen nur als bedingt sinnvoll betrachtet werden.

2.4 Wirtschaft

Haiti gilt als ärmstes Land der westlichen Hemisphäre. Zwei Drittel der Bevölkerung leben als Kleinbauern von der Landwirtschaft.[22] Ein Drittel des Landes kann für den Anbau von Café, Zuckerrohr, Mais, Reis und Sorghum (Hirse) landwirtschaftlich genutzt werden.[23] Die Bauern können sich oft selbst nicht ernähren, was ein Grund für die Landflucht war, welche bereits

[19] The World Factbook - Haiti, 2010
[20] Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique, 2009
[21] Cunningham, 1997, S. 35
[22] The World Factbook - Haiti, 2010
[23] Cunningham, 1997, S. 34

in den 70er Jahre begonnen hat. Port au Prince zählte damals etwa 500.000 Einwohner, 1983 wies die Stadt eine Bevölkerung von etwa einer Million auf. In den entstandenen Slums herrscht eine hohe Arbeitslosenquote. Als Alternative bietet sich der Weg ins Ausland an – zum Beispiel in die Dominikanischen Republik, um dort Zuckerrohr zu schneiden, oder als Bootsflüchtling in die USA.

Einen zentralen Punkt von Lundahls Ausführungen in seinem Buch *The Haitian Economy* (1983, S. 10f) stellen die physische Zerstörung des Bodens durch Rodung und einhergehender Erosion sowie Misswirtschaft in der Landwirtschaft dar. Holz wurde über Jahrhunderte für den Bau und als Brennstoff verwendet, ohne dass der Staat regulierend eingriff. Zudem verabsäumte er, diesen Sektor zu subventionieren, obwohl zwei Drittel der Bevölkerung vom Ackerbau leben. Haiti wurde zu einem Bauernstaat, in welchem Familien, die Farmen besaßen und betrieben, zur dominierenden Klasse wurden. Die billigen einheimischen Arbeitskräfte machten kapitalintensive Investitionen sowie Innovationen in der Landwirtschaft nicht notwendig. Weitere Gründe für die technologische Stagnation in der Landwirtschaft sind die Bevölkerungszunahme und die damit einhergehende Aufteilung des geringen Kapitals, der niedrige Grad der Ausbildung und die Schwierigkeit an Informationen zu gelangen, sowie das finanzielle Risiko, neue Techniken in der Landwirtschaft zu erproben.

Viele Haitianer gingen ab 1900 nach Kuba, um dort in der aufstrebenden Zuckerindustrie als billige Arbeitskraft mitzuwirken. Die jüngste Emigrationswelle in die Dominikanische Republik ist ebenso von einem Arbeitskräftemangel auf Zuckerplantagen getrieben. Viele Haitianer bevorzugen Arbeitsbedingungen vergleichbar mit Sklaverei und äußerst geringe Löhne in einem der Nachbarstaaten gegenüber keinem Einkommen im Heimatland. 1980 sollen etwa 200.000 Arbeiter temporär oder permanent in der Dominikanische Republik gearbeitet haben.[24]

Abb. 7: Gebäude in Port au Prince aus Stahlbetonrahmen und in Holz (Schaffler, 2010)

[24] Lundahl, 1983, S. 10f

Abb. 8: Straßenansicht mit Veranda eines haitianischen Hauses am Land (Schaffler, 2010)

Abb: 9: Seitenansicht mit Koch- und Waschgelegenheit eines haitianischen Hauses am Land (Schaffler, 2010)

Haitis schlechter wirtschaftlicher Status ist eng verbunden mit der historischen Abhängigkeit des Landes von der kolonialen Wirtschaft. Noch heute obliegt die Macht einer kleinen Oberschicht, welche vorwiegend eigene und ausländische Interessen vertritt.[25]

2.5 Baumaterialien

Holz kam aufgrund seiner lokalen Verfügbarkeit und leichten Bearbeitbarkeit lange als Baumaterial zur Anwendung. Aufgrund von Bränden wurde es 1925 in den Städten verboten.[26] Heute ist es wegen des geringen Waldbestandes in Haiti (2 % der Staatsfläche[27]) und des hohen Preises importierter Hölzer nicht mehr üblich, damit zu bauen. Auch die „*Palma Real*“ als Material für Schindeln, sowie Lianen dürfen inzwischen nicht mehr zum Hausbau verwendet werden, da sie sehr knapp und daher geschützt sind.[28] Das vorherrschende Baumaterial ist Stahlbeton, der aus Kostengründen mit einem geringen Stahlanteil zu Stützen und Rahmen gegossen wird. Die Ausfachung der Rahmen erfolgt durch manuell produzierte Betonhohlsteine, welche mäßige mechanische Eigenschaften besitzen. Abb. 7 gibt einen Eindruck von den Bauweisen in der Stadt. Selbst in den Elendsvierteln werden 80% der Bauten massiv gebaut. Der Metallbau aus vorgefertigten, aus Belgien oder Frankreich importierten Elementen fand vor allem Ende des 19. Jahrhunderts Anwendung für Märkte, Brücken, Kirchen und auch Wohngebäude. Am Land weichen das Strohdach aus Vetivergras und die Palmblatteindeckung immer mehr den Wellblechplatten, da eine solche Bauweise als prestigeträchtig gilt. Auch in der Stadt ist das Wellblech vorherrschend, auch wenn die Dachneigung noch einer Deckung mit Schiefer oder Dachziegeln entspricht.[29]

2.6 Das Haitianische Haus

In ruralen Gebieten findet man vorwiegend in Massivbauweise errichtete eingeschossige Häuser vor, welche meist auf einem Platten– oder Streifenfundament stehen. Häufig handelt es sich um Gebäude mit nur einem Innenraum. Vorgelagert befindet sich fast immer eine

[25] Lundahl, 1983, S. 53f
[26] World Monuments Fund and World Monuments Watch, 2010
[27] Cunningham, 1997, S. 35
[28] Pierre, 2010
[29] Phillips, 2010

Veranda, auf der das öffentliche Leben stattfindet. Aufwendigere Grundrisse gliedern sich in ein Wohnzimmer und ein bis zwei Schlafzimmer im hinteren Bereich. Abseits der Straße befindet sich auch die Kochgelegenheit. Sie ist bei einfachen Häusern meist im Freien angeordnet, vermutlich um Rauch und Ruß vom Gebäudeinneren fernzuhalten. Eine Autofelge oder ein Metallgerüst, welche mit Brennholz oder Kohlen bestückt werden, dienen oft als Kochgelegenheit. Auch die Waschgelegenheit für Körper und Kleidung befindet sich in der Regel im Freien, vermutlich um die Innenräume vor Feuchtigkeit zu schützen.

In der Stadt wird häufiger zwei- oder mehrgeschossig gebaut, wobei das angehobene Erdgeschoß mit vorgelagerter Arkade gerne als Verkaufsraum genutzt wird. Darüber findet man Balkone mit verziertem Geländer, welche die Veranda ersetzen, wie sie sonst am Land vorzufinden ist.[30] Das Tragwerk besteht häufig aus einem meist schwachen Stahlbetonrahmen, der mit selbst gefertigten Ziegeln ausgefacht wird. Ältere Gebäude sind teilweise noch in Holz konzipiert.

Der Grundriss rechts in Abb. 10 stellt ein *„idealtypisches Haus“* [31] dar, welches die Nasszellen im Gebäudeinneren anordnet. Im Bad wird häufig ein Bassin gemauert und– sofern leistbar – mit Fliesen verkleidet. Da Wasserleitungen oder der Wasserdruck oft fehlen, behilft man sich mit einfachen Schöpfwerkzeugen In den Schlafzimmern finden gemauerte Wandschränke Anwendung.

Die intensive Farbgebung der Wände, Fenster- und Türläden wurde während der europäischen Zwischenkriegszeit in die Antillen importiert. Zuvor war die Farbgebung von den Rohmaterialien Holz und Stroh bestimmt.[32]

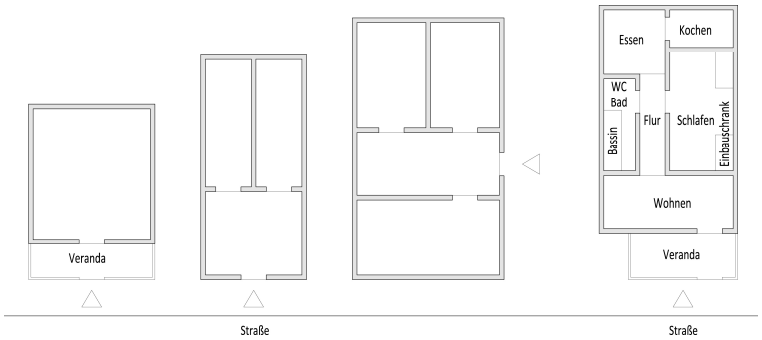


Abb. 10: Grundrissvarianten (Schaffler, 2010) und idealtypisches haitianisches Haus, (Santos, 2010)

Abb. 11: Einbauschrank und Bassin aus Santo Domingo (Schaffler, 2010)

[30] Slesin & Stafford, 1987, S. 22
[31] Skizze nach einem Gespräch mit Rafael de los Santos, Journalist mit dominikanischen Wurzeln, der sich auf visuelle Dokumentationen über Haiti spezialisiert hat.
[32] ebda, S. 29

Abb. 12: Hotel Oloffson im Zuckerbäckerstil (Slesin & Stafford, 1987, S. 181)

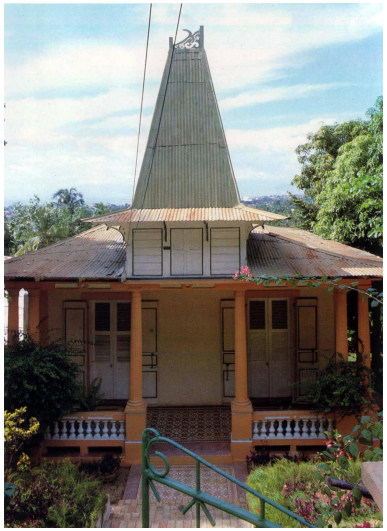


Abb. 13: Türmchen als Haitianische Eigenheit (Slesin & Stafford, 1987)

3 PORT au PRINCE: Geschichte seiner Architektur

Port au Prince wurde 1749 als Handels- und Verwaltungszentrum der Insel gegründet und diente als Exporthafen für Café und Zucker. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts blühte der Handel durch zugewanderte Kaufleute aus dem Nahen Osten und Deutschland, von denen sich manche sogenannte Zuckerbäckerhäuser (siehe unten) errichten ließen.[33] Die wenigen repräsentativen Bauten in der Hauptstadt spiegeln wieder, wie die Macht im Land verteilt war und wie der Staat regiert wurde. Abgesehen vom Nationalpalast und der *Grand Cathédrale* existieren vor allem private Bauten, welche als erhaltenswert eingestuft werden können.

Der Baustil und die Bauweise des ersten Nationalpalasts der jungen Nation war vermutlich aus Frankreich importiert worden. Es handelte sich um ein Holzfachwerk, das mit Ziegeln ausgefacht wurde. Diese Technik war in den Vereinigten Staaten selten angewandt. Viele Bauten dieses Stils wurden 1883 durch einen Brand vernichtet.

Um 1900 kehrten drei haitianische Architekten, George Baussan, Léon Mathon und Joseph Eugène Maximilien, von ihrer Ausbildung aus Frankreich zurück. Sie importierten einen Baustil, der eher vertikal orientiert war und Balkone und außenliegende Galerien sowie Ornamente aus vorgefertigtem und gebogenem Holz verwendete. Sie adaptierten diesen Stil und passten ihn an das tropische Klima an. Die typischsten haitianischen Bauten entstanden vor dem Durchbruch des Stahlbetons von ca. 1880 bis 1940.[34]

Ende des 19. Jahrhunderts errichteten zugewanderte Kaufleute ihre viktorianischen Herrenhäuser südlich des Champs de Mars.[35] In den 1950er Jahren wurde ihnen von amerikanischen Touristen der Spitzname *Gingerbread Houses* gegeben. Sie glaubten, den viktorianischen Baustil aus ihrer Heimat wieder zu erkennen. Im Deutschen sind sie als *Zuckerbäckerbauten* bekannt. Dieser Stil wurde bis 1925 angewandt, als in der Stadt wegen der Brandgefahr neue Bauten in Holzleichtbauweise verboten wurden. Aufgrund politischer und wirt-

[33] Froese, 2003, S. 318
[34] Phillips, 2010
[35] Froese, 2003, S. 318f

schaftlicher Schwierigkeiten stand die Erhaltung und Renovierung dieser Häuser nicht im Vordergrund. Das Erdbeben im Jänner 2010 zerstörte in der Region viele, kleinere Häuser dieses Baustils, einige größere Gebäude erlitten erheblichen Schaden, wenige blieben unbeschädigt.[36] Das berühmteste Gebäude, die *Villa Sam*, wurde 1887 von dem französischen Architekten Brunet errichtet. Bis 1936 wurde es als Krankenhaus genutzt und ist heute als Hotel Oloffson bekannt.[37] Eine Besonderheit des Baustils stellen Türmchen mit steilem Walmdach dar, welche manche Wohlhabende errichten ließen.[38]

Auf dem Champs de Mars, einer 11 ha großen Fläche, wurde 1918 vom haitianischen Architekten Georges Baussan der *Präsidentenpalast* errichtet, der durch seine Symmetrie und Farbgebung an das Weiße Haus in Washington erinnert.

Mit seinem 54 m hohen Turm diente die in neoromanischem Stil erbaute *Grand Cathédrale* als Orientierungspunkt in der Stadt. Nach der Grundsteinlegung 1899 dauerte es 13 Jahre, bis die Kirche fertiggestellt war. Sie wurde, ebenso wie der Präsidentenpalast bei dem Erdbeben am 12. Jänner 2010 zerstört.

Erwähnenswert ist auch die kleine, unscheinbare *Cathédrale Épiscopale Sainte-Trinité* mit ihrem großen haitianischen Kunstschatz. Zwischen 1950 und 1953 malten bekannte heimische Künstler den Altarraum aus.[39] Sie wurde bereits fünfmal wieder aufgebaut und durch das Beben Anfang 2010 erneut zerstört.[40]

Abb. 14: Präsidentenpalast in Port au Prince nach dem Erdbeben (Cole, 2010)

Abb. 15: Grand Cathédrale in Port au Prince nach der Katastrophe (Cole, 2010)

[36] World Monuments Fund and World Monuments Watch, 2010
[37] Froese, 2003, S. 323
[38] Slesin & Stafford, 1987, S. 59
[39] Froese, 2003, S. 318f
[40] Wikipedia, 2010

4 REHABILITATIONSMASSNAHMEN nach NATURKATASTROPHEN

Im gegenständlichen Kapitel werden grundlegende Maßnahmen, Kriterien und Fakten wiedergegeben, die für den Wiederaufbau nach einer Katastrophe essentiell sind oder empfohlen werden. Ebenso werden Begriffe erläutert, die in der Arbeit Anwendung finden. Dieses Kapitel soll dem Leser auch eine Vorstellung über zeitliche Abläufe sowie Anzahl und Größenordnungen von Bedarfseinrichtungen geben.

Die Zeit nach einer Katastrophe wird in drei Phasen eingeteilt:[41]

- Soforthilfephase: bis etwa 5 Tage nach Ausbruch
- Rehabilitationsphase: 5. Tag bis 3. Monat
- Wiederaufbauphase: ab dem 3. Monat

Die United Nations Disaster Relief Co-Ordination etabliert in *„Shelter after Disaster. Guidelines for Assistance“* folgende Prinzipien:[42]

- Die primären Ressourcen für eine rasche Hilfe nach einer Katastrophe kommen von den Überlebenden und deren Angehörigen selbst.
- Eine korrekte und logische Rollenverteilung der Hilfsgruppen durch lokale Autoritäten ist wichtig für den Erfolg eines Hilfseinsatzes.
- Die richtige Beurteilung der Bedürfnisse der Überlebenden ist kurzfristig gesehen wichtiger als eine detaillierte Einschätzung der Schäden.
- Die verpflichtende Evakuierung der Überlebenden kann den Wiederaufbau verzögern und Verbitterung auslösen.
- Hilfsgruppen tendieren dazu, importierten Notunterkünften einen zu hohen Stellenwert beizumessen.
- Je früher der Wiederaufbau beginnt, desto niedriger liegen die sozialen und wirtschaftlichen Kosten.
- Die Bedürfnisse nach einer Katastrophe können vorausgesagt werden. Effektive Notfallpläne können helfen, Not und Obdachlosigkeit zu reduzieren.

[41] Office of the United Nations Disaster Relief Co-Ordination, 1982, S. 2
[42] ebda

- Die akkurate Widmung von Bauland, sowie die Einführung von Baumethoden und Bauvorschriften bieten nach einer Katastrophe die Möglichkeit, das Risiko für zukünftige Unglücke zu reduzieren.
- Das Vorhaben, gesamte Siedlungen oder Städte umzusiedeln, ist selten durchführbar. Teilweise Umsiedlung innerhalb der Stadt kann deshalb sinnvoller sein.
- Direkte, finanzielle Subventionen sind kurzfristig effektiv, können auf längere Sicht gesehen jedoch zu einer Abhängigkeit des Überlebenden von der Hilfsorganisation führen.
- Abgesehen von der Tendenz, dass temporäre Notunterkünfte aufgrund der hohen, anfänglichen Kosten oft bestehen bleiben, erwecken sie wegen der qualitativ hochwertigen Ausführung häufig den Wunsch nach modernerem Wohnen.
- Richtlinien für Notunterkünfte und Wiederaufbau können nur von qualifizierten Personen erstellt werden, welche die vorherrschenden Verhältnisse kennen. Dazu zählen die Art der Gefahr, das vorherrschende Klima, Bautraditionen, wirtschaftliche Gegebenheiten, das soziales System und vieles mehr.

Das *Office of the United Nations High Commissioner for Refugees* (UNHCR) gibt folgende Bedarfsstandards für Überlebende an:[43]

- In temporär geplanten oder entstandenen Flüchtlingslager benötigt jede Person 30 bis 45 Quadratmeter an Bodenfläche. Darin enthalten sind die eigentliche Unterkunft, allgemeine Einrichtungen, die dazu notwendige Erschließung, usw.
- In warmen und tropischen Klimata sollten jedem Überlebenden zu Beginn 3,5 Quadratmeter an überdeckter Fläche zur Verfügung stehen. Die Notunterkunft muss Schutz vor Witterung bieten, als Wohn- und Lagerraum dienen, sowie Privatsphäre gewähren. Sie sollte in kultureller und sozialer Sicht angepasst und aus lokalen Materialien erbaut werden, sofern diese vorhanden sind.
- Der Wasserbedarf für Kochen, Trinken und Körperpflege pro Person beträgt etwa 15 Liter pro Tag.
- Jeder Überlebende sollte täglich 2.100 Kilokalorien an Nahrung bekommen.

[43] United Nations Higher Commissioner for Refugees

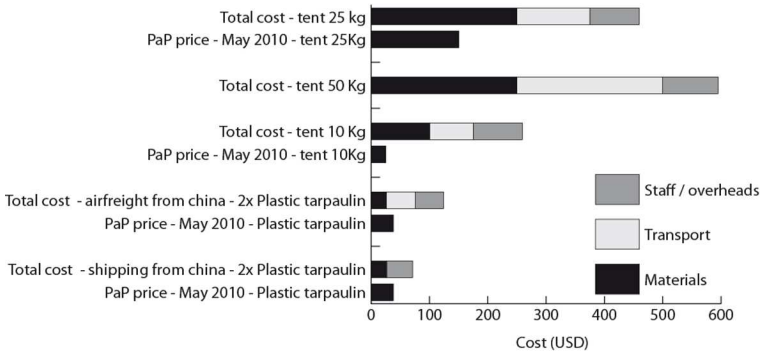


Abb. 16: Transport-, Material-, und Nebenkosten von Zelten (Ashmore, 2010)

Abb. 17: Notfallausrüstung (Habitat for Humanity, 2010)

Im Folgenden werden Einrichtungen aufgelistet, die je einer bestimmten Anzahl von Personen zur Verfügung stehen sollten:[44]

- 1 Toilette pro Familie (6 – 10 Personen)
- 1 Wasserhahn für 80 – 100 Personen
- 1 Gesundheitszentrum pro Camp (20.000 Personen)
- 1 Krankenhaus für 200.000 Überlebende
- 1 Schule pro 5.000 Personen

Behausungen, die nach einer Katastrophe errichtet werden, sind je nach Bauweise und Zeitpunkt der Errichtung nach dem Unglück in drei Kategorien einzuteilen:

Emergency Shelter (Not- und Behelfsunterkünfte): „Notunterkünfte sind Wohnungsersatz-Maßnahmen. Sie dienen der vorübergehenden geregelten Unterbringung von Wohnungslosen in außergewöhnlichen Notsituationen.“[45] Für die Errichtung sollten, wenn möglich, lokale Ressourcen herangezogen und/oder jene Materialien verwendet werden, welche die betroffene Bevölkerung im Katastrophenfall einsetzen würde.[46] Nebenstehendes Diagramm verdeutlicht, dass die Materialkosten von behelfsmäßigen Unterkünften etwa die Hälfte der Gesamtkosten ausmachen können. Dies erschwert die Auswahl der Empfänger, wenn man bedenkt, dass ein Haitianer 2009 durchschnittlich 1.300 U$ pro Jahr verdient.[47] Drei Viertel der Bevölkerung erhält überhaupt nur einen Tageslohn von 2 U$, was einem Jahreseinkommen von 730 U$ entspricht.[48]

Zelte werden am häufigsten auf Straßen, zerstörten Gebäuden oder in geplanten Camps errichtet. Hilfsorganisationen geben auch Gewebeplanen aus, welche in Verbindung mit (Bau-) Holz und Montagematerial eine sinnvolle Hilfeleistung darstellen. Tool Kits sind Not-

[44] United Nations Higher Commissioner for Refugees
[45] Caritas International, 2009
[46] United Nations High Commissioner for Refugees, 2000, S. 144
[47] The World Factbook - Haiti, 2010
[48] Beaumont, 2010

fallausrüstungen und bestehen aus einem Bündel von Gegenständen, welche zusammengepackt ausgegeben werden. Darin befinden sich z.B. Planen, Seile, Spaten, Sägen etc.[49]

Transitional Shelter (Interimsbauten): Interimsbauten sind Unterkünfte, die Familien für bis zu drei Jahre beherbergen. Der Anspruch ist, dass die verwendeten Materialien von den Bewohnern selbst repariert und in den nachfolgend geplanten, permanenten Unterkünften eingearbeitet werden können.

Permanent Shelter bezeichnen neu errichtete, dauerhafte Gebäude. Sie sollten nach dem Vorbild der nicht eingestürzten Gebäude erstellt werden. Hier besteht die Möglichkeit einer Verbesserung in der Gebäudestruktur.

[49] Ashmore, 2010

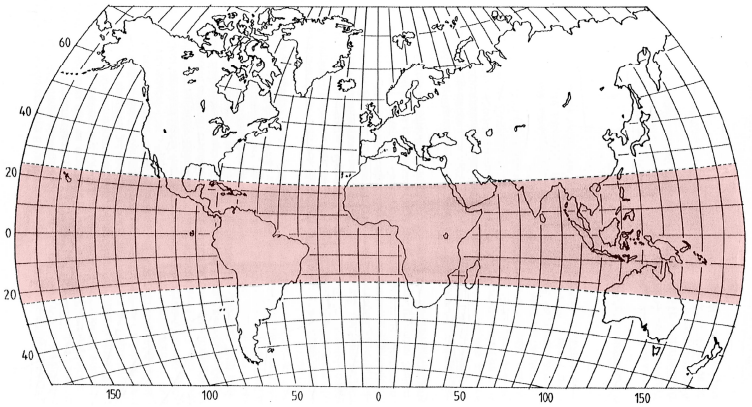


Abb. 18: Tropengürtel der Erde (Burk, 1998)

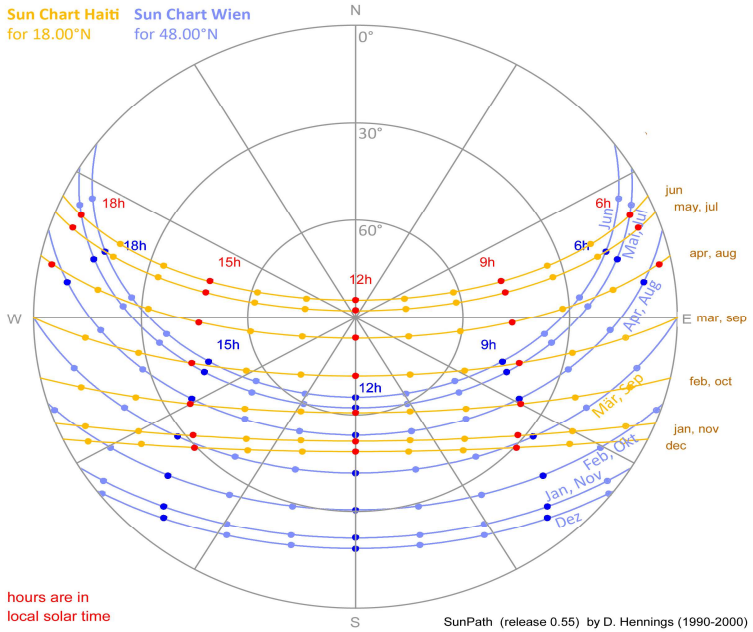


Abb. 19: Gang der Sonne in Wien und Port au Prince im Jahresverlauf (Hennings, 2000)

5 PLANUNGS- und BAUMASSNAHMEN für ENTWICKLUNGS- und KRISENREGIONEN

Die Berücksichtigung der tropen-, erdbeben- und wirbelsturmgerechten bautechnischen Aspekte stellt die wichtigste Grundlage für eine darauf aufbauende gebäudespezifische Planung dar. Es sei hier auf Burk Peters *„Bau-Planer für Entwicklungs- und Krisenregionen“* verwiesen, woraus allgemeine relevante Kriterien übernommen und durch weitere Recherchen zur Verwendung des Werkstoffes Holz und im speziellen Brettsperrholz ergänzt wurden. In seinem Buch stellte er für jeden Schwerpunkt eine „Top Ten“ Liste zusammen, die einer ersten Orientierung dient und durch lokale Fachleute an örtliche Gegebenheiten angepasst werden soll.

5.1 Tropengerechtes Bauen

Als Tropen bezeichnete man früher das Gebiet zwischen den beiden Wendekreisen nördlich und südlich des Äquators (Breitengrad 23°27‘). Heute wird die Abgrenzung zu den Subtropen mittels einer 20°C Isotherme des kältesten Monats gezogen. Das bedeutet, dass in der tropischen Zone die durchschnittliche Monatstemperatur des kältesten Monats nicht unter 20°C liegt. Davon sind etwa 40 % der gesamten Erdoberfläche betroffen.[50] In Äquatornähe sind feuchtwarme Regionen mit Regenwäldern, Monsunregen und Feuchtsavannen anzutreffen. In Richtung der Wendekreise wechselt das Klima zu trockenheißen Regionen mit Wüsten, Steppen und Trockensavannen.[51]

SunPath gibt die Sonnenbahnen der einzelnen Monate wieder.[52] Nebenstehend wurden sie für Wien und Port au Prince in einer Grafik zusammengefügt. Man erkennt, dass der Einfallswinkel der Sonne in Wien lediglich von Mai bis Juli 60° erreicht. In Haiti beträgt er im Dezember bereits etwa 45° und erreicht im Hochsommer den Zenit. Dies hat Auswirkungen auf den Sonnenschutz der Gebäude, die sich beispielsweise in einem geringeren Dachvorsprung ausdrücken können.

[50] Burk, 1998, S. 15
[51] Lauber & Ferstl, 2005, S. 17
[52] Hennings, 2000

5.1.1 Klima in Haiti

In den äußeren Tropen, in denen auch die Insel Hispaniola liegt, herrscht ein Klima, welches von hygrischen Jahreszeiten geprägt ist. Die Trockenzeit dauert von Dezember bis März, die niederschlagsreiche Zeit reicht von April bis Oktober mit Spitzen von bis zu 230 mm pro Quadratmeter im Mai, sowie regenintensiver Zeit von etwa 160 mm in den Monaten April und von August bis Oktober. Wien weist im Gegensatz dazu eine maximale Niederschlagsmenge von 70 mm im Juni und Juli auf. Die relative Luftfeuchtigkeit in Port au Prince ist im Vergleich zu Wien im Jahresmittel um etwa 3 % höher. In den Wintermonaten ist sie jedoch in Wien höher als auf der Karibikinsel. Die maximalen Temperaturen liegen in Port au Prince das Jahr über konstant bei etwa 31-34°C. Nie sinken sie unter 20 °C ab. Die Holzausgleichsfeuchte, welche von Lufttemperatur und –feuchtigkeit abhängig ist, liegt in Haiti stets um 11,4 %, in Wien variiert sie von etwa 16,5 % im Winter bis 10 % im Sommer.[53]

Die Zeit der Wirbelstürme beginnt in der Karibik im August und endet Mitte November. Durch die einfache Bauweise, bedingt durch den Mangel an Baumaterial (z.B. Bewehrung) und finanziellen Mitteln, weisen die Bauten eine geringe Widerstandsfähigkeit gegenüber Wirbelsturm und Erdbeben auf, wodurch es auch bei geringen Intensitäten zu einer hohen Zahl an Todesopfern durch einstürzende Bauten kommt.

5.1.2 Baumaßnahmen für tropengerechtes Bauen

Die extremen Klimaerscheinungen erfordern ein spezielles Planen und Bauen, wie es von der einheimischen Bevölkerung über Jahrhunderte entwickelt und praktiziert wurde. Der Begriff „tropengerechtes Bauen“ wurde in Europa erst durch die Kolonialkriege im 19. Jahrhundert bekannt, als die europäischen Mächte gezwungen waren, in den Tropen Stützpunkte für Truppen und Krankenversorgung zu errichten.[54]

Die Hauptaufgabe des klimagerechten Bauens ist, unter Verwendung geringer Ressourcen, ein für den Benutzer möglichst komfortables Raumklima zu schaffen und gleichzeitig die Gebäudestruktur so zu gestalten, dass sie vor Umwelteinflüssen geschützt ist. Komfort ist abhängig von der Innenraum- und Oberflächentemperatur, sowie der relativen Luftfeuchtig-

[53] Glass & Zelinka, 2010
[54] Burk, 1998, S. 15

Tabelle 2: Niederschlag und Luftfeuchtigkeit in Port au Prince und Wien im Vergleich (Ramerini, 2010), (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002), (Kröner, 2009)

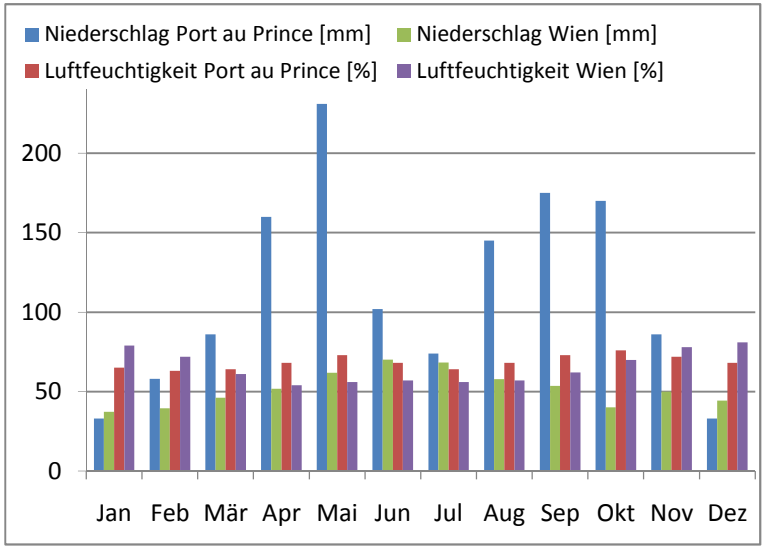
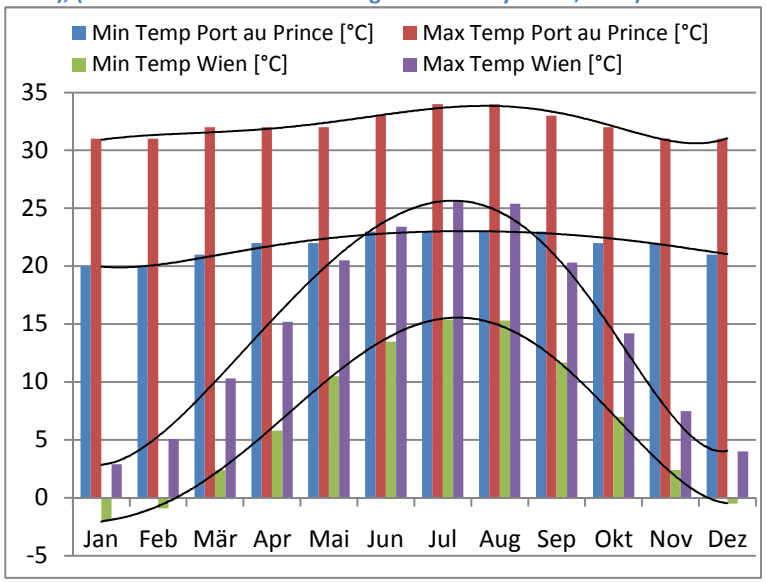


Tabelle 3: Jahrestemperaturen in Port au Prince und Wien (Ramerini, 2010), (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002)



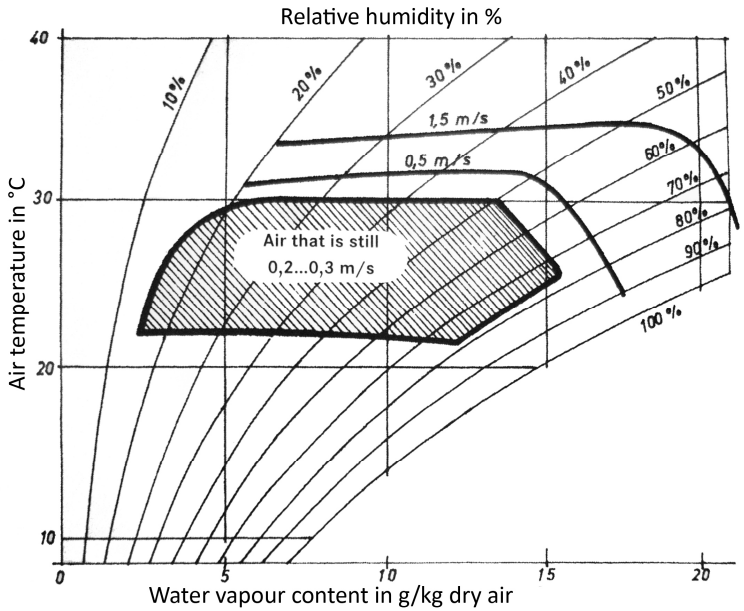


Abb. 20: Erträglichkeitsbereich des thermischen Komforts (Lauber & Ferstl, 2005)

keit und –geschwindigkeit. Diese Faktoren wurden ursprünglich durch die Gestaltung des Gebäudes alleine geregelt, durch die neuen Möglichkeiten im Zuge der Industrialisierung wurde die Steuerung dieser Parameter mehr und mehr von technischen Geräten abgelöst. (Ventilator, Klimaanlage, etc.) Nebenstehende Grafik veranschaulicht den Erträglichkeitsbereich des thermischen Komforts. Bei annähernd ruhender Luft reicht der erträgliche Bereich des thermischen Komforts (in nebenstehender Abbildung schraffiert) bis etwa 30°C, wobei die Luftfeuchtigkeit einen signifikanten Einfluss auf das Empfinden des Innenraumklimas hat. Bei über 15 g/kg Wasserdampfgehalt der Luft ist das Klima nur bei einer Luftbewegung von über 0,5 m/s erträglich.[55] Bei den in Port au Prince unter Tag herrschenden 32 °C und einer durchschnittlichen, relativen Luftfeuchtigkeit von 63 – 73 % ist eine Luftbewegung von 1,5 m/s notwendig. Diese kann vor allem durch großformatige Öffnungen oder durch mechanische Lüftung erreicht werden.

Bereits bei der **Städteplanung** sollte darauf geachtet werden, Wind- und Luftbewegungen zwischen den Gebäuden zuzulassen. Dies wird zum Beispiel durch weite Straßen ermöglicht, welche in Hauptwindrichtung orientiert sind. Hohen, schattenspendenden Bäumen ist der Vorzug gegenüber dichten Büschen zu geben, da letztere die Luftzirkulation behindern. Lauber (2005) empfiehlt auch, das Gebäude in Leichtbau zu fertigen und aufzuständern, damit Wärme nicht gespeichert, die Querlüftung verbessert wird und das Gebäude trocken bleibt.[56] Dies wurde im Entwurf umgesetzt.

Die **Gebäudeorientierung** sollte in tropischen Regionen so gewählt werden, dass die Schmalseiten eines Gebäudes nach Osten und Westen ausgerichtet sind, die Längsseite mit den Hauptöffnungen nach Süden bzw. Norden. Die flache Morgen- und Abendsonne kann durch die vorwiegend geschlossenen Schmalseiten nicht in das Gebäude einfallen. Die hochstehende Mittagssonne kann auch bei geringem Dachvorsprung nicht eintreten. Regionale Ausnahmen, wie heftiger Schlagregen auf die Südfassade oder eine häufig auftretende Windrichtung, die zur Querlüftung genutzt werden kann, können eine Drehung des Gebäudes erforderlich machen.

[55] Lauber & Ferstl, 2005, S. 85f
[56] ebda, S. 106f

Besagte **Querlüftung** stellt im Tropenbau eines der wichtigsten Bauprinzipien dar. Die Luftzirkulation kann zum Beispiel durch hochliegende Lüftungsbänder an beiden Längsfassaden eines Gebäudes forciert werden. Generell sollten die Außenwände so offen wie möglich gestaltet werden. Die Zirkulation kann durch in Querlüftungsrichtung hintereinander geschaltete Räume behindert werden, weshalb man in tropischen Regionen oft lange, schmale Gebäude antrifft.[57] Die Erschließung des Gebäudes sollte über außenliegende Laubengänge erfolgen, welche auch als Veranda oder Loggia verwendet werden können. Sofern die finanziellen Mittel vorhanden sind, kann ein (solar gespeister) Ventilator die Luftzirkulation unterstützen.[58]

Der einfachste **Sonnenschutz** für ein Gebäude stellt die umgebende Vegetation dar. Diese kann aber auch die natürliche Lüftung behindern, oder aber, wie in trockenheißen Gebieten, nur spärlich vorhanden sein. Deshalb ist es meist notwendig, horizontale oder vertikale Verschattungselemente (in Form von Dachüberständen oder Lamellen) anzubringen, was immer außerhalb des Gebäudes erfolgen sollte.[59] Für tropische Klimata empfehlen Hindrichs und Daniels (2007 S. 118) vertikale Verschattungselemente gegen die flach einstrahlende Morgen- bzw. Abendsonne in Ost- und Westorientierung anzubringen und horizontale Elemente Richtung Süden zu orientieren.[60] In heißen Regionen sollte auch die Option eines Schattendaches in Erwägung gezogen werden, welches hinterlüftet über dem eigentlichen Dach liegt und so die zum Teil enorme Hitzeentwicklung auf dem Dach nicht ins Gebäudeinnere dringen lässt.

Als **Regenschutz** sollten weit auskragende, steile Dächer mit guter Dichtung und einer Regenrinne, welche das Wasser weit vom Gebäude wegleitet oder einem Sammelbehälter zuführt, verwendet werden. Zudem kann eine leicht erhöhte Gebäudelage von Vorteil sein. Um die Wasserableitung zu erleichtern, sollten um das Gebäude ein Kiesstreifen und auf dem Gelände Kanäle angeordnet sein.

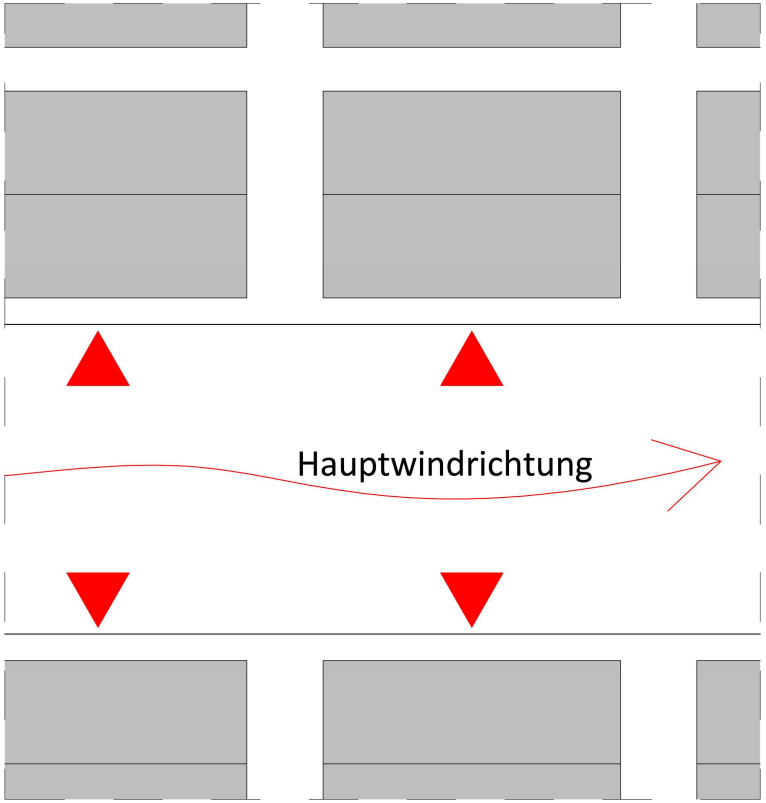


Abb. 21: Empfehlungen zur Städteplanung und Gebäudeorientierung für ein tropengerechtes Bauen

[57] Burk, 1998, S. 16f
[58] Lauber & Ferstl, 2005, S. 106
[59] Burk, 1998, S. 17f
[60] Hindrichs & Daniels, 2007, S. 118

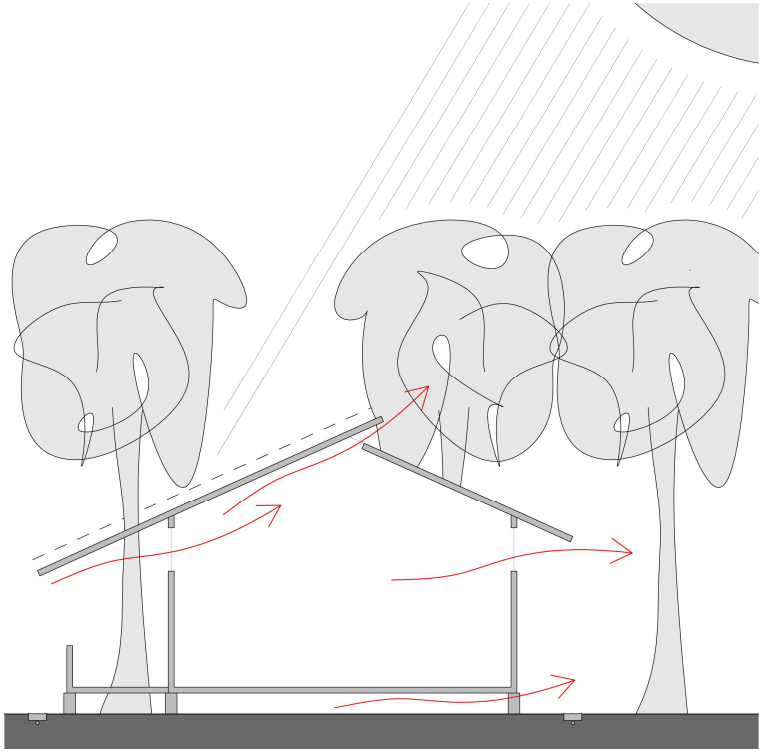


Abb. 22: Skizze zur Querlüftung, zum Sonnenschutz und Anordnung von Kiesstreifen

Dem **Schutz** des Gebäudes **vor Schädlingen** muss von der Grundstückswahl bis hin zur Detailplanung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. So sollte sich das Gelände nicht nahe dichter Vegetation, Termitenhügeln oder stehendem Gewässer befinden, eventuell sind Termitensperren anzubringen. Auf chemische Behandlung (z.B. mit Natriumarsenit) sollte soweit als möglich verzichtet werden. Grundsätzlich termitensichere Baustoffe sind auf Grund ihrer Kosten und der Verfügbarkeit oft nur bedingt einsetzbar.

Generell ist **lokalen Baumaterialien** der Vorzug zu geben. Sie verleihen dem Gebäude ein gewohntes Aussehen und sind bei Reparaturarbeiten leichter zu ersetzen. Ausnahmen sollten nur dann gemacht werden, wenn daraus statische oder andere gewichtige, bautechnische Vorteile entstehen.[61] Die Farbgebung der Außenflächen sollte mit hellen Pastelltönen erfolgen, um ein Aufheizen der Wände zu minimieren.[62]

[61] Burk, 1998, S. 17f
[62] Lauber & Ferstl, 2005, S. 111

5.2 Erdbeben

Erdbeben gehören zu den Naturgefahren mit den meisten Opferzahlen. Etwa 60 % der Todesopfer im 20. Jahrhundert kamen durch ein Erdbeben ums Leben.[63]

5.2.1 Entstehung und Auswirkung von Erdbeben

Nach den Ursachen ihrer Entstehung werden sie in die am häufigsten vorkommenden, tektonischen Beben, vulkanische und Einsturz-, sowie Stauseeinduzierte und künstliche Beben eingeteilt. Tektonische Beben entstehen durch plötzliche Brüche in der Erdkruste, welche gleich einer dünnen Haut auf dem flüssigen Mantel schwimmt. Infolge geothermischer Strömungen verschieben sich die einzelnen tektonischen Platten, aus denen die Erdkruste besteht, gegen- oder übereinander und bauen Spannungen auf. Erreichen diese die Bruchfestigkeit des Gesteins, kommt es zum Bruch mit plötzlicher Verschiebung. Die daraus hervorgehenden Wellen werden je nach Art in Raum- und Oberflächenwellen eingeteilt. Letztere werden ja nach Fortpflanzungsart der Wellen in Love- und Rayleigh-Wellen unterschieden. Bei L-Wellen bewegen sich die Teilchen horizontal, quer zur Fortpflanzungsrichtung, R-Wellen breiten sich ähnlich Wasserwellen in einer Vertikalebene elliptisch aus, das heißt sowohl horizontal vor- und rückwärts als auch vertikal auf und ab. Folglich sind die Kräfte, welche auf ein Gebäude infolge Erdbeben wirken, sowohl horizontal in alle Richtungen, als auch vertikal. Die Geschwindigkeit von Oberflächenwellen beträgt zwischen 2,9 und 3,2 km/s.[64]

Zur Messung der Stärke eines Erdbebens werden die Magnitudenskala nach Richter oder die 12-teilige Intensitätsskala angewandt. Die Richterskala erfasst die am Herd, das heißt im Mittelpunkt der Bruchfläche, freigewordene Energie. Es handelt sich hierbei um eine logarithmische Skala, was bei einem Zuwachs von einer Einheit einen 10-fach höheren Ausschlag im Seismogramm und eine Erhöhung der Herdenergie um den Faktor 32 bedeutet.[65] Die Intensitätsskala spiegelt die Wahrnehmbarkeit und somit die Auswirkung eines Bebens auf

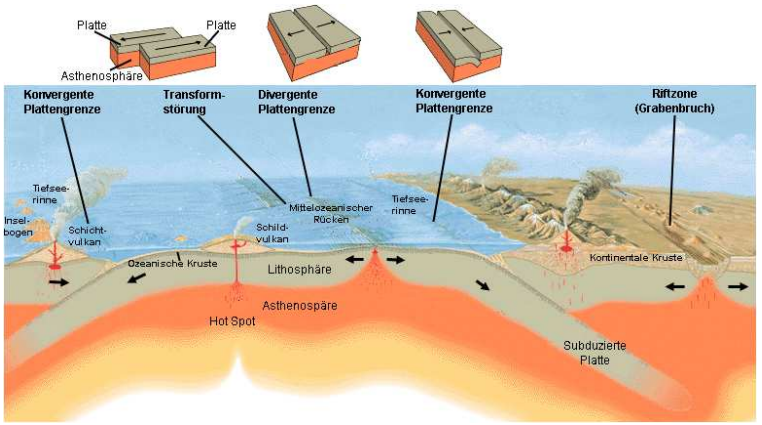


Abb. 23: Schematische Darstellung der Verschiebung der tektonischen Platten (Vigil, 1999)

[63] Sittig, 2010
[64] Bachmann, 2002, S. 8f
[65] United States Geological Survey's, 2010

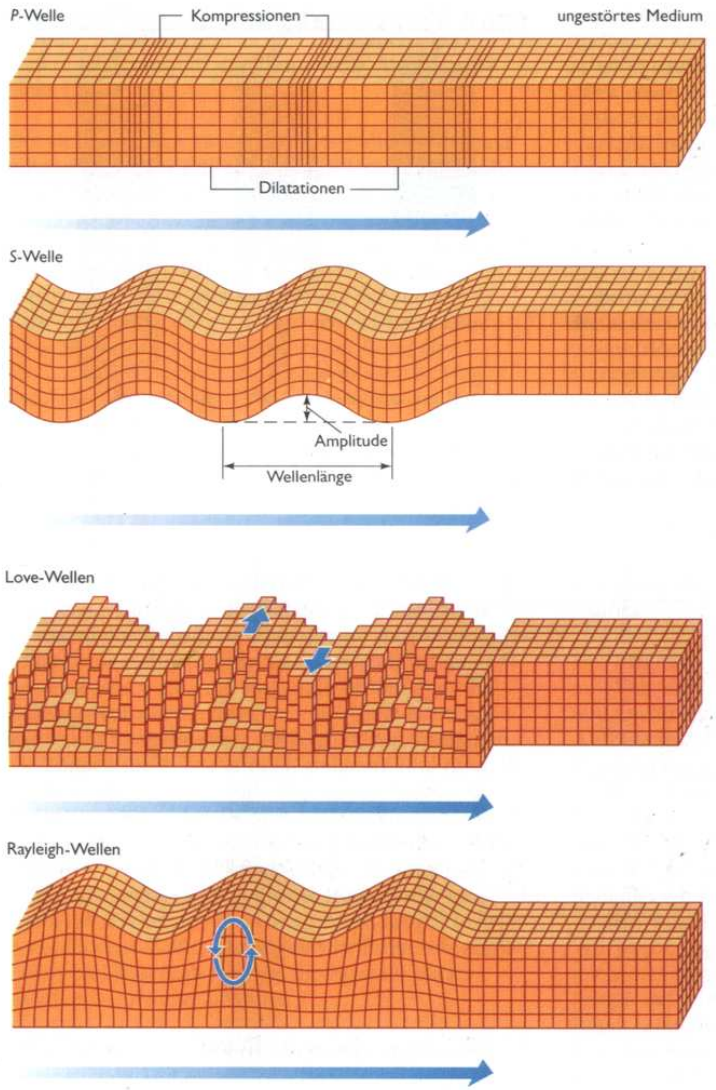


Abb. 24: Wellenarten (Bolt, 1995)

Bauwerke und Landschaft wider. Es werden verschiedene Skalen benutzt, wobei in den USA und Europa (Italien) die Modifizierte Mercalli Skala (MM-Skala) gebräuchlich ist.[66]

Tabelle 4: Mercalli- und Richerskala im Vergleich mit Erdbebenfolgen (Ziegeldorf, 2005)

Mercalli-Stufe	Beschreibung der Erdbebenfolgen	Richter-Skala
I	Unmerklich, nur durch Instrumente nachweisbar	1
II	Kaum merklich	2
III	Von einigen Menschen bemerkt	3
IV	Von den meisten Menschen im Umkreis von 30 km bemerkt, spürbar in Häusern, kleine Schäden möglich	4
V	Menschen werden im Schlaf aufgeweckt, Bäume und Masten beginnen zu schwanken.	5
VI	Möbel können sich verschieben, leichte Schäden	5,3 - 5,9
VII	Leicht gebaute Häuser können schwer beschädigt werden. Menschen geraten in Panik und laufen aus den Häusern, leichte Schäden auch an massiven Bauwerken. Todesopfer in dicht besiedelten Regionen wahrscheinlich	6,0 - 6,9
VIII	Verbreitete Zerstörungen von Gebäuden, leichte Schäden auch an "erdbebensicheren" Gebäude und Anlagen. Felsen stürzen ein, Erdrutsche treten auf.	7,0 - 7,3
IX	Allgemeine Gebäudezerstörungen, Fundamente verschieben sich, im Erdboden erscheinen erkennbare Risse.	7,4 - 7,7
X	Verwüstungen, katastrophenartige Zerstörungen, breite Risse im Erdboden, die meisten Gebäude zerstört.	7,8 - 8,4
XI	Alle Gebäude zerstört, landschaftsverändernde Zerstörungen, breite Spalten im Erdboden und in Straßen.	8,5 - 8,9
XII	großflächige verheerende Katastrophe	ab 9

Direkte Auswirkungen, welche von Erdbeben ausgehen, sind die Wellen, die vom Boden in das Gebäude oder die Infrastruktureinrichtung eingeleitet werden, oder das Versagen des Grundes wie beispielsweise Erdrutsche, unterschiedliche Setzungen oder Bodenverflüssigung. Tsunamis, Feuer z.B. durch defekte Gasleitungen, sowie Überschwemmungen durch

[66] Bachmann, 2002, S. 15

Damm- oder Wasserleitungsbrüche zählen zu den Folgeerscheinungen von Beben. Die Verluste an Menschenleben hängen enger mit der Bevölkerungsdichte und der Bauweise als mit der Stärke des Erdbebens zusammen.[67]

Die Vorhersage von Erdbeben auf den Tag genau erweist sich als unmöglich, da den Seismologen die nötigen Informationen fehlen. Sie müssen sich großteils auf Daten verlassen, welche an der Erdoberfläche gemessen wurden, die Keimzone von Brüchen liegt aber meist in einer Tiefe von 10 bis 20 Kilometern unter der Erdoberfläche. *„Es ist, als müsste man das Wetter vorhersagen mit den Daten aus den untersten zehn Metern der Atmosphäre.“* [68] Mittlerweile kennen Seismologen jene Gebiete, in denen 90 % der gravierendsten Erdbeben auftreten und daher strengere Bauvorschriften anzuwenden sind.[69] Erdbebenkarten mit der maximalen Bodenbeschleunigung geben Auskunft über die Gefährdung von Gebieten, die Intensität hängt von der Länge des Bruchs, der Entfernung zum Bruch, sowie den Bodenverhältnissen ab.[70] Das Beben am 12. Jänner in Haiti war mit einer Bodenbeschleunigung von 4,5 m/s² intensiver, als auf den Gefährdungskarten angegeben. Der Bemessung des Entwurfes wurde der neue Dominikanische Code 2008 zu Grunde gelegt, welcher über dem Antwortspektrum des Bebens in Haiti liegt.

Frühwarnsysteme können innerhalb von vier Sekunden nach den ersten Erdstößen Alarm auslösen, um so den Menschen ein paar Sekunden zu verschaffen, sich in Sicherheit zu begeben.[71] Um erhöhte seismische Aktivität vorherzusagen, versuchen Forscher Anzeichen für ein Ansteigen der Spannungen im Gestein zu erkennen. Mögliche Hinweise darauf sind ein geänderter Magnetismus, Veränderungen der Temperatur, Gasaustritt, ungewöhnliches Tierverhalten, etc.[72]

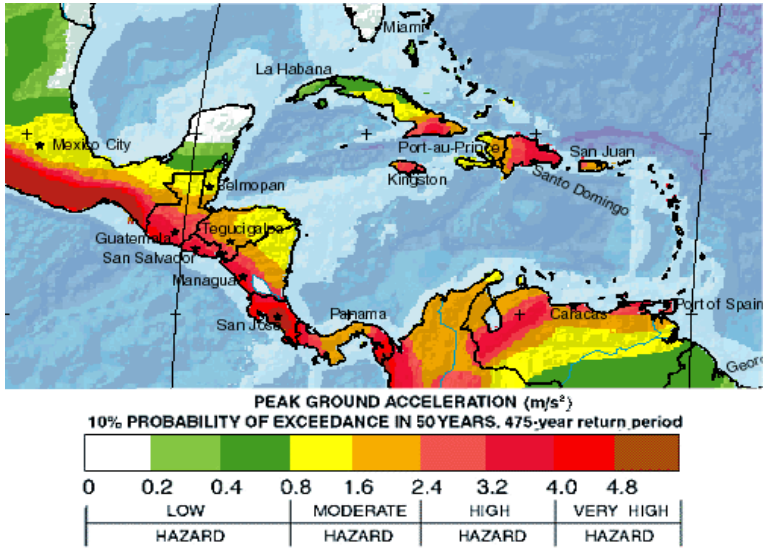


Abb. 25: Erdbebengefährdung Zentralamerika, Karibik (Global Seismic Hazard Assessment Program, 2010)

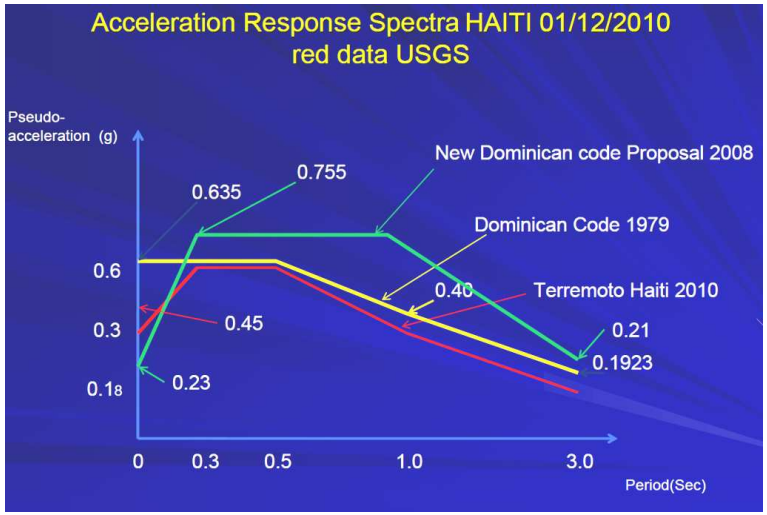


Abb. 26: Antwortspektrum des Bebens in Haiti im Vergleich mit den Dominikanischen Erdbebenvorschriften (Fierro, 2010)

[67] McDonald, 2003, S. 28f
[68] Kehse, 2009, S. 83
[69] ebda, S. 76-85
[70] Schweizerischer Erdbebendienst, 2010
[71] Kehse, 2009, S. 76-85
[72] McDonald, 2003, S. 27

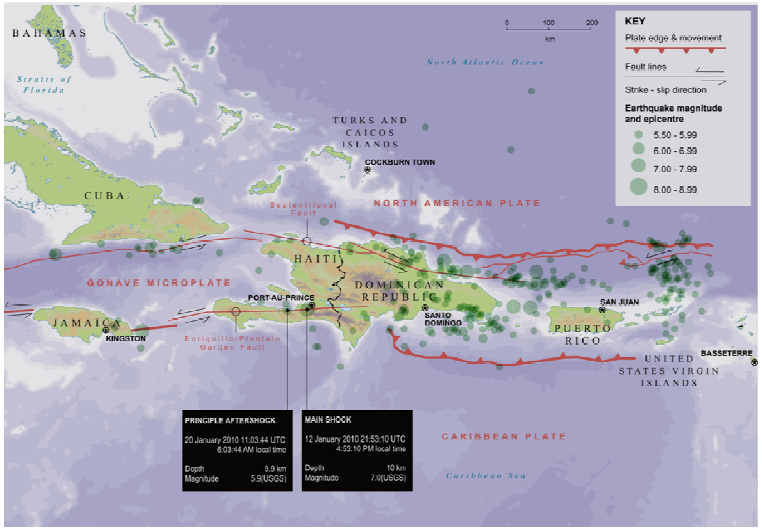


Abb. 27: Verwerfungen, tektonische Platten und Epizentren auf Hispaniola und den angrenzenden Inseln (Reliefweb, 2010)

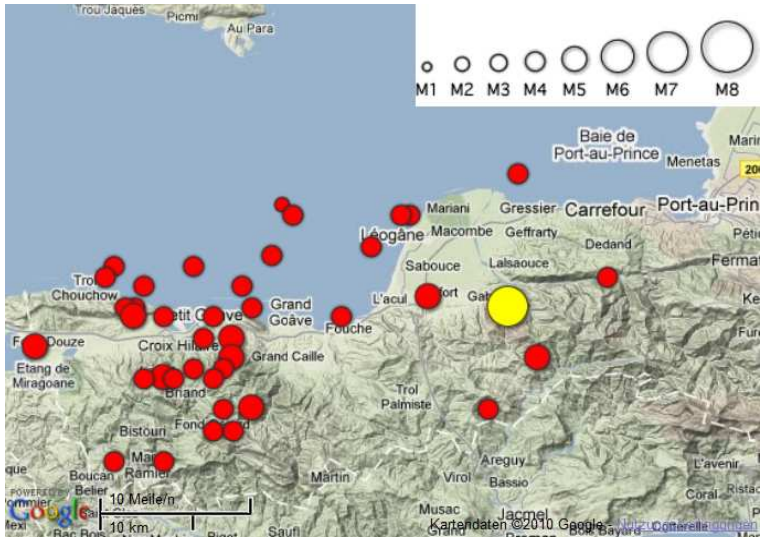


Abb. 28: Karte des Haupt- und der Nachbeben in Haiti (Google Inc., 2010)

5.2.2 Erdbeben in Haiti

Nördlich der Insel Hispaniola treffen die Nordamerikanische und die Karibische Platte zusammen, wobei sich Letztere um etwa 20 mm pro Jahr ostwärts verschiebt. Der Spannungsabbau führte am 12. Jänner 2010 um 16:53 Ortszeit zu einem etwa ein minütigen Erdbeben der Stärke 7,0 nach Richter[73]. Es handelte sich dabei um das schlimmste Beben, das den Inselstaat seit 240 Jahren erschüttert hat.[74] Das Epizentrum lag etwa 20 Kilometer westlich der Hauptstadt Port au Prince[75], das Hypozentrum ca. 13 Kilometer unter der Erde.[76] Bis März wurden 42 Nachbeben bis zu einer Stärke von 5,9 nach Richter registriert, welche vorwiegend westlich des Epizentrums des Hauptbebens auftraten. Auch mindestens zwei Tsunamis mit drei Meter hohen Wellen überfluteten die Küstenregion.[77] Bei den Beben kamen nach Schätzungen der UN Verantwortlichen für Haiti 250.000 bis 300.000 Menschen ums Leben, etwa dieselbe Anzahl wurde verwundet und mehr als eine Million Menschen wurden obdachlos.[78]

Am Tag nach der Katastrophe liefen die internationalen Hilfsmaßnahmen an, welche durch zerstörte Infrastruktur (Straßen, internationaler Hafen, Strom- und Telefonnetze, etc.) wesentlich erschwert wurden. Auch zwei Monate nach der Katastrophe fehlten noch für viele Opfer Notunterkünfte (siehe auch *„emergency shelter gap“* im Anhang A). Sechs Monate nach dem Erdbeben kamen erst zehn Prozent der versprochenen Hilfsgelder an.[79] In den spontan und unkontrolliert gewachsenen Lagern mangelte es meist an Latrinen und Strom. Mit der erwarteten Regenzeit im April und Mai wurde das Auftreten von Krankheiten vorhergesagt.[80] Etwas später als prognostiziert wurden Cholerafälle bekannt, welche weitere Menschenleben forderten.

[73] United States Geological Survey’s, 2010
[74] Käufer, 2010
[75] Tagesschau.de, 2010
[76] United States Geological Survey’s, 2010
[77] Lovett, 2010
[78] Telegraph.co.uk, 2010
[79] Möseneder, 2010
[80] Hengst, 2010

Eine US-Studie ergab, dass die meisten in Haiti errichteten Gebäude nicht einmal einem Beben der Magnitude zwei standgehalten hätten. Zurückzuführen ist das auf die einfachen Baustandards und das Fehlen von Bau- und Erdbebennormen. Gebäude wurden beispielsweise in steilem Gelände ohne entsprechende Fundamente errichtet, es wurden für Erdbebengebiete unzulässige Baupraktiken angewandt, zur Bewehrung wurde ungenügend Stahl herangezogen, und der Städteplanung wurde unzureichend Aufmerksamkeit geschenkt. Gebäude mit geringem Baustandard wurden vorwiegend von der Masse der Armen errichtet, welche mit beschränkt vorhandenen Mitteln ohne formelle Erlaubnis baut.[81]

Eine Auflistung von Erdbeben im karibischen Raum von 1900 bis heute wurde der Arbeit angehängt.

5.2.3 Bauliche Schutzmaßnahmen gegen Erdbeben

Bei einem Erdbeben wird einem Gebäude über das Fundament Energie in Form von Schwingungen zugeführt, die es durch Dämpfung abbauen muss. Wird mehr Energie ins Gebäude eingetragen, als es aufnehmen kann, kommt es zu Schäden. Die Aufgabe der Konstruktion ist es daher, die zugeführten Schwingungen zu verteilen und in andere Energieformen umzuwandeln.[82]

Bereits im Entwurfsstadium sollte in gefährdeten Gebieten auf erdbebengerechte Ausführung geachtet werden und die Zusammenarbeit von Architekt und Statiker beginnen. So erspart man sich später kostenintensive Umplanungsmaßnahmen, sofern diese überhaupt noch möglich sind. Hauptaugenmerk ist auf die Ableitung horizontaler Erdbebenlasten zu werfen. Vertikale Lasten aus Erdbeben können meist problemlos abgetragen werden, da das Tragwerk hierfür erhebliche Sicherheiten aufweist.[83] Aufgrund des geringen Gewichts verhalten sich Holzkonstruktionen im Allgemeinen gut bei Erdbeben, da nur schwache Trägheitskräfte entstehen und die Dämpfung verhältnismäßig groß ist. In Faserrichtung ist es auf Druck, Zug und Biegung gut belastbar, quer zur Faser ist die aufnehmbare Kraft jedoch sehr

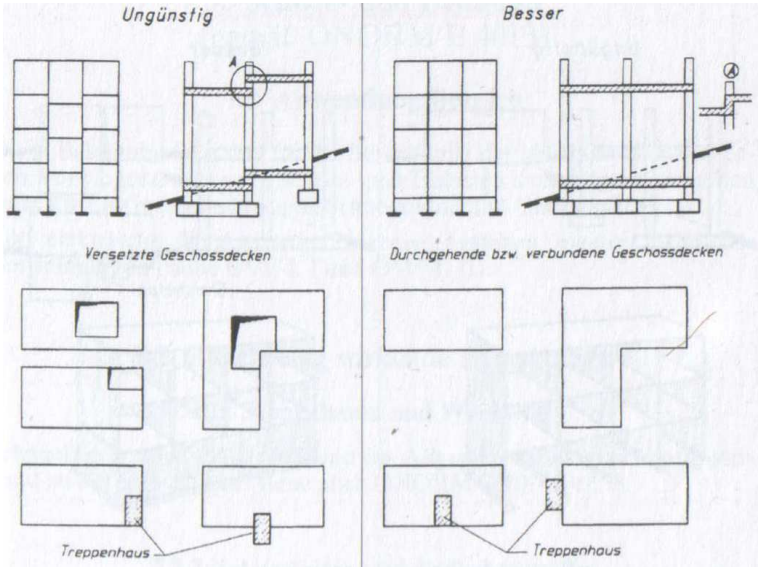


Abb. 29: Gründung und Anordnung von Kernen (Krapfenbauer, 2002)

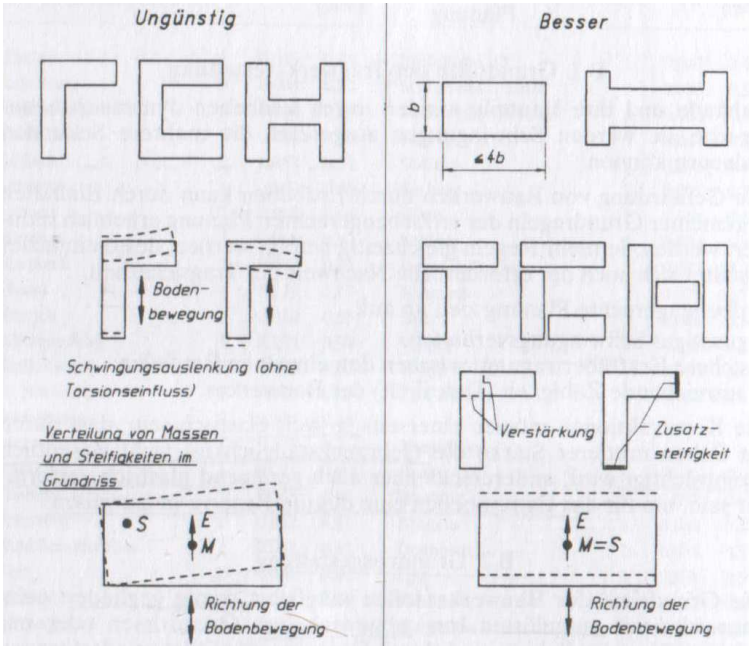


Abb. 30: Grundrissgestaltung (Krapfenbauer, 2002)

[81] Watkins, 2010
[82] Burk, 1998, S. 23
[83] Bachmann, 2002, S. 75

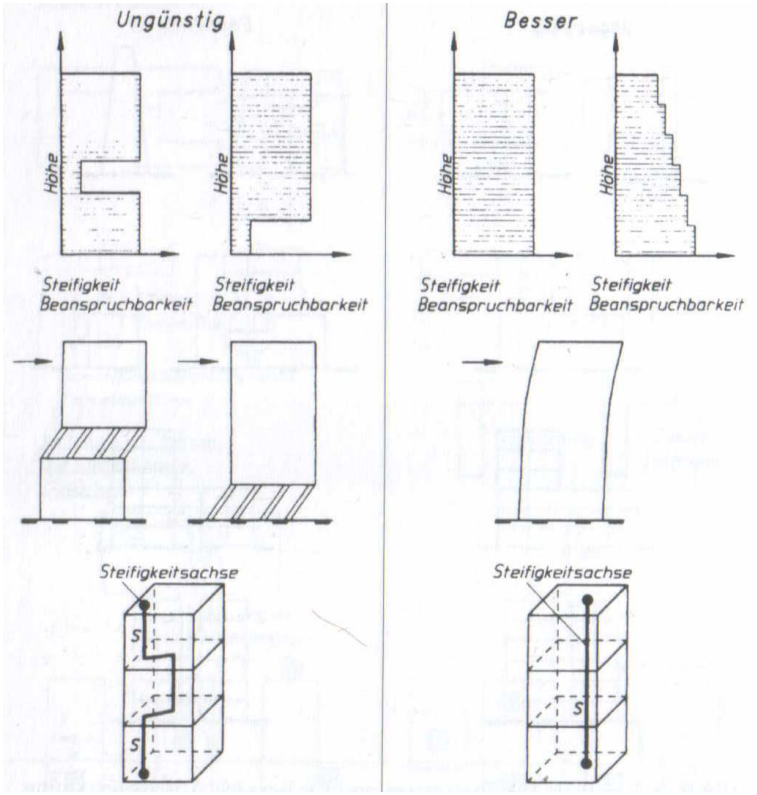


Abb. 31: Steifigkeits- und Massenverteilung im Aufriss (Krapfenbauer, 2002)

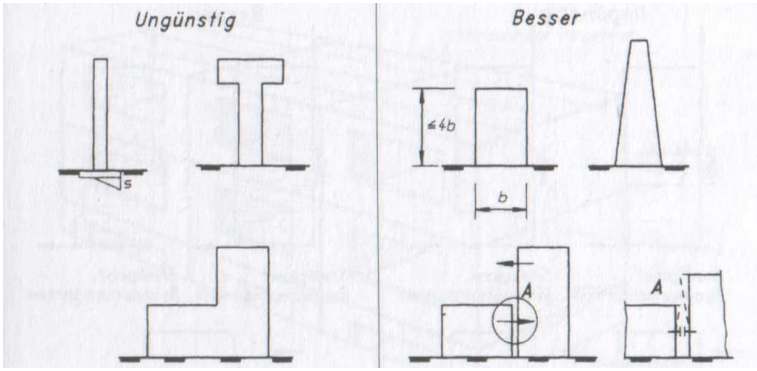


Abb. 32: Aufrissgestaltung (Krapfenbauer, 2002)

gering. Holzträger brechen spröde, daher muss bei Holztragwerken - im Gegensatz zu solchen in Stahlbeton– die ganze Energie in den Verbindungen abgebaut werden.

Die Ursachen der in der Schweiz beobachteten Schäden waren immer dieselben: Mangelnde Gesamtsteifigkeit der Konstruktion, schweres Dach, ungenügende Verankerung in den Fundamenten und Bruch von geschwächten oder überbeanspruchten Bauteilen. Holzverbindungen sind in der Regel halbsteif. Im Falle eines Erdbebens werden sie weich, was zu einer Verformung des Tragwerks und zu Schäden an nicht tragenden Bauteilen führt.[84]

Im Folgenden werden konkrete bauliche Schutzmaßnahmen gegen Erdbeben erläutert. Durch örtliche Fachberatung oder internationale Behörden sollte zunächst die **regionale Gefährdungslage** bestimmt werden.

Der **Baugrund** sollte homogen sein.[85] Es sollte vermieden werden, auf weichen Böden (z.B. Sedimentschichten) zu gründen, da diese die Maximalamplitude und Dauer der Bodenbewegungen aufgrund von Reflexionen erhöhen können.[86] Die **Fundamente** sollten in einheitlicher Tiefe erstellt werden, sowie zug- und druckfeste Verbindungen untereinander aufweisen. Ist dies wie z.B. durch Teilunterkellerung oder Hanglage nicht möglich, sollten die Gebäudeteile durch Arbeitsfugen getrennt werden.[87] Die Fundierungen müssen zusätzliche vertikale Anker an jedem Gebäudeeck und beiderseits von Öffnung aufweisen.[88] Im Entwurf ist angedacht auf gleicher Tiefe zu gründen, die Punktfundamente werden über Holzträger über der Erde zug- und druckfest miteinander verbunden. Weiters wurden vertikale Anker an jeder Gebäudeecke angebracht.

Der **Grundriss** sollte einfach und klar gegliedert sein. Sind L-, H-, oder U-förmige Grundrisse nicht zu vermeiden, müssen an den jeweiligen Bauwerksabschnitten Fugen angeordnet werden. Der Massenschwerpunkt M und der Steifigkeitsmittelpunkt S sollten möglichst dicht

[84] Département des transports, de l'équipement et de l'environnement, 2000, S. 66f
[85] Burk, 1998, S. 23f
[86] Meskouris, Hinzen, Butenweg, & Mistler, 2007, S. 92
[87] Burk, 1998, S. 23f
[88] McDonald, 2003, S. 37

beieinander liegen, um Torsionsschwingungen zu reduzieren. Dies kann durch eine symmetrische Anordnung der Gebäudemassen sowie der Aussteifungselemente erreicht werden.

Im **Aufriss** betrachtet ist es sinnvoll, das Gebäude nach oben zu verjüngen oder identische Stockwerksschichtung zu haben. Auskragungen sollten vermieden werden. Jedes Stockwerk hat die gleiche Steifigkeit aufzuweisen. Weiche Erd- oder Zwischengeschosse sind zu vermeiden. Die tragenden Wände und Stützen sind am besten übereinander angeordnet und weisen keine allzu großen Öffnungen auf.

Wände dienen neben ihrer raumteilenden und lastabtragenden Funktion auch als Aussteifung gegen horizontale Lasten. Sie sollten in den Bauhauptrichtungen in ausreichendem Umfang vorhanden sein, Wandöffnungen sollten 40 % der gesamten Wandfläche nicht überschreiten. Ausfachungswände, welche die Steifigkeit eines Tragwerks erhöhen, sollten ident in allen Geschoßen angeordnet sein.[89] In Japan wurden Versuche unternommen, eine Gitterstruktur aus Holzlatten mit Lehm auszufachen, welcher im Falle eines Erdbebens durch seine Zerstörung Energie abbaut.[90]

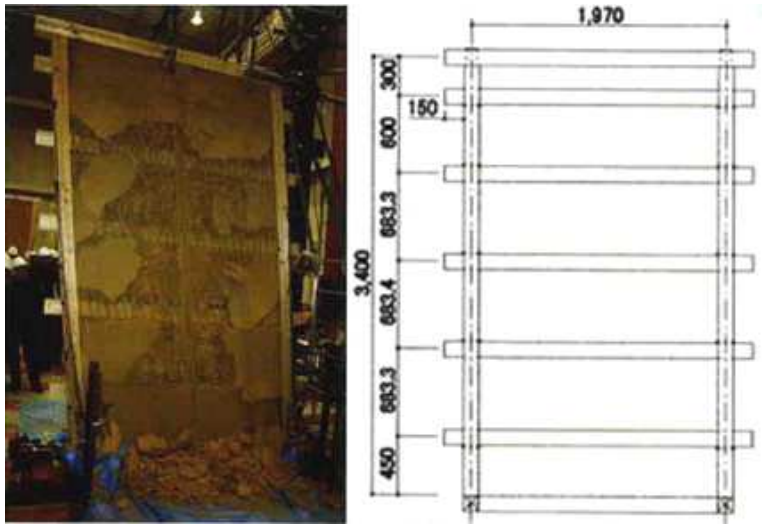


Abb. 33: Versuchsreihe in Japan mit Holzgitterstruktur und Lehmausfachung (Osamu Tsutae Construction, 2008)

Decken, die als Scheibe ausgeführt sind, dienen als horizontales Aussteifungselement und verbinden die lastabtragenden, vertikalen Scheiben. Höhenversetzte Decken, wie bei Splitlevel beispielsweise, oder Durchbrüche z.B. für Stiegen schwächen die Scheibenwirkung. Sind unterschiedliche Geschoßhöhen erforderlich, müssen Trennfugen gesetzt werden, Deckendurchbrüche sollten möglichst klein gehalten und nicht an den Ecken angeordnet werden. Bei der Verwendung von Holzbalkendecken zur Aussteifung müssen diese als Scheibe ausgebildet sein und mit den Ringankern durch Maueranker oder Stahlwinkel fest verbunden sein.[91] Um im Holzbau eine durchgehende Scheibenwirkung der Deckenplatte zu gewährleisten, eignet sich Leim als Verbindungsmittel.[92] Mit Brettsperrholzelementen lassen sich durch Verleimung und Verschraubung ohne hohen Aufwand großflächige Scheiben herstellen.

[89] Burk, 1998, S. 23f
[90] Osamu Tsutae Construction, 2008
[91] Burk, 1998, S. 23f
[92] Département des transports, de l'équipement et de l'environnement, 2000

Bei **Dächern** ist sowohl die Unterkonstruktion (Dachstuhl) als auch die Aufkonstruktion (Dachziegel) zu sichern. Dachstühle müssen in alle Richtungen gut ausgesteift werden. Druckanschlüsse sind immer auch gegen Zug zu sichern. Windrispen sind stärker zu dimensionieren[93] und an jedem Sparren und an der Fußpfette anzuschließen. Fußpfetten müssen fest mit der Geschoßdecke verankert sein. Giebelwände werden durch Querwände ausgesteift, oder mit Stahlbetongurten eingefasst. Dachziegel sollten mittels Sturmklammern und ggf. durch Fangnetze gegen Absturz gesichert werden.

Für **Anbauten** sollten die Gebäudestruktur des Bestandes übernommen und eine Arbeitsfuge vorgesehen werden. **Einzelbauteile** wie Schornsteine, unabhängig gelagerte Balkone oder freihängende Außentreppen müssen gegen Absturz gesichert werden.[94]

Die Stabilität von **Trennwänden** und **Fassadenbauteilen** senkrecht zur Wandebene muss sichergestellt sein, indem sie zum Beispiel an den Rändern gestützt werden. **Aussparungen** müssen einen Rahmen erhalten, wenn eine der Abmessungen 2,50 m übersteigt. Dieser muss mit dem Tragwerk verbunden sein. Teile des **Innenausbaues** sind so mit dem Tragwerk zu verbinden oder in stabiler Form zum Beispiel über Eck anzuordnen, dass sie bei einem Erdbeben nicht einstürzen. Stöße in den **Verteil**- und **Entsorgungsnetzen** müssen flexibel gestaltet werden. Bei Fugen zwischen Gebäudeteilen sind bewegliche Muffen oder Dehnungsbögen vorzusehen.[95]

Für das Verhalten eines Tragwerks im Falle eines Erdbebens sind vor allem sein Tragwiderstand gegen horizontale Kräfte, sowie die Duktilität ausschlaggebend. Je kleiner der Tragwiderstand, desto größer ist die erforderliche Duktilität.[96] Je größer der Tragwiderstand des Tragwerks, desto schwerer muss ein Beben sein, um plastische Verformungen am Tragwerk hervorzurufen. Die Duktilität beschreibt das plastische Verformungsvermögen bei einem bestimmten Tragwiderstand. Je höher die Duktilität, desto schwerer muss ein Erdbeben sein, um das Gebäude zum Einsturz zu bringen. Folglich ist eine gewisse Duktilität erforderlich, um

[93] Burk Peter (1998, S. 26) gibt für Windrispen aus Holz eine Dimension von 14/3 cm an.
[94] Burk, 1998, S. 23f
[95] Département des transports, de l'équipement et de l'environnement, 2000
[96] Bachmann, 2002, S. 61

beim stärksten, in Betracht gezogenen Beben, das Gebäude nicht einstürzen zu lassen. Die Steifigkeit eines Tragwerks gibt Auskunft darüber, wie groß die Verformungen im Erdbebenfall sein werden. Je kleiner, desto geringer sind die Schäden an nicht tragenden Bauteilen (z.B. Zwischenwänden) zu erwarten.[97] Sorgfältig geplanter Stahlbau kann hohe Duktilität aufweisen. Stahlbetonbau besitzt eine begrenzte, Mauerwerksbau praktisch keine Duktilität. Deshalb sollte in erdbebengefährdeten Zonen nur bewehrtes Mauerwerk verwendet werden, was jedoch eine Kostenfrage ist.

Beim Holzbau besitzen die Verbindungsmittel oft eine hohe Verformbarkeit, bevor es zum Bruch kommt. Hier muss ebenso auf eine sorgfältige Planung Wert gelegt werden. [98] *„Brettsperrholzelemente sind massive, sehr steife Bauteile. Jedwede Energiedissipation und Duktilität … entstehen ausschließlich in den Verbindungen.“*[99] Die Firma Binderholz GmbH aus Fügen in Österreich sieht in ihren lediglich 1,25 Meter breiten Wandelementen aus Brettsperrholz im Hinblick auf Erdbebensicherheit den Vorteil, dass die Anzahl an Verbindungsmitteln erhöht wird.[100] Spröde Verbindungen sowie Schwächungen des Holzquerschnitts durch zum Beispiel Versätze, Zapfen und Schwalbenschwanz sind in der Regel zu vermeiden. Von Vorteil sind Verbindungen, welche Energie abbauen und plastische Verformungen aufnehmen, bevor der Bruch im tragenden Bauteil eintritt. Nagelverbindungen weisen die besten Eigenschaften auf, da sie meist in großer Zahl Verwendung finden und die Holzfasern beim Eindringen nur aufspreizen und nicht zerstören. Bolzen- und Passbolzenverbindungen sind nicht besonders steif, sie müssen ohne Spiel ins Holz eingeschlagen werden. Der Durchmesser sollte für lastabtragende Bauteile 16mm nicht überschreiten.[101]

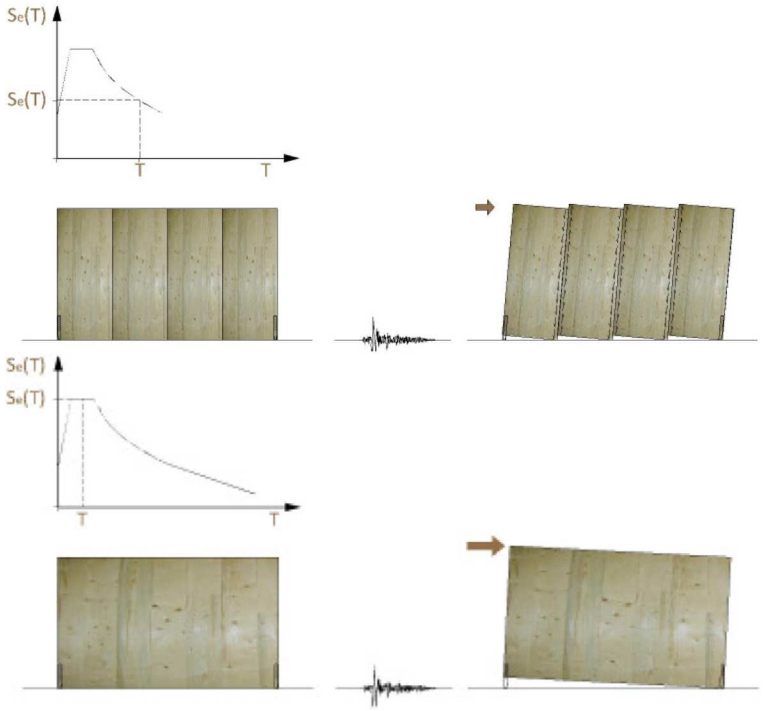


Abb. 34: Schmale und großflächige Wandscheiben im Vergleich (Binderholz Bausysteme GmbH)

[97] Bachmann, 2002, S. 76f
[98] Burk, 1998, S. 27f
[99] Sandhaas, 2006
[100] Binderholz Bausysteme GmbH
[101] Département des transports, de l’équipement et de l’environnement, 2000, S. 66f

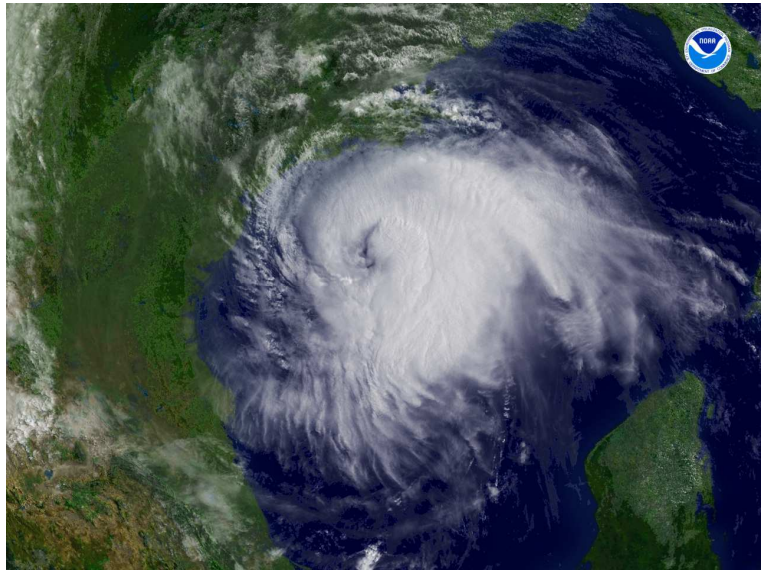


Abb. 35: Wirbelsturm Ike nahe Texas (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2009)

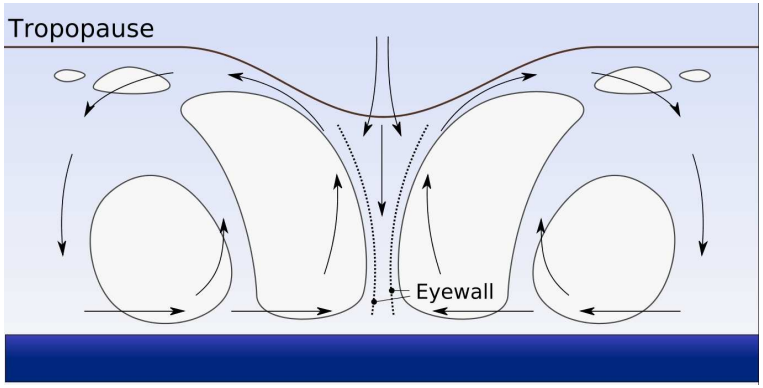


Abb. 36: Strömungsverhältnisse in einem Wirbelsturm (Jutz, 2008)

5.3 Tropischer Wirbelsturm

Stürme stehen an zweiter Stelle der tödlichsten Katastrophen.[102] Gefahren, welche aus Wirbelstürmen entstehen sind Sturmflut, starke Winde mit bis zu 300 km/h[103] und ergiebige Niederschläge[104] bis hin zu Überschwemmungen. Ein Hurrikan bezeichnet einen tropischen Wirbelsturm im Atlantik, Nordpazifik östlich von 180° Länge und im Südpazifik östlich von 160° Ost.

5.3.1 Entstehung und Auswirkung von Tropischen Wirbelstürmen

Die über dem Meer liegende Luft wird durch das verdunstende, warme Wasser befeuchtet und steigt lokal auf, da sie leichter ist als trockene Luft bei gleicher Temperatur und gleichem Druck. Durch den so entstehenden Unterdruck entstehen schwache, lokale Winde, welche von allen Seiten in Richtung Mitte der Thermik fließen, dort aufeinander treffen und aufsteigen. In den oberen kälteren Luftschichten bilden sich Quellwolken, da der Wasserdampf kondensiert. Der immer stärker werdende Aufwind bremst die Niederschläge, bis er sie nicht mehr halten kann. Je wärmer das Wasser ist, desto höher ist die Verdunstung und desto stärker wird das Gewitter. Die Niederschläge bremsen den Aufwind. Wenn das Wasser kühler ist, ist nun oft die Endstufe der Entwicklung erreicht. Beträgt jedoch die Wassertemperatur über 26°C, wird das verdunstete Wasser aufgrund des größeren Druckunterschiedes höher in die Atmosphäre gebracht, wo es wegen des geringeren Umgebungsdruckes horizontal verteilt wird. Einerseits bremst und kühlt der außerhalb des Aufwindes niedergehende Regen die Thermik nicht mehr, andererseits entsteht durch die außen abgehenden Regenfälle eine starke, vertikal ringförmige Luftströmung. Durch die für die Entstehung von Wirbelstürmen unabdingbare Corioliskraft[105] beginnen sich die auf das Zentrum zuströmenden Luftmassen um eine vertikale Achse zu drehen. Die Änderung seiner Position ist mit der Suche nach trockener Luft und frischem, warmen Wasser begründet. Über Festland schwächt er sich ab, da

[102] Sittig, 2010
[103] Burk, 1998, S. 33
[104] Wikipedia, 2010
[105] Die Corioliskraft ist eine Trägheitskraft, die auf jeden Körper wirkt, der sich in einem rotierenden Bezugssystem bewegt. (Wikipedia , 2010) So werden Luftströmungen aus Norden und Süden durch die Coriolisbeschleunigung gekrümmt. (Daudrich, 2007, S. 79)

hier weniger feuchte Luft aufsteigen kann.[106] Die Windgeschwindigkeiten und Auswirkungen auf die Umwelt wurden in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 5: Saffir-Simpson Hurrikan Skala (National Hurricane Center, 2010)

Kategorie	Wind [km/h]	Auswirkungen
1	119 - 153	Umherfliegende Gegenstände gefährden Menschen. Temporäre Gebäude wie z.B. Wohnwägen, die nicht im Boden verankert sind, können Schaden nehmen. Teilweise Dachabdeckungen möglich. Große Äste können brechen.
2	154 - 177	Hohes Risiko für temporäre Bauten, durch umherfliegende Trümmer zerstört zu werden. Ein bedeutender Anteil an Dächern und Wänden beschädigt. Unbewehrte Ziegelwände können kollabieren. Flachwurzelnde Bäume können ausgerissen werden.
3	178 - 209	Temporäre Gebäude werden zerstört, ebenso leichtere Bauwerke in Küstennähe. Ein hoher Prozentsatz an Dächern und Wänden kommt zu Schaden. Der Wind drückt Fenster ein, viele Bäume werden entwurzelt.
4	210 - 249	Dürftig errichtete, permanente Gebäude können zerstört werden. Ein hoher Anteil von Obergeschoßen wird beschädigt. Ältere Gebäude mit Stahlrahmen können kollabieren. Hoher Anteil an zerstörten, nicht bewehrten Ziegelbauten. Die meisten Bäume werden entwurzelt.
5	> 250	Signifikante Zerstörung von Holzdächern wegen Verlust der Schalung. Kollaps vieler, alter Gebäude aus Stahl. Ein großer Prozentsatz an Appartementhäusern wird zerstört.

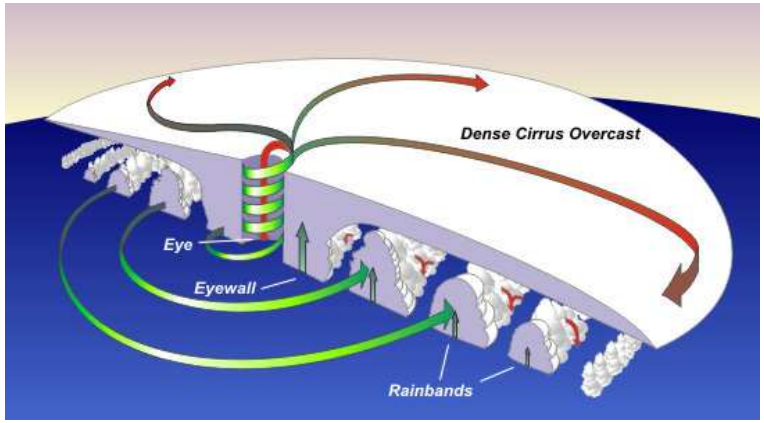


Abb. 37: Querschnitt eines tropischen Wirbelsturms (Jutz, 2008)

5.3.2 Wirbelstürme im karibischen Raum

Die offizielle Wirbelsturmsaison im Atlantischen Ozean, in der Karibischen See und im Golf von Mexiko dauert von ersten Juni bis 30. November. Die meisten Wirbelstürme treten jedoch von Mitte August bis Ende Oktober auf.[107] Im Abstand von etwa vier Jahren treffen Haiti verehrende Wirbelstürme, zuletzt im November 2010, als der Wirbelsturm Tomas Haitis westliches Ende streifte. Überflutungen und starke Winde beschädigten die noch provisori-

Abb. 38: Wirbelstürme der Kategorie 1 oder höher nach Saffir Simpson im Nordatlantik und Ostpazifik von 1851 bis 2008 (Gibney, 2008)

[106] Daudrich, 2007, S. 71f
[107] National Hurricane Center

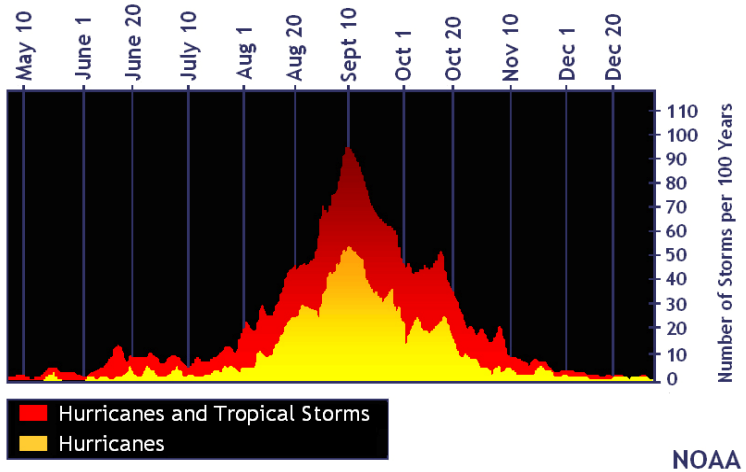


Abb. 39: Anzahl der Stürme im Atlantik, in der Karibik und im Golf von Mexiko in hundert Jahren (National Hurricane Center)

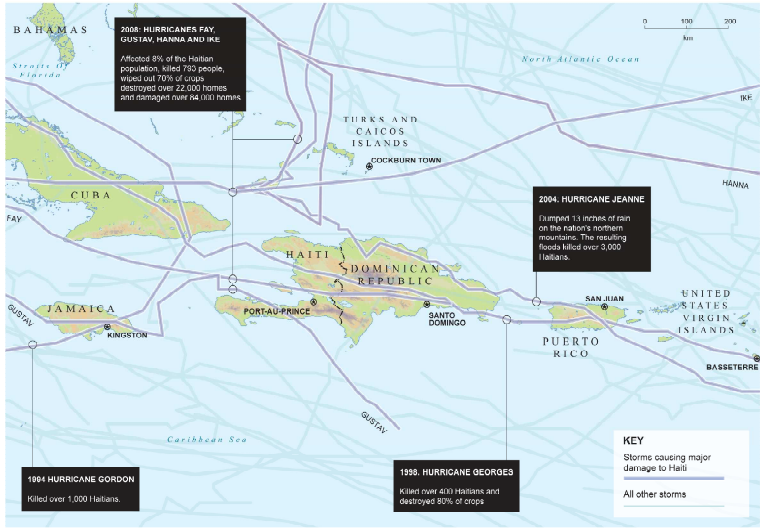


Abb. 40: Wege von tropischen Wirbelstürmen und Auswirkungen auf Haiti von 1994 bis 2010 (Reliefweb, 2010)

schen Unterkünfte der Einwohner stark, zudem konnte sich die Cholera weiter ausbreiten. Weitere Opferzahlen und Auswirkungen der Wirbelstürme seit 1994 auf Haiti sind in Abb. 40 zusammengefasst.

5.3.3 Bauliche Schutzmaßnahmen gegen Tropische Wirbelstürme[108]

Durch nationale oder internationale Einrichtungen sowie lokale Fachleute muss vor Errichtung eines Gebäudes die **regionale Gefährdungslage** in Erfahrung gebracht werden. Die Lage an großen Gewässern und in Küstennähe soll vermieden werden, da mit Wirbelstürmen oft Überschwemmungen einhergehen. Auch in ungeschützten Hochlagen soll nicht gebaut werden.

Das Gebäude muss fest und kraftschlüssig mit den stabilen **Fundamenten**, welche sich nach Möglichkeit nach unten hin verbreitern, verbunden werden. Der **Grundriss** sollte, ähnlich wie für erdbebensicheres Bauen, klar und regelmäßig gegliedert sein.

Es ist von Vorteil, wenn auch der **Aufriss** eine klare Gliederung aufweist, Auskragungen und Asymmetrien sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Des Weiteren soll von großen Öffnungen, wie Tordurchgänge im Erdgeschoß oder großflächige Fassadenöffnungen abgesehen werden, da hier, ähnlich Sogwirkung, eine Vervielfachung der Kräfte entsteht.

Aufgrund der hohen Druck- und Zugbelastungen sowie umherfliegender Gegenstände wären massive Stahlbeton**wände** der beste Schutz. Diese sind jedoch in vielen Ländern wegen der Materialknappheit, des fehlenden Knowhows und der Kosten nicht zu verwirklichen. Bei Verwendung von Holzriegelwänden ist auf eine stabile und kraftschlüssige Verbindung mit dem Fundament (z.B. durch Stahlfüße, die mit den Rahmen bis weit nach oben verbunden sind) zu achten. Die Holzrahmen sollten eine Diagonalaussteifung besitzen und untereinander z.B. durch Stahlplatten verbunden sein.

Decken müssen wiederum als steife Scheibe mit möglichst wenigen Durchbrüchen ausgeführt und mit den tragenden Wänden unmittelbar und kraftschlüssig verbunden werden.

[108] Burk, 1998, S. 33f

Starke Winde beschädigen **Dächer** vor allem aufgrund der hohen Sogwirkung auf der windabgewandten Seite. Deshalb sollten Dachneigungen über 30° gewählt werden, um den Negativdruck zu reduzieren. Dachunter- und Dachaufkonstruktion sind, ähnlich dem Lastfall Erdbeben, gut gegen Windkräfte zu sichern. Allzu große Dachüberstände sollten vermieden werden.

Außendetails wie etwa Geländer, Schornsteine, Regenrinnen oder Fensterläden etc. müssen ausreichend dimensioniert und fixiert werden, das sie sonst zu gefährlichen Geschoßen werden können.

Anbauten sollten sich homogen an den Bestand fügen, um die zusätzlichen Angriffsflächen zu minimieren. Zudem wird vor großflächigen Durchbrüchen abgeraten, da diese den Bestand schwächen, was durch den Neubau meist nicht abgefangen wird.

Abb. 41: Gewachsene Zeltstadt in Port au Prince (Loomis, 2010)

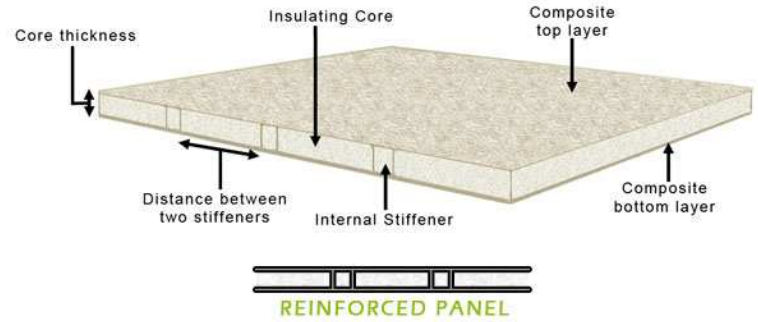


Abb. 42: Glasfaser-beschichtete Dämmstoffplatte (InnoVida Holdings, 2010)

6 REALISIERUNGSBEISPIELE von NOTUNTERKÜNFTEN in HAITI

Folgendes Kapitel soll Aufschluss darüber geben, welche Wiederaufbaumaßnahmen in Haiti nach dem Erdbeben tatsächlich ergriffen wurden. Beispielhaft werden einige realisierte Projekte herausgegriffen und erläutert.

6.1 Not- und Behelfsunterkünfte

In Haiti reicht die Bandbreite von Behelfsunterkünften von Zelten, über Plastikplanen, bis hin zu Tool Kits. Der Großteil der in Haiti verteilten Zelte blieb nicht wasserdicht und benötigte zusätzliche Planen. Viele hatten eine erwartete Lebensdauer von sechs Monaten. Plastikplanen erwiesen sich bei guter Qualität als Regenschutz als sehr brauchbar. Der Zugang zu Bauholz, um Unterkünfte zu errichten erwies sich als limitierender Faktor. Holzstangen konnten oft lokal bezogen werden, was sich in einer Verdopplung des Holzpreises zeigte.[109] In nebenstehender Abbildung ist eine typische Zeltstadt abgebildet. Im Anhang A wurden die gesamt benötigten und noch fehlenden Notunterkünfte im Katastrophengebiet dreieinhalb Monate nach dem Unglück aufgelistet.

6.2 Interims- und dauerhafte Bauten

Im Juni 2010 waren in Haiti lediglich 2.071 von 125.105 Interimsbauten fertiggestellt. Neun Monate nach dem Erdbeben belief sich die Zahl auf 17.389 von 132.804 Einheiten, was nur 13 % der der geplanten Unterkünfte entspricht.[110] Die Errichtung dieser wird bis 2011 dauern.[111] Im Anhang A können die geplanten Interimsbauten im Katastrophengebiet gefunden werden. (Stand: 7. Juni und 12. Oktober 2010)

InnoVida, eine Firma aus Miami, produziert modulare Gebäude aus Glasfaser-Verbundplatten. Die Glasfaser-beschichtete Dämmstoffplatte kann für beinahe sämtliche Bauteile in einem Gebäude eingesetzt werden.[112] Vorteile werden im geringen Gewicht, der raschen und einfachen Montage der vorgefertigten Elemente und der hohen Funktionalität

[109] Ashmore, 2010
[110] Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster, 2010
[111] Ashmore, 2010
[112] InnoVida Holdings, 2010

der Paneele gesehen (Lastabtragung, Wasserdichtheit und Wärmedämmung). Nachteile bestehen gewiss hinsichtlich Ökologie im Bezug auf das Element selbst und der Klebeverbindung untereinander. Ein weiteres System ist das „*Innotent*“, ein „Zelt aus der Box“, welches die Glasfaser-Verbundplatten für den aufgeständerten Boden, zwei Wände und das Satteldach verwenden. An den Giebelseiten, welche durch Planen geschlossen werden, stabilisieren Stahlstreben die Konstruktion.[113] InnoVida gab bekannt, 1.000 Unterkünfte für die Überlebenden zu spenden und eine Produktionsstätte in Haiti zu errichten, deren Kapazität für 10.000 Gebäude pro Jahr ausgelegt ist.[114]

Die haitianische Firma **PermaShelter S.A.**, eine Tochtergesellschaft von Harbor Homes LLC mit Sitz in Georgia, USA, errichtete ein Werk auf der Haiti vorgelagerten Insel la Gonave, um die Nachfrage nach *Transitional Shelters* am heimischen Markt und in der Karibik zu decken. Sie bieten Strukturen in Stahl und Stahlblech an, welche rasch und einfach montiert werden können. Die für Haiti geplante Unterkunft sah einen Container vor (ca. 5,5 x 2,3 Meter), welcher an den Stirnenden zwei Doppelbetten oder Stauraum beherbergt. Im zentralen Bereich befinden sich ein Waschbecken, eine Toilette, sowie zu jeder Seite eine Eingangstür. Die Box kann mit einem Sprinklersystem auf dem Dach zur Kühlung, zwei Akkus gespeist von Photovoltaikpaneelen, einem Regenwassertank, einer Pumpe mit UV-Sterilisation etc. komplettiert werden.[115]

Eine weitere Methode des Wiederaufbaus wird von **Earthback Building** betrieben. Polypropylensäcke werden mit lokalen Materialien gefüllt und zu einer Mauer und einem Gebäude gestapelt. Die meist mit Zement angereicherte Füllung kann von Erdreich, über Perlite bis hin zu Reishülsen reichen. Aussparungen in der Wand werden ähnlich dem Stahlbetonbau erstellt. Die Bewehrung kann über Stahleinlagen erfolgen, welche mit dem auf der obersten Reihe von Säcken aufgebrachten Ringanker verbunden werden. Da die Lebensdauer der Sä-

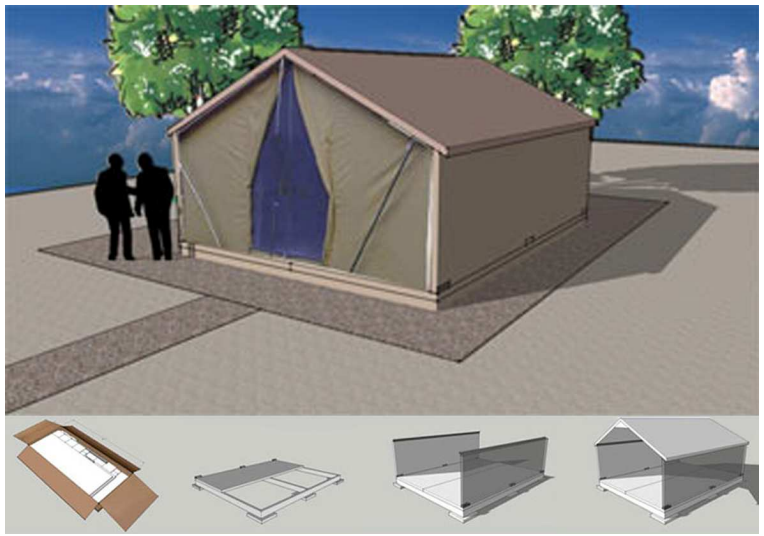


Abb. 43: „Gebäude aus der Box“ (InnoVida Holdings, 2010)

Abb. 44: Elementbauweise in Stahlblech (PermaShelter S.A., 2010)

[113] InnoVida Holdings, 2010
[114] Arieff, 2010
[115] PermaShelter S.A., 2010

Abb. 45: Wandkonstruktion mit Fensteraussparung mit Polypropylensäcken (Hart, 2010)

cke bei UV-Einstrahlung reduziert wird, wäre vorteilhaft, die Wand mit einem Putz zu versehen.[116]

Richard Moreta verfolgt mit seiner Initiative **Green Container International Aid** das Ziel, an Überlebende von Katastrophen Notunterkünfte zur Verfügung zu stellen, welche dank einer langfristigen Planung zu dauerhaften Gebäuden umstrukturiert werden können. Dies reicht von Holz-, über Stahlbeton-, bis hin zu Containerbauten. Bei Letzteren wird durch Aufklappen der Containerwände die überdachte Fläche maximiert. In der Wiederaufbauphase können Container zusammengeschlossen und als Unterkünfte auf dem Land oder in urbanen Gegenden dienen. Die Modifikationen sollen mit Hilfe lokaler Arbeitskräfte erfolgen.[117]

Abb. 46: Verputzte Wand aus Polypropylensäcken (Hart, 2010)

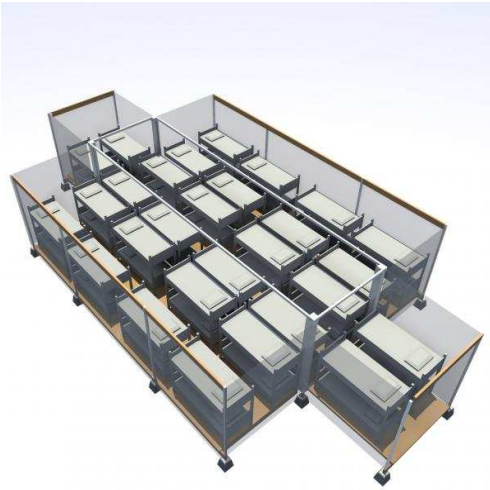


Abb. 47: Container als Emergency Shelter (Moreta, 2010)

Abb. 48: Prototyp von Wohneinheiten aus Containern (Moreta, 2010)

[116] Hart, 2010
[117] Moreta, 2010

Caritas Österreich möchte für 500 Familien bis Juni 2012 stabile Holzhäuser errichtet haben. Ein Wiener Architekt, der die Caritas bei den Bauarbeiten berät, erklärt, dass der Basistyp mit rund 19 Quadratmetern für vier bis fünf Personen gedacht ist und das Gebäude in nebenstehender Abbildung mit Anbau und Vordach bis zu acht Personen beherbergen kann. [118]

Abb. 49: Rohbau eines Hilfsprojektes der Caritas Österreich in Haiti für bis zu acht Personen (Caritas Österreich, 2010)

[118] Caritas Österreich, 2010

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei der Erarbeitung der einzelnen Abschnitte der vorangegangenen Theorie kristallisierten sich einige Kernaufgaben heraus, die das Bauwerk erfüllen muss:

Die Lage in den äußeren Tropen, die sich durch hygrische Jahreszeiten kennzeichnen, erfordert ein Bauen mit der Sonne sowie eine Rücksichtnahme auf den erhöhten Niederschlag. Diesen Gegebenheiten soll im Entwurf durch natürliche Ventilation als wichtigstes Prinzip im Tropenbau sowie einen entsprechenden Regenschutz Rechnung getragen werden.

Die Insel Hispaniola wird relativ häufig von Naturkatastrophen heimgesucht, da sie im Einzugsgebiet von Wirbelstürmen und zwischen zwei tektonischen Platten liegt. Das erdbeben- und wirbelsturmgerechte Bauen legt Leitprinzipien wie konstruktive Einfachheit, Regelmäßigkeit und Symmetrie nahe, durch die eine klare und kurze Weiterleitung der entstehenden Kräfte ermöglicht wird. Brettsperrholz als Baumaterial erweist sich aufgrund des geringen Gewichts und dennoch massiven Bauweise als besonders günstig.

Ebenso legt die wirtschaftliche Situation eines Großteils der haitianischen Bevölkerung eine schlichte Bauweise nahe, da beinahe zwei Drittel unter der absoluten Armutsgrenze leben. Anzunehmen ist, dass zusätzliche Gebäudeteile teilweise abmontiert und verkauft werden und der Neid von nicht begünstigten Überlebenden bereits bei einer Sparvariante des Modulsystems groß sein wird. Diese Tatsachen vertragen sich nicht mit spektakulären Gebäuden, aufwendigen Konstruktionen und einer komplizierten Statik.

Zudem darf die entstehende Struktur nicht als Fremdkörper für die einheimische Bevölkerung wirken, was durch die Anwendung üblicher Grundrisse, die Mitarbeit der Überlebenden beim Wiederaufbau und die Einarbeitung lokaler Materialien vermieden wird.

Des Weiteren muss das Bauwerk nach der Funktion als Notunterkunft durch Umbau-, Abbau- und Erweiterungsmaßnahmen einer dauerhaften und endgültigen Verwendung zugeführt werden können.

8 ENTWURF eines MODULSYSTEMS in LEICHTBAUWEISE

Grundlegender Gedanke des Entwurfs ist es, eine sichere Tragkonstruktion zu schaffen, welche die Überlebenden nach kurzer einführender Unterweisung in der Lage sind, selbständig zu errichten und im Laufe der Zeit mit eigenen lokalen Mitteln auszubauen. Der Begriff „sicher“ bezieht sich hierbei auf erdbeben- und wirbelsturmsicheres sowie auf Tropenklima gerechtes Bauen. Die Schlichtheit der Konstruktion ermöglicht die einfache Vermittlung des Bausystems und erlaubt auch dem Laien ein Mitwirken beim Montageprozess. Das Bausystem wird im Folgenden beispielhaft für den Einsatz in Haiti durchgedacht, soll jedoch auch nach Naturkatastrophen in anderen, vorwiegend tropischen und subtropischen Regionen der Erde Anwendung finden.

Initialidee war es, in beiden Gebäudehauptrichtungen Rahmen aus einfachen Elementen herzustellen, welche die Lastabtragung bewerkstelligen und den Rest der Wandfläche durch in der Region übliche Baumaterialien zu schließen. Die Reduktion der Wandscheibe zu einem in der Ansicht beinahe dreiecksförmigen Bauteil hat zum einen statische (siehe 8.2.4.1 Statische Bemessung und Erdbebensicherheit) und zum anderen ökonomische Gründe. Ein an den Gebäudeecken eingelegter Zugstab sichert die Struktur bis zum Dachtragwerk gegen abhebende Lasten. Zur Herstellung eines lastabtragenden Rahmens wird ein Riegel an die Stützen angeschlossen, auf welchem die vorgefertigten Deckenelemente liegen. Der Aufbau soll bis zu zwei Geschoße erlauben, den Abschluss bildet ein Dach, das möglichst aus lokalen Materialien aufgebaut wird. „Sonderbauteile“ für Erschließung und Installationen sollen als externe Elemente angeschlossen werden. Das Bausystem ermöglicht eine Umnutzung, Aufstockung, oder Erweiterung, einen Rückbau und anschließenden Wiederaufbau. Die Materialien für einen Ausbau werden in einem separaten Container in zeitlicher Entfernung geliefert, oder von Hilfsorganisationen oder Überlebenden vor Ort selbst organisiert.

Der noch mit Gewebeplanen umschlossene Rohbau soll zunächst vorwiegend als Notunterkunft für Überlebende dienen, bei Bedarf auch als Büro für NGO‘s oder medizinisches Zentrum. Nach einer anfänglichen Nutzung soll das Bauwerk in seine Elemente zerlegt und zu einem dauerhaft nutzbaren Gebäude in urbaner Lage wieder zusammen gesetzt werden.

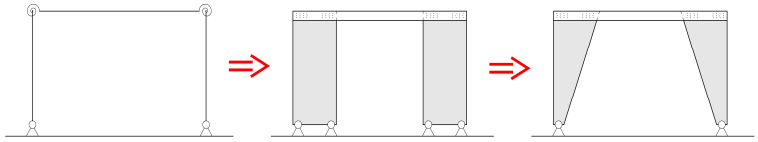


Abb. 50: Schemadarstellung und Entwicklung des Rahmens

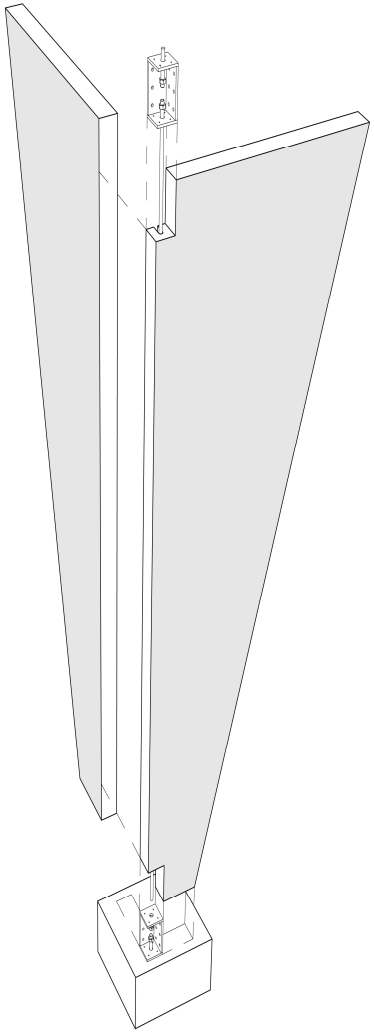


Abb. 51: Wandscheiben mit Zugstab am Eck

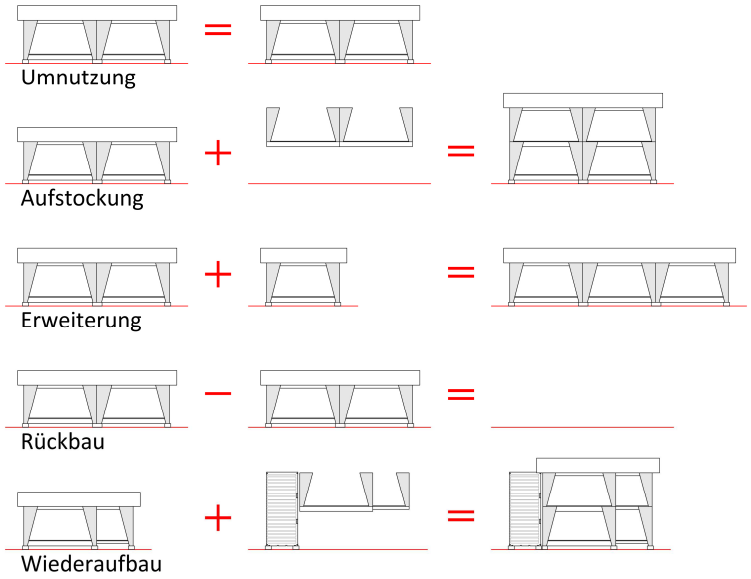


Abb. 52: Umnutzungs-, Umbau und Erweiterungsvarianten des modularen Bausystems

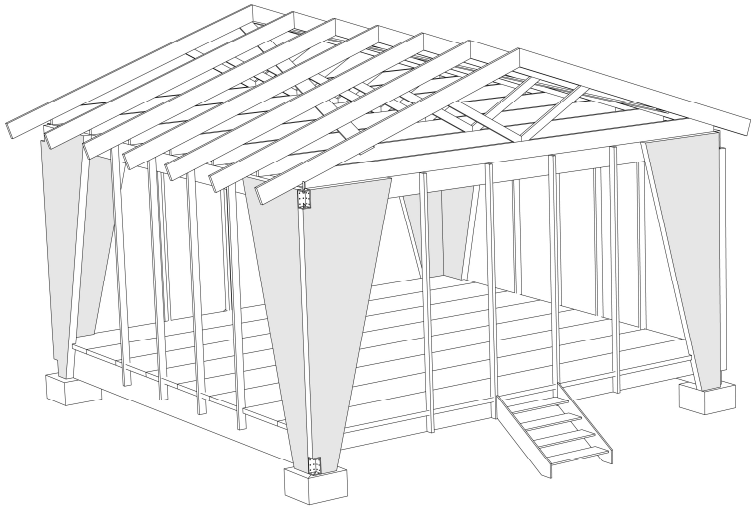


Abb. 53: Tragstruktur des Gebäudegrundmoduls von 6x6 Meter

Vorverträge mit Brettsperrholz- und Leimbinder-Erzeugern ermöglichen den Produktionsbeginn am Tag nach dem Ausbruch der Katastrophe. Nach einer veranschlagten vier wöchigen Produktion soll der Rohbausatz spätestens acht Wochen nach dem Unglück im Katastrophengebiet eintreffen. Während dieser Zeit ergreifen Aufbaumannschaften vor Ort die nötigen Maßnahmen, damit der Container bei seiner Ankunft rasch entladen und mit dem Aufbau begonnen werden kann. Dazu zählen die Kontaktaufnahme mit der lokalen Einsatzleitung oder NGO's vor Ort, die Suche und Schulung von Hilfskräften, und geht bis hin zur Vorbereitung des Baugrundes (Säuberung, Fundierung). In dieser Zeit können bereits, sofern verfügbar, Bauteile wie Wandelemente aus Palmengeflecht, für den Ausbau hergestellt werden. Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf ist ein funktionierender Notfallplan.

Lokal ansässige Architekten, Ingenieure oder auch Bildungseinrichtungen (zum Beispiel lokale Universitäten) könnten das Bausystem heranziehen, um in der Wiederaufbauphase weitere Einrichtungen (Schulen, Veranstaltungsräume, Wohnungen oder medizinische Zentren) fertig zu stellen.

Angedacht wurde auch, das Bausystem auf einer Open Source Plattform im Internet zu publizieren. Wertvolle Feedbacks und Erfahrungsberichte von Organisationen könnten helfen, das System zu verbessern oder für andere Klimata und Bedürfnisse zu adaptieren. *Open Architecture Network* beispielsweise ist eine *online open source community*, welche versucht, Lebensbedingungen durch innovatives und nachhaltiges Design zu verbessern.[119]

Aufgrund des hohen Wertes des modularen Bausatzes im Vergleich zum geringen Einkommen ärmerer haitianischer Familien ist sie Auswahl der zukünftigen Eigentümer schwierig. Der Großteil der modularen Bausysteme soll in kleinen Gruppen auf Grundstücken im Eigentum von Familien errichtet werden. Der Vorzug soll Familien gegeben werden, welche ein zerstörtes oder irreparables Zuhause haben. Die Wartung und langfristige Übergabe muss mit lokalen Autoritäten abgeklärt werden.

[119] Architecture for Humanity, 2010

8.1 Modulelemente als Frachtcontainer

Im Zuge dieser Arbeit wurde untersucht, ob sich die im Katastrophengebiet verwendeten Module nach deren Produktion im Werk zu einem handelsüblichen, zugelassenen ISO-Container von 20 Fuß zusammenfügen lassen. Der größte Vorteil läge darin, dass auf der Baustelle keine „Verpackungsreste“ anfallen würden. Das bedeutet, dass der Container nach seinem einmaligen Einsatz als Hülle auf der Baustelle vollständig zerlegt vom Lastwagen von Hand abgeladen und für Gebäudestrukturen verwendet werden könnte. Anderenfalls müsste der Leercontainer anderweitig Verwendung finden oder zum Ankunftshafen zurücktransportiert und wieder verschifft werden. Dies würde wahrscheinlich in leerem Zustand erfolgen.

Ausgehend von den Außenmaßen eines 20 Fuß Containers (6,058 x 2,438 x 2,591 m) wurden die zur Manipulation und Krafteinleitung notwendigen acht Eckbeschläge (Corner Castings) als vorausgesetzt angenommen und Wandaufbau des Containers sowie Schlichtung und Stapelung der Elemente im Inneren konzeptuell durchdacht.

Abb. 54: Standard ISO Corner Casting am unteren Container

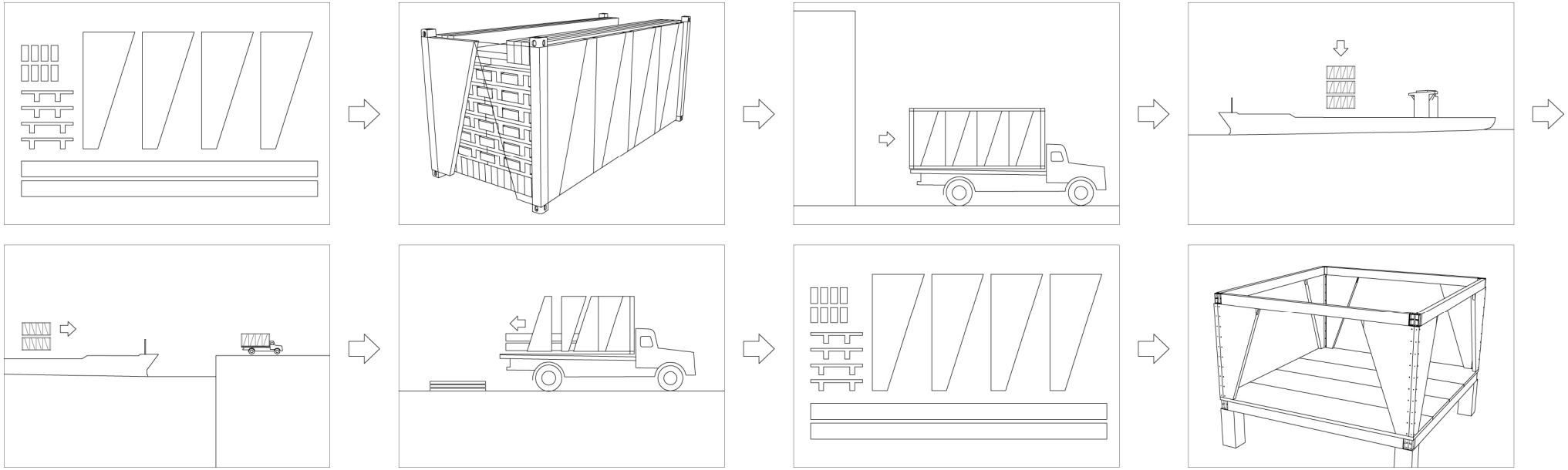


Abb. 55: Mögliche Lieferkette ohne “Verpackungsreste” bei Containereigenbau

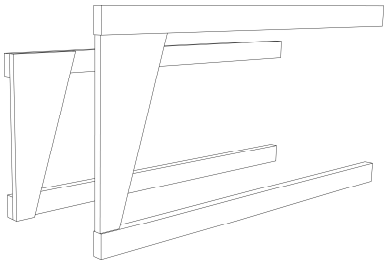


Abb. 56: Möglicher Gewinn an Raumhöhe durch Anordnung der Träger über und unter den Brettsperrholzstützen

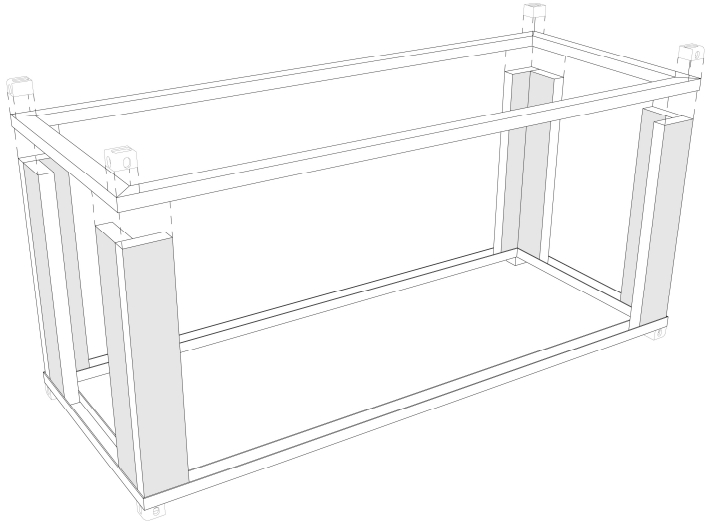


Abb. 57: Holzcontainer mit lastverteilenden Profilen

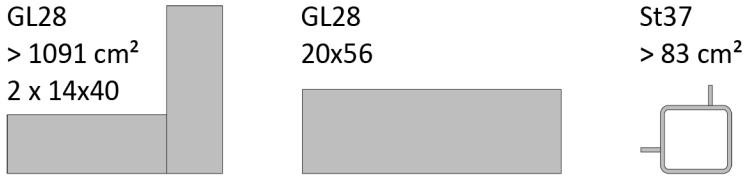


Abb. 58: Querschnitt der Holz- und Stahlstützen für den Containeraufbau im Vergleich

Eine weitere Herausforderung stellte die gewünschte Raumhöhe der errichteten Modulbauten im Vergleich zur verfügbaren Containerhöhe dar. Bei der Verwendung als Container empfiehlt sich für die Lastabtragung eine vertikale Anordnung der Wandelemente. Die Träger werden hier seitlich an den Wandelementen befestigt. Auf der Baustelle hingegen würden die Träger auf bzw. unter den Wandelementen sitzen, was bei einem angenommenen Fußbodenaufbau über dem Deckenelement von 10 cm eine Raumhöhe von 2,41 m ergibt.

Rein bautechnisch funktioniert die Wandlung vom Großraumbehälter zum Gebäude. Für den Containerverkehr im See-, Straßen- und Schienenverkehr gibt es jedoch eine Reihe von Auflagen. Container müssen für den internationalen Transport eine CSC-Zulassung[120] besitzen, welche nachweist, dass der Großraumbehälter gewissen Belastungen standhält. Dazu zählen das Heben an den oberen und unteren Ecken, Längs- und Querverwindung, Stapelfähigkeit, Flächenbelastung des Bodens und des Daches, sowie der Stirn- und Seitenwände.[121]

Bezüglich Stapelfähigkeit gibt das Containerhandbuch an, dass „*alle Versandstücke* (Container) *… so beschaffen sein* (müssen)*, dass sie … die doppelte Masse der darüber gestauten Ladungen aufnehmen können.*“[122] Zehn gestapelte 20 Fuß Stahlcontainer mit 24 Tonnen Volllast ergeben 120 Tonnen an jeder Eckstütze. Für die Lastabtragung durch eine Brettschichtholzstütze der Festigkeitsklasse GL28 würde ein Querschnitt von 1091 cm² benötigt werden. Mögliche Stützenabmessungen wären zum Beispiel 20 x 56 cm, oder 2 Stützen über Eck mit 14 x 40 cm. Es wurde angenommen, dass die Stütze durch die Wandelemente des Containers gegen Knicken gesichert sind. Lastverteilende U-Profile über und unter den Stützen könnten einen Art Containerrahmen bilden. Diese Sonderbauteile erwiesen sich als schwierig in das Modulsystem zu integrieren. Gründe hierfür sind vor allem die geringe Höhe der Eckstützen von ca. 2,3 m, was sie für die Verwendung in Gebäuden unbrauchbar macht, aber auch die für den Bau untypischen U-Profile. Der Querschnitt einer Stahlstütze (St 37) müsste lediglich 83 cm² betragen, was durch ein rechteckiges Stahlhohlprofil (Wandstärke 1 cm) in der Dimension der Corner Castings (17,8 x 16,2 cm) und zwei Laschen für die Befestigung der Tra-

[120] International Convention for Safe Containers
[121] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2010
[122] ebda

pezbleche erreicht würde. Statt des Eigenbaurahmens mit Holzstützen wurde ein Grundrahmen eines Containers, welcher für den Transport mit modularen Bauelementen fertiggestellt wird, als sinnvoller erachtet. Dieser erwies sich für den Einsatz im Katastrophengebiet jedoch als nicht geeignet. Auch der Transport auf Flat-Racks und Plattformen würde mehr Nachteile bringen, als jener in einem geschlossenen Container. Sonderkonditionen wie eine Vorgabe des Stauplatzes an oberster Stelle im Containerstapel oder an Deck werden laut Containerhandbuch und einer Mitarbeiterin im Verkauf der Hapag Lloyd Austria GmbH nicht akzeptiert.[123] Nebenstehend können weitere Belastungen beim Transport mit verschiedenen Verkehrsmitteln gefunden werden. Bei weltweiten Fahrten sollte man prinzipiell mit der doppelten Last (entspricht 1 g) in der Vertikalen und 80 % Lasterhöhung (0,8 g) in der Horizontalen rechnen.[124]

Das Heben eines Containers unter Volllast an den oberen Eckbeschlägen würde mit zwei Gewindestangen mit Durchmesser 20 mm an jeder Ecke rein rechnerisch möglich sein. Um diesen Querschnitt zu reduzieren, könnte man das Holz zur Lastübertragung heranziehen.

Abb. 61 zeigt die erforderlichen Werte für die Längs- und Querverwindungsprüfung. Dabei variieren jene in Längsrichtung je nach prüfender Anstalt. Um diese zu erreichen, wären großflächige Bauteile in der Wand günstig, was wiederum die Manipulation auf der Baustelle erschwert.

Das Abdichten des Containers könnte mit sich überlappenden Blechen, welche auf der Baustelle weiter Verwendung finden, oder durch Einschweißen des gesamten Containers erfolgen. *„Gleichgültig aus welchem Material ein Boxcontainer gefertigt ist, er muss spritzwasserdicht sein.“*[125]

[123] Felber, 2010
[124] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2010
[125] ebda

Abb. 59: Containerbauarten Flat-Racks und Plattform mit klappbarer Stirnwand (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2010)

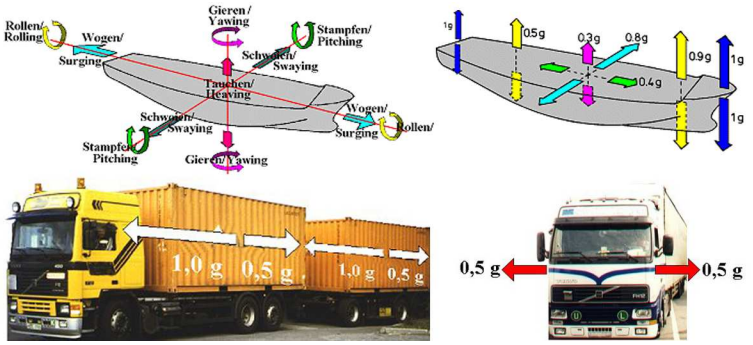


Abb. 60: Mechanische Beanspruchungen von Containern im See- und Straßenverkehr (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2010)

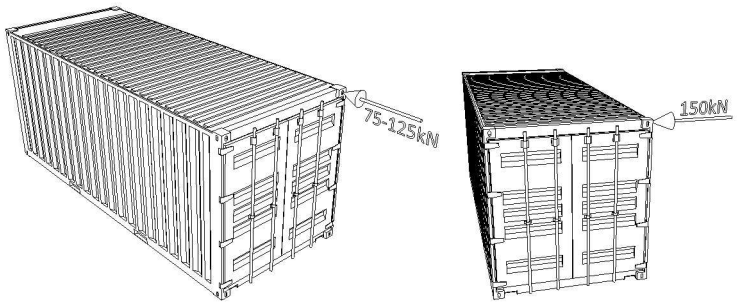


Abb. 61: Belastungswerte bei Quer- und Längsverwindungsprüfung eines Containers

Im Gespräch mit namhaften Reedereien und Spediteuren[126] sowie durch Recherche wurde die Meinung bekräftigt, dass Container aus Holz nicht für den internationalen Warenverkehr geeignet sind. Einige limitierende Faktoren seien im Folgenden erläutert:

- Da das modulare Bausystem für den Einsatz in Katastrophengebieten konzipiert ist und die Stückzahl der damit erstellten Container sehr gering wäre, würde der Kostenaufwand für notwendige Zulassungen und Zertifikate unverhältnismäßig hoch sein. Ohne entsprechende CSC Zertifizierung werden Eigenbaucontainer nicht als eigene Lademittel befördert.[127] Das Thema Container aus Holz für den internationalen Warenverkehr würde sich für eine eigene Diplomarbeit anbieten.
- Aufgrund der hohen Anzahl an Großraumbehältern, welche täglich umgeschlagen werden, erlaubt die Transportlogistik von Reedereien keine Sonderkonditionen für einzelne Container.
- Um den Container mit kleinformatigen, leicht handhabbaren Bauteilen herzustellen, bedürfte es einer großen Anzahl an Schraubenverbindungen, welche einen hohen Arbeitsaufwand beim Zusammenbau und Auseinandernehmen des Containers darstellen.
- Bei der Ankunft des modularen Bausystems etwa 8 Wochen nach dem Unglück kann davon ausgegangen werden, dass schwere Maschinerie vorhanden ist, um einen leeren, 20 Fuß ISO-Container von 2,25 Tonnen abzuladen. Sollte dies nicht der Fall sein oder nötige, lokale Beziehungen fehlen, könnte der Container mit improvisierten Hebevorrichtungen (beispielsweise mittels zweier Dreibeine) vom Lastwagen gehoben werden. Es wurden auch improvisierte Abladetechniken mittels Bagger gefunden. Schlussendlich besteht noch die Möglichkeit des Rücktransportes zum Hafen.

[126] Hapag Lloyd Austria GmbH, Schenker & Co AG, DHL Global Forwarding GmbH, Kühne + Nagel Eastern Europe AG
[127] Hofmann, 2010

8.2 Baubeschreibung

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse sieht der durchgearbeitete Entwurf den Transport der Module in einem 20 Fuß Container vor, welcher im Katastrophengebiet verbleibt und zum Einsatz kommt. In einem Interview mit der Zeitschrift Holzbau Austria erklärte Ario Ceccotti, Projektleiter und Direktor vom italienischen Holzinstitut IVALSA, Florenz, dass für Testversuche in Japan *„Brettsperrholz-Elemente … ohne hohen Aufwand in Containern auch nach Übersee transportiert“* wurden. Die in Deutschland hergestellten Elemente wurden nach den Erdbebentests wieder demontiert und in Italien für den Aufbau eines Kindergartens herangezogen.[128] Es kann folglich davon ausgegangen werden, dass die Beförderung von Holzelemente in einem Box-Container und deren Wiederaufbau keine Probleme darstellen.

Durch die Wahl des 20 Fuß Containers wurde der Nachteil in Kauf genommen, dass nur relativ kurze (dafür aber leichtere) Elemente transportiert werden können. Die großen Vorteile werden darin gesehen, dass der Großraumbehälter mit einem Leergewicht von etwa 2,25 Tonnen leichter im Katastrophengebiet abzuladen ist, als einer mit 40 Fuß (3,78 Tonnen) und, dass der vertikale Einsatz auch angedacht werden kann, welcher sich in ein gewohntes Stadtbild von zwei geschossigen Bauten harmonischer einfügt. Bei der Dimensionierung der Elemente wurde danach getrachtet, das Gewicht niedrig und die Montage einfach zu halten. Ein weiterer Vorteil der leichten, modularen Bauteile besteht darin, dass defekte Einzelelemente mit einfachen, mechanischen Hebewerkzeugen austauschbar sind.

8.2.1 Zeitlicher Ablauf und Kosten

Vorverträge mit Brettsperr- und Brettschichtholzunternehmen sollen die Produktion der erforderlichen Elemente in höchstens 4 Wochen erlauben. Anschließend werden je vier Grundmodule von sechsmal sechs Metern in einen 20 Fuß Container geladen und per Bahn oder LKW zum Hamburger Hafen transportiert, von wo aus sie binnen 14 Tagen Caucedo in der Dominkanischen Republik erreichen. Dort erfolgt die neuerliche Umladung auf Lastwagen, welche spätestens acht Wochen nach dem Unglück am Zielort eintreffen sollen. Dies stellt vermutlich den größten Unsicherheitsfaktor in der zeitlichen Planung dar, da nicht vor-

[128] Burböck, 2009

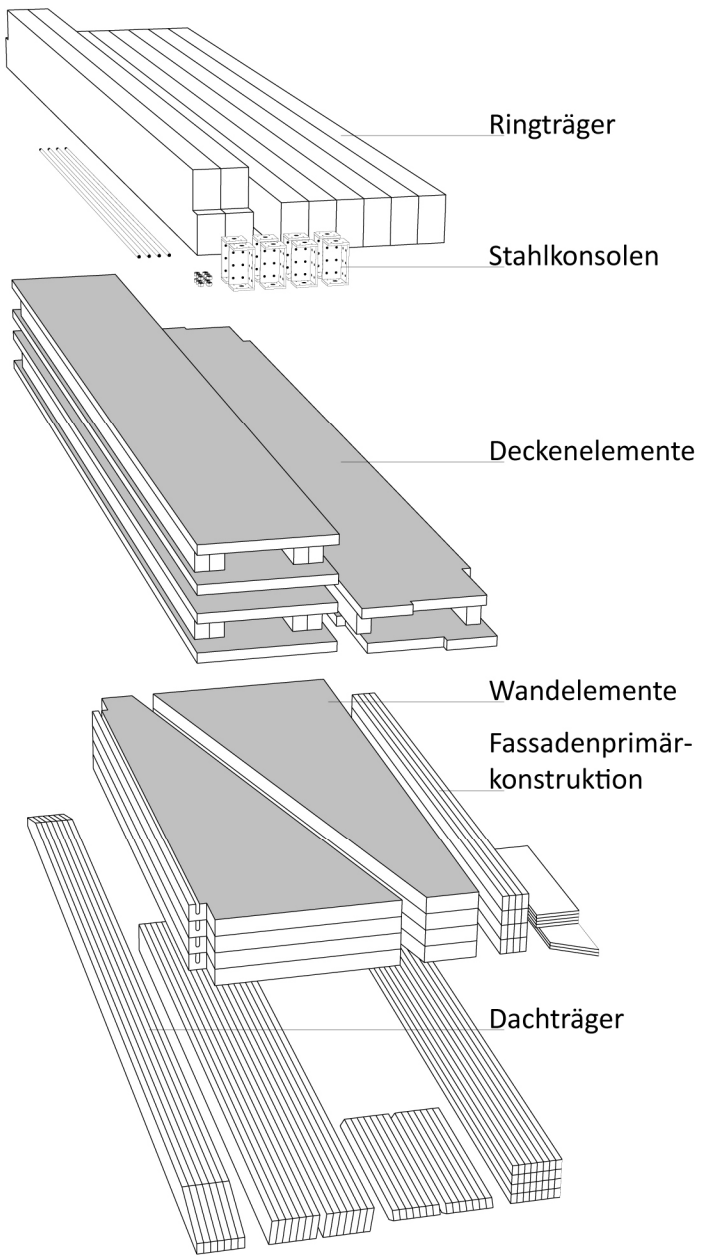


Abb. 62: Einzelelemente des 6x6 Moduls

ausgesagt werden kann, wie die Straßenverhältnisse sechs Wochen nach der Katastrophe sind.

Woche 1	Woche 2	Woche 3	Woche 4
Produktion z.B. Stora Enso Timber in Bad St. Leonhard (Kärnten)			LKW Hamburg

Woche 5	Woche 6	Woche 7	Woche 8
Containerschiff Caucedo		LKW Port au Prince	

Mit der ersten Lieferung werden zunächst die für ein *Transitional Shelter* notwendigen Elemente in das Katastrophengebiet gebracht, in der Ebene zusammengebaut, und auf die in der Zwischenzeit fertiggestellten Fundamente aufgesetzt. Die Interimsbauten dienen als Massenunterkunft, die vorwiegend mit Stockbetten möbliert ist. Theoretisch finden in einer Einheit von etwa 34 Quadratmetern 33 Personen einen Schlafplatz. Die tatsächliche Anzahl der Schlafgelegenheiten muss jedoch mit den lokalen Autoritäten abgeklärt und festgesetzt werden. UNHCR gibt einen Richtwert von 3,5 Quadratmeter an überdachter Fläche je Person an.[129] Bei funktionierendem Katastrophenplan und raschem Wiederaufbau könnte der Bedarf an Betten zwei Monate nach der Katastrophe geringer sein und die Unterkunft neben Witterungsschutz, auch als bescheidener Wohn- und Lagerraum dienen, sowie mehr Privatsphäre bieten. Die Betten könnten schrittweise rückgebaut werden, bis die Konfiguration einem kleinen Eigenheim entspricht.

Zu einem gewissen Zeitpunkt, welcher von der Einsatzleitung festgesetzt wird, trifft eine neue Lieferung am Unglücksort ein, die weitere Modulelemente für einen permanenten Wiederaufbau enthält. Je nach Bedarf werden Elemente für ein- oder zwei geschossige Bauten geliefert, welche die bereits geschulten Überlebenden gemeinsam mit den Arbeitskräften aus Europa errichten. Den Interimsbauten kann entweder eine neue Funktion zum Beispiel als Schulklasse, zukommen, oder sie können abgebaut, zerlegt und die Einzelelemente für neue Bauaufgaben verwendet werden.

Der Modulbausatz von sechsmal sechs Metern kostet ab Werk etwa 3.050 €. Inkludiert man sämtliche Material- und Transportkosten bis Port au Prince ergibt sich ein Gesamtpreis von

[129] United Nations Higher Commissioner for Refugees

3.600 € je Modul, was einem Quadratmeterpreis von ca. 106 € entspricht. Führt man sich noch einmal vor Augen, dass drei Viertel der Bevölkerung lediglich ein Jahreseinkommen von 730 U$ (550 €) beziehen[130], wird klar, dass die Verwendung lokaler Materialien importierten Gütern, vorzuziehen ist. Überblicksmäßig sind in folgender Tabelle die Kosten für den Transport auf Hispaniola zusammengestellt.

Tabelle 6:Container- und Frachtkosten nach Hispaniola

Angaben in € (Stand 24.11.2010)	20 Fuß Container	40 Fuß Container
Gebrauchter Schiffscontainer[131]	2.100,-	3.400,-
LKW Transport Wien bis Hamburg[132]	800 - 900,-	1.000,-
Schiff FOB Hamburg bis CFR Caucedo (Dominikanische Republik)[133]	1.200,-	1.850,-
Schiff FOB Hamburg bis CFR Port au Prince[134]	2.500,-	3.800,-

8.2.2 Bauelemente

Die kraftschlüssige Verbindung der **Punktfundamente** untereinander erfolgt durch die Holzträger oberhalb, auf welchen die Deckenelemente aufliegen. Die Gründungen ragen 30 cm aus der Erde, um die darauf liegenden Balken ausreichend vor Spritzwasser zu schützen. Zusätzlich ergibt sich durch die Abhebung vom Boden eine bessere Durchlüftung. Bei der Erstellung ist auf korrekte Positionierung und Nivellierung zu achten. Die Fundierung wird vorzugsweise aus Abbruchmaterial und lokal verfügbarem Bewehrungsstahl erstellt. Alternativ könnten reguläre Stahlbeton- oder Schraubfundamente vorgesehen werden. Letztere scheinen besonders für eingeschossige Interimsbauten geeignet, da sie ohne Rückstände wieder entfernt werden können. Aufgrund der aus den Belastungen resultierenden Dimensionen (D90 x 2000 mm oder D114 x 1600 mm) müssten sie jedoch mittels Eindrehmaschine oder Minidumper eingebracht werden. An jeder Ecke befinden sich ins Holz eingelassene

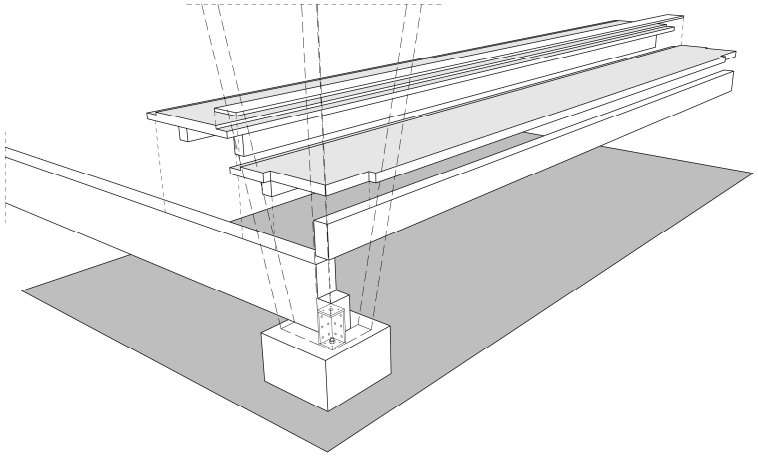


Abb. 63: Deckenauflager auf dem Trägerkranz und Anbindung an das Fundament

Abb. 64: Einbringen eines Schraubfundamentes mittels Minidumper (Bayerische Solar AG, 2010)

[130] Beaumont, 2010
[131] Lee, 2010
[132] Kantz, 2010
[133] ebda
[134] Sydor, 2010

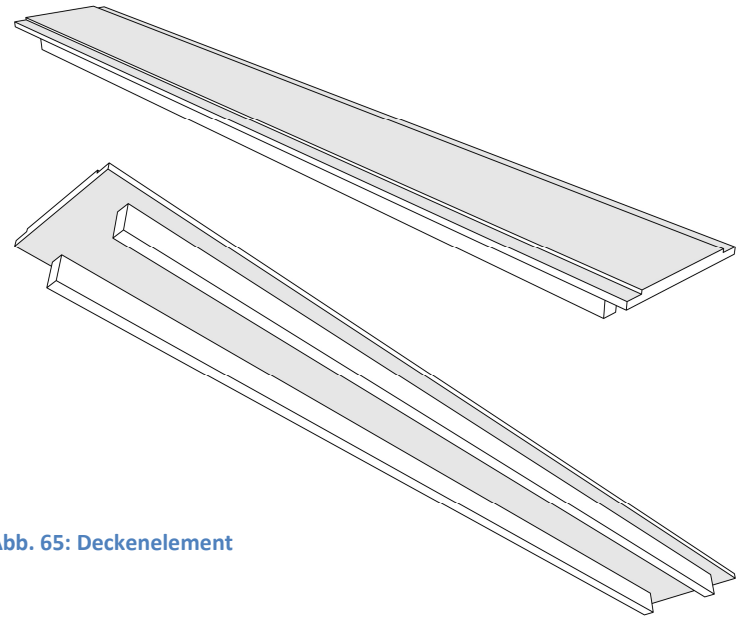


Abb. 65: Deckenelement

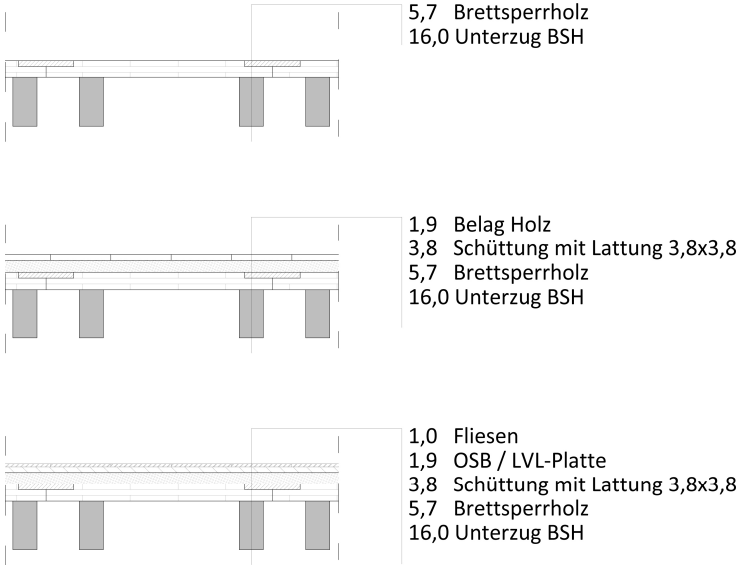


Abb. 66: Deckenaufbauten

Stahlkonsolen, welche über Zugstangen das Gebäude bis ins Fundament verankern, sowie die Wandelemente untereinander und mit den Trägern verbinden.

Die **Deckenelemente** für das Erd- und Obergeschoss, welche auf dem Kranz umlaufender Balken aufliegen, werden vorgefertigt auf die Baustelle geliefert. Sie bestehen aus 57 mm starken und 75 cm breiten Brettsperrholzplatten, welche mit zwei schlanken Unterzügen (8 x 16 cm) versehen werden. Somit kann das Gewicht der fast sechs Meter spannenden Elemente gering gehalten werden. Für eine Moduleinheit von sechsmal sechs Metern werden sechs mittlere Deckenelemente und zwei Randelemente benötigt. Ist der Flächenbedarf geringer, können mittlere Elemente herausgenommen werden. Somit ist quer zur Deckenspannrichtung theoretisch ein Raster von 75 cm anwendbar. Die Montage erfolgt durch Verschraubung der Elemente auf die Ringbalken. Um die Wirkung als Scheibe zu gewähren, werden die einzelnen Deckenelemente durch eingeleimte und verschraubte Stoßbretter sowie kreuzweise Verschraubung untereinander verbunden. Bei der anfänglichen Nutzung als Interimsbau mit Stockbetten ist kein zusätzlicher Fußbodenaufbau vorgesehen. In der zweigeschossigen Ausbauvariante werden eine Erhöhung der Masse und eine damit verbundene Senkung des Trittschalls durch eine Schüttung (aus Abbruchmaterial) empfohlen. Darüber könnte ein Holzbelag oder ein Keramischer auf OSB-Platten montiert werden. Installationsschächte müssen nach der Montage der Deckenelemente von Hand erstellt werden.

In der **Wandebene** befindet sich als statisch wirksames Bauelement eine abgebundene Brettsperrholzplatte mit der Stärke von 10 cm, an welche ein Riegel mittels Stabdübeln angeschlossen wird. Zu Erhöhen der Duktilität des Bauwerks wird eine große Anzahl von kleinen Verbindungsmitteln mit einem Durchmesser von 8 mm verwendet. Dieser statisch überbestimmte Rahmen wird auf der Erde gefertigt und anschließend montiert. Um beim Erstaufbau rasch einen vertikalen Raumabschluss herzustellen, wird auf gewöhnliche Gewebeplanen zurückgegriffen, welche an der Außenseite des Trägerkranzes befestigt werden. Es wird davon ausgegangen, dass Planen in Umlauf sind, da sie im Zuge von Ersthilfemaßnahmen gewöhnlich verteilt. Dies ist jedoch vorab mit der Einsatzleitung abzuklären. Ein erster Schritt zu einer permanenten Unterkunft stellt der Austausch der Gewebeplanen durch Wellblech, Stülpschalung, oder Plattenelementen dar. Als alternatives Fassadensystem könnten Rahmen erstellt werden, welche mit Palmengeflecht oder Lehmelementen gefüllt wer-

den. Für den permanenten Wiederaufbau könnte eine hinterlüftete Fassade aus Wellblech vor einer Holzplatte Anwendung finden. Durch die Form des Bleches bilden sich Lüftungskanäle, die in der Fassade und unter dem Dach entlüftet werden. Installationen können in der Wand verlegt werden, bevor diese im Endausbaustadium zusätzlich von innen geschlossen wird.

Für die Elemente der **Dachkonstruktion** wurden US-Amerikanische Dimensionen gewählt. Diese können sowohl aus den Vereinigten Staaten zugeliefert, oder regionale Ressourcen herangezogen werden. Wird dies im Vorhinein als nicht möglich erachtet, können diese Dimensionen auch im Container mittransportiert werden. Die Dachträger werden am Boden vorgefertigt und mittels Stahlwinkel an den Ringbalken befestigt. Als Dacheindeckung wird lokal verfügbares Wellblech eingesetzt. Um den Lärmeintrag bei Regen zu mindern (Reduktion des Körperschalls), werden zwischen die Dachträger und die Dachlattung etwa 5x5cm große Teile von Autoreifen eingelegt.

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über Maße, Gewicht und Kubatur der verwendeten Bauteile:

Bauelement	Länge [cm]	Breite [cm]	Höhe [cm]	Gewicht [kg]	Stück je Grundmodul 6x6	Kubatur gesamt [m³]
Stahlkonsole	10,0	10,0	20,0	4	8	
Deckenelement	590,0	75,0	21,7	177	8	3,14
Wandelement	115,0	10,0	320,0	101	8	1,84
Stützen in Wandebene	14,0	3,8	300,0	5	16	0,25
Träger 14/24	580,0	14,0	24,0	88	6	1,17
Träger 14/32	590,0	14,0	32,0	119		
Träger 14/40	590,0	14,0	40,0	149	2	0,66
Dachträger 2x8‘	variabel	3,8	18,4	50	7	0,78
Dachlattung 2x3‘	6,4	3,8	350	4	32	0,27

Gesamtkubatur: 8,11

Die Montage von **Installationen** ist erst angedacht, wenn das Gebäude einer permanenten Nutzung zugeführt wird. Ausgenommen sind Elektroinstallationen, welche ohne großen

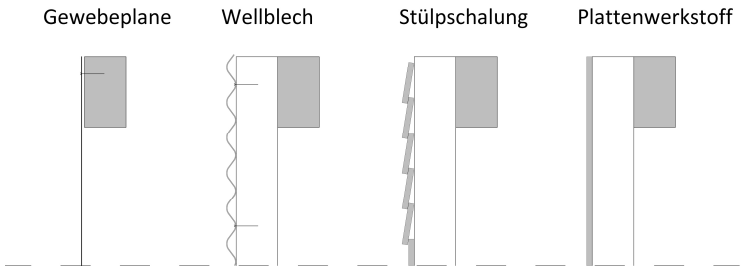


Abb. 67: Wandaufbauten

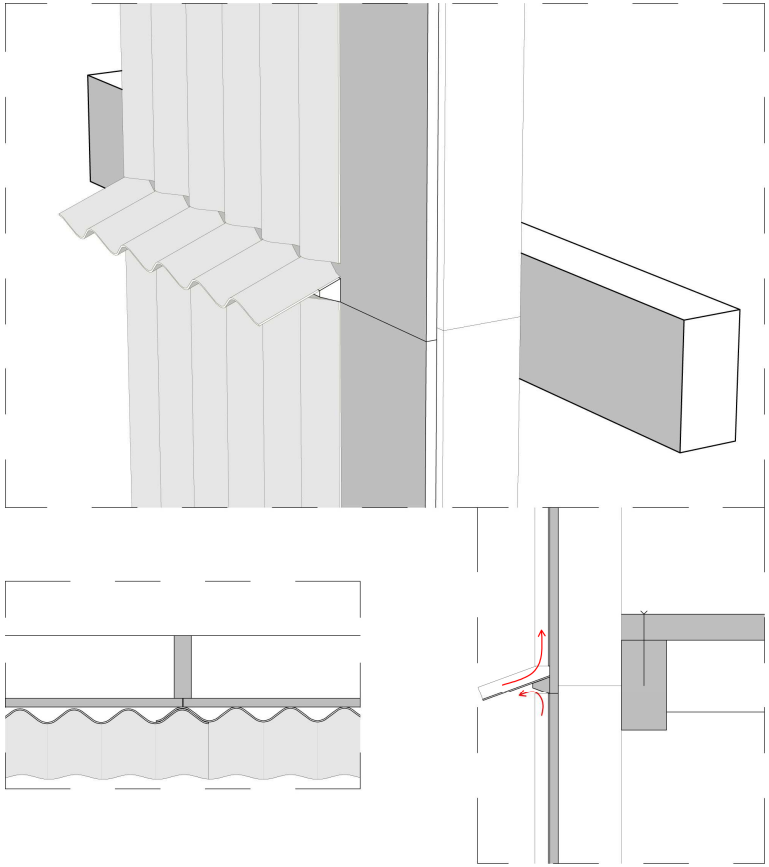


Abb. 68: Axonometrie, Schnitt und Grundriss einer hinterlüfteten Fassade aus Wellblech vor einer Holzplatte

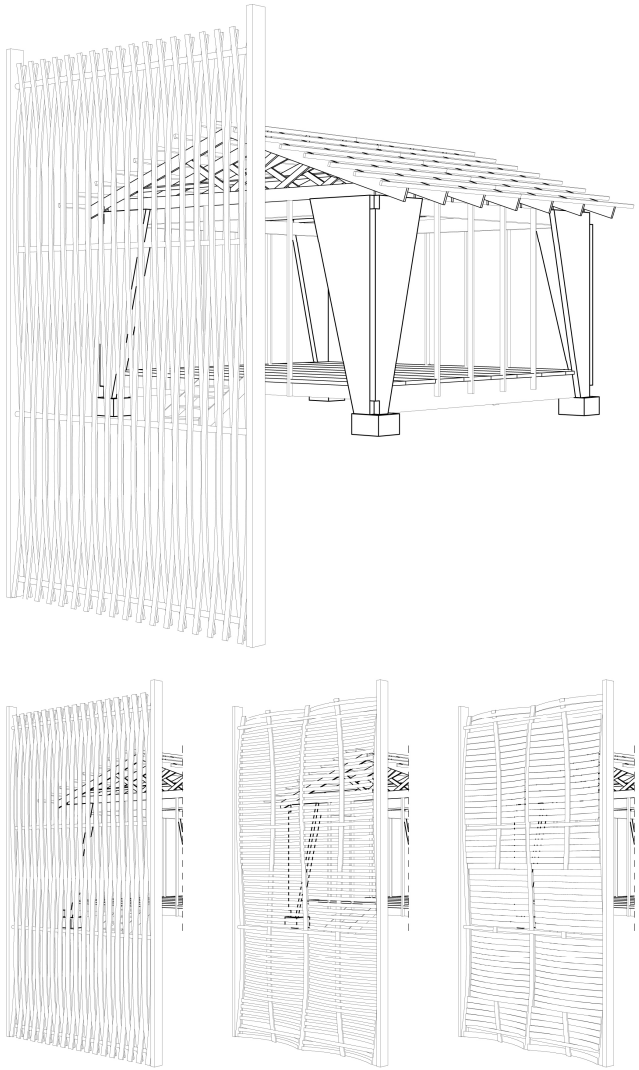


Abb. 69: Wandgeflecht aus dünnen Latten mit verschiedener Transparenz

Aufwand verlegt werden können und bereits bei der Verwendung als Interimsbau notwendig sind. Nasszellen werden nicht vorgefertigt, sondern je nach Bedarf an Ort und Stelle erstellt. Auf dem Dach könnte ein Wasserspeicher montiert werden, welcher sich jedoch nachteilig im Falle eines Erdbebens auswirkt. Wenn finanziell die Möglichkeit besteht, kann auch eine Solaranlage zur Warmwassergewinnung am Dach installiert werden. Die Firma Rotoplas aus Mexiko bietet entsprechende Produkte im karibischen Raum an.[135] Auch stellen Photovoltaikpaneele gemeinsam mit Akkumulatoren eine sinnvolle Ergänzung dar. Bei diesen spezialisierten Produkten stellt sich jedoch die Frage der Auswahl der Begünstigten, sowie der Wartung. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass wertvolle „*Add ons*“ abmontiert und zu Geld gemacht werden.

Die Verwendung von Trockentoiletten könnte den Hygienestandard in Haiti verbessern. Diese Toiletten nutzen die Kraft der Sonne, um den Abbau von Exkrementen zu beschleunigen. Die Rückstände können dann als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Die Non-Profit Organisation SOIL (Sustainable Organic Integrated Livelihoods) bemüht sich im Krisengebiet um die Errichtung solcher Anlagen.[136]

Zusätzliche Bauteile, wie eine umlaufende Veranda, können individuell gefertigt werden. Möchte man zusätzliche Auflager vermeiden, kann sie durch Abhängung an die bestehende Struktur angeschlossen werden.

Abb. 71: Solaranlage, Wassertank und -aufbereitung (Rotoplas, 2010)

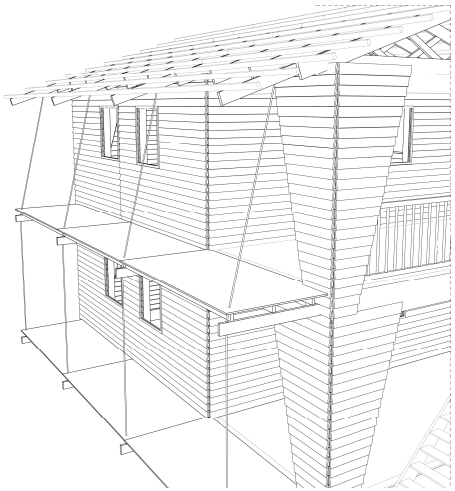


Abb. 70: Mögliche Erweiterung mit abgehängter Veranda

[135] Rotoplas, 2010
[136] Sustainable Organic Integrated Livelihoods, 2010

8.2.3 Wandlung einer Notunterkunft zum idealtypischen haitianischen Haus

Zwei Gebäudegrundmodule von sechsmal sechs Metern können zu einer Notunterkunft zusammengefügt werden, die 66 Personen beherbergen kann. Wie bereits erwähnt, ist die tatsächliche Anzahl an Schlafgelegenheiten mit der Einsatzleitung abzuklären. Dieser Grundriss kann nach und nach umgebaut werden, bis die Konfiguration eines idealtypischen haitianischen Hauses erreicht ist. Dazu wird die Anzahl an Schlafgelegenheiten und die dafür erforderliche Fläche sukzessive reduziert. Auf den nachfolgenden Seiten wird der Umbau schrittweise vorgeführt. Alternativ zum Umbau kann die Struktur rückgebaut und die Einzelelemente einer neuen Verwendung zugeführt werden.

In nebenstehender Abbildung oben wurden für die Wand Recyclingstücke von nicht mehr intakten Häusern verwendet. Die Abbildung unten zeigt die Maximalbelegung mit Betten in der Notunterkunft.

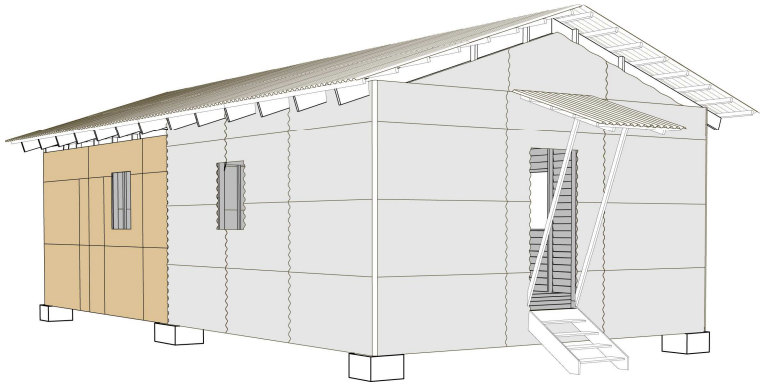


Abb. 72: Ansicht der Notunterkunft

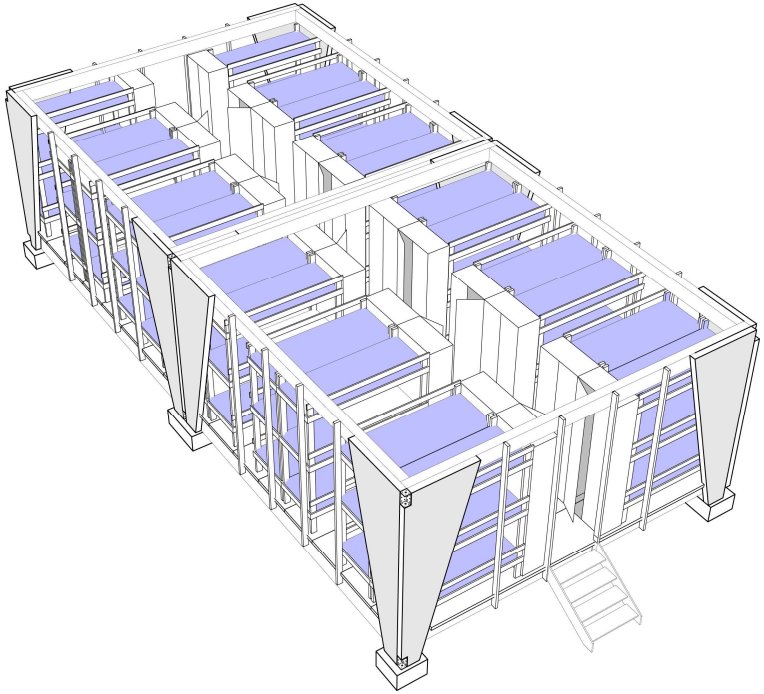


Abb. 73: Perspektive der Notunterkunft mit möglicher Betteneinteilung

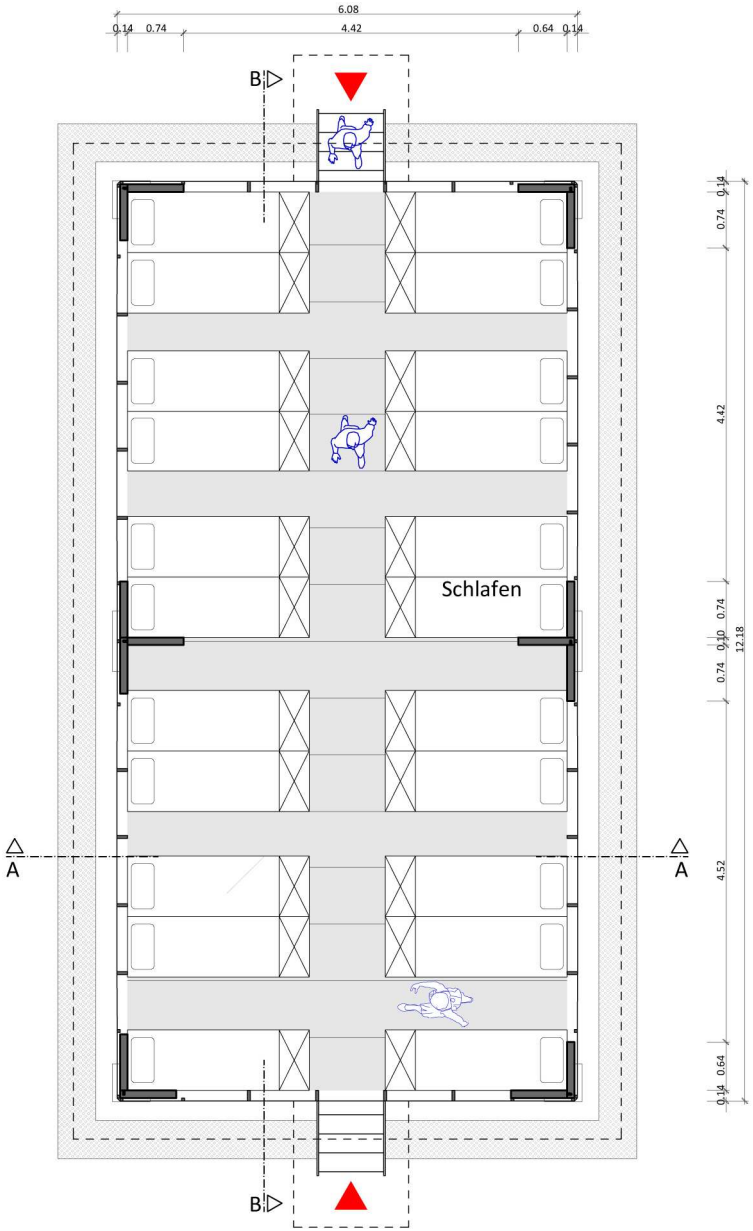


Abb. 74:Grundriss der Notunterkunft mit Gewebeplane umschlossen M1:100

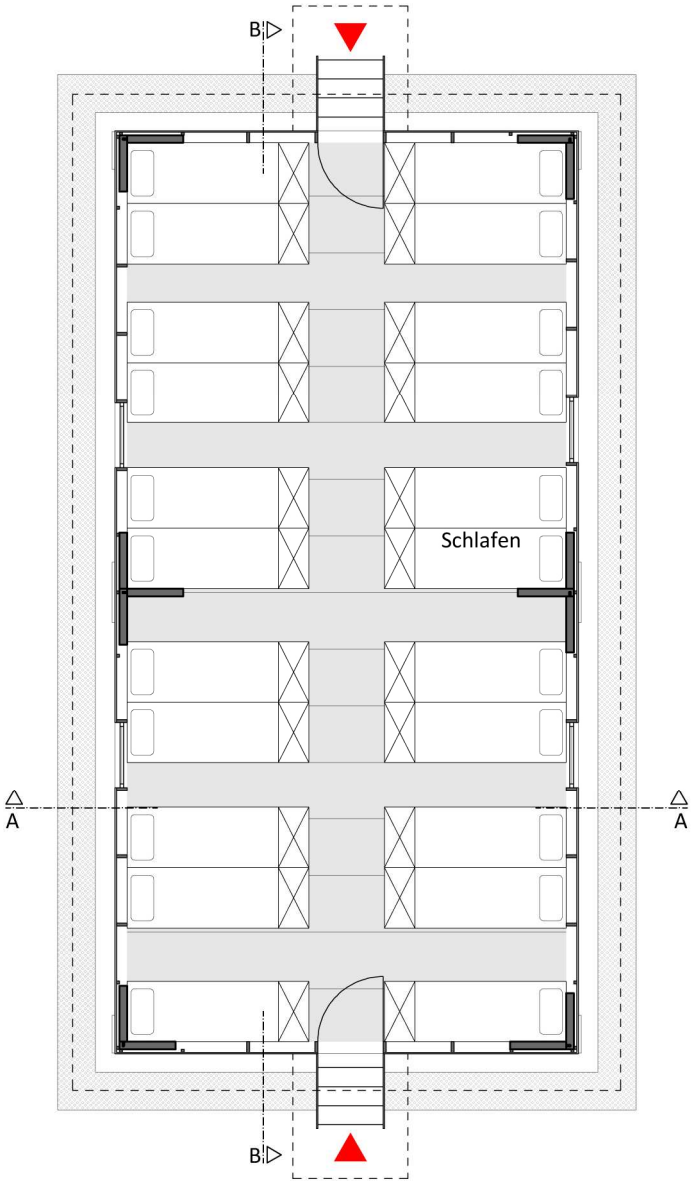


Abb. 75: Grundriss der Notunterkunft mit solider Außenwandkonstruktion M1:100

Abb. 76: Schnitt A durch die Notunterkunft M1:100

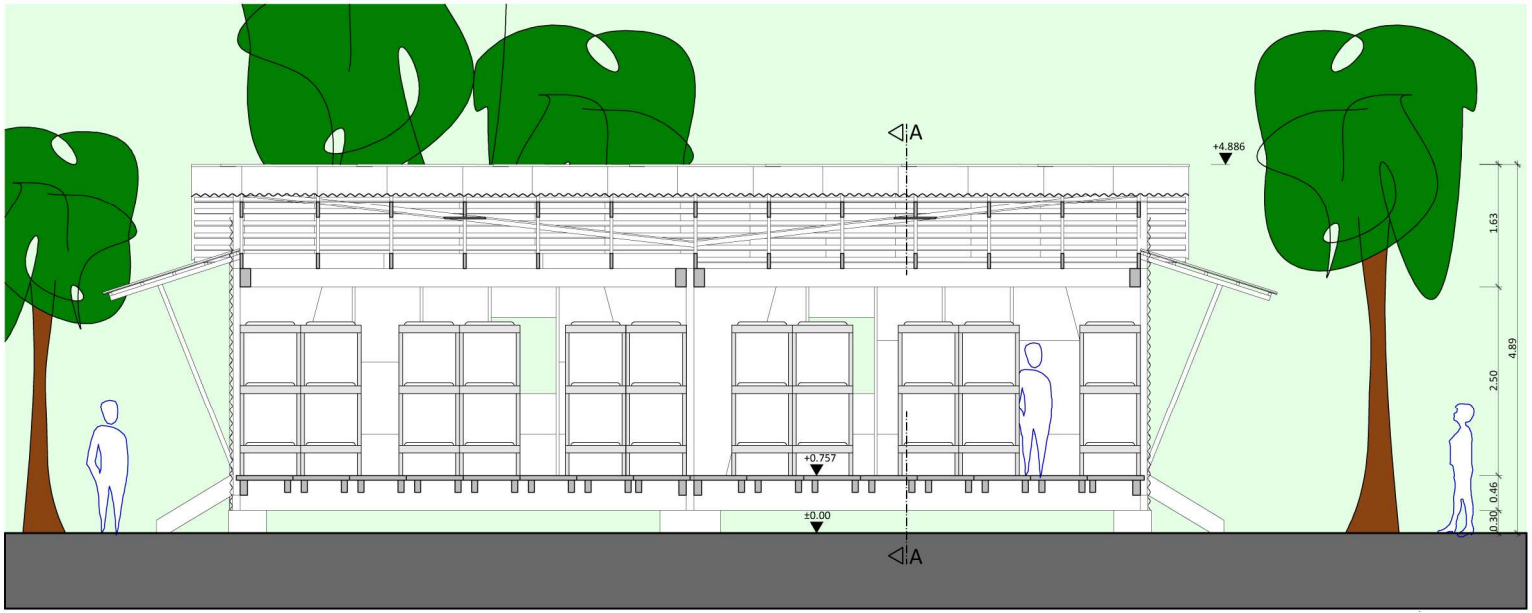


Abb. 77: Schnitt B durch die Notunterkunft M1:100

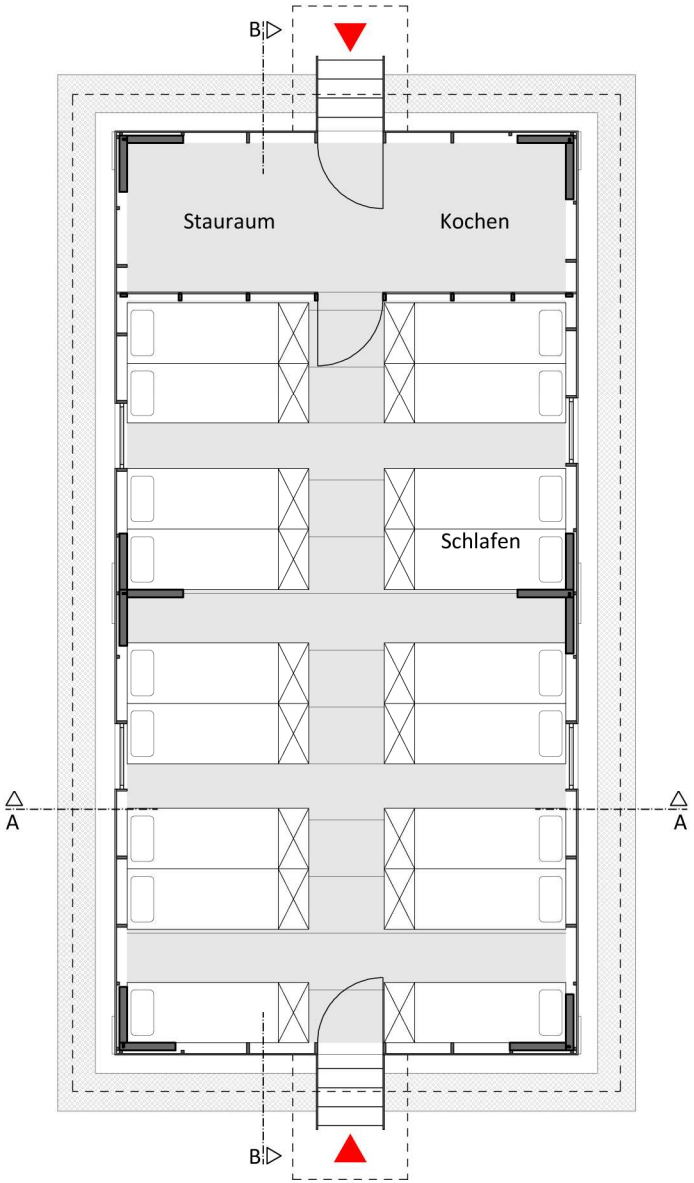


Abb. 78: Grundriss der Notunterkunft mit Stau- und Kochplatz M1:100

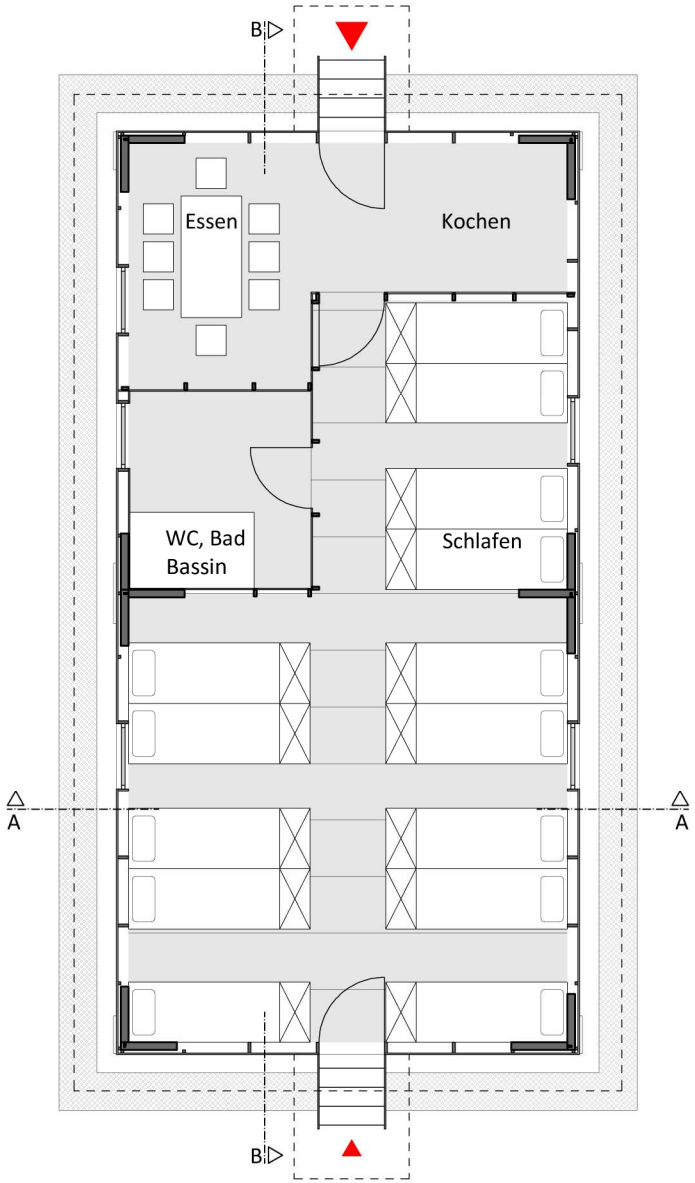


Abb. 79: Grundriss der Notunterkunft mit ergänztem Bad und WC M1:100

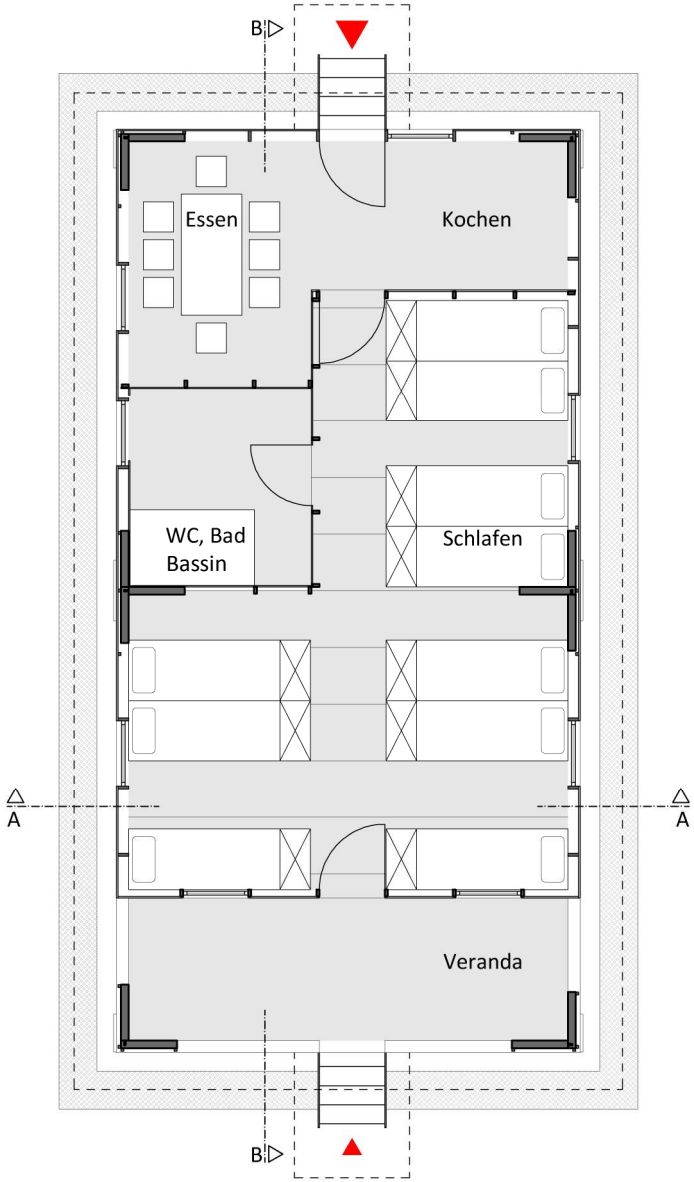


Abb. 80: Grundriss der Notunterkunft mit ergänzter Veranda M1:100

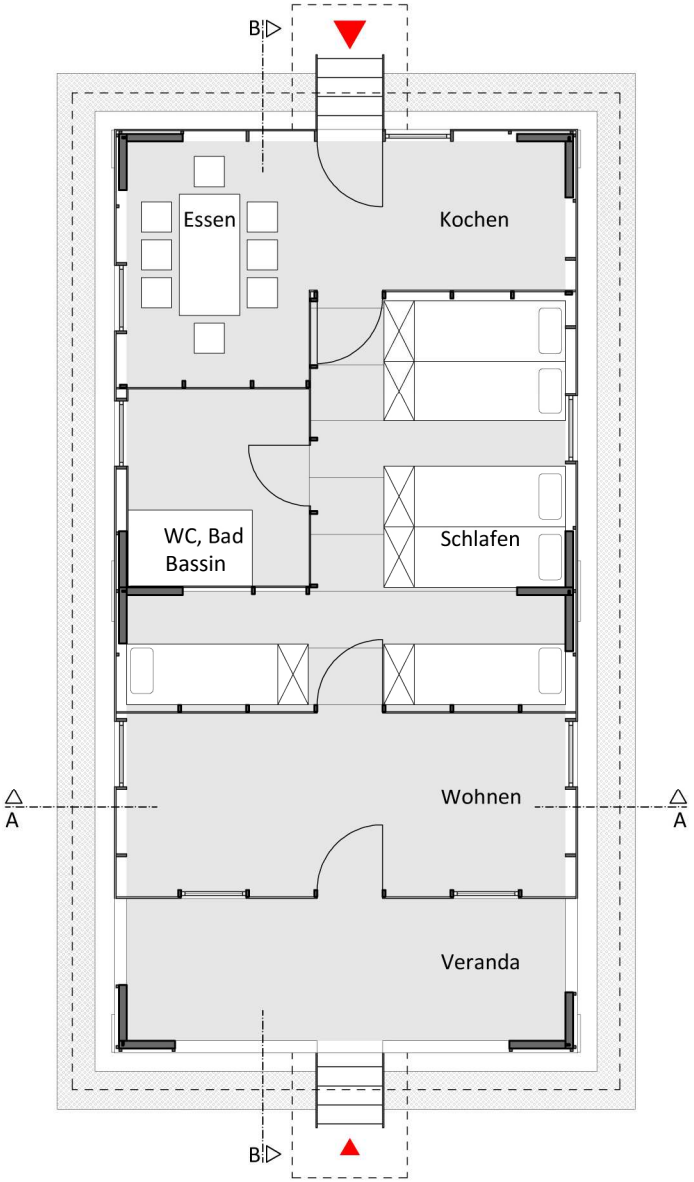


Abb. 81: Grundriss der Notunterkunft mit ergänztem Wohnraum M1:100

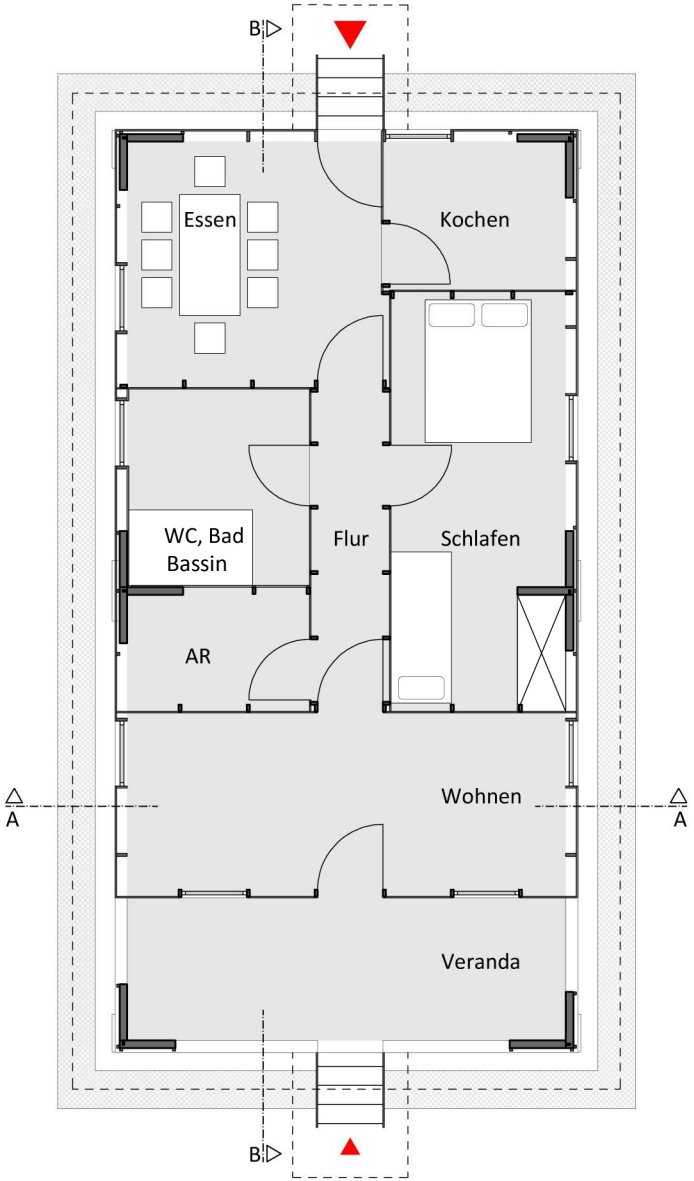


Abb. 82: Grundriss des idealtypischen haitianischen Hauses M1:100

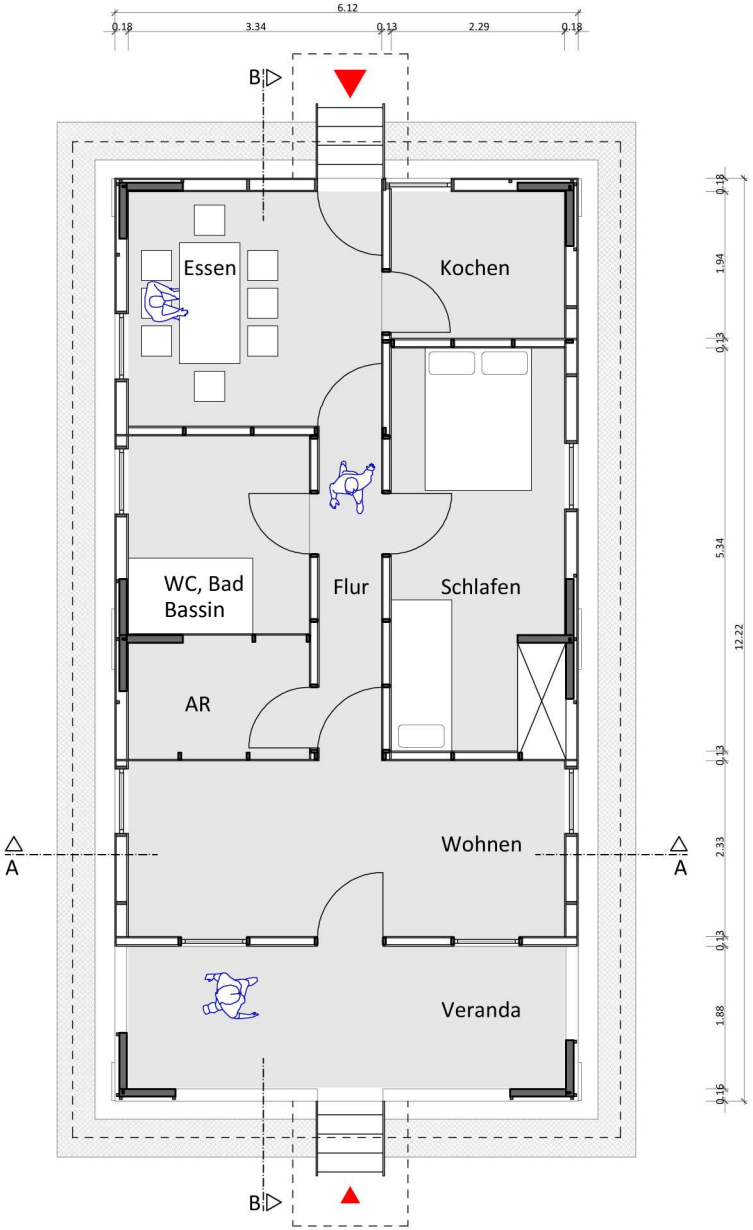


Abb. 83: Grundriss des idealtypischen haitianischen Hauses mit zweiseitiger Wandbeplankung M1:100

8.2.3.1 Montageprozess

Im Folgenden wird der Montageablauf beispielhaft anhand der Notunterkunft erläutert. Es ist angedacht, die Fundamente, welche im Achsmaß von sechs Metern nötig sind, vor Eintreffen der ersten Containerlieferung zu errichten. Als Verbindung zur Konstruktion dienen drei Gewindestangen, welche in das Fundament eingelassen werden. Zwei Stück sind dazu gedacht, horizontale Kräfte über den Träger abzutragen, die Dritte fungiert vor allem als Zugverankerung des Gebäudes. Auf den Fundamenten wird ein Kranz von Trägern aufgebracht, welcher sowohl die Fundamente untereinander verbindet, als auch das Deckenauflager bildet. Die Deckenelemente werden an ihren Schmalseiten mit den Ringbalken verschraubt. Zwei Brettsperrholzelemente und ein Riegel aus Brettschichtholz werden am Boden durch 22 Stabdübel und 2 Schraubbolzen je Seite zu einem Rahmen zusammengefügt, mit zwei Stahlkonsolen und einer Gewindestange versehen und durch diese mit dem Fundament kraftschlüssig verbunden. In der anderen Achse wird ebenso ein vorgefertigter Rahmen montiert und mit dem Ersten verschraubt.

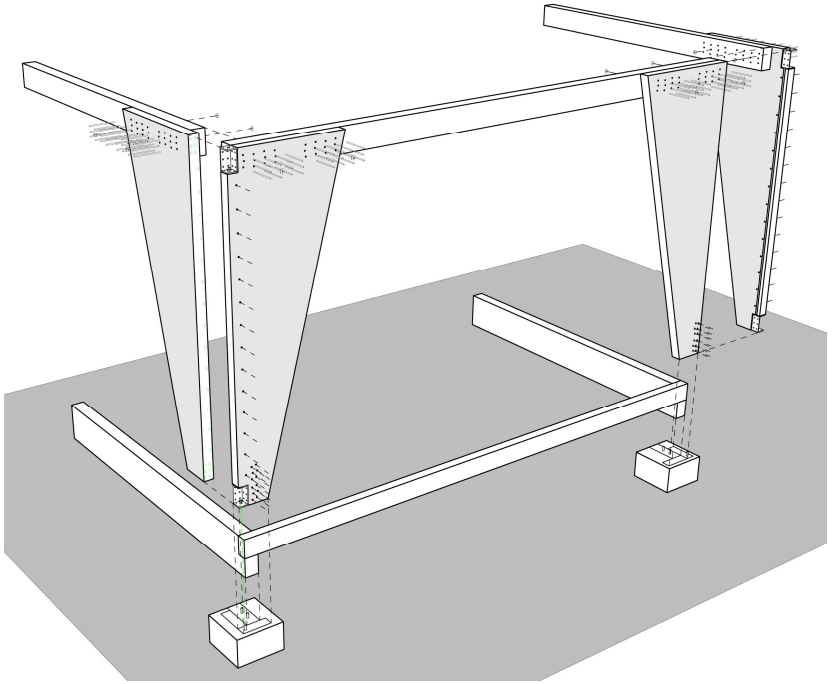


Abb. 85: Montagedetail der Rahmenelemente

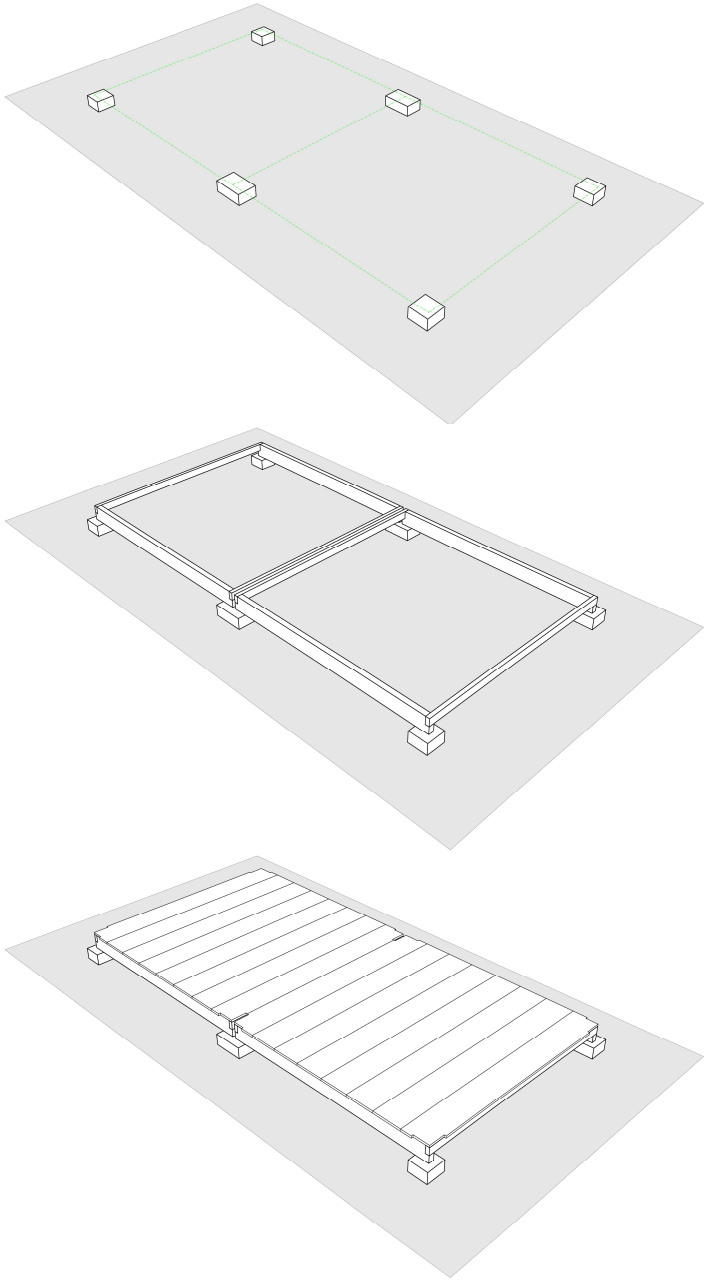


Abb. 84: Montageablauf: Fundamente, Balkenkranz und Deckenelementen

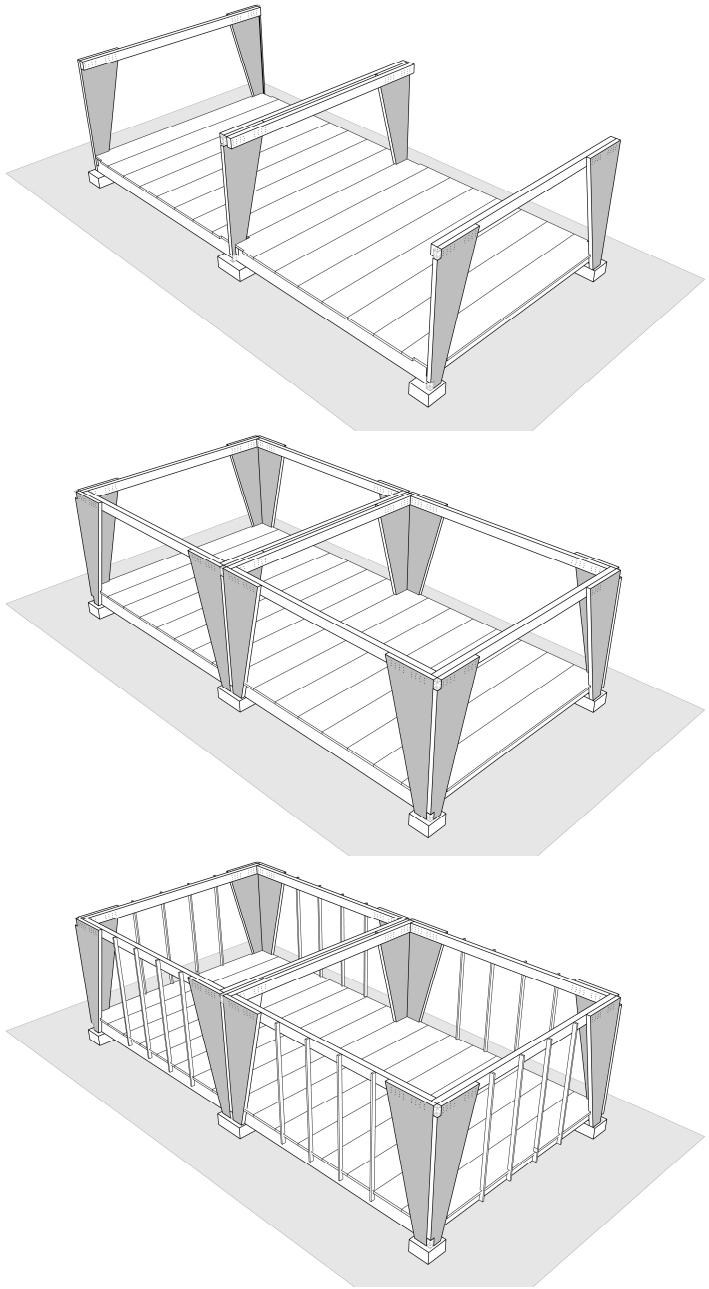


Abb. 86: Montageablauf: Rahmen und Primärkonstruktion der Fassade

Stützen in der Wandebene, welche oben und unten an die Ringbalken geschraubt werden, dienen der Befestigung der Fassadenelemente. Das am Boden vorgefertigte Dachtragwerk wird auf die Ringbalken aufgesetzt und mittels Stahlwinkel befestigt. Die Dachlattung und Dachhaut ergänzen den Aufbau.

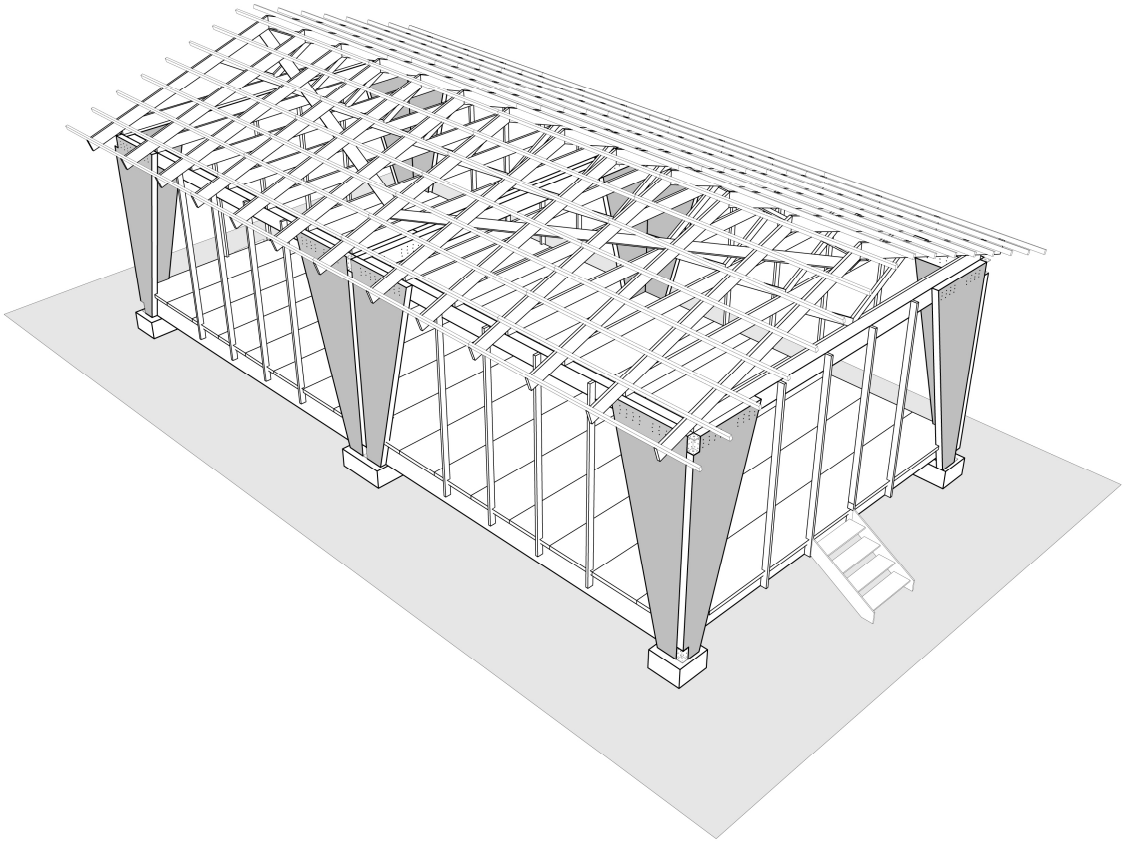


Abb. 87: Montiertes Dachtragwerk mit Rispenbändern und Dachlatten

8.2.4 Beispiel eines zwei geschossigen Wohnbaus

Für die innerstädtische Verwendung wurde ein zwei geschossiger, kompakter Baukörper mit Veranda entwickelt. Der Wohnraum ist zur Straße orientiert, die Kochgelegenheit wurde wie in Haiti üblich rückwärtig untergebracht, in einem vertikal positionierten Container. Die Stiege könnte auch seitlich neben dem Gebäude angebracht werden. Im Falle einer Erweiterung eines eingeschossigen Bauwerks kann das Dach abgenommen und wieder verwendet werden. Die einzelnen Elemente des Obergeschoßes entsprechen bis auf die Brettsperrholzstützen denen des Erdgeschosses.

Abb. 88: Mögliche Straßenansicht des zwei geschossigen Wohnbaus

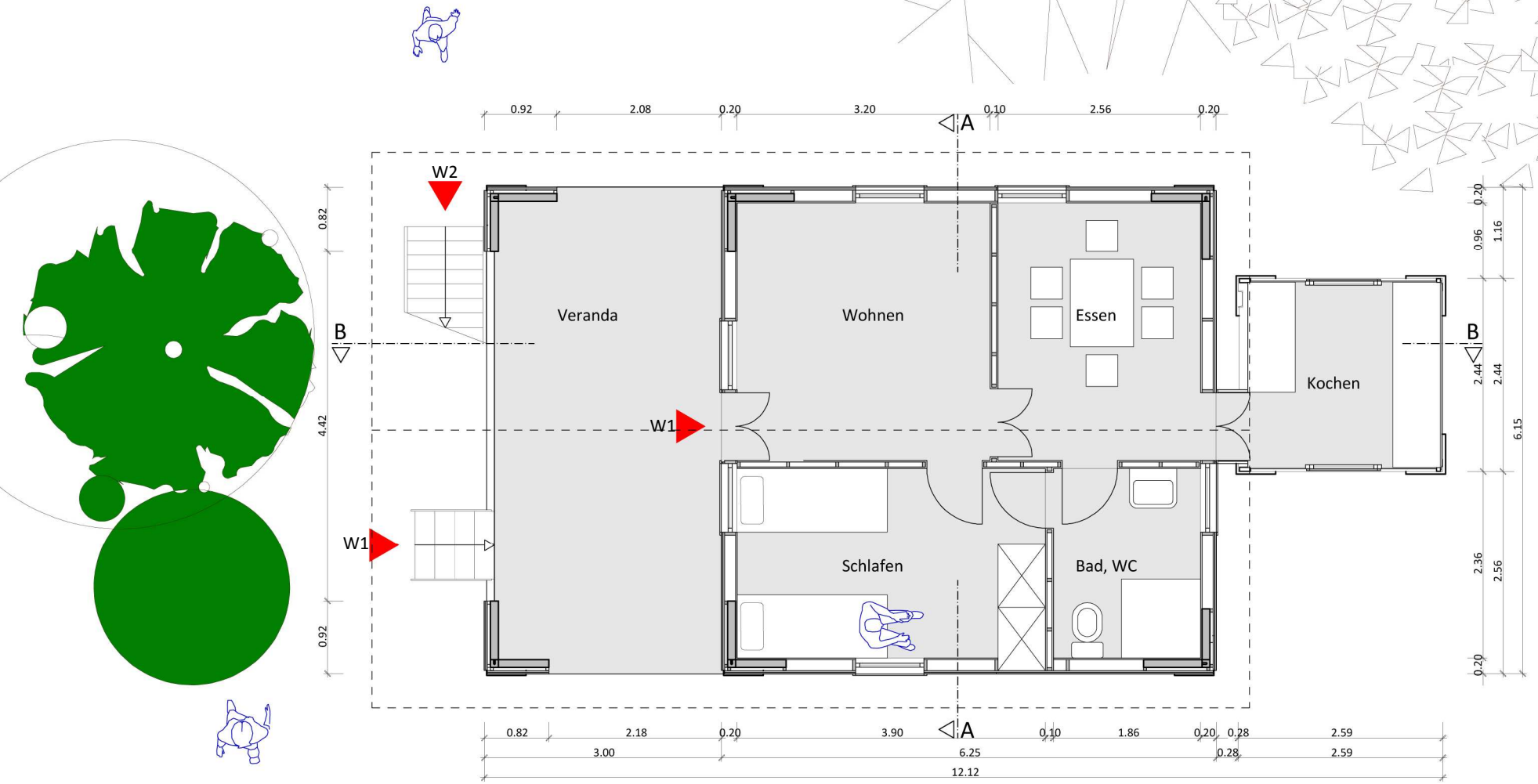


Abb. 89: Grundriss Erdgeschoss des zwei geschossigen Stadthauses M1:75

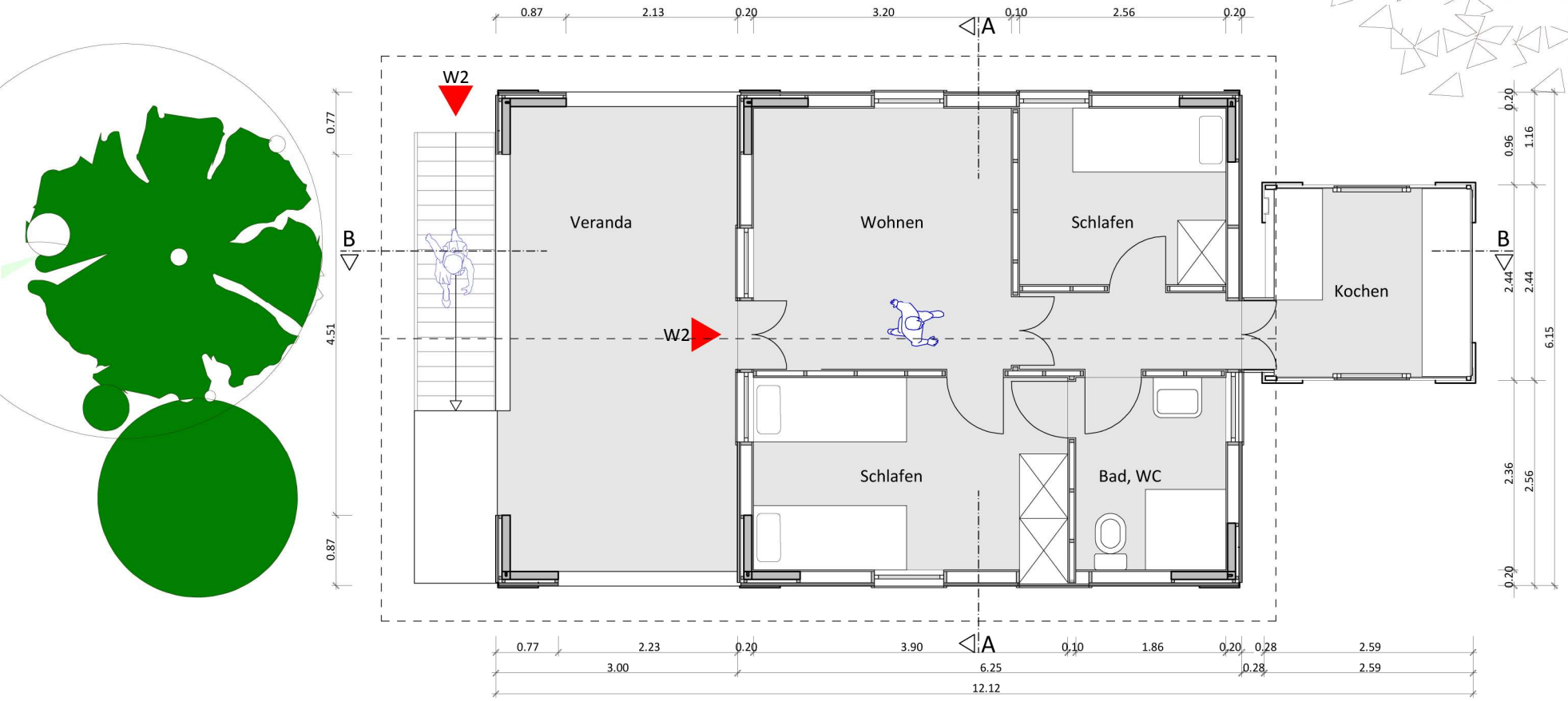


Abb. 90: Grundriss Obergeschoss des zwei geschossigen Stadthauses M1:75

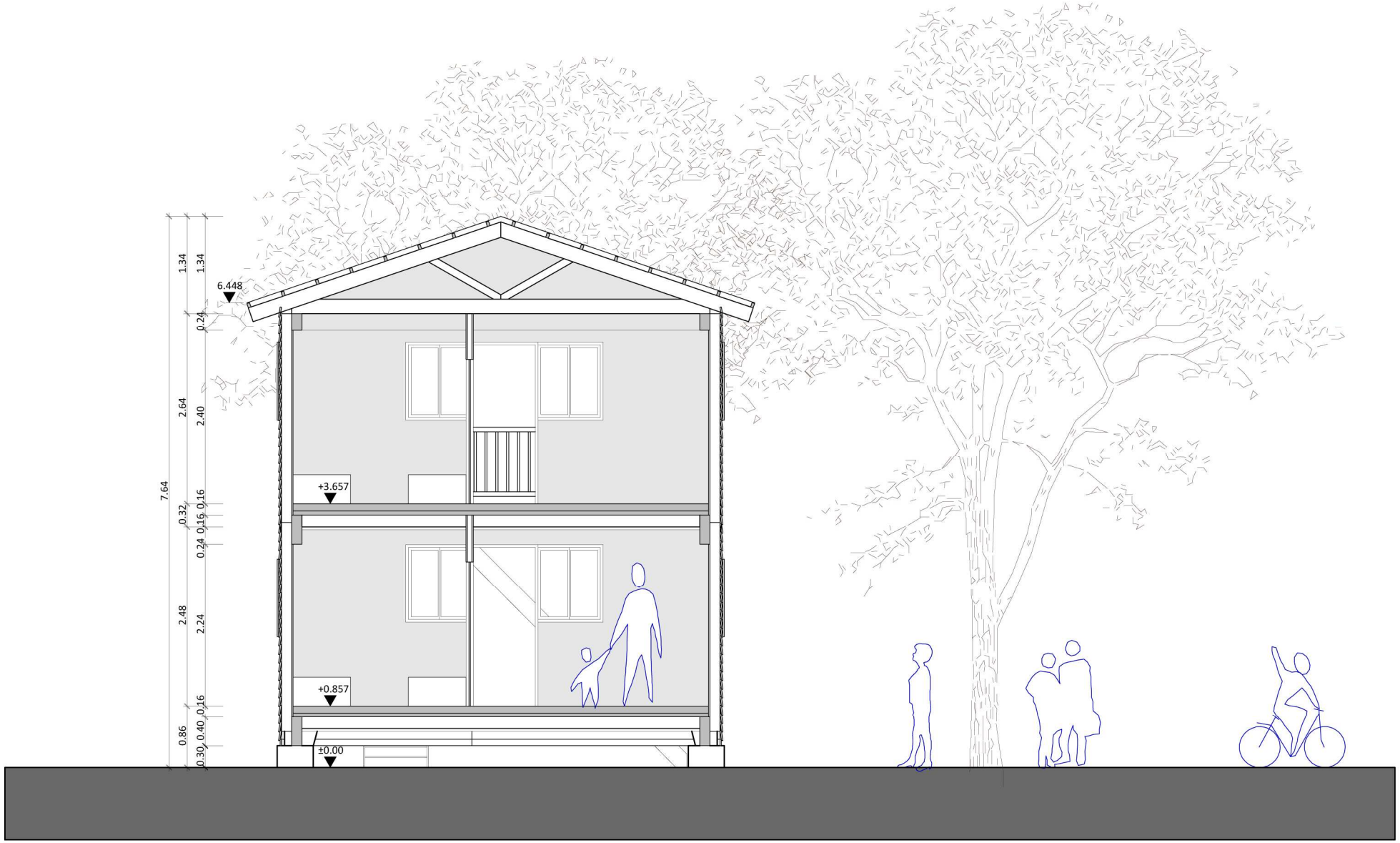


Abb. 91: Schnitt A des zwei geschossigen Stadthauses M1:75

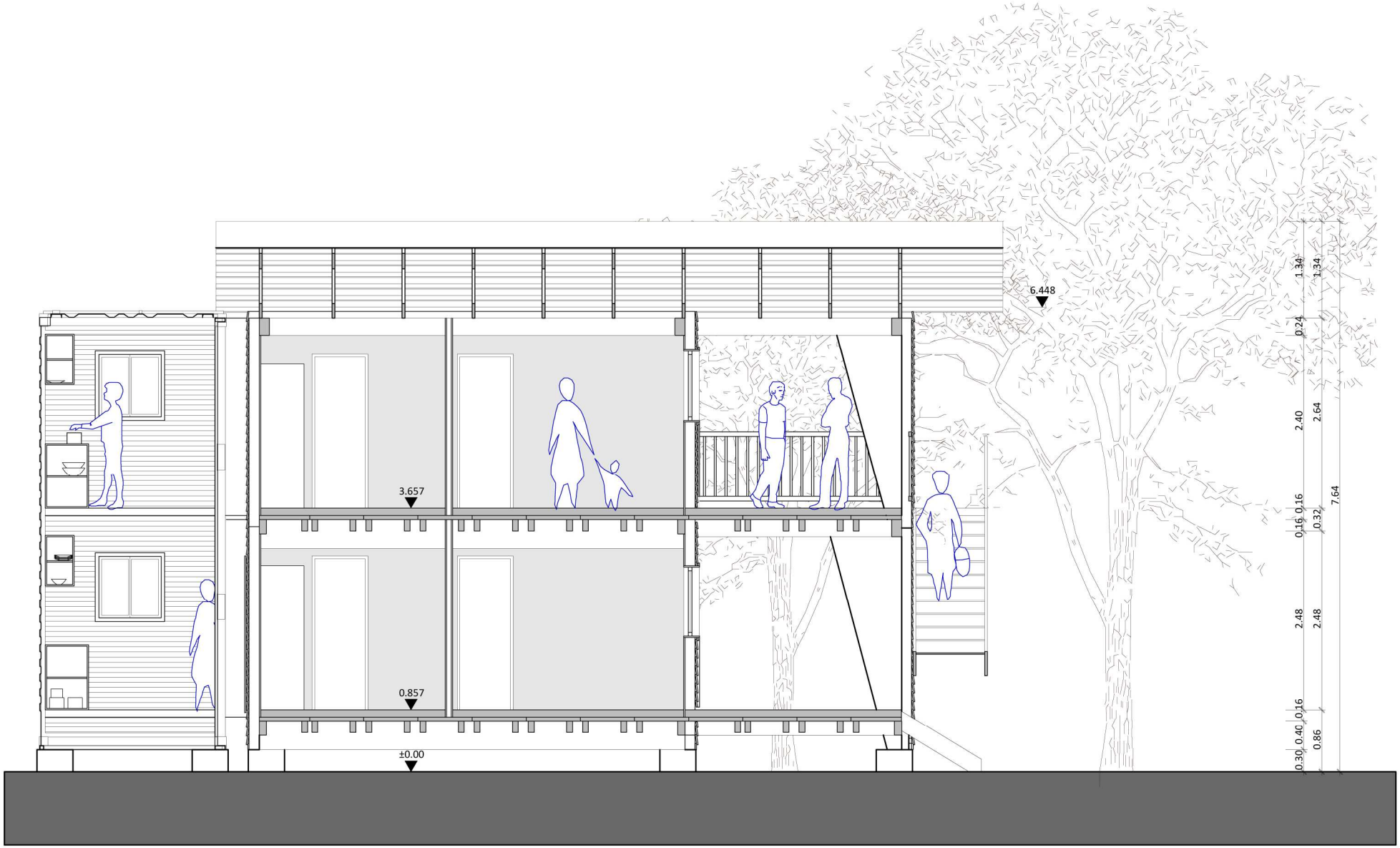


Abb. 92: Schnitt B des zwei geschossigen Stadthauses M1:75

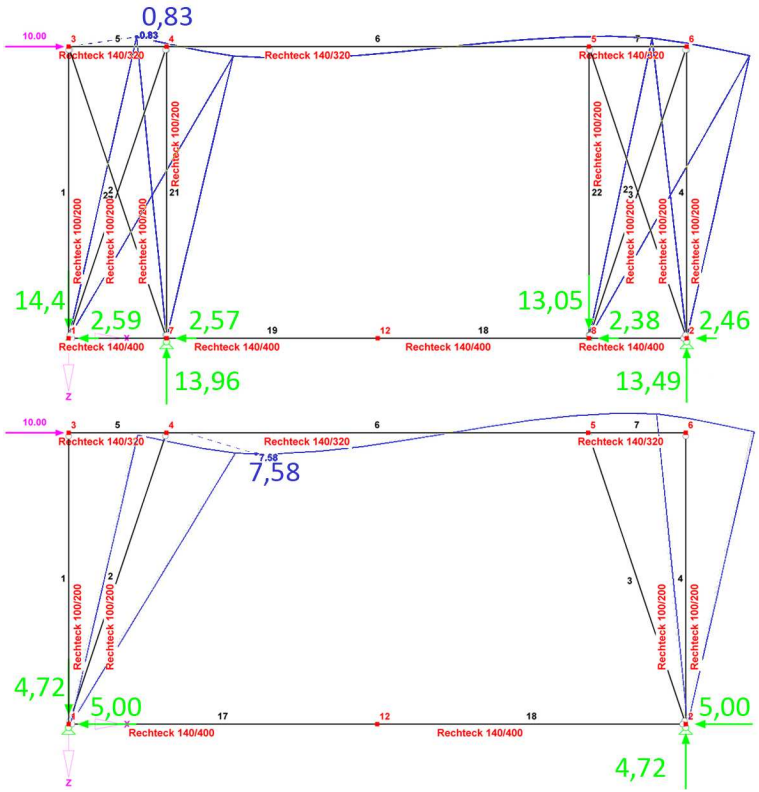


Abb. 93: Veranschaulichung der Verformung und Auflagerreaktionen bei vier und zwei Auflagern

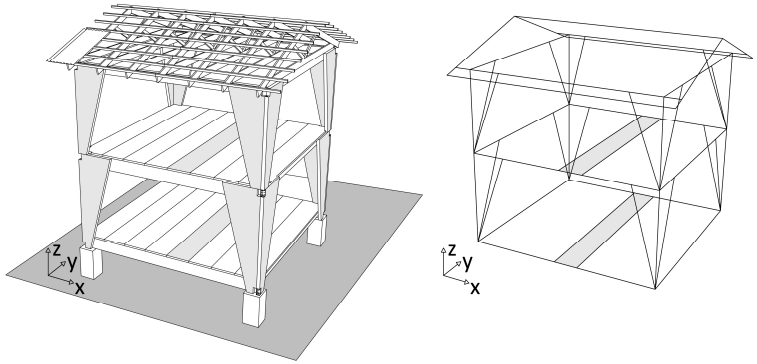


Abb. 94: Gebäuderohbau und statisches System

8.2.4.1 Statische Bemessung und Erdbebensicherheit

Das Bausystem wurde im Zuge der Diplomarbeit statisch bemessen und auf Erdbebensicherheit überprüft. Dafür wurde der „schlechteste Fall", das zweigeschossige Stadthaus ohne Veranda als statisches System herangezogen. Da es in Haiti keine Norm für die Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben gibt, wurde der Dominikanische Code für die Bemessung herangezogen. (siehe Abb. 26: Antwortspektrum des Bebens in Haiti im Vergleich mit den Dominikanischen Erdbebenvorschriften)

Vorweg wird die Entwicklung der Rahmenstütze vom Rechteck zur sich nach unten verjüngenden Stütze aus statischer Sicht beleuchtet. Dazu wurde das verwendete Rahmensystem mit einer angenommenen Ersatzlast von 10 kN (1.000 kg) belastet. Die zuerst angedachte, rechteckige Stütze mit zwei Auflagern erzeugt etwa die dreifachen Zug- und Druckkräfte im Auflager, dafür verformt sich das System mit 0,83 mm signifikant weniger. Ein weiterer Nachteil besteht in dem erhöhten Konstruktionsaufwand, welcher durch zwei Zugverankerungen je Stütze notwendig wäre, da die Belastung im Erdbebenfall auch von der anderen Seite einwirken könnte.[137] Das optimierte System mit nur einem Auflager je Stütze weist geringe Auflagerreaktionen, dafür aber die neunfache Verformung auf.

Für den Zweigeschosser erfolgte die Systembildung für die statische Berechnung in der XZ-, sowie in der YZ-Ebene, um auch die nicht direkt durch Nutzlast belasteten Elemente im Lastfall Erdbeben untersuchen zu können. Um das statische Modell zu vereinfachen, wurden die vertikalen Brettsperrholzelemente in zwei Stäbe aufgelöst. Im Folgenden werden die Kernaussagen interpretiert und zusammengefasst:

- Interessant war, dass der Lastfall Wirbelsturm, welcher mit 200 km/h angenommen wurde, größere Verformungen hervorruft, als der Lastfall Erdbeben.
- Die Höhe der vertikalen Auflagerreaktionen von 86,5 kN macht die Verwendung eines Schraubfundaments nicht mehr sinnvoll, da dieses eine Länge von 3 Metern aufweisen müsste.[138]

[137] Weisen die grünen Pfeile nach unten, entsteht Zug im Auflager, zeigen sie nach oben, Druck.
[138] Beim eingeschossigen Interimsbau könnten Schraubfundamente mit den Dimensionen D90 x 2000 mm oder D114 x 1600 mm Anwendung finden.

- Bezüglich der Spannungsausnutzung sind die Träger für das Deckenauflager mit dem Querschnitt 14x40 cm im statischen Modell an ihre Grenzen gelangt. Die tatsächliche Spannweite ist jedoch reduziert, da der Träger jeweils 40 cm Richtung Feldmitte auf den Fundamenten aufliegt. (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** auf Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.**)
- Die Spannungsspitzen von 110,6%, welche bei der Verbindung der Riegel über dem ersten Obergeschoß und dem vertikalen Brettsperrholzelement entstehen, sind dahingehend zu interpretieren, dass im Modell nur ein Punkt zur Lasteinleitung angenommen wurde. Tatsächlich wird die Last über elf Stabdübel und einen Schraubbolzen übertragen.

Sämtliche Lasten und erbrachten statische Berechnungen können im Anhang B eingesehen werden.

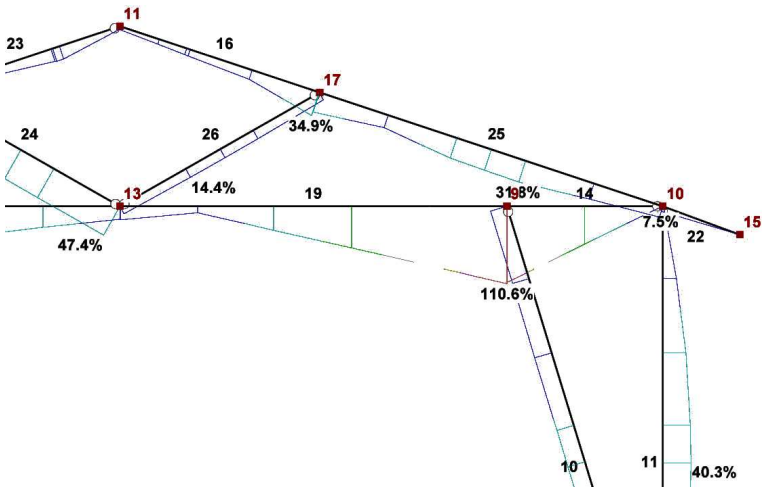


Abb. 95: Momentenspitze im statischen Modell bei der Verbindung des Riegels mit dem Wandelement

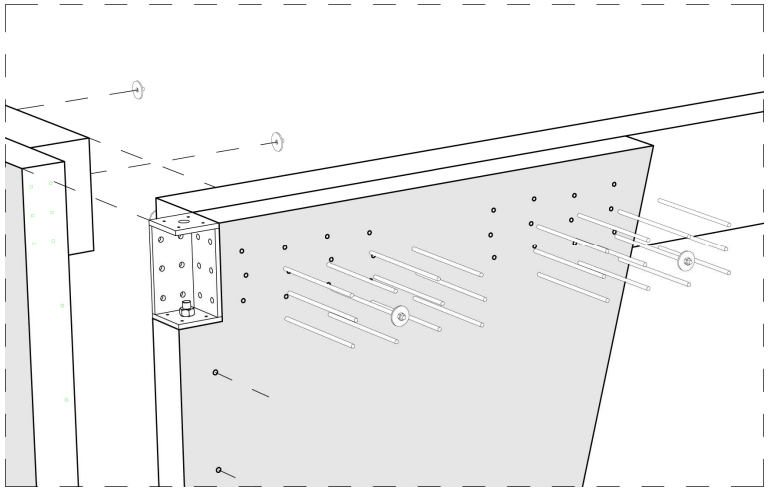


Abb. 96: Tatsächliche Ausbildung des Knotenpunktes Riegel über erstem Obergeschoss und Brettsperrholzstütze

8.2.5 Beispiel eines Schulareals

Das Schulareal, welches sich über 36 x 30 Metern erstreckt, beherbergt sechs Unterrichtsräume, eine zentral angeordnete Schulküche mit Speisesaal, sowie einen Lehrer- und Leseraum. Dafür wurde das Grundmodul zu unterschiedlichen Raumeinheiten zusammengefügt. Die Unterrichtsräume verfügen jeweils über einen Vorraum, welcher als Garderobe und Pausenfläche dient. Die notwendigen, sanitären Einrichtungen wurden in zwei Containern untergebracht. Durch den geringen Abstand der Gebäude untereinander können ohne großen Aufwand schattenspendende Netze gespannt werden.

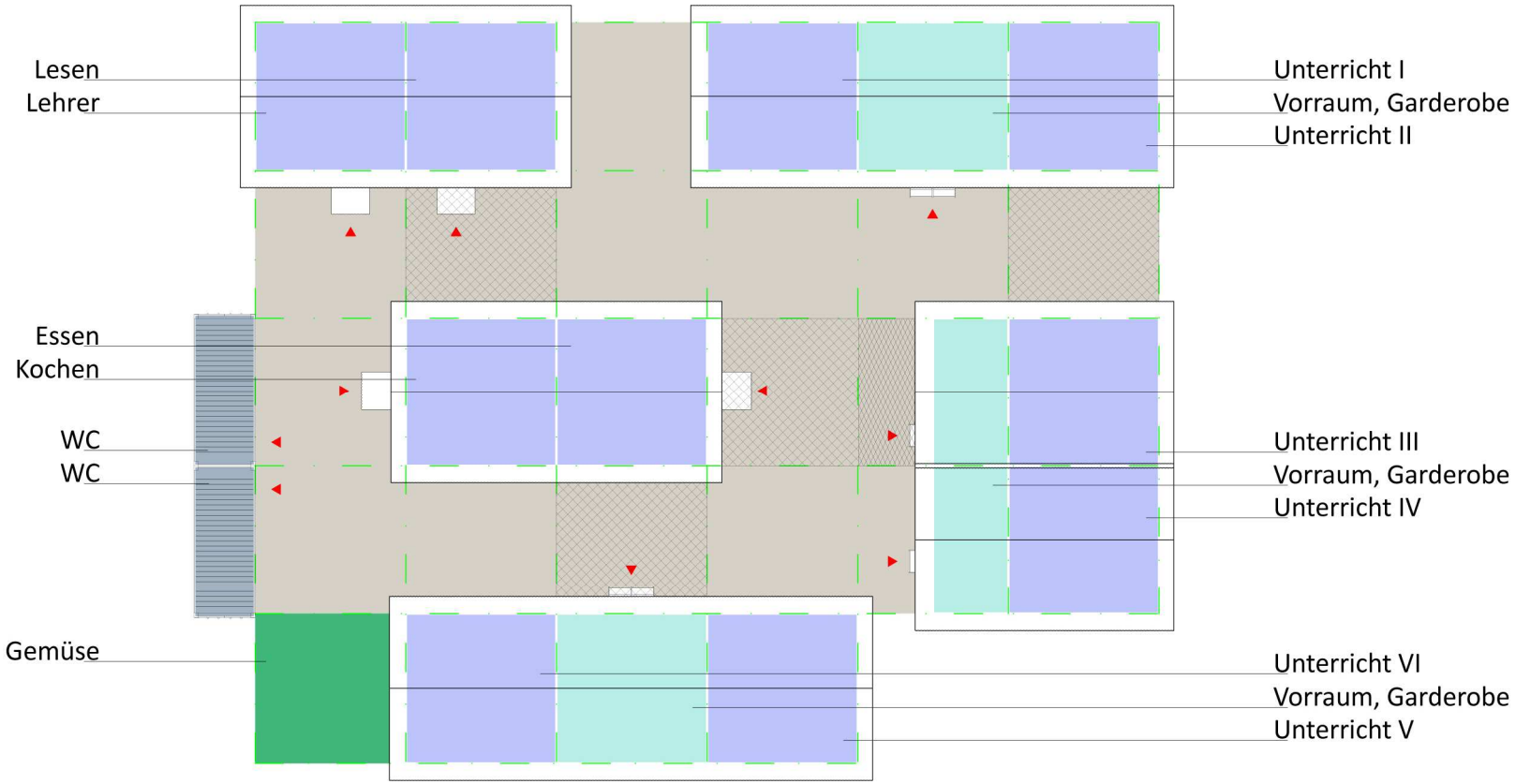


Abb. 97: Grundriss des Schulareals M1:300

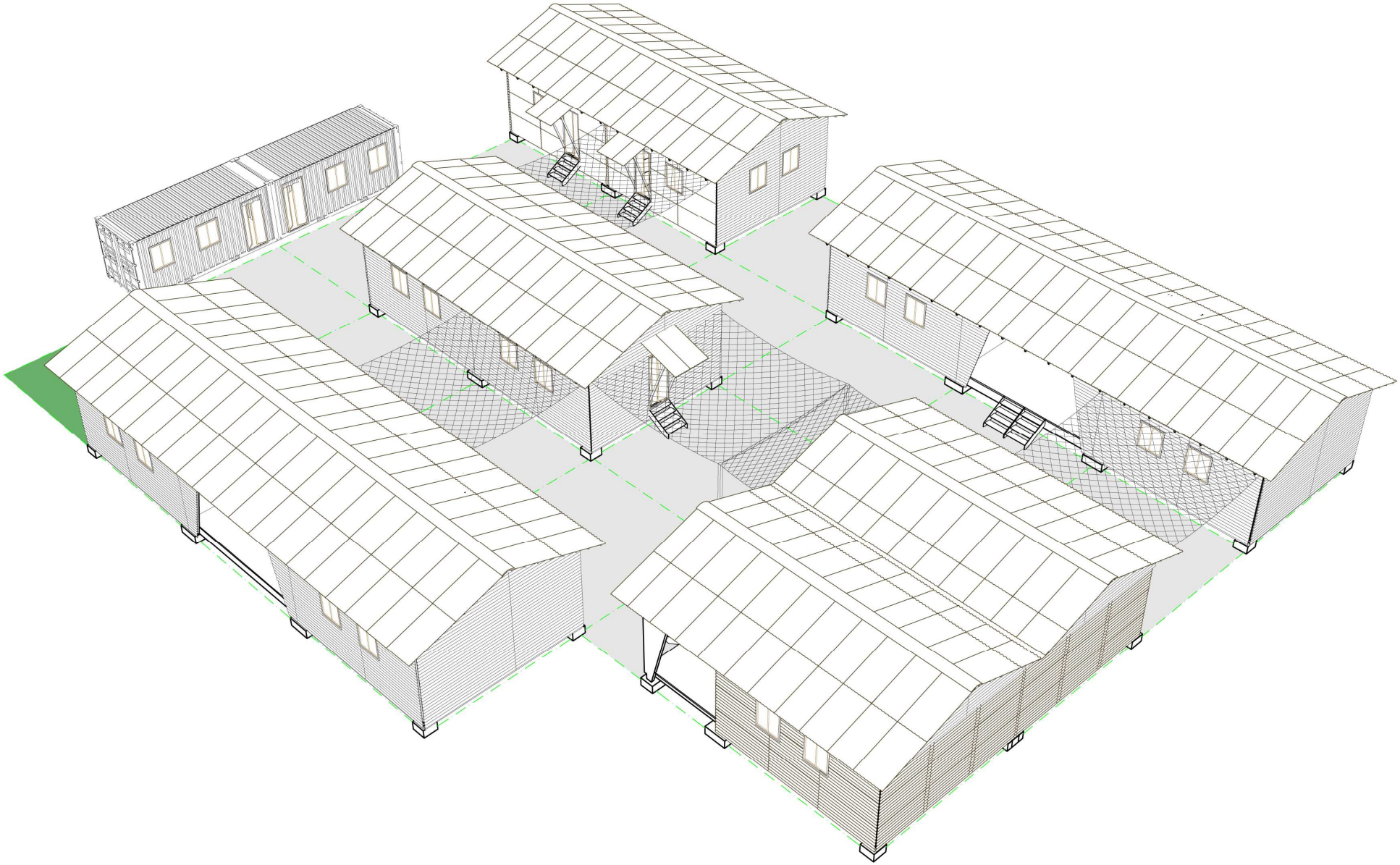


Abb. 98: Perspektive des Schulareals

8.3 Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick

Die in der Theorie gewonnenen Erkenntnisse über erdbeben- und wirbelsturmsicheres Bauen sowie die Situation, in der sich die haitianische Bevölkerung befindet, reduzierten das anfängliche Anliegen nach einem aufsehenerregenden Gebäude. Vielmehr stand die Intension im Vordergrund, sinnvolle Maßnahmen für einen dauerhaften Wiederaufbau zu ergreifen.

Die Erstellung eines Frachtcontainers aus Modulelementen wäre statisch zwar machbar, würde jedoch die Modulelemente dahingehend verändern, dass sie am Bau ihre Funktionen schlechter erfüllen.

Die Rahmenkonstruktion bewerkstelligt mit einfachen Mitteln die Lastabtragung, während der Großteil der Wandfläche mit lokalen Baumaterialien geschlossen werden kann. Auch die Anwendung von Wohnungskonfigurationen, die der haitianischen Bevölkerung vertraut sind, und deren Mitarbeit bei den Bauvorbereitungen und auf der Baustelle ermöglicht eine rasche Annahme des modularen Bausystems.

Durch die Öffnung der Wand im Bereich der Traufe sowie des Giebels im Falle einer Veranda wird die natürliche Ventilation erhöht. Die Anhebung des Bodens über Erdgeschoß trägt ebenso zu einer Kühlung bei und gewährt zusätzlich, dass das Gebäude in der Regenzeit trocken bleibt.

Natürlich mussten im Bezug auf erdbeben- und wirbelsturmsicheres sowie tropengerechtes Bauen Kompromisse eingegangen werden. Der Dachüberstand beispielsweise, welcher bei hohen Niederschlägen möglichst groß sein sollte, um das Wasser vom Gebäude wegzuführen, wurde aufgrund der häufig auftretenden Wirbelstürme klein gewählt.

Der statische Nachweis für den Lastfall Erdbeben wurde anhand des neuen dominikanischen Codes 2008 geführt, welcher über dem Antwortspekturm des Bebens vom 12. Jänner 2010 liegt. Die Bemessung auf Wirbelsturmtauglichkeit war jedoch für die Dimensionierung der Holzquerschnitte ausschlaggebend.

Bei der Dimensionierung der Bauteile wurde danach getrachtet, das Gewicht gering zu halten, um eine einfache Manipulation auf der Baustelle zu ermöglichen. Zudem ermöglicht die

modulare Bauweise eine Reduktion der unterschiedlichen Elemente bei gleichzeitiger Erhöhung der Anwendbarkeit, was die gebrachten Beispiele verdeutlichen.

Durch Umbaumaßnahmen kann der Interimsbau, welcher ausschließlich der Unterkunft von Personen gewidmet ist, zu einem idealtypischen haitianischen Haus modifiziert werden. Der Montageprozess soll die Schritte von der Fundierung bis zur Fertigstellung des Rohbaus verdeutlichen.

Dieselben modularen Bauelemente kommen auch bei einem zwei geschossigen Wohnbau zur Anwendung. Das Beispiel des Schulareals zeigt weitere Konfigurationen des modularen Bausystems sowie deren Anordnung in größerem Maßstab.

Der nächste Schritt wäre die Erstellung und Erprobung eines Prototyps vor Ort. Ein Feedback von Überlebenden und NGO’s wäre für zukünftige Einsätze essentiell. Sofern Interesse von Hilfsorganisationen besteht, werde ich versuchen diese nächste Etappe zu verfolgen.

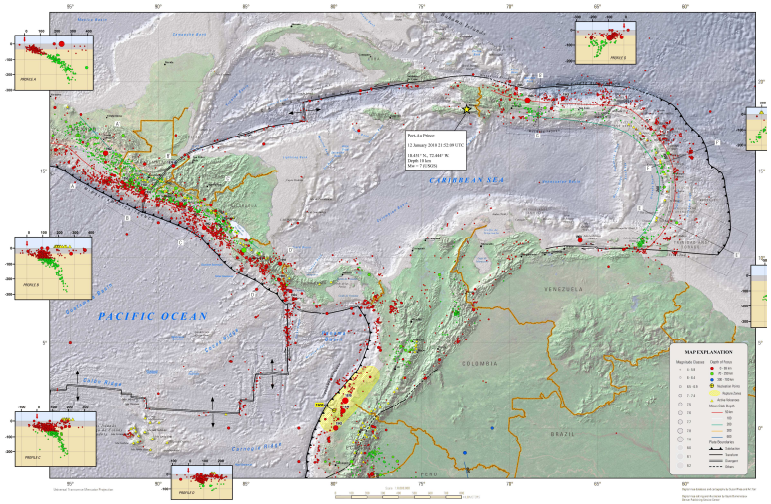


Abb. 99: Seismische Aktivität der Karibischen Platte seit 1900 (Tarr & Rhea, 2010)

ANHANG A

Im Folgenden wurde versucht, sämtliche Erdbeben im karibischen Raum von 1900 bis heute aufzulisten. Es wurden 50 Ereignisse gefunden, deren Magnitude von 4,9 bis 8,0 reicht. Das Beben von Haiti weist dabei mit 222.570 die weitaus größte Zahl an Todesopfern auf.

Tabelle 7: Erdbeben im karibischen Raum seit 1900 (United States Geological Survey's, 2009), (Dauerer, 2010)

Ort	Datum	Stärke	Tote
Guatemala	19.04.1902	7,5	2.000
Jamaica, Kingston	14.01.1907	6,5	1.000
Costa Rica, Cartago	04.05.1910	6,4	700
Puerto Rico, Mona Passage	11.10.1918	7,5	116
Nicaragua, Managua	31.03.1931	6,0	2.500
Guatemala	06.08.1942	7,9	38
Dominican Republic, Samana	04.08.1946	8,0	100
Dominican Republic, Samana	04.08.1946	8,0	100
Dominican Republic, Samana	08.08.1946	7,6	
El Salvador, Jucuapa	06.05.1951	6,2	400
Nicaragua, Cosiguina	02.08.1951	5,8	1.000
El Salvador, La Libertad	03.05.1965	6,3	125
Venezuela, near the Coast	29.07.1967	6,5	
Guadeloupe, Leeward Islands	25.12.1969	7,2	
Nicaragua	23.12.1972	6,2	5.000
Panama - Colombia border region	13.07.1974	7,3	11
Leeward Islands	08.10.1974	7,5	
Guatemala	04.02.1976	7,5	23.000
El Salvador	10.10.1986	5,5	1.000
Costa Rica	22.04.1991	7,6	47
Nicaragua	02.09.1992	7,6	116
Venezuela, near the Coast	09.07.1997	7,0	
Colombia	25.01.1999	6,1	1.185
Honduras	11.07.1999	6,7	

Ort	Datum	Stärke	Tote
Costa Rica	20.08.1999	6,9	
El Salvador	13.01.2001	7,7	852
El Salvador	13.02.2001	6,6	315
Dominican Republic Region, Puerto Plata	22.09.2003	6,4	3
Panama	25.12.2003	6,5	2
Nicaragua, near the coast	09.10.2004	7,0	
Colombia, near the West Coast of Colombia	15.11.2004	7,2	
Costa Rica	20.11.2004	6,4	8
Leeward Islands, Guadeloupe	21.11.2004	6,3	1
Trinidad, Mayaro	02.12.2004	5,8	
Cayman Islands Region	14.12.2004	6,8	
Nicaragua, near the coast	02.07.2005	6,6	
Gulf of Mexico	10.09.2006	5,8	
Trinidad	29.09.2006	5,5	1
Trinidad	29.09.2006	6,1	
Guatemala, Offshore	13.06.2007	6,7	
Colombia, Near the West Coast of Colombia	10.09.2007	6,8	
Martinique Region, Windward Islands	29.11.2007	7,4	1
Panama	19.11.2008	6,1	
Costa Rica	08.01.2009	6,1	40
Nicaragua, Quilalí	31.03.2009	4,9	
Honduras, offshore	28.05.2009	7,3	7
Panama	04.07.2009	6,0	32
Venezuela, offshore Carabobo	12.09.2009	6,3	
Haiti region	12.01.2010	7,0	222.570

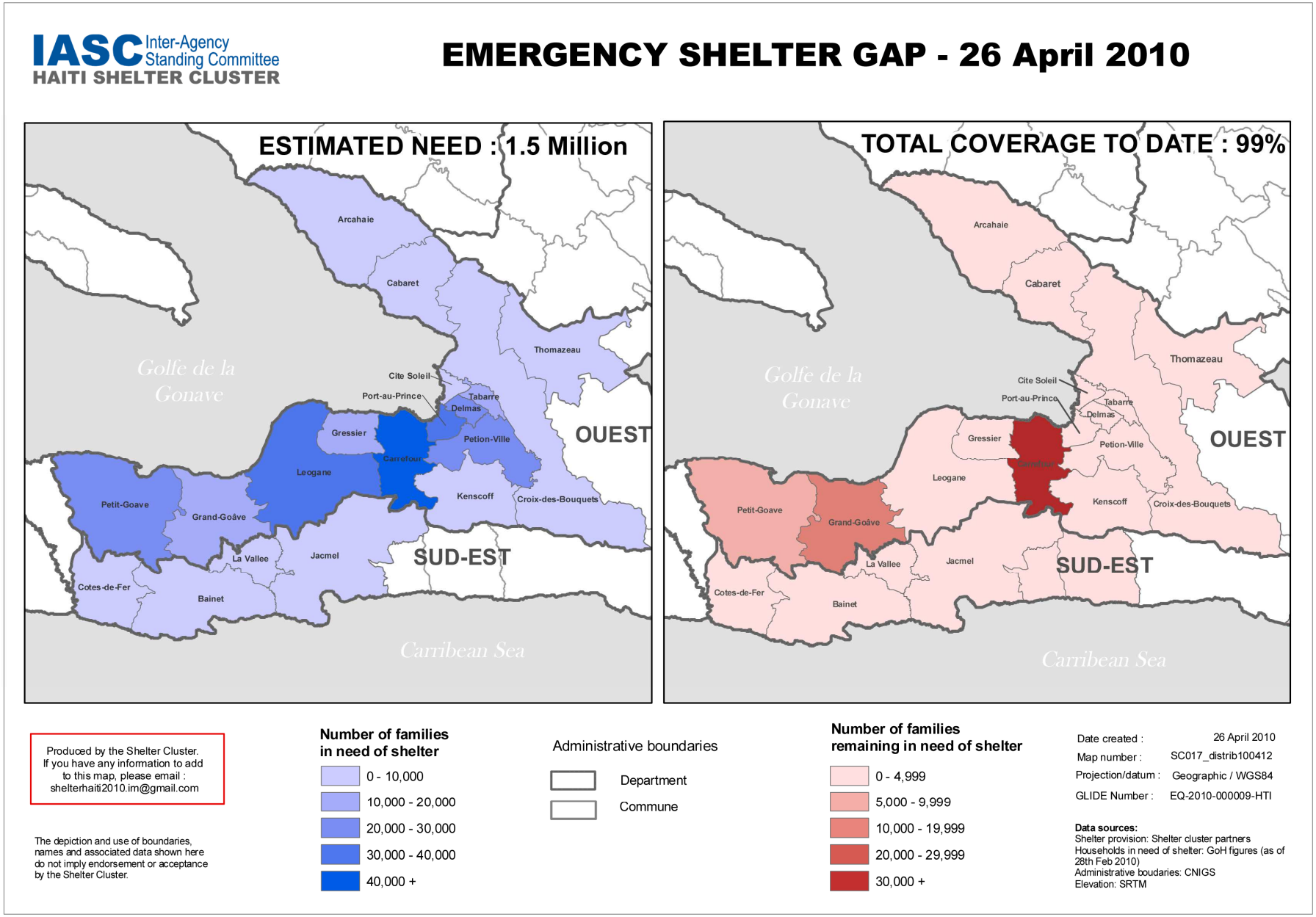


Abb. 100: Gesamt benötigte und noch fehlende Notunterkünfte im Katastrophengebiet mit Stand 26. April 2010 (Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster, 2010)

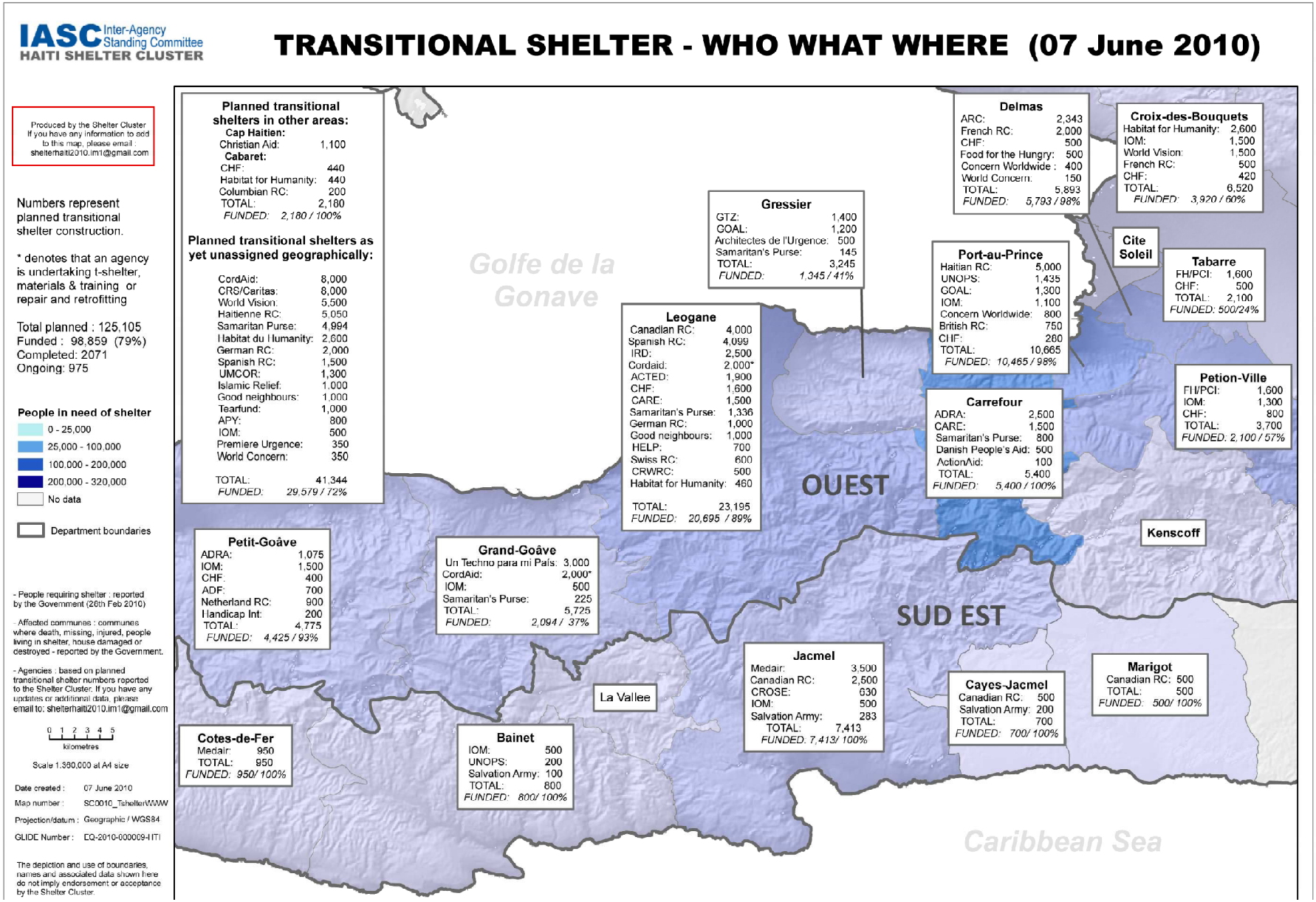


Abb. 101: Geplante Interimsbauten im Katastrophengebiet mit Stand 7. Juni 2010 (Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster, 2010)

IASC Inter-Agency Standing Committee
HAITI SHELTER CLUSTER

TRANSITIONAL SHELTER - PROGRESS UPDATE (12 Oct 2010)

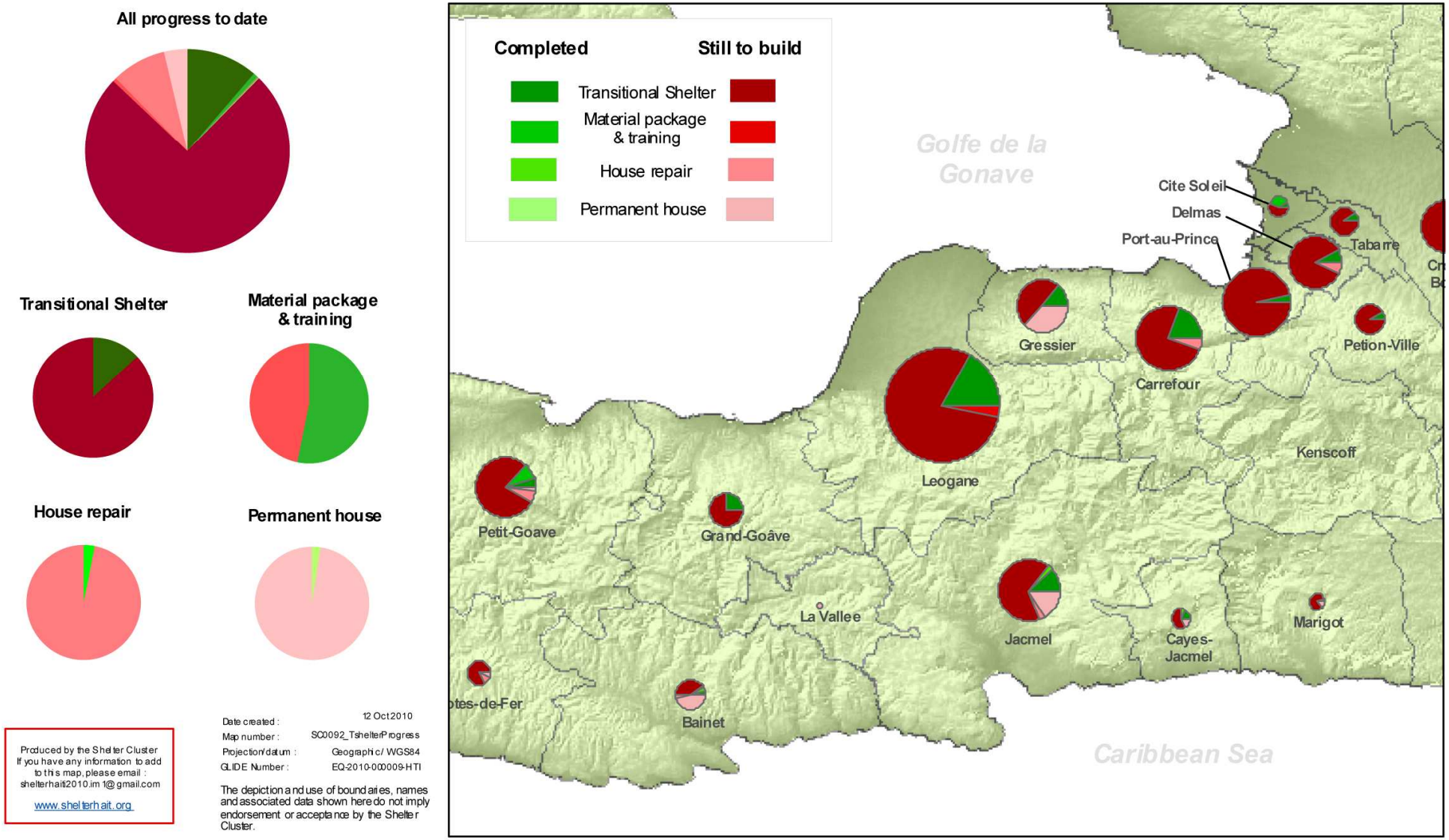


Abb. 102: Fortschritt der Errichtung von Interimsbauten mit Stand 12. Oktober 2010 (Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster, 2010)

ANHANG B

Im Folgenden wird detaillierter auf die Statik des zwei geschossigen Bauwerks eingegangen. Das Tragverhalten wurde zwei dimensional in der Ebene XZ sowie in der Ebene YZ untersucht.

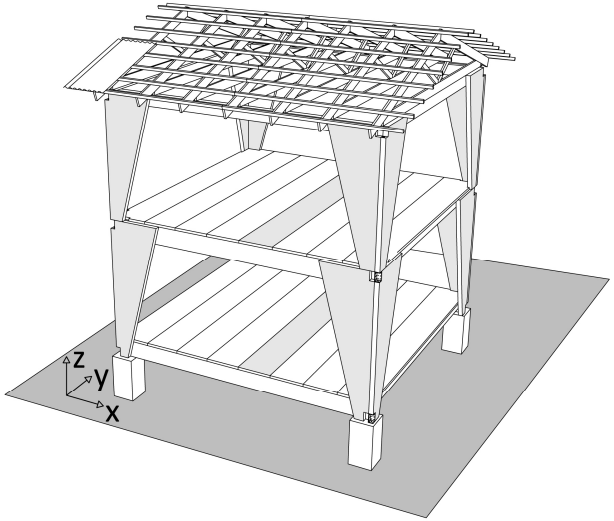


Abb. 104: Tragwerk des zwei geschossigen Hauses

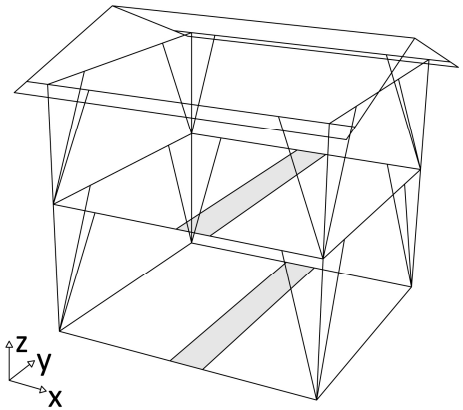


Abb. 103: Tragwerksmodell des zwei geschossigen Hauses

Statisches System für das zweigeschossige Gebäude in der XZ-Ebene

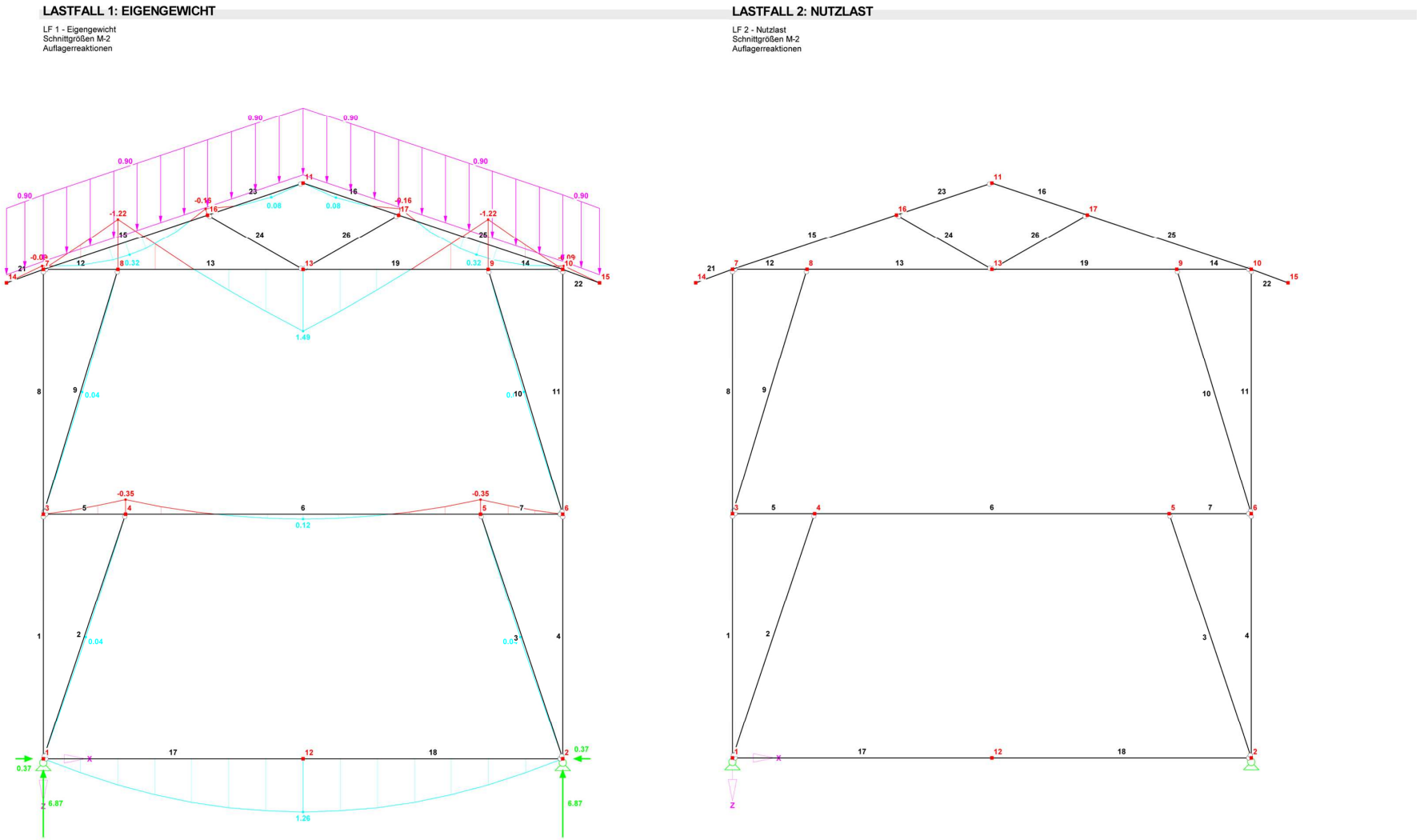


Abb. 105: Lastfälle Eigengewicht und Nutzlast in der XZ-Ebene

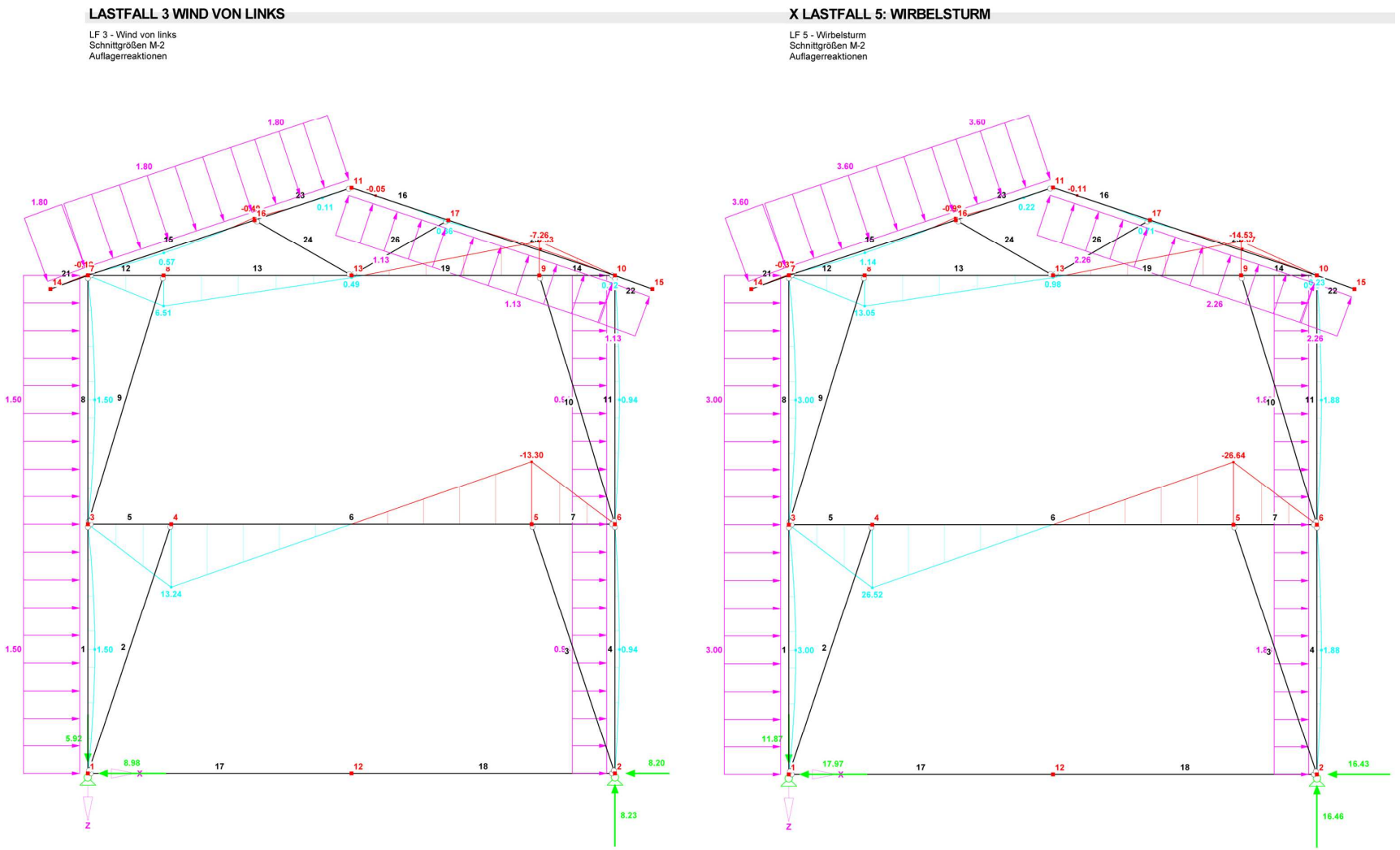


Abb. 106: Lastfälle Wind von links und Wirbelsturm in der XZ-Ebene

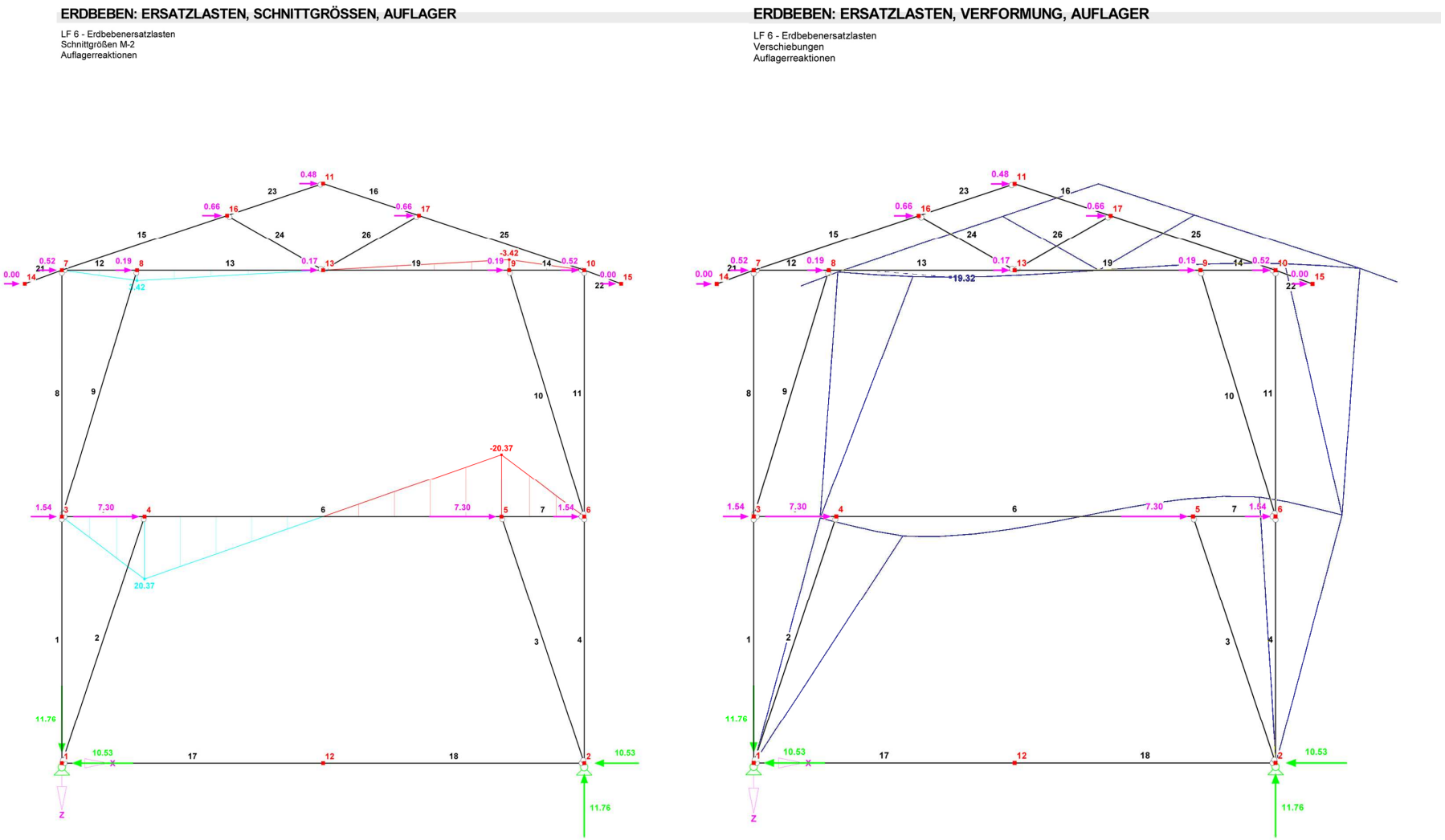


Abb. 107: Erdbebenersatzlasten, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der XZ-Ebene

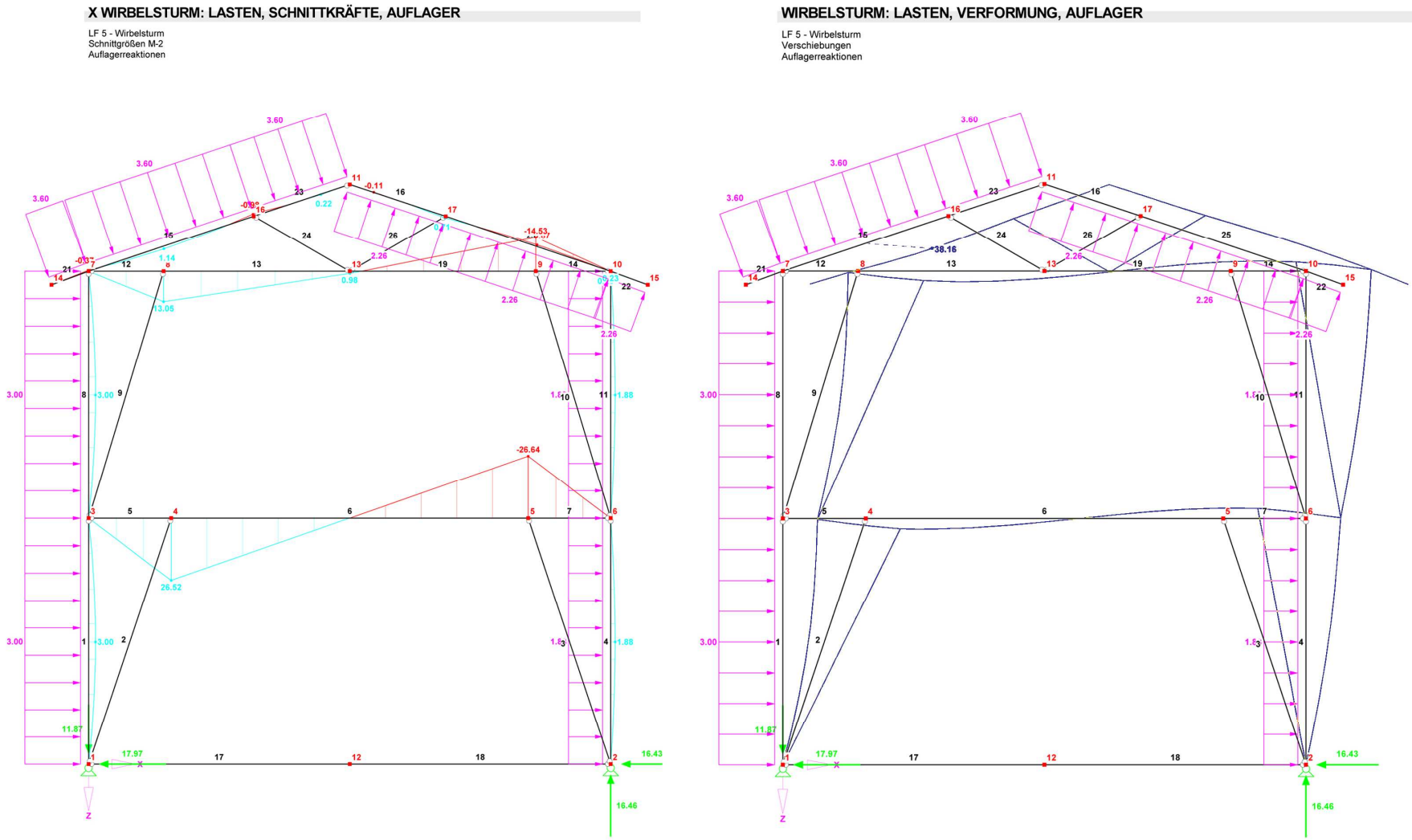


Abb. 108: Lasten infolge Wirbelsturm, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der XZ-Ebene

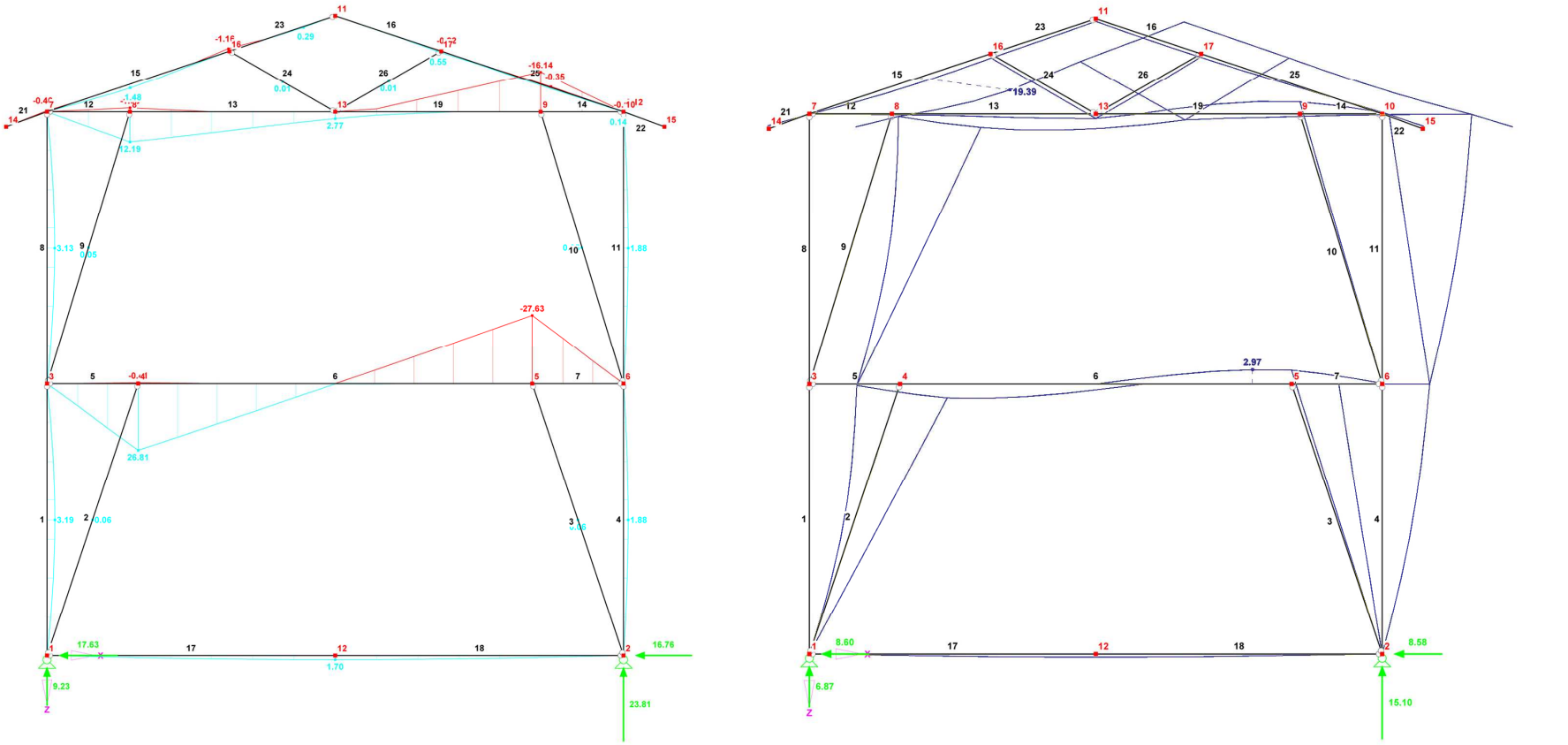


Abb. 109: Maßgebende Lastfallkombination mit Auflagern und Schnittgrößen, sowie charakteristische Werte mit Verformung in der XZ-Ebene

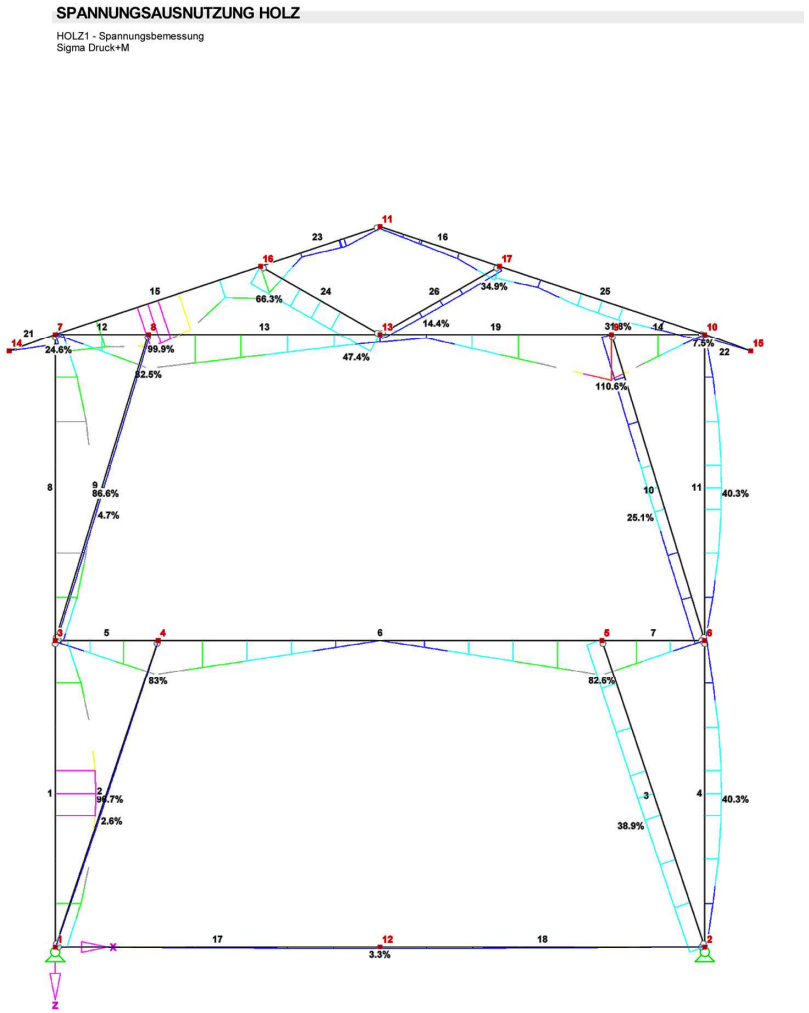


Abb. 110: Spannungsausnutzung der Holzquerschnitte in der XZ-Ebene

Statisches System für das zweigeschossige Gebäude in der YZ-Ebene

LASTFALL 1: EIGENGEWICHT

LF 1 - Eigengewicht
Schnittgrößen M-2
Auflagerreaktionen

LASTFALL 2: NUTZLAST

LF 2 - Nutzlast
Schnittgrößen M-2
Auflagerreaktionen

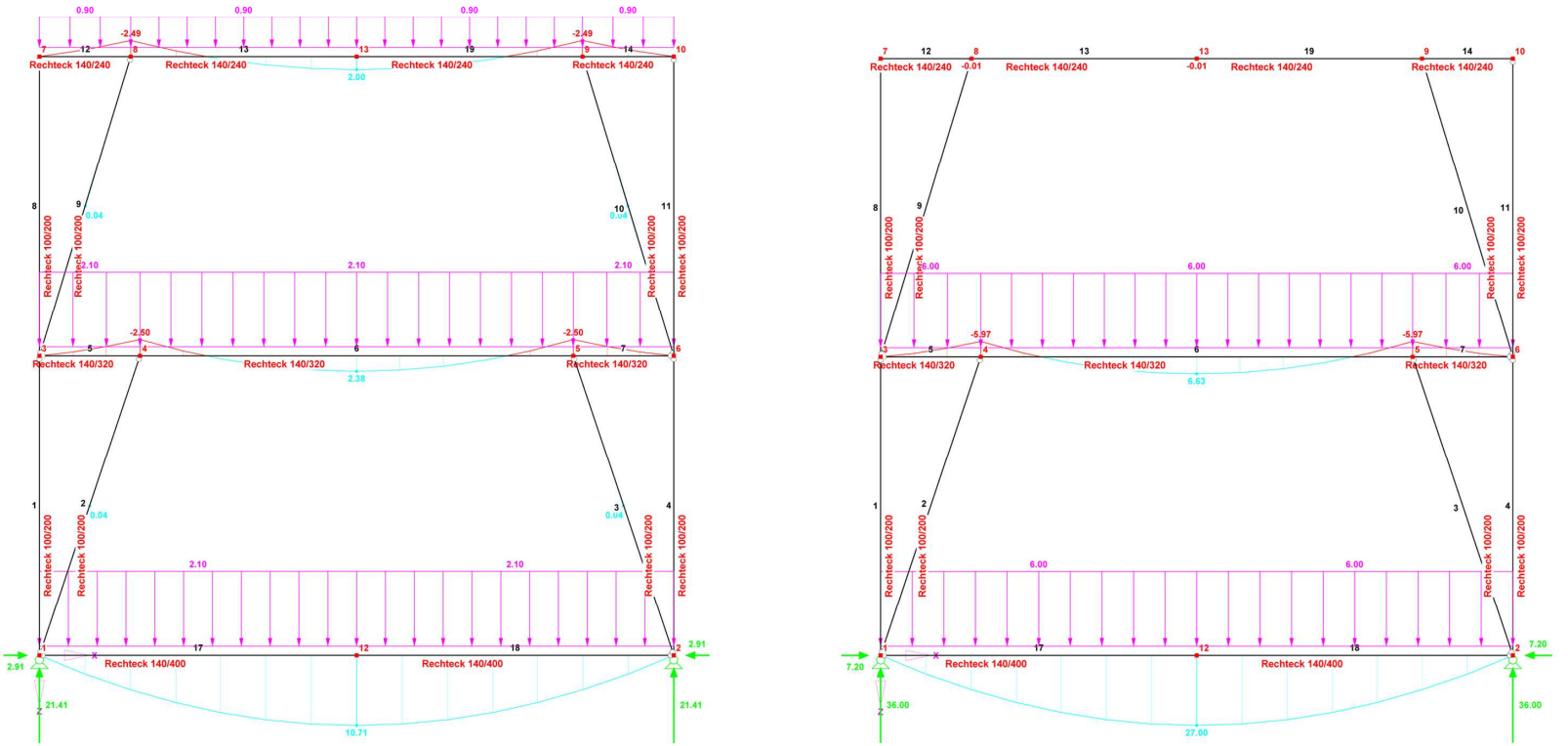


Abb. 111: Lastfälle Eigengewicht und Nutzlast in der YZ-Ebene

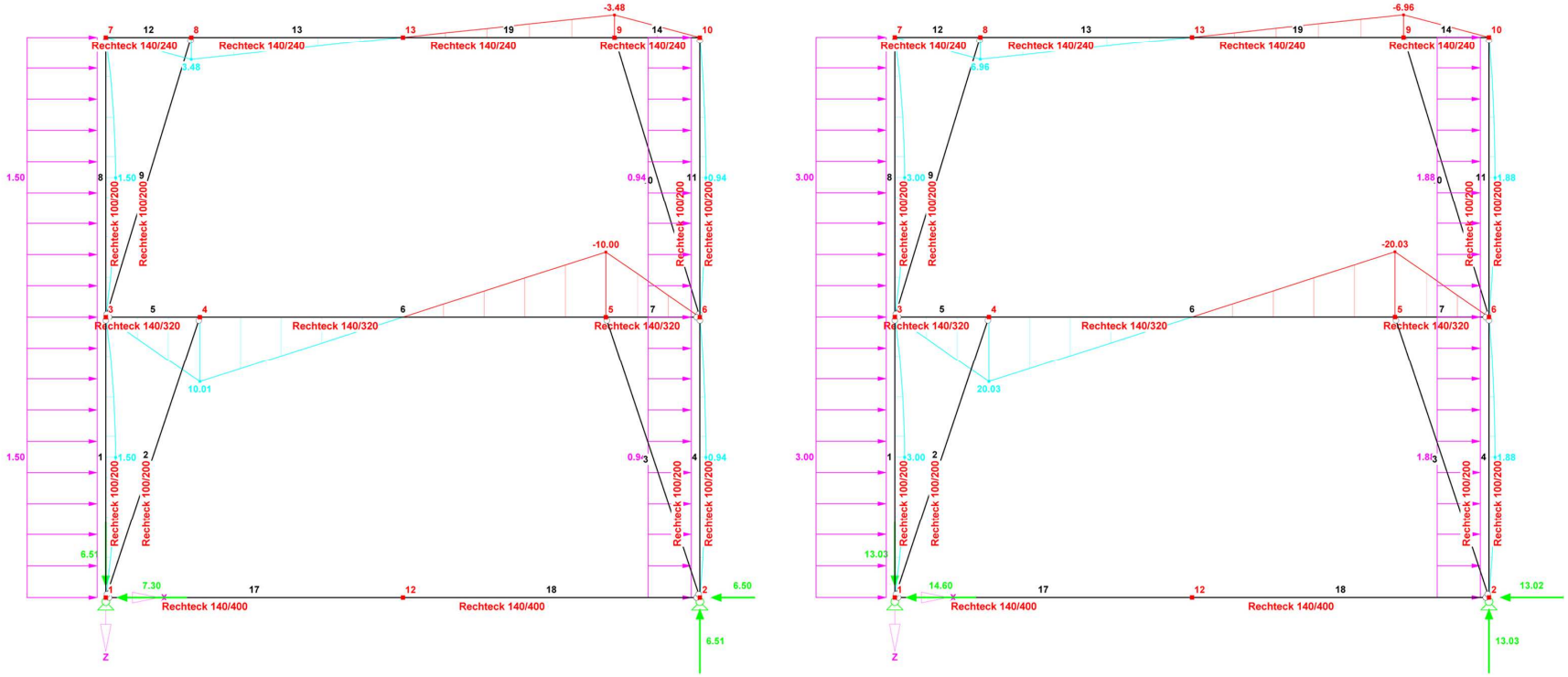


Abb. 112: Lastfälle Wind und Wirbelsturm in der YZ-Ebene

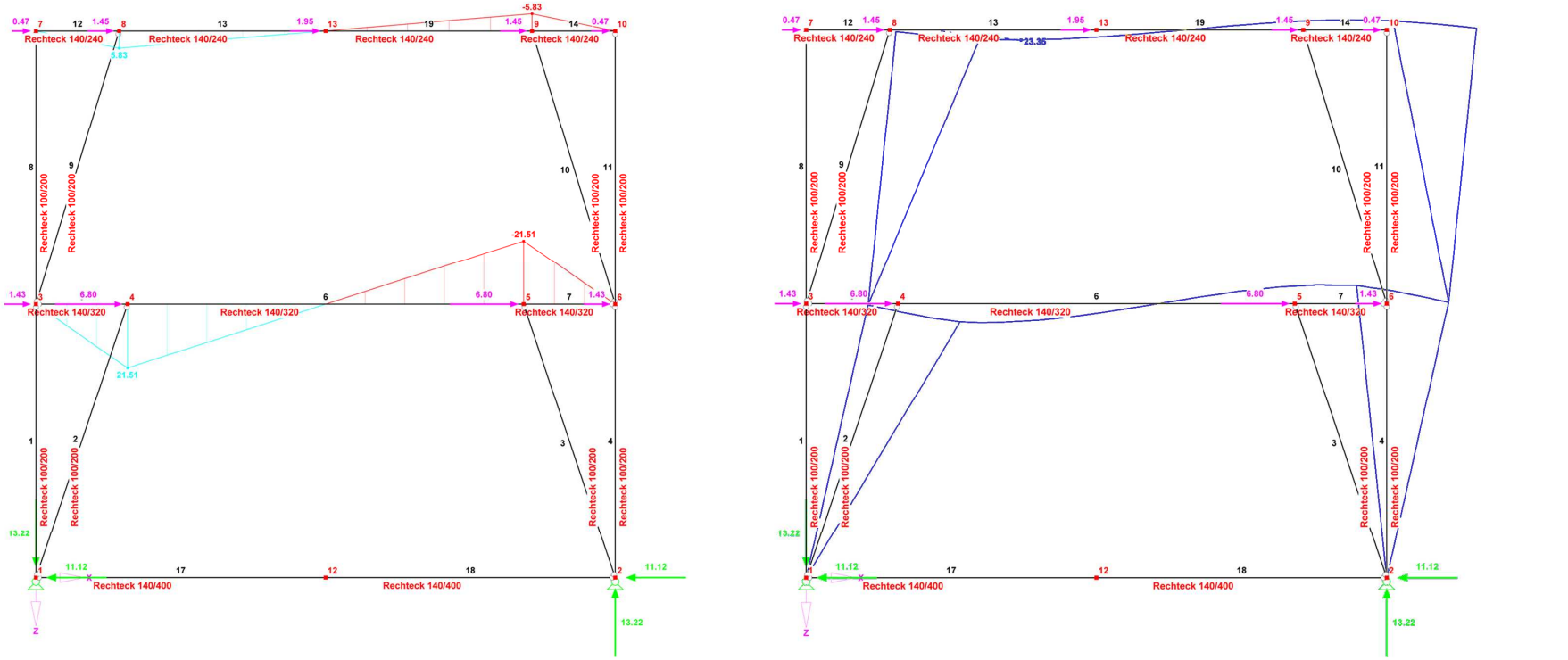


Abb. 113: Erdbebenersatzlasten, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der YZ-Ebene

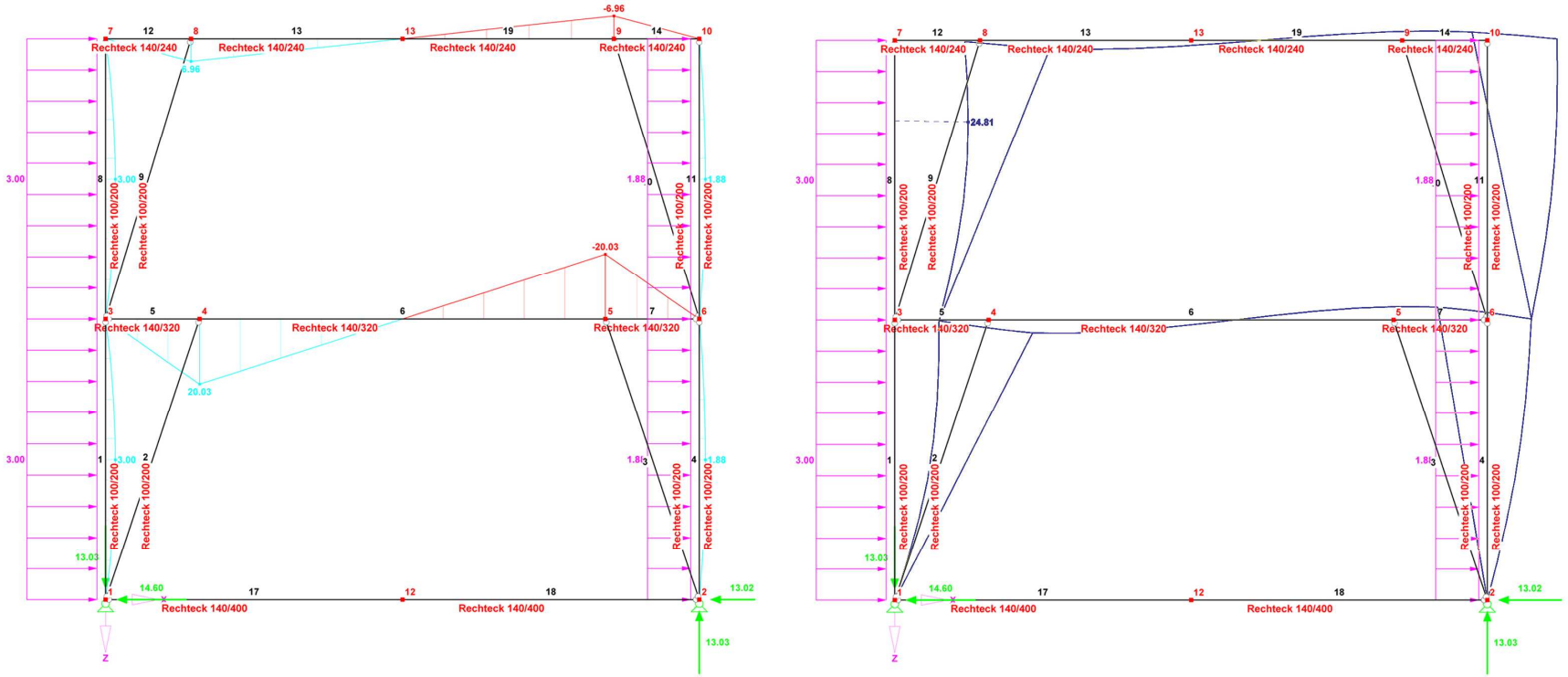


Abb. 114: Lasten infolge Wirbelsturm, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der YZ-Ebene

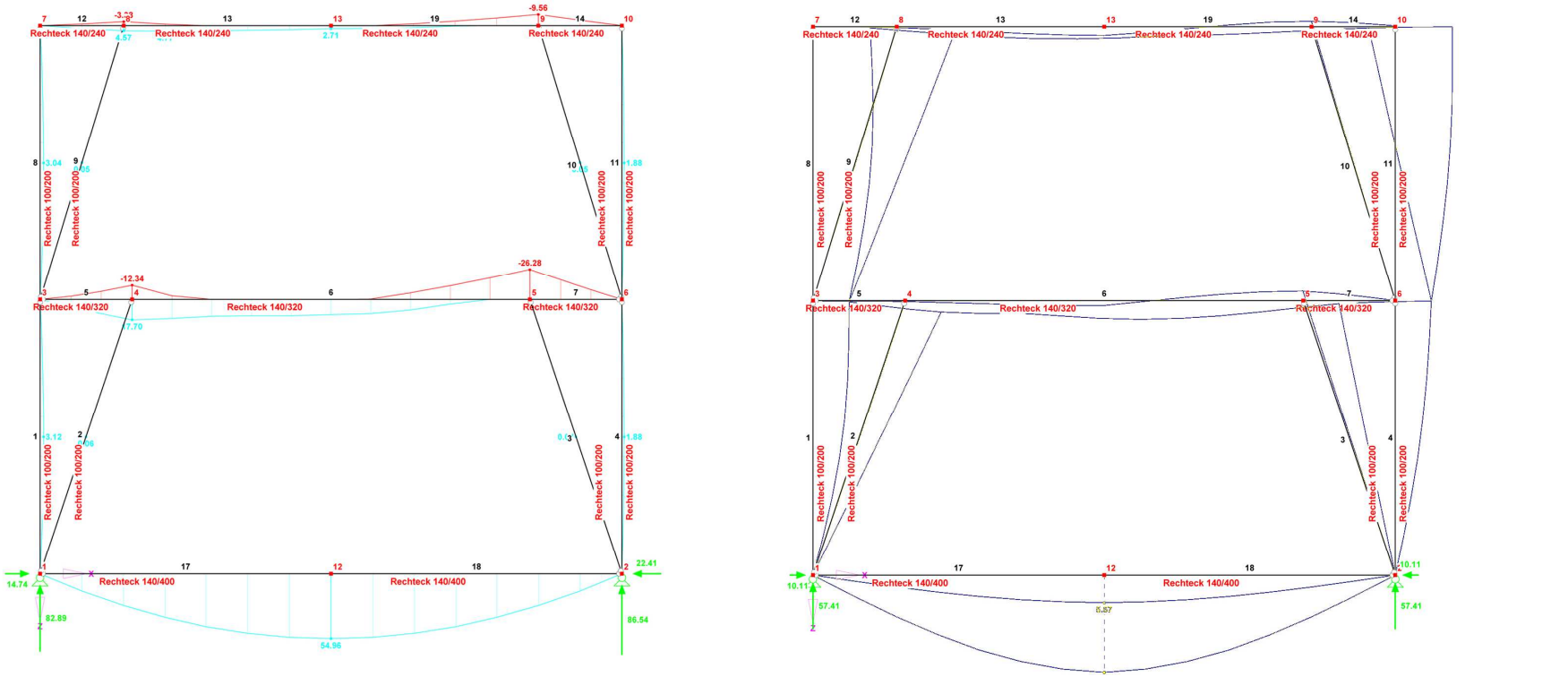


Abb. 115: Maßgebende Lastfallkombination mit Auflagern und Schnittgrößen, sowie charakteristische Werte mit Verformung in der YZ-Ebene

SPANNUNGSAUSNUTZUNG HOLZ

HOLZ1 - Spannungsbemessung
Sigma Druck+M

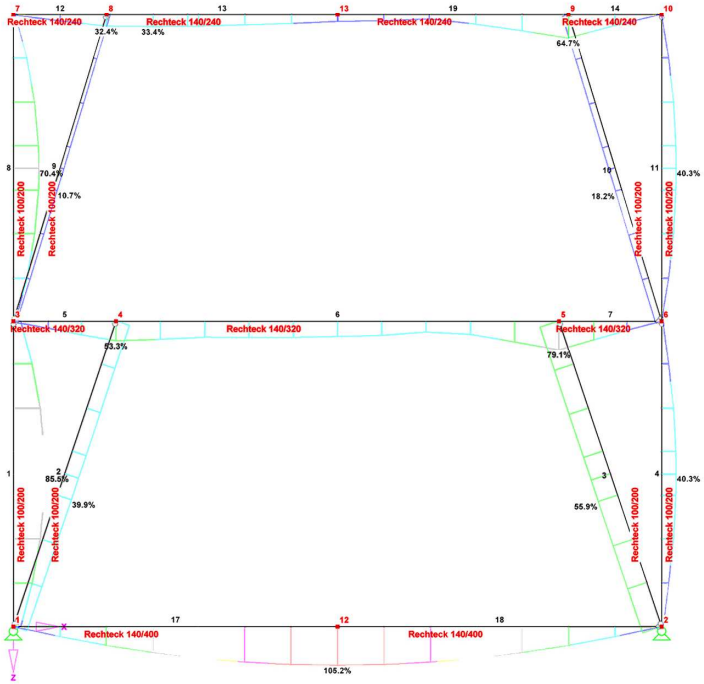
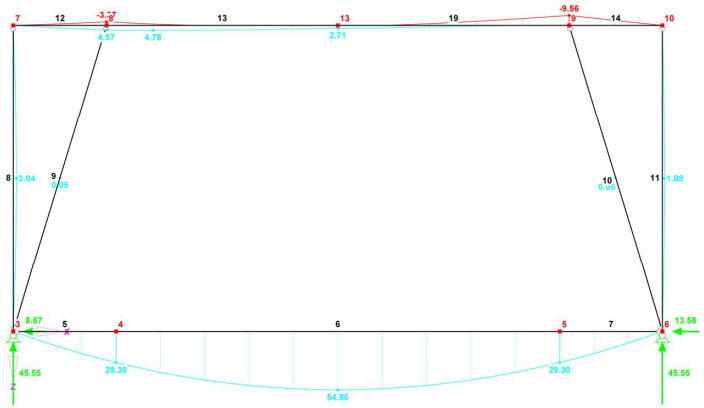


Abb. 116: Spannungsausnutzung der Holzquerschnitte in der YZ-Ebene

Auflagerreaktionen und Schnittgrößen für den eingeschossigen Interimsbau. Die Lasten wurden wie beim zweigeschossigen Bau angenommen und entsprechend adaptiert

LK1 MASSGEBNDE LF-KOMBI: AUFLAGER, SCHNITTGRÖSSEN XZ-EBENE

LK 1 - Maßgebende LF-Kombination
Max/Min Schnittgrößen M-2
Extremale Auflagerreaktionen



LK1 MASSGEBNDE LF-KOMBI: AUFLAGER, SCHNITTGRÖSSEN YZ-EBENE

LK 1 - Maßgebende LF-Kombination
Max/Min Schnittgrößen M-2
Extremale Auflagerreaktionen

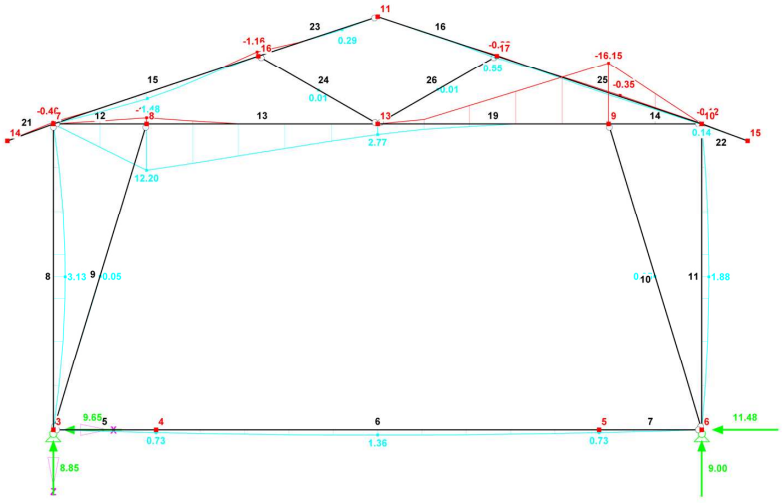


Abb. 117: Maßgebende Lastfallkombination mit Auflagern und Schnittgrößen in der XZ- und YZ- -Ebene für den ein geschossigen Interimsbau

LITERATUR- und QUELLENVERZEICHNIS

Literatur

Ashmore, J. (2010). *Review of emergency shelter solutions in Haiti.* Haiti. Abgerufen am 12.11.2010 unter https://sites.google.com/site/shelterhaiti2010/technical-info/technical-reference

Bachmann, H. (2002). *Erdbebensicherung von Bauwerken.* Basel: Birkhäuser.

Bellegarde-Smith, P. (1990). *Haiti: the breached citadel.* Boulder: Westview Press.

Bolt, B. A. (1995). *Erdbeben: Schlüssel zur Geodynamik.* Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.

Burböck, H. J. (10. 07 2009). Holz hat Steherqualitäten. *Holzbau Austria* , S. 26-28.

Burk, P. (1998). *Bau-Planer; Entwicklungs- und Krisenregionen ; gemäß den internationalen Empfehlungen und Richtlinien von FAO, WHO, UNESCO, UNHCR und UNDRO.* Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

Caritas International. (2009). *Notunterkünfte und Wohnungsbauprogramme in Katastrophengebieten: Wie viel Wohnung braucht der Mensch?* Freiburg: Deutscher Caritasverband e.V.

Chomsky, N. (1993). Chapter Eight: The Tragedy of Haiti. In N. Chomsky, *Year 501: The conquest continues.* Boston: South End Press.

Cunningham, R. L. (1997). The Biological Impacts of 1492. In S. M. Wilson, *The Indigenous People of the Caribbean* (S. 31-35). Gainesville: University Press of Florida.

Daudrich, D. (2007). *Der tropische Wirbelsturm und Das Wirbelkraftwerk.* Emsdetten: first minute Taschenbuch Verlag.

Département des transports, de l'équipement et de l'environnement. (2000). *Guide de construction parasismique, Leitfaden für erdbebensicheres Bauen.* Sion: Crealp Zentrum für Alpine Umweltforschung.

Froese, G. (2003). *Dominikanische Republik & Haiti; mit ausführlichem Haiti-Teil.* Hamburg: Sebra Verlag.

Glass, S. V., & Zelinka, S. L. (2010). Chapter 4: Moisture Relations and Physical Properties. In F. P. Laboratory, *Wood Handbook - Wood as an engineering material* (S. 4-1 - 4-19). Madison, Wisconsin: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

Habitat for Humanity. (2010). *Rebuild Haiti.* Americus: Habitat for Humanity.

Hindrichs, D. U., & Daniels, K. (2007). *Plus minus 20° / 40° latitude: Sustainable building design in tropical and subtropical regions.* Stuttgart, London: Edition Axel Menges.

Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique. (2009). *Grandes Leçons socio-demographiques tirees du 4e RGPH.* Port au Prince: Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique.

Kehse, U. (06 2009). Das rumoren aus der Tiefe. *GEOkompakt Nr. 19: Naturgewalten* , S. 76-85.

Klooster, W. (2009). *Revolutions in the Atlantic world: a comparative history.* New York: University Press.

Krapfenbauer, R. (2002). *Bautabellen.* Wien: Jugend & Volk GmbH.

Lauber, W., & Ferstl, K. (2005). *Tropical architecture; Sustainable and humane building in Africa, Latin America and South-East Asia.* München, Berlin, London, New York: Prestel.

Lundahl, M. (1983). *The Haitian Economy: Man, Land and Markets.* Kent: Croom Melm Ltd.

McDonald, R. (2003). *introduction to Natural and Man-made Disasters and their Effects on Building.* Oxford: Architectural Press.

Meskouris, K., Hinzen, K.-G., Butenweg, C., & Mistler, M. (2007). *Bauwerke und Erdbeben; Grundlagen - Anwendungen - Beispiele.* Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag.

Nissen, A. (2000). *Brennpunkt Lateinamerika: Die Präsidentschaftswahlen in Haiti - Keine Überraschung aber viele Fragezeichen.* Hamburg: Institut für Iberoamerika-Kunde Hamburg.

Österreichisch-Dominikanische Gesellschaft. (2004). Historische Einbettung: Rebellische Erfahrung und Gegenwart der Vergangenheit. *Symposium: Entsklavte Zukunft?* (S.3). Wien: Österreichisch-Dominikanische Gesellschaft.

Office of the United Nations Disaster Relief Co-Ordination. (1982). *Shelter after Disaster. Guidelines for Assistance.* New York: United Nations.

PermaShelter S.A. (2010). *The PermaShelter™ by HaitiHouse™.* Thomasville, Georgia, USA: Harbor Homes LLC.

Sandhaas, C. (2006). Projekt SOFIE – Erdbebenverhalten von Häusern aus XLAM. *5. Grazer Holzbau-Fachtagung, Brettsperrholz* (S. K-1 - K-14). Graz: TU Graz, Institut für Holzbau und Holztechnologie.

Slesin, S., & Stafford, C. (1987). *L'Art de Vivire aux Antliies.* New York: Flammarion.

United Nations High Commissioner for Refugees. (2000). *Handbook for Emergencies.*

United Nations Higher Commissioner for Refugees. (kein Datum). *Emergency Handbook Notes on Shelter.* Abgerufen am 29. 04 2010 von UNHCR The UN Refugee Agency: http://www.unhcr.ca/documents/emergency_handbook_shelter_notes.pdf

Internetquellen

Architecture for Humanity. (2010). *About the Open Architecture Network*. Abgerufen am 26. 11 2010 von Open Architecture Network: http://openarchitecturenetwork.org/about

Arieff, l. (02. 04 2010). *Rebuilding Haiti*. Abgerufen am 13. 04 2010 von The New York Times, The Opinion Pages: http://opinionator.blogs.nytimes.com/2010/04/02/rebuilding-in-haiti/?hp

Bayerische Solar AG. (2010). *Montage der Schraubfundamente*. Abgerufen am 23. 12 2010 von Bayerische Solar AG: http://www.bayerische-solar.com/Downloads.html

Beaumont, P. (10. 07 2010). *Haiti earthquake: six months on*. Abgerufen am 17. 11 2010 von guardian.co.uk | the observer: http://www.guardian.co.uk/world/2010/jul/10/haiti-earthquake-aid-survivors

Binderholz Bausysteme GmbH. (kein Datum). *Erdbebensicherheit von Gebäuden aus Brettsperrholz BBS*. Abgerufen am 10. 11 2010 von binderholz: http://www.binderholz-bausysteme.com/index.php?id=239&L=0

Caritas Österreich. (2010). *Neue Häuser für Haiti*. Abgerufen am 23. 12 2010 von Caritas Österreich: http://www.caritas.at/auslandshilfe/projekte/lateinamerika/haiti/neue-haeuser-fuer-haiti/

Central Intelligence Agency. (01. 07 2010). *Regional Maps*. Abgerufen am 05. 07 2010 von https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/docs/refmaps.html

Cole, C. (2010). *Haiti: Coping with the aftermath*. Abgerufen am 30. 09 2010 von Los Angeles Times: http://www.latimes.com/news/local/photography/la-fg-haiti-hires-html,0,7123168.htmlstory

Cova, d. l. (15. 12 1997). *Jean-Bertrand Aristide.* Abgerufen am 24. 12 2010 von Latin American Studies: http://www.latinamericanstudies.org/aristide.htm

Dauerer, A. (18. 01 2010). *Karibische Platte ist besonders gefährdet*. Abgerufen am 03. 07 2010 von Focus Online: http://www.focus.de/reisen/reisefuehrer/lateinamerika/erdbeben-karte-karibische-platte-ist-besonders-gefaehrdet_aid_471814.html

Fierro, E. (27. 01 2010). *Index of /publications/haiti_2010/documents.* Abgerufen am 02. 12 2010 von Pacific Earthquake Engineering Research Center: http://peer.berkeley.edu/publications/haiti_2010/documents/

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (2010). *Sicherung der Ware im Container*. Abgerufen am 24. 11 2010 von Containerhandbuch, Fachinformation der Deutschen Transportversicherer: http://www.containerhandbuch.de/chb/stra/index.html

Gibney, E. J. (2008). *Tropical Cyclone Climatology.* Abgerufen am 12. 11 2010 von National Hurricane Center: http://www.nhc.noaa.gov/pastprofile.shtml#hrhm

Global Seismic Hazard Assessment Program. (2010). *Seismic Hazard Map, Central America–Caribbean*. Abgerufen am 04. 07 2010 von About Geology: http://geology.about.com/library/bl/maps/blcentralamerica.htm

GlobalSecurity.org. (11. 06 2005). *Operation Secure Tomorrow*. Abgerufen am 24. 12 2010 von GlobalSecurity.org: http://www.globalsecurity.org/military/ops/haiti04.htm

Google Inc. (04. 04 2010). *Aftershock Mapping*. Abgerufen am 11. 11 2010 von USGS science for a changing world: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/aftershocks/?event=2010rja6

Hart, K. (2010). *EarthbagBuilding.com* . Abgerufen am 16. 11 2010 von http://www.earthbagbuilding.com

Hengst, B. (10. 03 2010). *Im größten Obdachlosenheim der Welt*. Abgerufen am 11. 11 2010 von Spiegel Online Panorama: http://www.spiegel.de/panorama/gesellschaft/0,1518,682418,00.html

Hennings, D. (2000). *Sun Path: A sun chart calculator (Release 0.55) Copyrighted Freeware.* Von http://www.eclim.de/index5.htm abgerufen

InnoVida Holdings. (2010). *innovida, walls of innovation*. Abgerufen am 16. 11 2010 von http://www.innovida.com

Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster. (2010). *Map room.* Abgerufen am 17. 11 2010 von Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster: https://sites.google.com/site/shelterhaiti2010/information-management/map-room

Jutz, C. (19. 09 2008). *Klimaerwärmung und Tropische Wirbelstürme*. Abgerufen am 12. 11 2010 von Schweizer Fernsehen: http://meteo.sf.tv/sfmeteo/wwn.php?id=200809091247

Käufer, T. (13. 01 2010). *Haiti ist in sich zusammengebrochen*. Abgerufen am 11. 11 2010 von Welt Online: http://www.welt.de/vermischtes/article5836790/Haiti-ist-in-sich-zusammengebrochen.html

Kröner, T. (2009). *Das Klima in Haiti / Klimatabelle Haiti*. Abgerufen am 28. 11 2010 von Online Reiseinfos: http://www.online-reiseinfos.de/klima/haiti.php

Lee, J. (2010). *Used Shipping Containers*. Abgerufen am 29. 11 2010 von containerhomes.net: http://www.containerhomes.net/products/products-and-prices/used_shipping_%20container.html

Loomis, R. (2010). *Haiti: Coping with the aftermath*. Abgerufen am 09. 12 2010 von Los Angeles Times: http://www.latimes.com/news/local/photography/la-fg-haiti-hires-html,0,7123168.htmlstory

Lovett, R. A. (25. 02 2010). *Haiti earthquake produced deadly tsunami*. Abgerufen am 11. 11 2010 von nature: http://www.nature.com/news/2010/100225/full/news.2010.93.html

MINUSTAH GIS and UN Cartographic Section. (06 2008). *Haiti Map*. Abgerufen am 17. 06 2010 von http://www.un.org/Depts/Cartographic/map/profile/haiti.pdf

Moreta, R. (02 2010). *Shelters and Housing Units Prototype*. Abgerufen am 11. 12 2010 von Green Container International Aid: http://www.green-container-intl-aid.com/our_homes_and_master_planning_services

Möseneder, M. (11. 07 2010). *Spendengeld für Haiti kommt nicht an*. Abgerufen am 17. 11 2010 von Der Standard: http://derstandard.at/1277337863181/Nach-dem-Erdbeben-Spendengeld-fuer-Haiti-kommt-nicht-an

National Hurricane Center. (21. 05 2010). *The Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale Summary Table*. Abgerufen am 04. 07 2010 von http://www.nhc.noaa.gov/sshws_table.shtml?large

National Hurricane Center. (ohne Datum). *Tropical Cyclone Climatology*. Abgerufen am 12. 11 2010 von National Hurricane Center: http://www.nhc.noaa.gov/pastprofile.shtml#cp100

National Oceanic and Atmospheric Administration. (01. 05 2009). *Four Hurricane Names Retired From List of Storms*. Abgerufen am 12. 11 2010 von National Oceanic and Atmospheric Administration: http://www.noaanews.noaa.gov/stories2009/20090501_names.html

Osamu Tsutae Construction. (2008). *Ken Shin housing*. Abgerufen am 20. 12 2010 von http://www.dento-koho.org/kaiho090305.html

Phillips, A. A. (2010). *Architecture haïtienne*. Abgerufen am 20. 10 2010 von Alliance Haiti: http://www.alliance-haiti.com/societe/technique/architecture.htm

Polansky, M. (08. 12 2010). *Heftige Proteste gegen Ergebnis der ersten Runde*. Abgerufen am 08. 12 2010 von Tagesschau.de: http://www.tagesschau.de/ausland/haitiwahl102.html

Ramerini, M. (28. 04 2010). *Colonial voyage*. Abgerufen am 28. 04 2010 von Online-Ratgeber für die Länder der Welt: http://www.colonialvoyage.com/america/de/mittel/haiti/klima.html

Reliefweb. (12. 06 2010). Abgerufen am 12. 06 2010 von http://reliefweb.int/rw/dbc.nsf/doc108?OpenForm&emid=EQ-2010-000009-HTI&rc=2

Rotoplas. (2010). Abgerufen am 28. 12 2010 von Rotoplas: http://www.rotoplas.com/hogar.html

Schmid, T. (19. 02 2004). *Intervention erwünscht: Ohne internationales Eingreifen droht in Haiti eine Katastrophe*. Abgerufen am 24. 12 2010 von Die Zeit online: Politik: http://www.zeit.de/2004/09/Haiti

Schweizerischer Erdbebendienst. (22. 11 2010). *Fragen und Antworten*. Abgerufen am 08. 12 2010 von Schweizerischer Erdbebendienst: http://www.seismo.ethz.ch/silva_ethz/ETH/erdw/seismo/seismo/edu/FAQ/index#pga

Sittig, F. (29. 01 2010). *Erdbeben fordern weltweit die meisten Todesopfer*. (Axel Springer AG 2010) Abgerufen am 03. 07 2010 von Welt Online: http://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article6028101/Erdbeben-fordern-weltweit-die-meisten-Todesopfer.html

Sustainable Organic Integrated Livelihoods. (2010). *SOIL in Port-au-Prince*. Abgerufen am 28. 12 2010 von SOIL Sustainable Organic Integrated Livelihoods: http://www.oursoil.org

Tagesschau.de. (13. 04 2008). *Haitis Regierung stürzt über Hungerrevolte*. Abgerufen am 4. 11 2010 von Tagesschau.de Archiv: http://depub.org/tagesschau/artikel/haiti46/

Tagesschau.de. (13. 01 2010). *Schweres Erdbeben erschüttert Haiti*. Abgerufen am 4. 11 2010 von Tagesschau.de: http://www.tagesschau.de/inland/haiti190.html

Tarr, A. C., & Rhea, S. (12. 02 2010). *Poster of the Seismicity of the Caribbean Plate and Vicinity.* Abgerufen am 11. 11 2010 von USGS, science for a changing world: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/regions/caribbean.medium.jpg

Telegraph.co.uk. (22. 4 2010). *Haiti's earthquake death toll revised to at least 250,000.* Abgerufen am 4. 11 2010 von Telegraph.co.uk: http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/centralamericaandthecaribbean/haiti/7621756/Haitis-earthquake-death-toll-revised-to-at-least-250000.html

The World Factbook - Haiti. (07. 12 2010). Abgerufen am 24. 12 2010 von https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ha.html

United States Geological Survey's. (25. 05 2010). *Glossary of Terms on EQ Maps*. Abgerufen am 14. 06 2010 von USGS science for a changing world: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/glossary.php

United States Geological Survey's. (23. 11 2009). *Historic World Earthquakes*. Abgerufen am 03. 07 2010 von USGS science for a changing world:: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/historical_country.php

United States Geological Survey's. (30. 05 2010). *Magnitude 7.0 - Haiti Region*. Abgerufen am 14. 06 2010 von USGS Science for a changing world: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2010/us2010rja6/#summary

Vigil, J. F. (05. 05 1999). *Understanding plate motions*. Abgerufen am 13. 11 2010 von USGS science for a changing world: http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/Vigil.html

Watkins, T. (13. 01 2010). *Problems with Haiti building standards outlined*. Abgerufen am 11. 11 2010 von CNN World: http://articles.cnn.com/2010-01-13/world/haiti.construction_1_building-code-haiti-earthquake?_s=PM:WORLD

Wikipedia . (14. 06 2010). *Corioliskraft*. Abgerufen am 14. 06 2010 von Wikipedia Die freie Enzyklopädie: http://de.wikipedia.org/wiki/Corioliskraft

Wikipedia. (17. 11 2010). *Episcopal Diocese of Haiti*. Abgerufen am 08. 12 2010 von Wikipedia The Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Episcopal_Diocese_of_Haiti

Wikipedia. (19. 04 2010). *Haiti*. Abgerufen am 05. 02 2010 von Wikipedia Die freie Enzyklopädie: http://de.wikipedia.org/wiki/Haiti

Wikipedia. (06. 06 2010). *Tropischer Wirbelsturm*. Abgerufen am 12. 06 2010 von Wikipedia Die freie Enzyklopädie: http://de.wikipedia.org/wiki/Tropischer_Wirbelsturm

World Monuments Fund and World Monuments Watch. (2010). *Gingerbread Houses*. Abgerufen am 1. 10 2010 von World Monuments Fund: http://www.wmf.org/project/gingerbread-houses

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. (2002). *Klimadaten von Österreich 1971-2000*. Abgerufen am 09. 06 2010 von http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm

Ziegeldorf, H. (30. 03 2005). *Richter-Skala / Mercalli-Skala / Erdbeben*. Abgerufen am 02. 07 2010 von http://www.agenda21-treffpunkt.de/lexikon/Richter-Skala.htm

Experteninterviews, Gespräche

Felber, S. (24. 11 2010). Telefoninterview über die Plausibilität der Verschiffung von Holzcontainern. (F. Tinsobin, Interviewer) Hapag Lloyd Austria GmbH.

Hofmann, A. (02. 12 2010). Mailanfrage über die Plausibilität der Verschiffung von Holzcontainern. (F. Tinsobin, Interviewer) Schenker & Co AG.

Kantz, D. (24. 11 2010). Telefoninterview über die Plausibilität der Verschiffung von Holzcontainern. (F. Tinsobin, Interviewer) DHL Global Forwarding GmbH.

Pierre, S. (10 2010). Interview über übliche Baumaterialien. (Y. Schaffler, Interviewer)

Santos, R. (04 2010). Idealtypisches, Haitianische Haus. (Y. Schaffler, Interviewer)

Schaffler, Y. (04 2010). Bauaufnahme. Haiti.

Sydor, S. (24. 11 2010). Telefoninterview über die Plausibilität der Verschiffung von Holzcontainern. (F. Tinsobin, Interviewer) Kühne + Nagel Eastern Europe AG.

ABBILDUNGS- und TABELLENVERZEICHNIS [139]

Abb. 1: Zentralamerika und Karibischer Raum (Central Intelligence Agency, 2010) 6
Abb. 2: Karte von Haiti (MINUSTAH GIS and UN Cartographic Section, 2008) 6
Abb. 3: General Jean-Jaques Dessalines (Wikipedia, 2010) 8
Abb. 4: Präsident François Duvalier und Sohn Jean-Claude (Cova, 1997) 10
Abb. 5: Präsident Jean-Bertrand Aristide (Cova, 1997) 11

[139] Wurde bei Abbildungen oder Tabellen keine Quelle angegeben, liegt das Urheberrecht beim Verfasser der Diplomarbeit.

Abb. 6: Alterspyramide der haitianischen Bevölkerung, Stand 2003 (Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique, 2009) 12
Abb. 7: Gebäude in Port au Prince aus Stahlbetonrahmen und in Holz (Schaffler, 2010) 13
Abb. 8: Straßenansicht mit Veranda eines haitianischen Hauses am Land (Schaffler, 2010) 14
Abb: 9: Seitenansicht mit Koch- und Waschgelegenheit eines haitianischen Hauses am Land (Schaffler, 2010) 14
Abb. 10: Grundrissvarianten (Schaffler, 2010) und idealtypisches haitianisches Haus, (Santos, 2010) 15
Abb. 11: Einbauschrank und Bassin aus Santo Domingo (Schaffler, 2010) 15
Abb. 12: Hotel Oloffson im Zuckerbäckerstil (Slesin & Stafford, 1987, S. 181) 16
Abb. 13: Türmchen als Haitianische Eigenheit (Slesin & Stafford, 1987) 16
Abb. 14: Präsidentenpalast in Port au Prince nach dem Erdbeben (Cole, 2010) 17
Abb. 15: Grand Cathédrale in Port au Prince nach der Katastrophe (Cole, 2010) 17
Abb. 16: Transport-, Material-, und Nebenkosten von Zelten (Ashmore, 2010) 20
Abb. 17: Notfallausrüstung (Habitat for Humanity, 2010) 20
Abb. 18: Tropengürtel der Erde (Burk, 1998) 22
Abb. 19: Gang der Sonne in Wien und Port au Prince im Jahresverlauf (Hennings, 2000) 22
Abb. 20: Erträglichkeitsbereich des thermischen Komforts (Lauber & Ferstl, 2005) 24
Abb. 21: Empfehlungen zur Städteplanung und Gebäudeorientierung für ein tropengerechtes Bauen 25
Abb. 22: Skizze zur Querlüftung, zum Sonnenschutz und Anordnung von Kiesstreifen 26
Abb. 23: Schematische Darstellung der Verschiebung der tektonischen Platten (Vigil, 1999) 27
Abb. 24: Wellenarten (Bolt, 1995) 28
Abb. 25: Erdbebengefährdung Zentralamerika, Karibik (Global Seismic Hazard Assessment Program, 2010) 29
Abb. 26: Antwortspektrum des Bebens in Haiti im Vergleich mit den Dominikanischen Erdbebenvorschriften (Fierro, 2010) 29
Abb. 27: Verwerfungen, tektonische Platten und Epizentren auf Hispaniola und den angrenzenden Inseln (Reliefweb, 2010) 30
Abb. 28: Karte des Haupt- und der Nachbeben in Haiti (Google Inc., 2010) 30
Abb. 29: Gründung und Anordnung von Kernen (Krapfenbauer, 2002) 31
Abb. 30: Grundrissgestaltung (Krapfenbauer, 2002) 31
Abb. 31: Steifigkeits- und Massenverteilung im Aufriss (Krapfenbauer, 2002) 32
Abb. 32: Aufrissgestaltung (Krapfenbauer, 2002) 32
Abb. 33: Versuchsreihe in Japan mit Holzgitterstruktur und Lehmausfachung (Osamu Tsutae Construction, 2008) 33
Abb. 34: Schmale und großflächige Wandscheiben im Vergleich (Binderholz Bausysteme GmbH) 35
Abb. 35: Wirbelsturm Ike nahe Texas (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2009) 36
Abb. 36: Strömungsverhältnisse in einem Wirbelsturm (Jutz, 2008) 36
Abb. 37: Querschnitt eines tropischen Wirbelsturms (Jutz, 2008) 37

Abb. 38: Wirbelstürme der Kategorie 1 oder höher nach Saffir Simpson im Nordatlantik und Ostpazifik von 1851 bis 2008 (Gibney, 2008) 37
Abb. 39: Anzahl der Stürme im Atlantik, in der Karibik und im Golf von Mexiko in hundert Jahren (National Hurricane Center) 38
Abb. 40: Wege von tropischen Wirbelstürmen und Auswirkungen auf Haiti von 1994 bis 2010 (Reliefweb, 2010) 38
Abb. 41: Gewachsene Zeltstadt in Port au Prince (Loomis, 2010) 40
Abb. 42: Glasfaser-beschichtete Dämmstoffplatte (InnoVida Holdings, 2010) 40
Abb. 43: „Gebäude aus der Box“ (InnoVida Holdings, 2010) 41
Abb. 44: Elementbauweise in Stahblech (PermaShelter S.A., 2010) 41
Abb. 45: Wandkonstruktion mit Fensteraussparung mit Polypropylensäcken (Hart, 2010) 42
Abb. 46: Verputzte Wand aus Polypropylensäcken (Hart, 2010) 42
Abb. 47: Container als Emergency Shelter (Moreta, 2010) 42
Abb. 48: Prototyp von Wohneinheiten aus Containern (Moreta, 2010) 42
Abb. 49: Rohbau eines Hilfsprojektes der Caritas Österreich in Haiti für bis zu acht Personen (Caritas Österreich, 2010) 43
Abb. 50: Schemadarstellung und Entwicklung des Rahmens 45
Abb. 51: Wandscheiben mit Zugstab am Eck 45
Abb. 52: Umnutzungs-, Umbau und Erweiterungsvarianten des modularen Bausystems 46
Abb. 53: Tragstruktur des Gebäudegrundmoduls von 6x6 Meter 46
Abb. 54: Standard ISO Corner Casting am unteren Container 47
Abb. 55: Mögliche Lieferkette ohne “Verpackungsreste” bei Containereigenbau 47
Abb. 56: Möglicher Gewinn an Raumhöhe durch Anordnung der Träger über und unter den Brettsperrholzstützen 48
Abb. 57: Holzcontainer mit lastverteilenden Profilen 48
Abb. 58: Querschnitt der Holz- und Stahlstützen für den Containeraufbau im Vergleich 48
Abb. 59: Containerbauarten Flat-Racks und Plattform mit klappbarer Stirnwand (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2010) 49
Abb. 60: Mechanische Beanspruchungen von Containern im See- und Straßenverkehr (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2010) 49
Abb. 61: Belastungswerte bei Quer- und Längsverwindungsprüfung eines Containers 49
Abb. 62: Einzelelemente des 6x6 Moduls 52
Abb. 63: Deckenauflager auf dem Trägerkranz und Anbindung an das Fundament 53
Abb. 64: Einbringen eines Schraubfundamentes mittels Minidumper (Bayerische Solar AG, 2010) 53
Abb. 65: Deckenelement 54
Abb. 66: Deckenaufbauten 54
Abb. 67: Wandaufbauten 55
Abb. 68: Axonometrie, Schnitt und Grundriss einer hinterlüfteten Fassade aus Wellblech vor einer Holzplatte 55
Abb. 69: Wandgeflecht aus dünnen Latten mit verschiedener Transparenz 56

Abb. 70: Mögliche Erweiterung mit abgehängter Veranda 56
Abb. 71: Solaranlage, Wassertank und -aufbereitung (Rotoplas, 2010) 56
Abb. 72: Ansicht der Notunterkunft 57
Abb. 73: Perspektive der Notunterkunft mit möglicher Betteneinteilung 57
Abb. 74:Grundriss der Notunterkunft mit Gewebeplane umschlossen M1:100 58
Abb. 75: Grundriss der Notunterkunft mit solider Außenwandkonstruktion M1:100 58
Abb. 76: Schnitt A durch die Notunterkunft M1:100 59
Abb. 77: Schnitt B durch die Notunterkunft M1:100 59
Abb. 78: Grundriss der Notunterkunft mit Stau- und Kochplatz M1:100 60
Abb. 79: Grundriss der Notunterkunft mit ergänztem Bad und WC M1:100 60
Abb. 80: Grundriss der Notunterkunft mit ergänzter Veranda M1:100 61
Abb. 81: Grundriss der Notunterkunft mit ergänztem Wohnraum M1:100 61
Abb. 82: Grundriss des idealtypischen haitianischen Hauses M1:100 62
Abb. 83: Grundriss des idealtypischen haitianischen Hauses mit zweiseitiger Wandbeplankung M1:100 62
Abb. 84: Montageablauf: Fundamente, Balkenkranz und Deckenelementen 63
Abb. 85: Montagedetail der Rahmenelemente 63
Abb. 86: Montageablauf: Rahmen und Primärkonstruktion der Fassade 64
Abb. 87: Montiertes Dachtragwerk mit Rispenbändern und Dachlatten 64
Abb. 88: Mögliche Straßenansicht des zwei geschossigen Wohnbaus 65
Abb. 89: Grundriss Erdgeschoss des zwei geschossigen Stadthauses M1:75 66
Abb. 90: Grundriss Obergeschoss des zwei geschossigen Stadthauses M1:75 67
Abb. 91: Schnitt A des zwei geschossigen Stadthauses M1:75 68
Abb. 92: Schnitt B des zwei geschossigen Stadthauses M1:75 69
Abb. 93: Veranschaulichung der Verformung und Auflagerreaktionen bei vier und zwei Auflagern 70
Abb. 94: Gebäuderohbau und statisches System 70
Abb. 95: Momentenspitze im statischen Modell bei der Verbindung des Riegels mit dem Wandelement 71
Abb. 96: Tatsächliche Ausbildung des Knotenpunktes Riegel über erstem Obergeschoss und Brettsperrholzstütze 71
Abb. 97: Grundriss des Schulareals M1:300 72
Abb. 98: Perspektive des Schulareals 73
Abb. 99: Seismische Aktivität der Karibischen Platte seit 1900 (Tarr & Rhea, 2010) 76
Abb. 100: Gesamt benötigte und noch fehlende Notunterkünfte im Katastrophengebiet mit Stand 26. April 2010 (Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster, 2010) 78

Abb. 101: Geplante Interimsbauten im Katastrophengebiet mit Stand 7. Juni 2010 (Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster, 2010) 79
Abb. 102: Fortschritt der Errichtung von Interimsbauten mit Stand 12. Oktober 2010 (Inter-Agency Standing Committee, Haiti Shelter Cluster, 2010) 80
Abb. 103: Tragwerksmodell des zwei geschossigen Hauses 81
Abb. 104: Tragwerk des zwei geschossigen Hauses 81
Abb. 105: Lastfälle Eigengewicht und Nutzlast in der XZ-Ebene 82
Abb. 106: Lastfälle Wind von links und Wirbelsturm in der XZ-Ebene 83
Abb. 107: Erdbebenersatzlasten, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der XZ-Ebene 84
Abb. 108: Lasten infolge Wirbelsturm, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der XZ-Ebene 85
Abb. 109: Maßgebende Lastfallkombination mit Auflagern und Schnittgrößen, sowie charakteristische Werte mit Verformung in der XZ-Ebene 86
Abb. 110: Spannungsausnutzung der Holzquerschnitte in der XZ-Ebene 87
Abb. 111: Lastfälle Eigengewicht und Nutzlast in der YZ-Ebene 88
Abb. 112: Lastfälle Wind und Wirbelsturm in der YZ-Ebene 89
Abb. 113: Erdbebenersatzlasten, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der YZ-Ebene 90
Abb. 114: Lasten infolge Wirbelsturm, Schnittgröße Moment, Verformung und Auflagerreaktionen in der YZ-Ebene 91
Abb. 115: Maßgebende Lastfallkombination mit Auflagern und Schnittgrößen, sowie charakteristische Werte mit Verformung in der YZ-Ebene 92
Abb. 116: Spannungsausnutzung der Holzquerschnitte in der YZ-Ebene 93
Abb. 117: Maßgebende Lastfallkombination mit Auflagern und Schnittgrößen in der XZ- und YZ- -Ebene für den ein geschossigen Interimsbau 94

Tab. 1: Vergleich des Durchschnittsalters und der Lebenserwartung von Haiti, der Dominikanischen Republik und Österreich (The World Factbook - Haiti, 2010) 12
Tab. 2: Niederschlag und Luftfeuchtigkeit in Port au Prince und Wien im Vergleich (Ramerini, 2010), (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002), (Kröner, 2009) 23
Tab. 3: Jahrestemperaturen in Port au Prince und Wien (Ramerini, 2010), (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002) 23
Tab. 4: Mercalli- und Richerskala im Vergleich mit Erdbebenfolgen (Ziegeldorf, 2005) 28
Tab. 5: Saffir-Simpson Hurrikan Skala (National Hurricane Center, 2010) 37
Tab. 6:Container- und Frachtkosten nach Hispaniola 53
Tab. 7: Erdbeben im karibischen Raum seit 1900 (United States Geological Survey's, 2009), (Dauerer, 2010) 76

Dank gilt vor allem meinem Sohn Jeremias und meiner Frau Linda, die in letzter Zeit oft für die Masterarbeit zurückstecken mussten. Ihnen möchte ich diese Arbeit widmen.

Dr. Yvonne Schaffler versorgte mich bereits während ihres Aufenthaltes in Haiti und der Dominikanischen Republik mit Fotomaterial und konnte vor Ort Antworten in Erfahrung bringen, welche ich von hier aus nicht im Stande gewesen wäre zu erfragen. Auch von unseren Treffen in Wien ging ich immer mit hilfreicher Literatur und neuen Ideen zurück an die Arbeit. Für ihre umfassende Unterstützung möchte ich mich herzlich bedanken.

Für technische Fragen durfte ich mich stets an DDI Wolfgang Winter wenden, der mir neue Ideen und Denkansätze unterbreitete.

Bereits bevor sich DI Dr. Erich Lehner als Drittprüfer zur Verfügung stellte, konnte ich ihn für baukulturelle Aspekte zu Rate ziehen. Den Inhalt der Gespräche konnte ich gut in die Diplomarbeit einbauen.