

Bauen in extremem Klima

Diplomarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades einer/s
Diplom-Ingenieurin/Diplom-Ingenieurs

Studienrichtung: Architektur

Anja Schulz

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät Architektur

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Mag. Dr.iur. Dr.techn. Kautsch
Institut: Hochbau und Bauphysik

2011

BAUEN IN EXTREMEM KLIMA



Inhaltsverzeichnis :

0. Der Klimawandel und seine Konsequenzen für die Architektur.....	Seite 006-015
1. Aktuelle Beispiele	
1.1. Bauen in kalten Regionen	
1.1.1. Mammut und Permafrost Museum	
Projektdaten	Seite 017
Klima | Lage	Seite 017-018
Konzept	Seite 019
System	Seite 020-022
Fazit	Seite 022
1.1.2. Ski Haus in den Bergen der Schweiz	
Projektdaten	Seite 024
Klima | Lage	Seite 024-025
Konzept	Seite 025-026
System	Seite 027
Fazit	Seite 028
1.1.3 Bahntrasse von Peking nach Lhasa	
Projektdaten	Seite 030
Klima | Lage	Seite 030-031
Konzept	Seite 031-032
System	Seite 033-034
Fazit	Seite 034-035

1.1.4 Halley VI, Antarktis

Projektdate	.....	Seite 037
Klima | Lage	.....	Seite 037-039
Konzept	.....	Seite 039-041
System	.....	Seite 041-043
Fazit	.....	Seite 044-049

1.1.5 Delta Shelter in Mazama, USA

Projektdate	.....	Seite 051
Klima | Lage	.....	Seite 031-052
Konzept | System	.....	Seite 052-053
Fazit	.....	Seite 053-057

1.2. Bauen in heißen Regionen

1.1.1 Museumsprojekt in Naga, Sudan

Projektdate	.....	Seite 060
Klima | Lage	.....	Seite 060-061
Konzept	.....	Seite 061-062
System	.....	Seite 063
Fazit	.....	Seite 063-064

1.1.2 Schulerweiterung in Dano, Burkina Faso

Projektdate	.....	Seite 066
Klima | Lage	.....	Seite 066-067
Konzept	.....	Seite 067-068
System	.....	Seite 069-071
Fazit	.....	Seite 072

1.1.3 House Aloni, Antiparos, Griechenland

Projektdate	.....	Seite 074
Klima | Lage	.....	Seite 074-075
Konzept	.....	Seite 076-077
System	.....	Seite 077-078
Fazit	.....	Seite 078-079

1.1.4 Haus RR, São Paulo, Brasilien

Projektdaten	.....Seite 081
Klima | Lage	.....Seite 081-082
Konzept	.....Seite 082-083
System	.....Seite 083-084
Fazit	.....Seite 085-087

1.1.5 Simpson-Lee House, Australien

Projektdaten	.....Seite 089
Klima | Lage	.....Seite 089-090
Konzept	.....Seite 090-091
System	.....Seite 092-093
Fazit	.....Seite 093-094

2. Konzept für ein klimavariablen System

Cocoon	.....Seite 096-112
Cocoon-Hot	.....Seite 113-118
Cocoon-Cold	.....Seite 119-123

3. LiteraturverzeichnisSeite 124-128

4. AbbildungsverzeichnisSeite 129-139



Abb. 01 / 02

IGLU UND KASBAH

Das Klima –

war schon immer der formgebende Faktor in der Architektur. Das ursprüngliche Ziel einer Behausung ist, dem Menschen ein ihm angenehmes Innenklima, unabhängig vom äußeren Klima zu bieten. Traditionelle Bauwerke verdanken ihr Erscheinungsbild aus diesem Grund nicht allein lokalen Gebräuchen, sondern sind hauptsächlich den vorherrschenden Wettereinflüssen angepasst, um das gewünschte Innenklima leichter gewährleisten zu können.

Allerdings ist es heute möglich durch technische Klimasysteme die natürlichen äußeren Faktoren fast komplett zu ignorieren. Baukosten, Flexibilität in der Nutzung, Volumen, Bauzeit oder Erscheinungsbild - hier liegt vor allem bei Firmengebäuden das Hauptaugenmerk, da der repräsentative Charakter eine große Rolle spielt – sind dadurch zu den wichtigsten Kriterien für den Bauherrn geworden. Erst in den letzten Jahren sind unter anderem Themen wie Passivhaus, Energieausweis, LEED¹ oder Greenbuilding immer weiter in den Vordergrund gerückt und versuchen die oben genannten Klimaanlage aus jeglichen Gebäuden zu verbannen. Es muss sich beim Entwerfen zukünftig wieder mehr an den äußeren Einflüssen orientiert werden, um die immer strenger werdenden Energieauflagen zu erfüllen, aber dennoch den gewünschten klimatischen Komfort im Innenraum zu erreichen. Was die Menschen allerdings für diese Aspekte des Bauens sensibilisiert hat sind nicht nur die steigenden Energiekosten oder staatliche Vergünstigungen für „saubere“ Gebäude. Bei vielen sind es Meldungen wie „Hochwassergebiete: Hochwasser bedroht auch die Menschen in Polen und Tschechien“², „Der heißeste Sommer aller Zeiten“³ oder „Kälterekord: Minus 29,1 Grad in Sachsen“⁴. Allmählich spürt jeder die Folgen unserer von Industrie und Technik geprägten Gesellschaft. Das Klima ändert sich und dieser Prozess kann durch die Reduktion von Treibhausgasen zwar abgeschwächt, aber dennoch nicht rückgängig gemacht oder aufgehalten werden.

„We shape our buildings, and afterwards our buildings shape us“, ist ein Zitat von Winston Churchill. Bougdah und Sharples interpretieren diese Aussage in ihrem Buch über nachhaltige Architektur um. „...climate – it has shaped human activity, and now human activity is shaping the climate“.⁵

¹ Das LEED-System wurde vom Green Building Council in den USA entwickelt, um Gebäude hinsichtlich verschiedener Kriterien wie Energieeffizienz oder CO₂-Emissions-Reduktion zu bewerten

² Tagesschau, ARD, Deutschland, 08.08.2010

³ www.welt.de, 22.07.2010

⁴ www.tagesspiegel.de, 07.01.2009

⁵ H. Bougdah, S. Sharples, Environment, Technology and Sustainability, Taylor & Francis, London 2009, Seite 07, Zeile 1-4

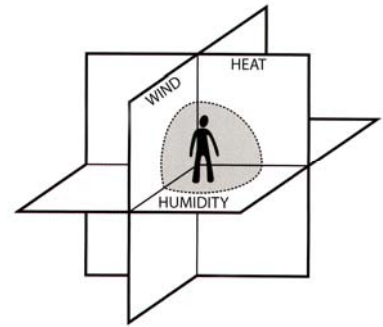


Abb. 03

THE COMFORT CUBE

Unser Klima –

Deutschland und Österreich lassen sich der gemäßigten Klimazone, genauer dem Bereich des Übergangsklimas zuordnen. Kennzeichen sind hier neben ganzjährlichem Niederschlag, die ausgeprägten Jahreszeiten, die kalten Winter und warmen Sommer, allerdings mit gemäßigten Temperaturen. Durchschnittlich liegt die Temperatur in Deutschland im Winter bei -2°C und in Österreich bei ca. -5°C . Im Sommer sind in Deutschland ca. 22°C und in Österreich ca. 20°C der Durchschnitt. Betrachtet man im Gegenzug den vergangenen Winter/Sommer konnten Rekordtemperaturen von $-30^{\circ}\text{C}/+37^{\circ}\text{C}$ über mehrere Wochen hinweg gemessen werden. Im Gegensatz zu den neuen Tiefsttemperaturen sind auch immer öfter ungewöhnlich milde Wintermonate zu verzeichnen, so lag 2007 die Temperatur teilweise mehr als $+4^{\circ}\text{C}$ über dem Mittelwert.

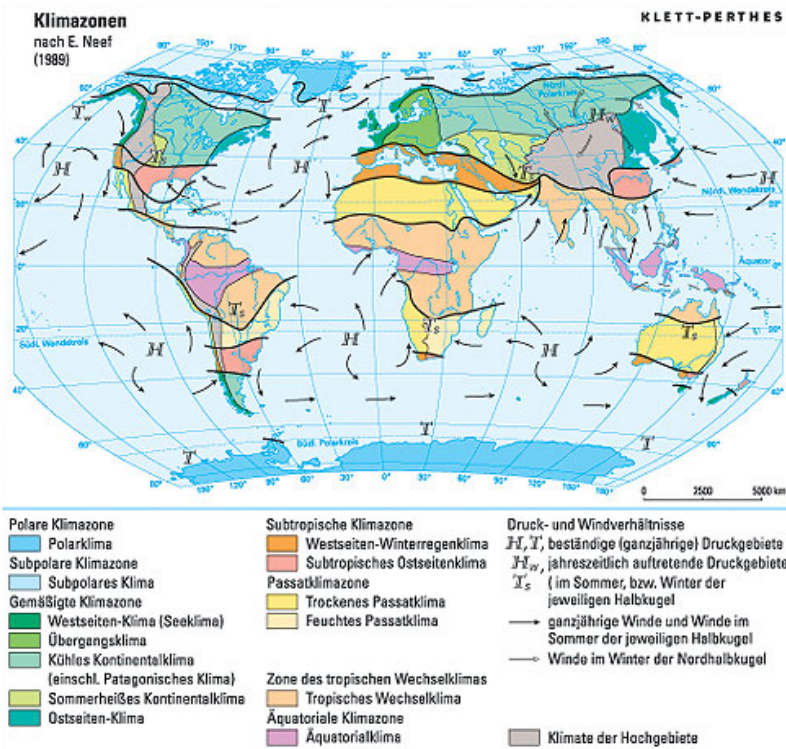


Abb. 04 | KLIMAZONENKARTE

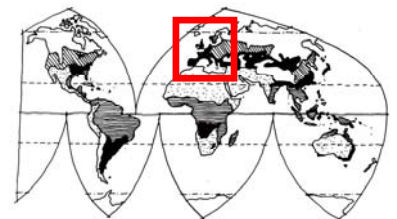


Abb. 05 | GEMÄSSIGTE ZONE

Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den Niederschlägen wieder. Seit 1990 stiegen sie einerseits insgesamt um 10%, wobei andererseits im Sommer ein 20%iger Rückgang erkennbar war. Dies führte bereits letztes Jahr (2010) zu erheblichen Schäden in der Landwirtschaft. Eine Greenpeace Studie veranschaulicht die unterschiedlichen Einflüsse des Klimawandels auf verschiedene Regionen der Erde. Für Deutschland/Österreich bestätigt diese Studie, die zukünftig immer extremer werdenden Wetterbedingungen. Hochwasser, Hitzewellen oder ungewöhnlich kalte Wintertage werden sich demnach häufen.



Abb. 06 | GREENPEACESTUDIE



Wie kann aus Sicht der Architekten, Ingenieure und Planer auf diese Tendenzen reagiert werden? Wird weiterhin nach den momentanen Standards entworfen, deren Grundlagen auf veralteten Wetterverhältnissen beruhen? Muss zukünftig mit Wasser-/Frostschäden oder mit stark überhitzten Gebäuden in den neuen „Rekordsommern“ gerechnet werden?

Es ist wichtig sich auf die Veränderungen unseres Klimas einzustellen, um künstliche Lüftungs-/Kühlanlagen ganz zu vermeiden und den Heizwärmebedarf zu senken. Denn nur durch energiebewusstes Bauen kann ein Aspekt, der für den Klimawandel mitverantwortlich ist reduziert werden. Aus diesem Grund werden im Folgenden Projekte betrachtet, die durch ihre Systeme dem jeweils lokalen Klima angepasst sind.

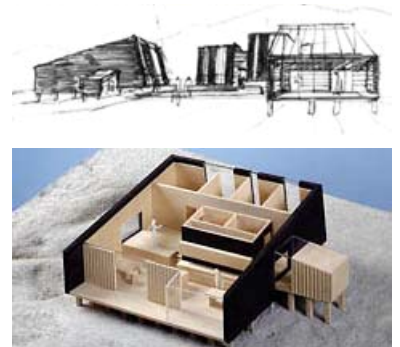
1. Aktuelle Beispiele

Viele Architekturbüros haben bereits Projekte in Regionen realisiert, die für unsere Verhältnisse ein sehr extremes Klima aufweisen. Ein Beispiel wäre das „Family Home in Greenland“, Nuuk Grönland von Schmidt, Hammer, Lassen Architects. Betrachtet man dieses Haus lediglich von außen erscheint es wie ein normales Einfamilienhaus mit einer etwas individuellen Form. Durch die kompakte Anordnung der Räume, einer Art Klimaregulationszone (Belüftungs- und Entlüftungsbereich), das Abheben der Wohnräume vom Boden durch einen Sockel und dem Hauptbaumaterial Holz, entsteht ein dem dortigen Klima angepasstes Haus, das zugleich energieeffizient unterhalten werden kann.



Abb. 07 | FAMILY HOME IN GREENLAND

Abb. 08 | SKIZZE UND MODELL



| FAMILY HOME IN NUUK, GREENLAND



∅ Höchst- und Tiefsttemperatur
+16°C / -26°C



∅ jährlicher Niederschlag
723 mm

| CASA SEGURA IN DER SANORAN WÜSTE, ARIZONA, USA



∅ Höchst- und Tiefsttemperatur
+32,7°C / -5,6°C



∅ jährlicher Niederschlag
465 mm

Im Gegensatz dazu befindet sich die Casa Segura in einer Wüste. Es handelt sich hierbei um ein Projekt von Robert Ransick im Sandoran Desert, Arizona USA. Der südliche Teil des Sandoran Desert ist dafür bekannt, dass er von illegalen Einwanderern aus Mexiko regelmäßig durchquert wird. Gerade in diesem Bereich bilden nicht Zäune oder Absperranlagen das größte Hindernis für die Menschen, sondern das unwirtliche Klima. Mit Temperaturen bis weit über die 30°C und nur karger Buschvegetation ist kein Schutz vor Hitze und Sonne gegeben. Auf dem 80 km langen Marsch der um die drei Tage in Anspruch nimmt, kommt es aus diesem Grund häufig zu Todesfällen. Die Casa Segura, ursprünglich lediglich ein Kunstprojekt, fungiert nun als eine Art „Safe House“. Wasser und Saubere Kleidung wird hier bereitgestellt. Ein kleiner Touch-Screen, der den Menschen die Möglichkeit bietet, ihre Geschichte mit Hilfe von vorgefertigten Bildern und Icons festzuhalten wird mit Solarzellen auf dem Dach betrieben.



Abb. 12
PICTOGRAMM



Abb. 11 | **PROTOTYP IN DER EYEBEAM GALERIE NEW YORK**



Abb. 13 | **INNENANSICHT**

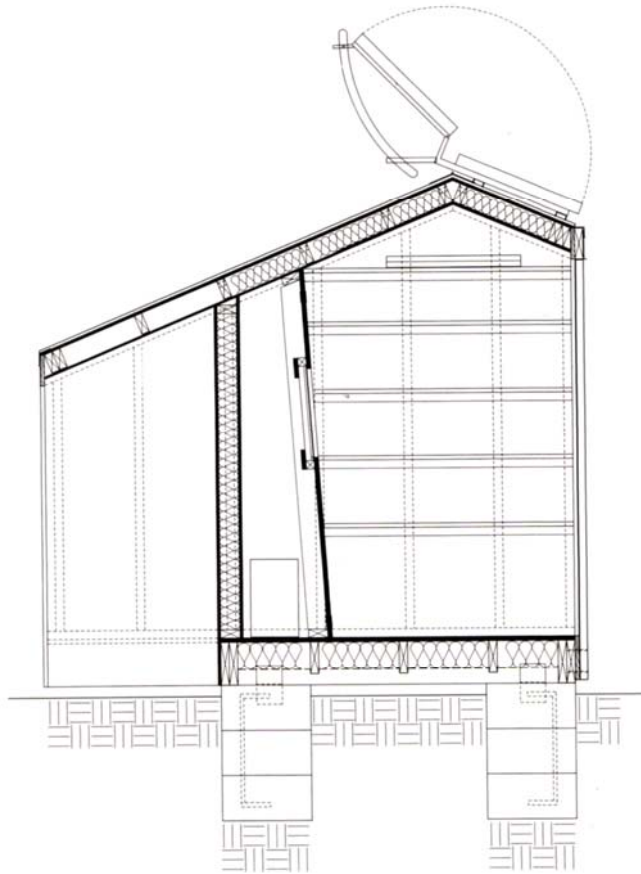


Abb. 14

QUERSCHNITT

GEDÄMMTE HOLZKONSTRUKTION,
DIE ANSCHLIESSEND MIT
HOLZPANEELN VERKLEIDET
WURDE

An mehreren ausgewählten Projekten soll auf den folgenden Seiten analysiert werden, welche Möglichkeiten es schon jetzt gibt, um auf Wetterbedingungen, die in abgeschwächter Form auch in Deutschland/Österreich zukünftig keine Seltenheit mehr sein werden, einzugehen. Des Weiteren wird jedem Gebäude eine kurze Übersicht hinzugefügt, die durch das Buch „Small Eco Houses – Living Green Style“ inspiriert ist. Hier soll ersichtlich gemacht werden, welche Aspekte bezüglich Nachhaltigkeit und des ressourcenbewussten Bauens erfüllt sind. Im Hinblick auf den Klimawandel ist dies besonders wichtig, um den CO₂-Ausstoß, auch in Form von Grauer Energie, so weit wie möglich zu reduzieren. Denn dieser gilt als Hauptursache für die Veränderung unseres Klimas.

Abschließend wird eine eigene Idee für ein klimavariablen System vorgestellt.



AKTIVE SYSTEME



PASSIVE SYSTEME



ÖKOLOGISCHE
MATERIALIEN



VORFERTIGUNG



WASSEREINSPARUNG

Abb. 15
**BEWERUNGS-
SYSTEM**

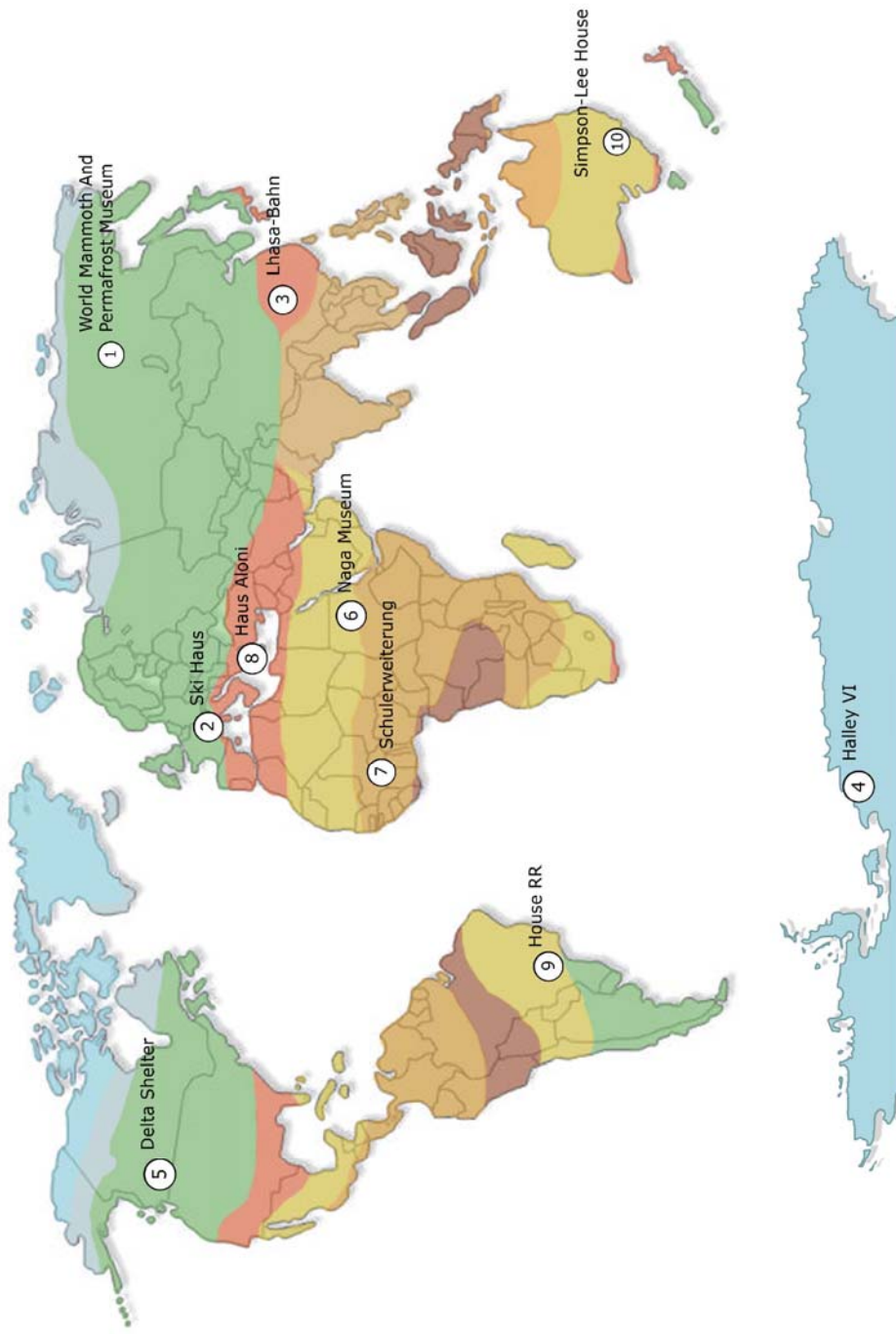


Abb. 16 | **KLIMAZONENKARTE**
 MIT DEN STANDORTEN DER IM
 FOLGENDEN BESCHRIEBENEN
 PROJEKTE (DER REIHENFOLGE NACH
 NUMMIERT)

- | | | | | | |
|--|---------------------|--|------------------------|--|--------------------------------------|
| | Polarklima | | Subtropische Klimazone | | Zone des Tropischen
Wechselklimas |
| | Subpolares Klima | | Passatklimazone | | |
| | Gemäßigte Klimazone | | Äquatoriale Klimazone | | |

1.1 Bauen in kalten Regionen



Abb. 1.1.0.1
SEITE 016-022
**WORLD MAMMOTH AND
PERMAFROST MUSEUM**
JAKUTSK, RUSSLAND



Abb. 1.1.0.2
SEITE 000-000
SKI HOUSE
IN DEN BERGEN DER SCHWEIZ



Abb. 1.1.0.3
SEITE 000-000
BAHNTRASSE
VON PEKING NACH LHASA
CHINA



Abb. 1.1.0.4
SEITE 000-000
HALLEY VI
ANTARKTISCHE
FORSCHUNGSSTATION



Abb. 1.1.0.5
SEITE 000-000
DELTA SHELTER
MAZAMA, WASHINGTON
USA

1.1.1 WELT MAMMUT UND PERMAFROST MUSEUM



🌡️ ø Höchst- und Tiefsttemperatur: +18°C / -43°C

💧 ø jährlicher Niederschlag: 213 mm

🏠 Aerogelschicht bietet Schutz vor Kälte bei gleichzeitiger Durchsichtigkeit

🏠 Verbesserung des Innenklimas durch Bepflanzung

PROJEKTDATEN



Standort | Jakutsk, Russland
Architekten | Leeser Architecture
Designteam | Balmori Associates
Bauherr | The Republic of Sakha
Anzahl Geschosse | 3
Gebäudefläche | 5625 m²
Gebäuelänge | ca. 66 m
Gebäudebreite | ca. 66 m
Gebäudehöhe | ca. 23 m
Baubeginn | abgesagt wegen mangelnder Sponsoren

Abb. 1.1.1.2

RENDERING DES LABORBEREICHES

KLIMA | LAGE

Die Stadt Jakutsk liegt im Osten Russlands und hat 267.983 Einwohner. Sie gilt als eine der kältesten Städte der Welt und befindet sich am so genannten Kältepol der bewohnten Gebiete der Erde. Die extremen Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter, mit einer starken Tendenz zur Kälte sind Kennzeichen für das hier vorherrschende kühle Kontinentalklima. So sind im Sommer +30°C keine Seltenheit, während im Winter (Januar als kältester Monat) -45°C als Normalwert gilt. Die besondere Herausforderung dieser Stadt ist, dass sie komplett auf Permafrostboden gebaut wurde. Viele Gebäude sind aus diesem Grund auf Betonstelzen gegründet, um die Tragfähigkeit des Bodens nicht durch Tauen zu gefährden. Am Beispiel alter, in traditioneller Weise gebauter Holzhäuser wird die Problematik des Permafrostbodens sichtbar. Hier steht der Bodenaufbau des Erdgeschosses noch in direkter Verbindung mit dem

Baugrund. Da sich der Ofen damals oft in der Hausmitte befand, um möglichst effektiv das komplette Haus zu heizen, erwärmte sich auch der Fußboden an dieser Stelle relativ stark. Das darunter liegende Erdreich taut und die Konstruktion sinkt allmählich ein. In den 40er Jahren entwickelte das in Jakutsk ansässige Institut für Permafrost die bereits oben erwähnte Methode der Gründung auf Betonstelzen. Hierfür werden in ca. 10 m tiefe Löcher Betonpfähle eingelassen. Diese müssen allerdings bereits vorgefertigt sein, da die Kälte des Permafrostbodens das Abbinden des Betons verhindern würde. Für den Fernsehturm in Jakutsk mussten die Bohrlöcher der Betonpfähle sogar eine Tiefe von 40 m aufweisen, um dem Gebäude genügend Standfestigkeit zu bieten. Brunnenbohrungen um 1827 ergaben, dass der Grund noch bis in Tiefen über 200 m gefroren ist, weswegen die Wasserversorgung mit Grundwasser unmöglich ist. Das nötige Trinkwasser wird aus dem Fluss Lena gewonnen, der durch die Stadt fließt.



Abb. 1.1.1.3

TRADITIONELLES RUSSISCHES HOLZHAUS

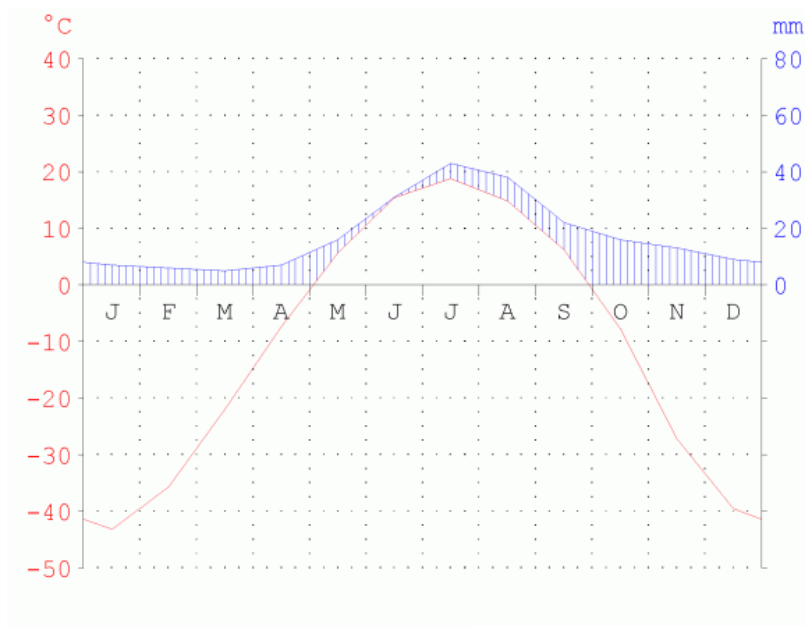


Abb. 1.1.1.4 | KLIMADIAGRAMM

Monat	Temp. (°C)	Nied. (mm)
JAN	-43,2	7
FEB	-35,8	6
MRZ	-22,0	5
APR	-7,4	7
MAI	5,6	16
JUN	15,4	31
JUL	18,8	43
AUG	14,8	38
SEP	6,2	22
OKT	-7,8	16
NOV	-27,2	13
DEZ	-39,6	9

Temp.-Jahresmittel
-10,2 °C

Niederschlagssumme
213 mm

KONZEPT

In der Gegend um Jakutsk werden regelmäßig im Permafrostboden eingeschlossene Überreste von Mammuts gefunden. Dank der extrem kalten Bodenverhältnisse sind diese oft in sehr gutem Zustand und international für die Wissenschaft von großem Wert. Aus diesem Grund wurde entschieden ein modernes Museum mit angeschlossenem Forschungslabor den Themen Mammut, Permafrost und der lokalen Natur zu widmen. Ziele sollten sowohl die Bereitstellung von Forschungseinrichtungen auf dem neusten Stand der Technik, als auch die Schaffung von ausreichend Platz zur Präsentation, der teilweise sehr großen Exponate sein.

Die beiden recht gegensätzlichen Grundideen für den Entwurf dieses Museums sind einerseits der Schutz vor dem rauen Außenklima, um einen zu jeder Jahres- und Tageszeit für den Menschen angenehmen Innenraum zuschaffen. Andererseits soll das Gebäude aber so wenig wie möglich die dortige Natur beeinflussen und diese gleichzeitig im Inneren sichtbar und studierbar machen. Der Gebäudekörper an sich bekam auf Grund der „Zufluchtsidee“ die kompakte Form eines Quaders, der allerdings vom Boden abgehoben über der Landschaft schwebt, um diese nicht zu zerstören. Ein Aspekt der zweiten Entwurfsidee ist das Widerspiegeln der lokalen Landschaft und Geographie. Aus diesem Grund nimmt der Museumskörper den angrenzenden Hügel auf, ohne direkt auf diesen gegründet zu sein. Ein ähnlicher Knick der gegenüberliegenden Gebäudeecke widmet sich nicht der Aufnahme der Baugrundform, sondern der Aufnahme von Besuchern. Die äußere Struktur ahmt auf abstrakte Weise den Mosaikcharakter des Erdbodens nach, der durch die moosartigen Pflanzen des Permafrost entstanden ist.

Diese Gewächse werden auch die Gärten im Museumsbereich füllen und die Luftqualität im Innenraum positiv beeinflussen. Somit ist das Konzept von der Natur im Gebäude aber in für den Menschen komfortablem Klima erfüllt.



Abb. 1.1.1.5

MAMMUTKALP, 2004 IN DER OLCHEN MIENE GEFUNDEN

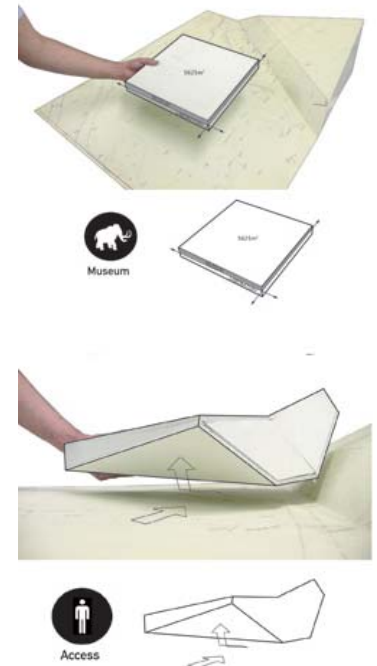




Abb. 1.1.1.6 | LAGE- UND STURKTURPLAN

SYSTEM

Drei im Zusammenhang mit extremem Klima besonders interessante Punkte des Gebäudessystems sind in diesem Fall die Gründung, das Material der Außenhaut und die speziellen Maßnahmen im Dachbereich, um den Innenraum mit Tageslicht zu versorgen.

Die in Jakutsk typische Gründung auf Betonstelzen, um einen sicheren Stand zu gewährleisten, findet sich auch im Entwurf des Welt Mammut und Permafrost Museum wieder. Allerdings bilden die hier geplanten Stahlbetonstützen nicht nur die Gründung des Gebäudes, sondern heben es 6 m vom Boden ab. Auf diese Weise wird das Schmelzen des Permafrost durch Wärmeübertragung aus dem Inneren vermieden.

Der zusätzlich gewonnene Freiraum bietet Platz für die Erschließung und das Lüftungssystem.



Context

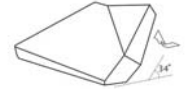


Abb. 1.1.1.7

ENTWURFSPRINZIP

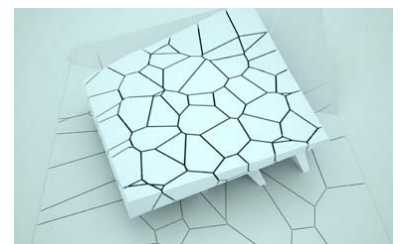


Abb. 1.1.1.8

MODELLFOTO



Abb. 1.1.1.9

LOKALE PFLANZEN

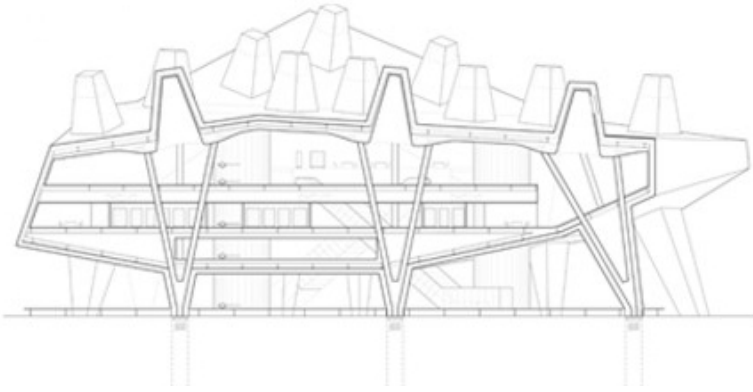


Abb. 1.1.1.10
SCHNITT

Für die Außenhaut war eine doppelte Glasfassade geplant, die zwischen den Glasebenen mit einem speziellen Material, dem so genannten „Aerogel“ effektiv gedämmt werden kann. Ein Material (Silicagel) mit ähnlichen Eigenschaften wird in der Industrie oft Maschinenteilen beigelegt, um Feuchtigkeitsentwicklung in der Transportbox zu verhindern.

Aerogel hat eine sehr poröse Struktur, die allerdings mikroskopisch klein ist und daher die Transparenz des Werkstoffes erhält. Bei der Herstellung dieses Gels wird der „flüssige“ Anteil durch Gas ersetzt. Allerdings besteht die Gefahr der Verdrängung des für die Dämmeigenschaften wichtigen Gases durch Wasser. Aus diesem Grund ist die Aerogelschicht zwischen zwei Glasscheiben luftdicht eingeschlossen. Auch im Bereich des Sonnenschutzes hat dieses Material besondere Eigenschaften, so kann es in hohem Maß Infrarot-Strahlung absorbieren und somit ein Aufheizen der Fassade im Sommer reduzieren. Im Fall dieses Projektes hat die Aerogelschicht eine Art Kristallgitterstruktur. Somit erhöht sich der Sonnenschutz zusätzlich durch Reflektion der Strahlung. Es entsteht eine transluzente Außenhaut, die trotz ihrer relativ geringen Dicke (die Aerogelebene hat ca. 20 mm) mit einem U-Wert von $0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ effektiven Schutz vor den extremen Temperaturschwankungen bieten kann. Zum Vergleich hat eine 3-fach-Wärmedämmverglasung bei einer Gesamtdicke von 36 mm einen U-Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Für das

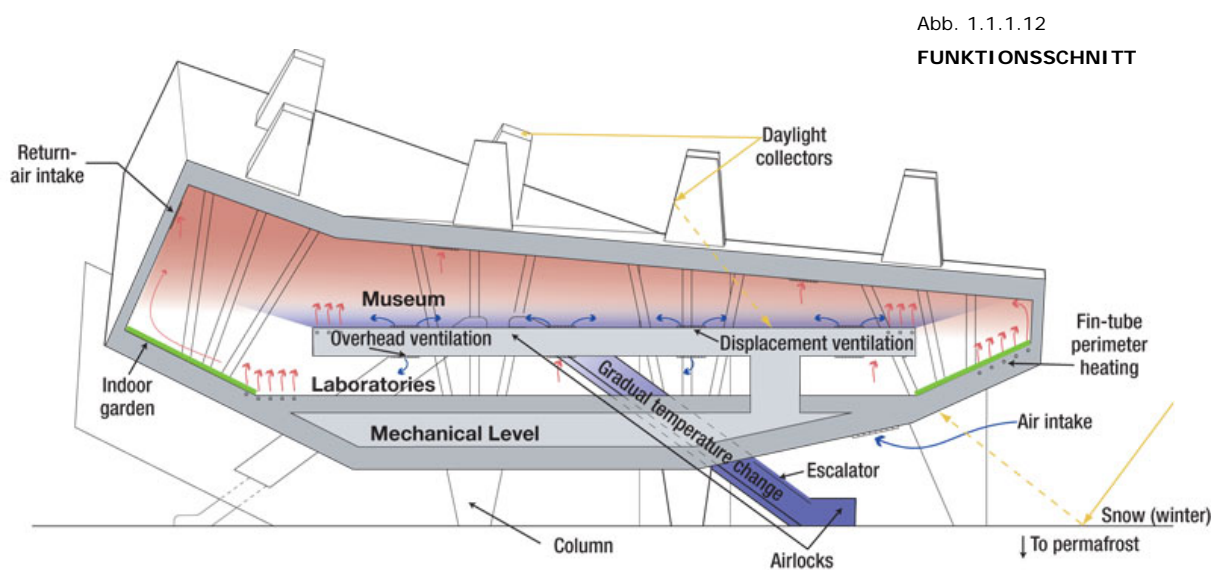
Abb. 1.1.1.11
SILICAGELKÖRNER



Dach waren Lichttrichter ⁶ angedacht. Diese können Tageslicht einfangen und reflektieren es in den, im obersten Geschoss liegenden Ausstellungsraum. So wären selbst Bereiche in der Museumsmitte, trotz großer Gebäudetiefe, ausreichend mit Tageslicht versorgt worden.

FAZIT

Die Verwendung von Aerogel, um eine relativ dünne Fassade und Belichtung durch reflektiertes Tageslicht zu erreichen sind interessante Ansätze, um in diesem kalten Klima zu bauen. Allerdings ist genau diese aufwendige Außenhaut einer der Gründe, weswegen die Kosten im Nachhinein das Budget der Stadt weit überstiegen und eine Realisierung verhinderten. Einerseits ist es wichtig neue Materialien und Techniken für die Architektur zu erschließen und außergewöhnliche Gebäudevolumen zu entwickeln, die sich ihrer Umgebung möglichst optimal anpassen. Andererseits sollte dabei der Kosten – Nutzenfaktor und die Bedürfnisse des Kunden nicht aus den Augen verloren werden.



⁶ Vgl. Seite 23, Abb. 1.1.1.12, Daylight Collectors

1.1.2 SKI HAUS IN DEN BERGEN DER SCHWEIZ



ø Höchst- und Tiefsttemperatur: +3°C / -37°C



ø jährlicher Niederschlag: 900 mm



Photovoltaik Paneele und Windrotoren



Das komplett vorgefertigte Ski Haus wird mit einem Hubschrauber transportiert

PROJEKTDATEN



Standort | variabel
Architekten | Ken Boyd, Brian Kelly (Studenten)
Richard Horden, Sarah Kirby
Bauherr | Privat, anonym
Anzahl der Geschosse | 1
Gebäudevolumen | 42,67m²
Gewicht | 450kg
Das erste Mal aufgestellt | 1992
Standort momentan | Gobba di Rollin,
Zermatt, Schweiz

Abb. 1.1.2.2

AUSSICHT FRONT

KLIMA | LAGE

Das Eigerjoch (3.720m ü. M.), das Gwächterjoch (3.120 m ü. M.) und das Kleine Matterhorn (3.883m ü. M.) waren bereits Standorte für das Projekt Ski Haus. Es handelt sich hierbei um eine extra für „3000er“- Gipfel konzipierte mobile Unterkunft. Seit 2009 befindet sie sich auf dem Gobba die Rollin (3.901 m ü. M.) bei Zermatt in der Schweiz.

Die Baumgrenze ist in der Regel bereits bei 2.300 m ü. M. anzusetzen. Aus diesem Grund wirken Windböen mit Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h ungemindert auf die Außenhülle ein. Eine weitere Herausforderung stellte die Verankerung des Objektes dar. Sie muss auf Eisschichtbewegungen um die 30 m pro Jahr eingehen können, da potentielle Einsatzgebiete auch Gletscherregionen mit einschließen. Der harte, felsige Untergrund, der nicht selten mit geröllartigen Schichten überdeckt wird, ist bei Temperaturen, die nur selten die Nullgradmarke überschreiten, fast durchgehend gefroren und somit

für temporäre, einfach und schnell zu befestigende Systeme denkbar ungeeignet. Trotz der sehr niedrigen Temperaturen kann Überhitzung zum Problem werden. In Höhenlagen über 3000 m ü. M. ist die Sonneneinstrahlung sehr intensiv und wird zusätzlich durch den Schnee reflektiert. Erschwerend kommt die permanente Schneedecke dieser Höhenlagen hinzu. Sie variiert nicht selten fast im Minutentakt ihre Stärke, wodurch die Gefahr des Einschneiens dieser relativ kleinen Unterkunft oder das Abgehen von Lawinen nicht zu unterschätzen ist.

KONZEPT

Das Ski Haus gilt als Prototyp einer Reihe von experimentellen Entwürfen, die als „micro-architecture“ zusammengefasst werden können. „To touch the earth lightly“⁷ ist das Ziel. Allerdings nicht nur bezogen auf Gewicht und Volumen, sondern auch hinsichtlich der Minimierung der aufzuwendenden Energie und der möglichst geringen Belastung der Umwelt soll das Gebäude „light“ sein.

Für einige Ideen aus diesem Bereich haben sich die Studenten von der Natur selbst inspirieren lassen. So ist zum Beispiel die „ice station“ einem Pinguin Küken nachempfunden, dessen Körper kompakt und aerodynamisch angepasst erscheint.

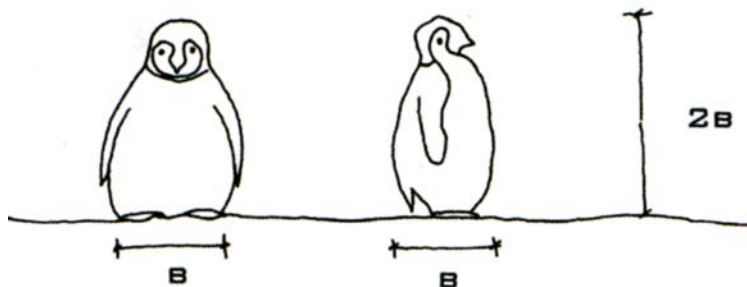


Abb. 1.1.2.3 | GRÖSSENVERHÄLTNISSE EINES PINGUIN KÜKENS

⁷ Horden, Richard, „micro architecture“, Seite 115, Thames & Hudson, 2008, London

Abb. 1.1.2.4+1.1.2.5

DIE „ICE STATION“ MIT IHREM VORBILD DEM PINGUINKÜKEN



Der äußeren Erscheinung des Ski Haus liegt allerdings die Form eines Helikopters zu Grunde, denn dieser ist das Transportmittel mit dessen Hilfe es in den Bergen platziert wird. Mit einem Gesamtgewicht von 450 kg kann es komplett fertig montiert mit einer Geschwindigkeit von ca. 60 Knoten, das entspricht ca. 110 km/h bewegt werden. Mit zusätzlichen Stabilisierungsfinnen angebracht, wurden sogar 90-120 Knoten (160-200 km/h) möglich.

Die rote Farbe der äußeren Struktur macht es dem Helikopterpiloten einfacher die Station in der sonst weißen Landschaft wieder zu finden. Ursprünglich als Notunterkunft für Bergsteiger und Skifahrer gedacht, wurde das Ski Haus an seinen jeweiligen Standorten oft in Bergtouren als Rastplatz fest eingeplant, oder zu Forschungszwecken sogar über mehrere Tage bewohnt. Neben zwei Sitzen im „Cockpit“-bereich, von denen man durch mehrere Acrylglascheiben die Bergwelt überblicken kann, befinden sich zusätzlich vier Feldbetten aus Aluminiumrohren im hinteren Bereich. Ebenfalls aus Aluminium besteht ein verstellbarer Tisch der sich zwischen den Betten befindet.

Für Licht sorgt eine 12 Volt Lampe, deren Batterie zum einen durch eine kleine Photovoltaikanlage auf dem Dach, andererseits durch Windrotoren aufgeladen wird. Das hat den Vorteil, dass sowohl bei Tag und Nacht, als auch bei klarem Wetter oder Schneesturm Energie gewonnen wird.



Abb. 1.1.2.7 | ANSICHT DES SKI HAUS MIT WINDROTOR AUF DEM



Abb. 1.1.2.6

FRONTANSICHT TRANSPORT



Abb. 1.1.2.8

SEITENANSICHT TRANSPORT

SYSTEM

Das Ski Haus ist eine Konstruktion aus Aluminium-Segelmastprofilen. Diese werden vor dem Transport zum „Bauplatz“ mit der Außenhaut aus Aluminiumblechen (\varnothing 1 mm) verschraubt und von innen mit Dämmung ausgestattet. Bis 2004 handelte es sich bei dieser um Wärmedämmkissen. Inspiriert von der Flugzeugbauindustrie handelte es sich bei diesen um ein Kunststoffgewebe der Firma Orcon mit dem Namen Orcofilm. Allerdings wurden diese mit Aluminium beschichteten Polyvinylkissen durch die intensive Nutzung beschädigt. Als Ersatz wurden 20 mm Vakuumdämmpaneele eingefügt, die von innen wasserfest mit einer 3 mm dicken Funierschicht verleimt sind. Ein weiterer Schwachpunkt war die Einfachverglasung aus Acrylglas im Cockpit. Der Aussichtsbereich ist daraufhin mit Aluminiumlochblechen nachgerüstet worden. Diese sind auf/zu klappbar und bieten nicht nur Schutz vor Überhitzung. Da sie 2 cm von der Fensterfläche entfernt sind, sammelt sich bei den nächtlichen Stürmen Schnee im Zwischenraum an und bildet somit eine natürliche Dämmung und schützt zusätzlich den Innenraum vor Auskühlung. Allerdings kommt es bei diesen Schneestürmen oft auch zu Eisanlagerungen an der Außenhaut, welche mit Eispickeln entfernt werden müssen, was zu Kratzern und Löchern führen kann.

Die relativ einfache verschraubte Konstruktion lässt es allerdings zu Einzelteile schnell und problemlos zu ersetzen. Verbogene Elemente des Aluminium-Skelettes können sogar schon durch zwei Personen wieder in Form gebracht werden und sind nur in extremen Fällen auszutauschen.

Das Grundkonzept, die Erde nur leicht zu berühren und nach der Demontage den Bauplatz wieder unversehrt zu verlassen, machen die drei justierbare Beine möglich. Sie können an fast jede Untergrundkontur angepasst werden und benötigen kein Fundament. Es müssen lediglich Aussparungen in die oberen Eisschichten gegraben werden, in die die Fußplatten eingesetzt und wiederum mit dem Eisaushub zu überdecken sind. Im Laufe des Tages wird dann durch Anschmelzen und erneutes Gefrieren ein fester Stand geschaffen.



Abb. 1.1.2.9

FUSSDETAIL



Abb. 1.1.2.10

DETAIL KNOTENPUNKT



Abb. 1.1.2.11

WINDGESCHWINDIGKEITS- UND WINDRICHTUNGSMESSER

FAZIT

Seit 1992 ist das Ski Haus bereits im Einsatz. Von Anfang an waren regionale Alpin- und Bergsteigervereine in die Standortwahl involviert. Aus diesem Grund wird es seit mittlerweile 18 Jahren regelmäßig bewohnt und gleichzeitig von vielen verschiedenen Personen getestet und kann immer wieder verbessert werden. Da dieser Entwurf auch gerne von Lawinen- und Klimaforschern als Station für mehrere Tage genutzt wird, scheint das Konzept aufgegangen zu sein. Ein Kritikpunkt sind allerdings die derzeit zur Dämmung verwendeten Vakuumdämmpaneele. Sie sind teure Sonderanfertigungen, da die einzelnen Elemente zu sehr in ihren Abmessungen variieren. Dieser Umstand widerspricht ein wenig der Idee, möglichst einfache Materialien innovativ neu zu verwenden.

Dennoch kann das Ski Haus in vieler Hinsicht als „light“ bezeichnet werden. Durch das Dreifußsystem ist es kaum eine Belastung für die regionale Natur. Die leichte Aluminiumkonstruktion kann ohne Probleme mit einem Helikopter transportiert werden, durch die relativ großen Acrylglas-elemente ist es Licht durchflutet und auf Grund der vormontierten Schraubverbindungen kann es einfach aufgestellt und instand gehalten werden.

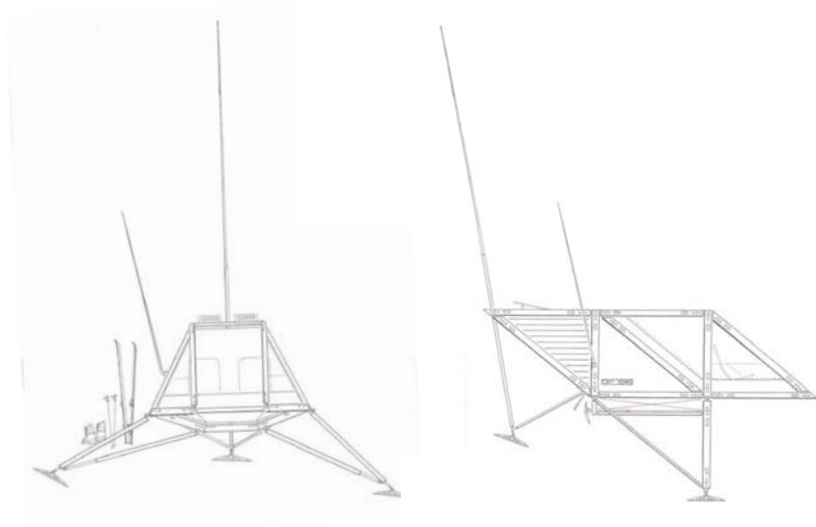
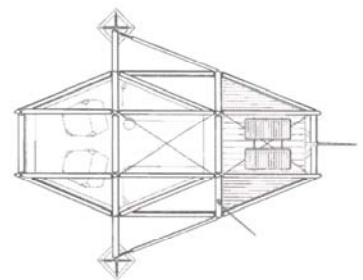


Abb. 1.1.2.12 (links) | **FRONTANSICHT**
Abb. 1.1.2.13 (mitte) | **SEITENANSICHT**
Abb. 1.1.2.14 (rechts) | **GRUNDRISS**



1.1.3 BAHNTRASSE VON PEKING NACH LHASA



🌡️ ø Höchst- und Tiefsttemperatur: +22°C / -40°C

💧 ø Tourdauer / Streckenlänge: 48 Stunden / 1142 km



Vorfertigung der Gleisabschnitte

PROJEKTDATEN



Ausgangsbahnhof | Peking
Endbahnhof | Lhasa
Ingenieure | unbekannt
Bauherr | Chinesische Regierung
Streckenlänge | 4142 km
Baubeginn | 2001 (ab Golmud)
Fertigstellung | 2005
Projektkosten | ca. 3,6 Milliarden Euro

Abb. 1.1.3.2

BAHNTRASSE RICHTUNG LHASA

KLIMA | LAGE

Die 4142km lange Bahnstrecke ist die höchstgelegene der Welt und führt bis in den Himalaya. Über 960km der Trasse liegen 4000m über dem Meeresspiegel, wobei Tanggula mit 5068m den höchsten Punkt bildet. Ursprünglich war das 3000km von Peking entfernte Golmud der Endbahnhof. Die letzten 1142km kamen erst in den letzten Jahren hinzu. Der Grund dafür war unter anderem auch, dass auf diesem Streckenabschnitt die extremsten klimatischen Bedingungen herrschen. In Tibet herrscht das so genannte Hochlandklima. Kennzeichen sind starke Schwankungen der Tagestemperaturen. Niederschläge sind in den Bergen eher selten, da nur leichte Wolken in diese Höhen vordringen, die die Witterung selten beeinflussen. Betrachtet man im Gegenzug die Wetterbedingung in den Tälern, ist

es vor allem im Winter nicht selten, dass man an einem sonnigen Tag plötzliche von starken Schneestürmen überrascht wird.

Die Bahnlinie führt kurz nach Golmud durch ein 550 km langes Permafrostgebiet. Im Winter ist der Grund hier durch Temperaturen bis -40°C gefroren und somit hart und tragfähig. Im Sommer allerdings tauen die obersten Schichten des Erdreiches auf und geben dem Boden eine sumpftartige Konsistenz. Erschwerend kommt hinzu, dass der Sauerstoffgehalt in Höhenlagen um die 4000km über dem Meeresspiegel nur noch 60% - 50% beträgt, und Bauarbeiten ohne spezielle Ausrüstung so gut wie unmöglich sind.



Abb. 1.1.3.3
VERLAUF DER BAHNTRASSE

KONZEPT

Das Projekt einer Bahnstrecke bis nach Lhasa war in politischer und ökologischer Hinsicht sehr umstritten.

In Tibets Hochebenen sind viele bedrohte Tier- und Pflanzenarten beheimatet. Die Trasse durchschneidet ihren Lebensraum und unterbricht Pfade der tibetischen Antilope und der bedrohten Wildesel. An verschiedenen Stellen musste der Streckenverlauf umgeplant werden, um die wichtigsten Wanderrouten der Tiere zu erhalten. Ein weiterer Versuch den Schaden am natürlichen System so gering wie möglich zu halten, war der Einsatz von unzähligen Brücken. Mit groß angelegten Umpflanzaktionen wurden zunächst die Gräser an den

jeweiligen Bauabschnitten abgetragen. Diese Pflanzenmatten mussten über Wochen hinweg fast stündlich gewässert werden, um vor dem Vertrocknen zu schützen. Nach Abschluss der Bauarbeiten am Streckenstück wurden die Pflanzen wieder an ihren Ursprungsort zurückgesetzt. Für das Verlegen der Schienen haben die Ingenieurteams ein System entwickelt, aus einer Kombination von Kran und Lastkraftwagen. So können bereits vormontierte Trassenabschnitte direkt aneinander gesetzt werden. Ziel war es so wenig Arbeitskräfte wie möglich einzusetzen, um Lärm aus Tierschutzgründen zu minimieren. Ein weiterer Aspekt war sicher auch, dass die chinesische Regierung mit der medizinischen Versorgung der an den Baustellen beschäftigten Menschen an ihre Grenzen stieß. Wegen der sauerstoffarmen Luft und der extremen Temperatur-/Witterungsschwankungen war eine große Anzahl von mobilen Krankenhäusern, inklusive Druckkammern notwendig. An verschiedenen Orten konnte nur mit Sauerstoffausrüstung gearbeitet werden. Die Zugwaggons sind ähnlich wie ein Flugzeug ausgestattet. Zusätzlich verstärkte Dämmung und ein aufwendiges Belüftungssystem mit Atemmasken an jedem Sitz schirmen die Passagiere komplett vom unwirtlichen Klima des tibetischen Hochlandes ab. Dennoch ist immer mindestens ein Arzt an Board, da die dünne Luft älteren Reisenden oft trotz der zwei Maßnahmen zusetzt.



Abb. 1.1.3.4/1.1.3.5
**SCHIENENTRANSPORT UND
VERLEGFAHRZEUG**



Abb. 1.1.3.6
ABTEILINNENRAUM

Abb. 1.1.3.7
WAGONSHEMA

SYSTEM

Es gibt zwei grundlegende Möglichkeiten dem Permafrost beim Bau einer Eisenbahnstrecke zu begegnen. Entweder man hebt die Gleise vom Erdreich ab und berührt dieses nur an den nötigsten Punkten, oder das Gleisbett wird direkt auf den Boden gegründet. Hier stellt sich allerdings das Problem der durchgängigen Tragfähigkeit, da die oberste Erdschicht einem ständigen Kreislauf von Tauen und Gefrieren unterliegt. Die Tibetbahn verfügt über 675 Brücken mit einer Gesamtlänge von 160 km. Dennoch sind vor allem die Maßnahmen interessant, die es erlauben die Schienen direkt auf dem Permafrostboden zu verlegen, um den aufwendigen und teuren Brückenbau so weit wie möglich zu reduzieren.

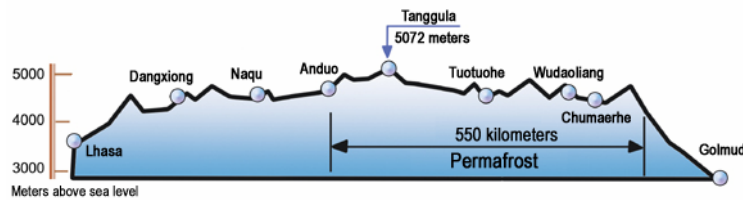


Abb. 1.1.3.9 | **DIAGRAMM DES STRECKEN GOLMUD - LHASA**

Bei Temperaturen um -40°C im Winter ist das Erdreich durchgehend gefroren und bildet einen festen, tragfähigen Untergrund. Im Sommer jedoch taut der Boden an und das entstehende Schmelzwasser kann nicht versickern, da der Untergrund bis in Tiefen von bis zu 30 m ständig gefroren bleibt. In diesem somit entstandenen Moor ähnlichem Gebiet würden die Schienen einsinken. Zusätzlich zu den natürlichen Schwierigkeiten, speichern die Schienen während des Tages trotz der relativ kleinen Angriffsfläche derart viel Wärme durch solare Einstrahlung, dass selbst in den kalten Nächten die Schmelzgefahr erhöht ist. Aus diesem Grund war einer der ersten Schritte die drei Meter hohe Aufschüttung der Eisenbahnstrecke. Als Untergrundmaterial für die oberste Kieslage dienen grob behauene, große Steine. Diese sind locker und ohne Mörtel übereinander



Abb. 1.1.3.8
**BRÜCKENPFEILER IM
FEUCHTGEBIET**



Abb. 1.1.3.10
UNTERLÜFTUNG



Abb. 1.1.3.11
**UNTERLÜFTUNG MIT
SONNENSCHUTZ**

geschichtet. Die so entstehenden Hohlräume sorgen für eine gute Unterlüftung der Gleise mit den auch im Sommer kühlen Hochplateauwinden. An Bereichen, die besonders stark der Sonne ausgesetzt sind, wurde die Aufschüttung mit schützenden Metallplatten versehen. Diese verhindern zum einen das Eindringen von warmer Luft auf dieser Seite, verhindern aber auch das Ausströmen der kalten Luft. Die relativ kleinen Belüftungshohlräume zwischen den Steinen waren an vielen Teilen der Bahntrasse allerdings nicht ausreichend. Angelehnt an traditionelle nepalesische Häuser die auf Permafrost gegründet sind wurden horizontal liegende, hohle Betonröhren in den Wall eingelegt. Sie erleichtern durch ihre größeren Querschnitte die Unterlüftung.

Mit einer weiteren innovativen Idee konnte auf einige der zahlreichen Brücken verzichtet werden. Zu beiden Seiten der Gleise befinden sich schräg in den Bahndamm eingelassene Stahlröhren. Sie sind acht Meter lang, wobei drei Meter aus der Oberfläche herausragen. Dieser Teil ist zum Zweck der Oberflächenvergrößerung geriffelt. Im Inneren der Röhren befindet sich Ammoniak. Ab einer Temperatur über -33°C wird es zu Gas und steigt nach oben. Der auf den Hochplateaus ständig vorhandene Wind kühlt die Stahlröhren und führt dazu, dass das Ammoniakgas wieder in seine flüssige Form übergeht. Es fließt nach unten und kühlt den Boden, bevor es erneut als Gas nach oben steigt. Erst wenn diese Lösung nicht mehr genügt, um das Erdreich permanent kalt zu halten, muss auf Brücken zurückgegriffen werden. Allerdings kommt es in letzter Zeit immer öfter zu Rissen im Permafrost. Der Klimawandel erwärmt auch hier die Luft jedes Jahr um 1°C mehr und führt dazu, dass selbst diese Methoden in naher Zukunft nicht ausreichen werden.

FAZIT

Es handelt sich um ein sehr aufwendiges Projekt, das vielleicht nicht nur aus infrastrukturellen Gründen entstanden ist. Dennoch sind die verwendeten Techniken interessant und können für Architekten und Bauingenieure in manchen Situationen hilfreiche Anregungen sein.



Abb. 1.1.3.12 (links)

BETONRÖHREN BAHNTRASSE

Abb. 1.1.3.13 (rechts)

KERAMIKRÖHREN

TRADITIONELLER HÄUSER



Abb. 1.1.3.14

STAHLROHR - SYSTEM



Abb. 1.1.3.15

KÜHLUNG DURCH AMMONIAK

Auch die Organisation des Bauablaufs, die Versorgung der vielen Arbeitskräfte und der Naturschutz sind in diesem Fall einen Blick wert. Allerdings fehlt dem Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand hier subjektiv betrachtet jede Relation.

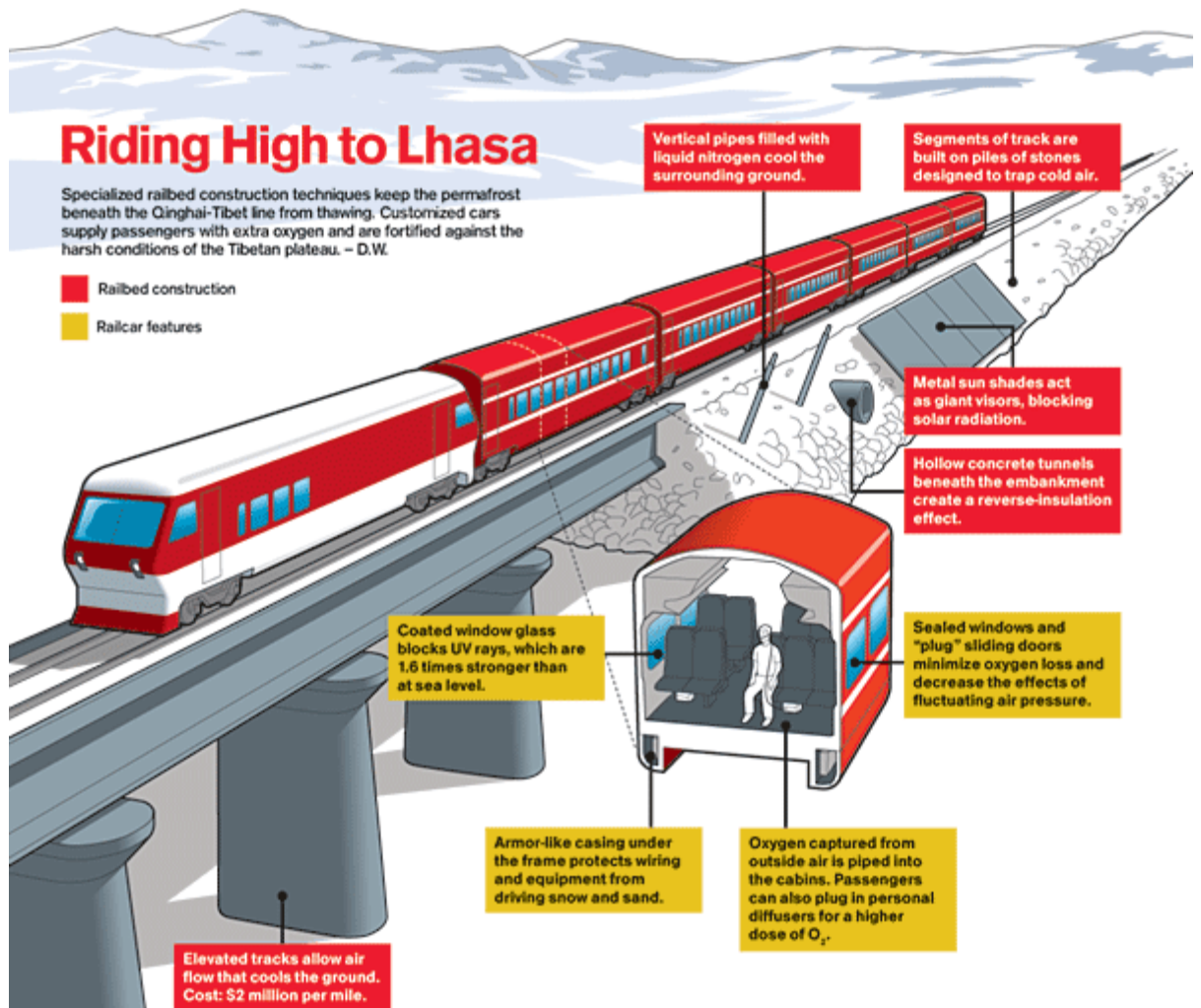
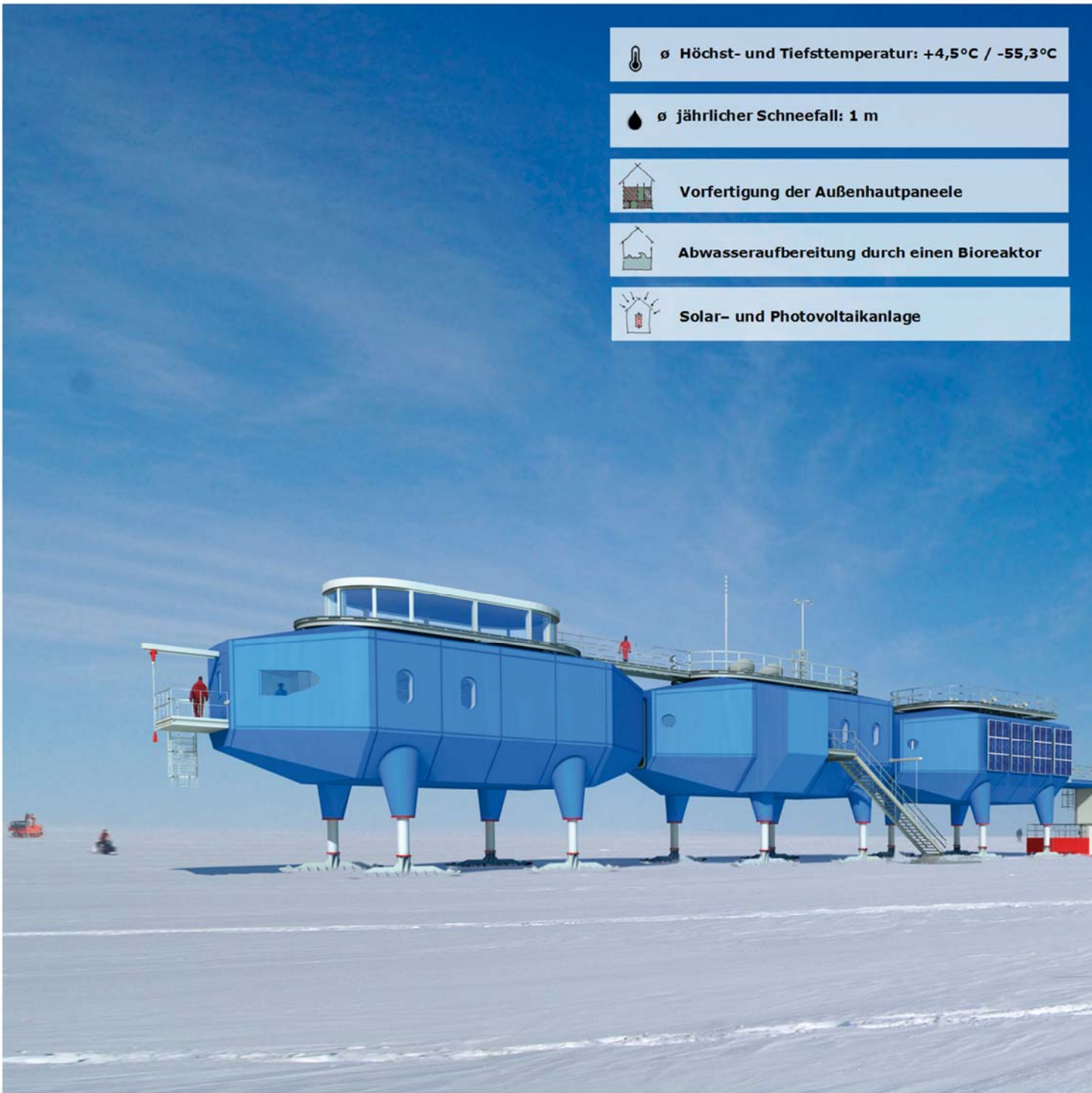


Abb. 1.1.3.16 | SYSTEME ZUM SCHUTZ DES PERMAFROSTBODENS UND ZUR VERBESSERUNG DER REISEBEDINGUNGEN

1.1.4 FORSCHUNGSSTATION HALLEY VI



PROJEKTDATEN



Standort | Antarktis ~ -75°00'N, -23°00'E

Architekten | Hugh Broughton Architects

Bauherr | British Antarctic Survey

Anzahl Geschosse | 1

Modullänge | 24,18 m

Modulbreite | 9,45 m

Baubeginn | 2007

Fertigstellung | 2009

Abb. 1.1.4.2

ANSICHT HALLEY VI MODUL

KLIMA | LAGE

Die Antarktis ist der windigste, kälteste und trockenste Kontinent der Erde. Aber dennoch oder gerade deswegen ist diese Gegend für Klimaforscher von großem Interesse. Die British Antarctic Survey (BAS), eine Teilorganisation des Natural Environment Research Council untersucht hier bereits seit 1956 den Wandel unseres Klimas. Anhand von Bohrungen geben verschiedene im Eis eingeschlossene Luftblasen, Gase oder Schmutzteilchen Auskunft über Luftqualität oder Wetterbedingungen der vergangenen Jahrtausende. Die Halley VI befindet sich auf dem so genannten Brunt-Shelfeis (150 m dick). Die zwei extremen Klimaperioden sind der polare Sommer und Winter. Während des Polarwinters (Anfang März bis Anfang August) kommt die Sonne nicht über den Horizont. In diesen dämmrigen Lichtverhältnissen kann von Zeit zu Zeit das Phänomen des Südlichts beobachtet werden. Es entsteht, wenn geladene Teilchen der

Sonnenwinde auf die Erdatmosphäre treffen. Allerdings müssen die Forscher auch 55 Tage dieser „Jahreszeit“ komplett ohne Sonnenlicht auskommen.

Weitere Kennzeichen des Polarwinters sind auch Temperaturen um -50°C und Windgeschwindigkeiten von bis zu 144 km/h. Aus diesem Grund ist es nur außerhalb der Winterzeit möglich aus dem Forschungsgebiet abzureisen. Ende Oktober erreichen in der Regel die ersten Versorgungsflugzeuge die Halley VI.

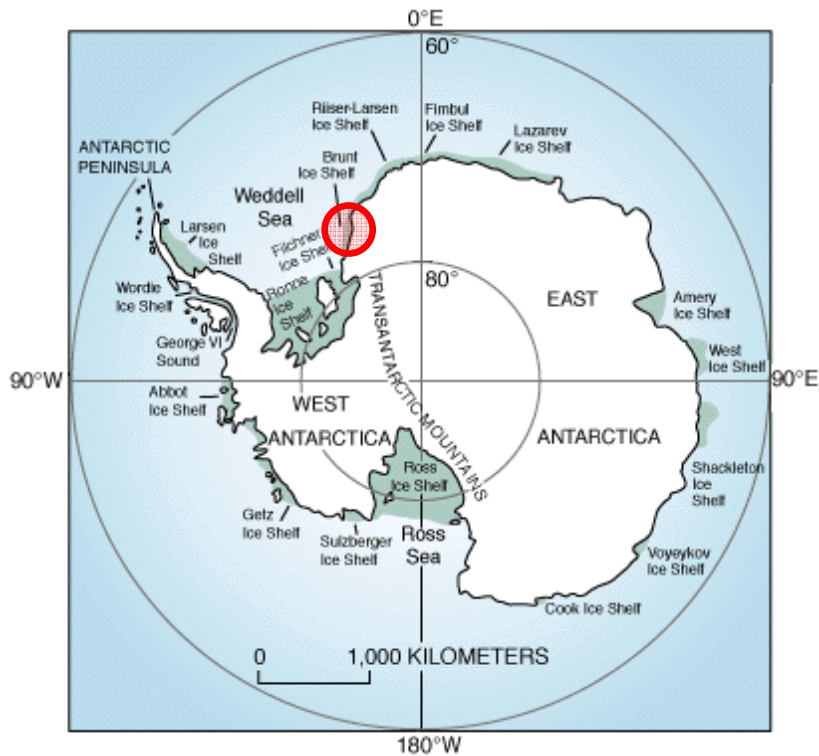


Abb. 1.1.4.3
LAGE DER HALLEY VI AUF DEM
BRUNT ICE SHELF

Ab dann steigt die Sonne zwar über den Horizont, ihre Strahlen haben aber einen derart flachen Einfallswinkel, dass lediglich die Eisoberfläche bei Temperaturen bis knapp über 0°C antaut. Dieser Zeitraum wird als polarer Sommer bezeichnet, in dem die Sonne durchgehend scheint. Durchschnittlich erhöht sich die Schneedecke in der Antarktis durch ca. 175 Schneefalltage um bis zu 1,5m im Jahr.

Speziell am Standort der Halley VI bewegt sich das Eis zusätzlich ca. 400m jährlich Richtung Nord-Westen zum Meer. Hier zerbricht das Brunt-Shelfeis in Eisberge.

KONZEPT

Die erste Halley Station war lediglich eine Ansammlung von Holzhütten, die bereits während der ersten Jahre komplett eingeschneit waren. Als Halley I aufgegeben wurde, war sie bereits 14 m im Schnee versunken und keine Temperaturen über -18°C konnten in den Forschungsräumen mehr erreicht werden.

Halley II folgte wieder dem Holzhaus Konzept, zwar mit verstärkten Dachkonstruktionen aber dennoch musste sie nach bereits sieben Jahren aus den gleichen Gründen wie Halley I aufgegeben werden. Für die Halley III wurde dann zum ersten Mal versucht ein spezielles System zu entwickeln. Es handelte sich um eine Röhrenkonstruktion. Ihre Außenwände wurden mit Stahlplatten verkleidet, deren geriffelte Oberfläche verhindern sollte, dass die Bewegung des Eises die Station zusammendrückt. Nach 12 Jahren (1983) war die Station wiederum zu tief im Brunt-Shelfeis versunken, um sie effektiv nutzen zu können. Mit einer ähnlichen Konstruktion aber anderem Material (verzahnte Sperrholzpaneele) scheiterte die Halley IV allerdings bereits nach zwei Jahren. Sie musste immer wieder freigeschaufelt werden, da die Konstruktion die Schneemassen nicht tragen konnte.

1992 nach siebenjähriger Planung kam dann das völlig neue Konzept der Halley V zur Ausführung, an welchem sich auch die Halley VI orientiert. Das Ziel war nicht mehr länger den Schneemassen zu trotzen, sondern sich über sie hinwegzusetzen. Aus diesem Grund steht die fünfte Forschungsstation auf nach oben verstellbaren Stahlstützen. Später hinzugefügte Gebäudeteile wurden zusätzlich auf Skiern befestigt, um diese mobil zu halten und somit der Bewegung des Eises Richtung Meer entgegenzuwirken. Das Design von Hugh Broughtons Team für die Halley VI fand aber nicht nur wegen seiner einfachen Erweiterbarkeit, Langlebigkeit (auf 20 Jahre geschätzt) oder Mobilität so großen Anklang bei der BAS. Dieser Entwurf

Abb. 1.1.4.4

HALLEY I NACH DEM ERSTEN WINTER



versucht die Forscher nicht nur im Hinblick auf Funktionalität zu überzeugen, sondern auch das tägliche Leben in der unwirtlichen Umgebung der Antarktis wird thematisiert. So ist ein zentraler Punkt, den Alltag auf der Station so komfortabel wie möglich zu gestalten. Während des Polarwinters sind die Forscher komplett von der Außenwelt abgeschnitten und Depressionen wegen der fehlenden Sonneneinstrahlung sind nicht selten. Um dem entgegenzuwirken ist jedes Wohnmodul farblich individuell gestaltet und bildet einen Kontrast zur völlig farblosen Umgebung der Antarktis. Diese Module besitzen den Charakter einer Wohngemeinschaft. In jedem Wohnmodul befinden sich acht Schlafräume, Bad mit Dusche/WC und ein Aufenthaltsbereich, der mit Stühlen ausgestattet ist. Ein wichtiger Aspekt war hier auch der Schallschutz, der in der Halley V lediglich aus Spanplatten bestand. In der neuen Forschungsstation wurde auf ausreichende Schalldämmung geachtet, um die Privatsphäre der Bewohner zu schützen. Neben dem Wohnen und Forschen ist auch die soziale Gemeinschaft ein Planungskriterium. In der Mitte der acht Halley-Module ist ein spezieller Gemeinschaftsbereich angeordnet, der doppelt so hoch ist wie die übrigen Module. Dieser ist lediglich mit einem Energiemodul und den Wohnbereichen direkt gekoppelt, die Forschungsmodule sind nur über eine offene Brücke zu erreichen. Neben dem Brandschutz ist die Idee dahinter, jede Person dazu zu bringen täglich mindestens einmal ins Freie zu gelangen und somit eine Art „Lagerkoller“ zu verhindern. Auch das große nach Osten ausgerichtete Panoramafenster des roten Sozialmoduls soll klaustrophobischen Gefühlen entgegenwirken. Ausgestattet ist dieser Raum mit einer Bar, Speisesaal, zwei kleineren Aussichtsfenstern im Dachbereich, Lese- und Kommunikationsecken. Die Halley VI funktioniert im Gegensatz zu ihren Vorgängern nicht nur als Forschungsstation, sondern auch als Lebensraum. Da es sich beim Natural Environment Research Council um eine Organisation handelt, die nicht nur unser Umwelt und ihre Veränderungen erforscht, sondern sie auch schützen will, wurde versucht den CO₂-Fußabdruck der Forschungsstation so klein wie möglich zu gestalten. Mit Hilfe von kleinen Bioreaktoren wird Abwasser aufbereitet. Da die Station abgelegen von jeder Infrastruktur liegt, ist sie dennoch auf Dieselgeneratoren angewiesen, die sie verlässlich mit Energie und

Abb. 1.1.4.5

HALLEY III, 1961-1983



Abb. 1.1.4.6

HALLEY V, Ab 1992



Wärme versorgen. Allerdings sind die Generatoren so aufgebaut, dass sie zusätzlich auch mit erneuerbaren Energiequellen gespeist werden können. Im Sommer, wenn die meisten Forscher sich auf der Station befinden kann der Dieselverbrauch durch zuschaltbare Solarthermie- und Photovoltaikzellen gesenkt werden.

SYSTEM

Grob betrachtet ist die Idee der Halley VI eigentlich nicht neu. Sie steht auf hydraulisch verstellbaren Stützen, die wiederum an Skiern befestigt sind, genau wie die Halley V. Der entscheidende Unterschied liegt aber in der Forschungsstation an sich. Während Nummer fünf noch ein einziges Gebäude war, das lediglich erweitert werden konnte, handelt es sich beim sechsten Ansatz um einzelne Module der, die durch flexible Gänge miteinander verbunden sind. Im Fall der jährlichen Verschiebeaktion können diese Module der Halley VI getrennt und einfach von Bulldozern bewegt werden. Das Versetzen der Halley V hat ein ganzes Team mehr als zwei Monate lang beschäftigt. Die einzelnen Module sind hingegen durch zwei Personen innerhalb von zwei bis maximal drei Wochen an ihren neuen Platz verschoben. Die Betriebsdauer der neuen Station wird aus diesem Grund sogar auf 20 Jahre geschätzt. Neben den nach oben verstellbaren Stahlstützen vermindert auch die lineare Anordnung der einzelnen Halley-Komponenten das Einschneien, da keine „Innenhöfe“ gebildet werden aus denen der Schnee nicht mehr auf natürliche Weise (Wind) abtransportiert werden kann.

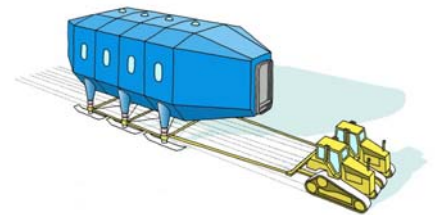


Abb. 1.1.4.7

MOBILITÄT DER MODULE



Abb. 1.1.4.8

AUFBRINGEN DER AUßENVERKLEIDUNG

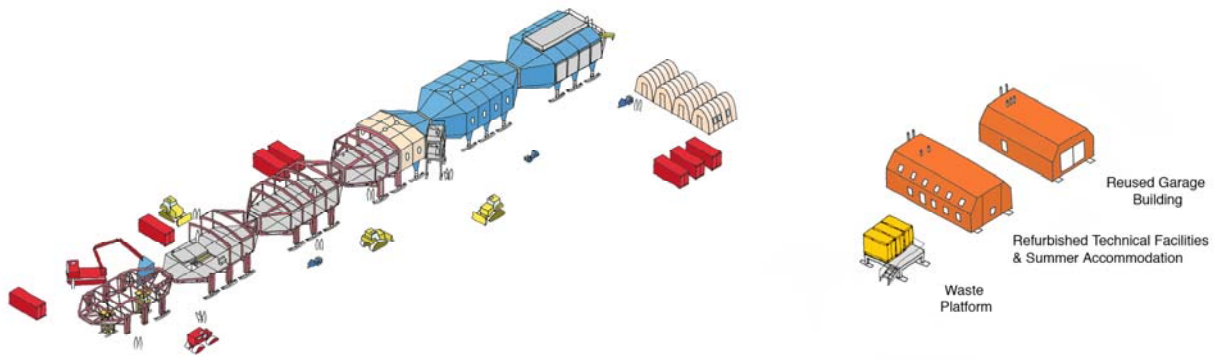
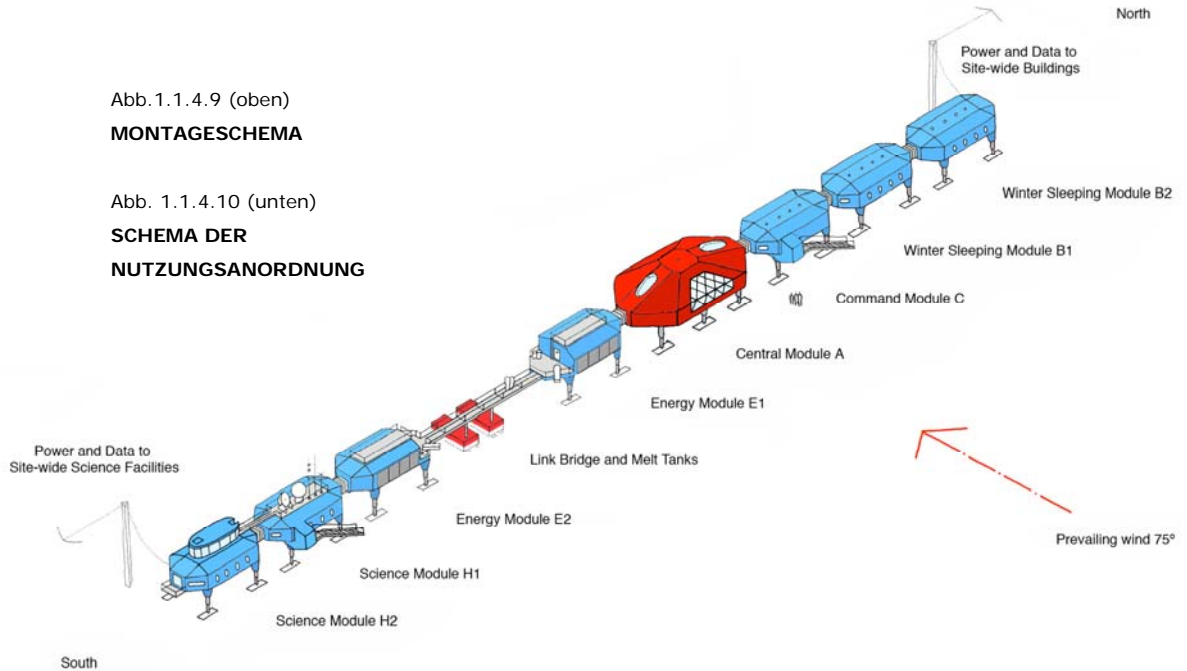


Abb. 1.1.4.9 (oben)
MONTAGESCHEMA

Abb. 1.1.4.10 (unten)
SCHEMA DER NUTZUNGSANORDNUNG



Bei der Primärkonstruktion der Module handelt es sich um ein räumliches Tragwerk aus Stahl. Dieses sollte ursprünglich mit gedämmten Holzpanelen verkleidet werden, welche auch bei amerikanischen Forschungsstationen verwendet werden. Der Nachteil hierbei ist allerdings, dass diese Platten nur in relativ kleinen Abmessungen verfügbar sind und einen erheblichen Arbeitsaufwand vor Ort bedeuten. Da die Montage aber in der nur drei Monate langen Sommerperiode stattfinden muss, würde die Verwendung der Structural Insulated Panels (SIP) ein großes Problem darstellen.

Ein zusätzlicher Knackpunkt ist der Wind. Bei den vor allem im Winter doch enormen Windstärken wurde befürchtet, dass der Windsog die Holzschicht von der Dämmung saugen könnte. Nach Rücksprache mit einem französischen Ingenieursteam, das erst vor kurzem eine neue Forschungsstation in der Antarktis (Concordia – Französisch-Italienische Kooperation) eröffnet hat, wurde das dort eingesetzte System aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (Glass Reinforced Polymer, GRP) in Betracht gezogen. Hierbei handelt es sich um eine Glasfasermatte, die durch Harz versiegelt ist. Diese kann dann mit der Dämmung verwoben und in mehreren Schichten zu einem Panel angeordnet werden. Da ähnliche Verbindungen bereits bei Experimenten mit Temperaturen bis zu -250°C eingesetzt wurden, ist das im Gegensatz dazu fast warm erscheinende Klima der Antarktis kein Problem für diesen Werkstoff. Das Harz der inneren GRP Schicht wurde mit Aluminium Trihydrat versetzt, um diese feuerresistent auszubilden. Die GRP Verkleidung und große Teile der Stahlkonstruktion sind bereits vorgefertigt und können in der kurzen Sommerphase problemlos zusammengefügt werden.



Abb. 1.1.4.11
**VORGEFERTIGTE
 FUßVERKLEIDUNG**



Abb. 1.1.4.12
**STAHLKONSTRUKTION MIT
 TECHNIKMODULEN**



Abb. 1.1.4.13
SOZIALMODUL, HALLEY VI

FAZIT

Der Halley VI Entwurf ist der Erste dieser Reihe, der den Forscher als Menschen und nicht nur als Wissenschaftler zu einem der Schwerpunkte macht. Durch viele Details, wie der Farbgestaltung und den diversen Luken, die rein der Aussicht und nicht der wissenschaftlichen Arbeit dienen, wird ein relativ angenehmer Lebensraum geschaffen.

Aus den Erfahrungen mit vergangenen Halley-Stationen wird Nummer VI durch das komplett mobile und einfach bewegbare System eine Nutzungsdauer von ca. 20 Jahren zugesprochen. Ältere Modelle waren bereits nach wenigen Jahren im Schnee versunken. Diese Nachhaltigkeit spart Rohstoffe und macht langfristige ungestörte Forschung möglich.



Abb. 1.1.4.14 | MOBILITÄT MODUL A

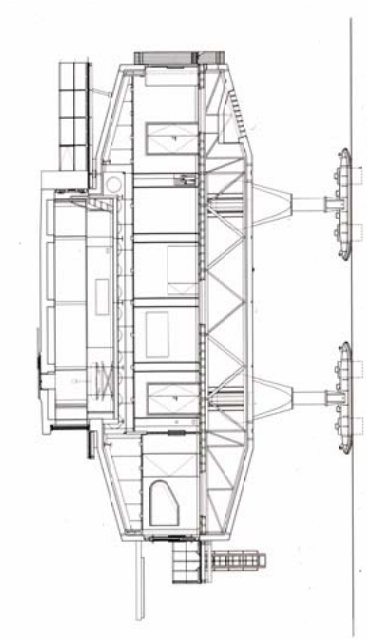


Abb. 1.1.4.15 | LÄNGSSCHNITT

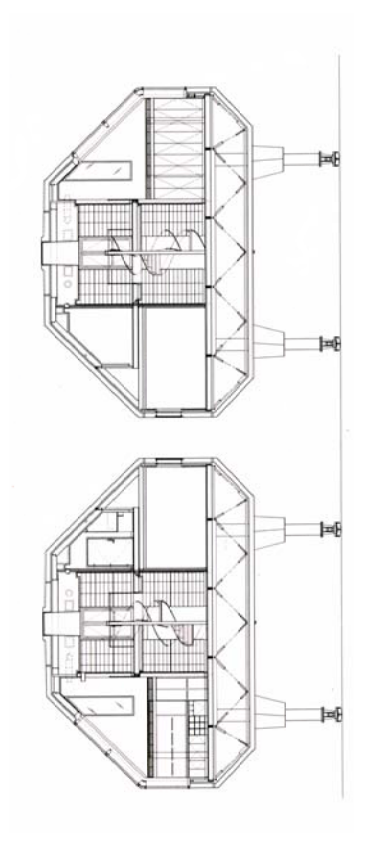


Abb. 1.1.4.16 | QUERSCHNITT

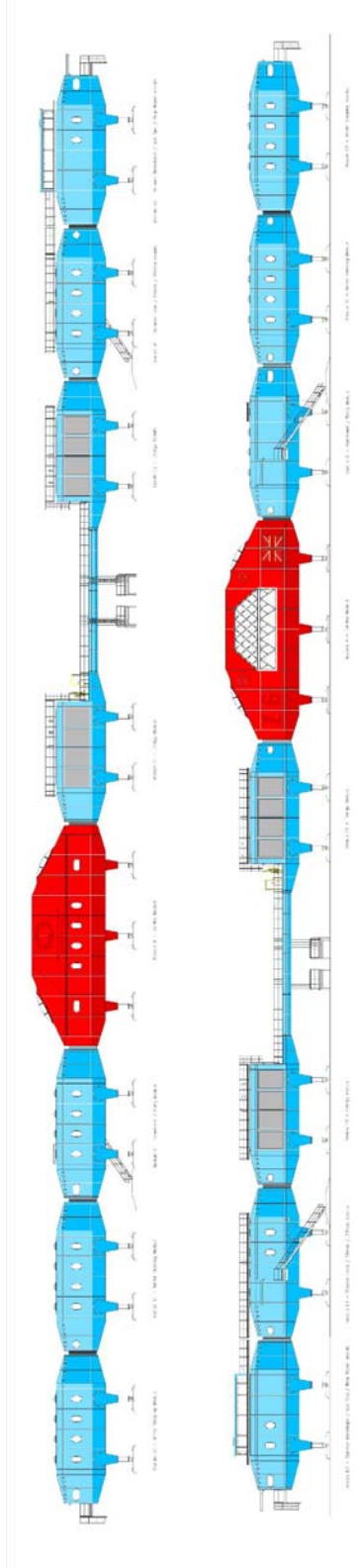


Abb. 1.1.4.17 | SCHEMA FÜR ANORDNUNGSMÖGLICHKEITEN, OST UND WEST ANSICHT

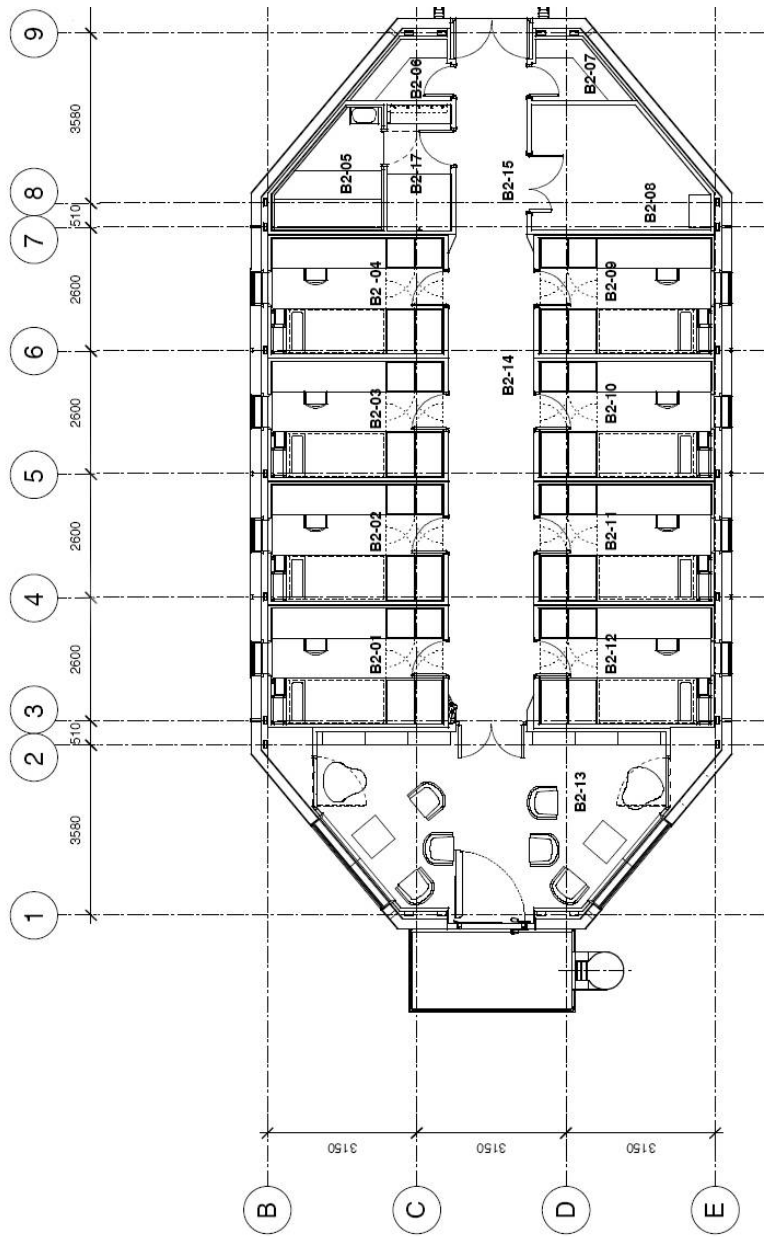
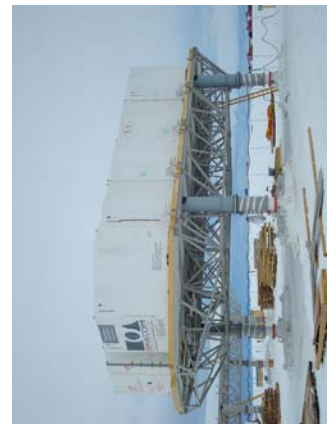


Abb. 1.1.4.18 | GRUNDRISS WOHNMODUL B2, 172 m²

- B2-01-04 SCHLAFRÄUME
- B2-09-12 SCHLAFRÄUME
- B2-05 SAUNA
- B2-06-07 BETTWÄSCHELAGER
- B2-08 TECHNIKRAUM
- B2-13 RUHERAUM
- B2-17 DUSCHE/UMKLEIDE

Abb. 1.1.4.19

**SCHLAFRÄUME
SIND BEREITS
VORGEFERTIGT**



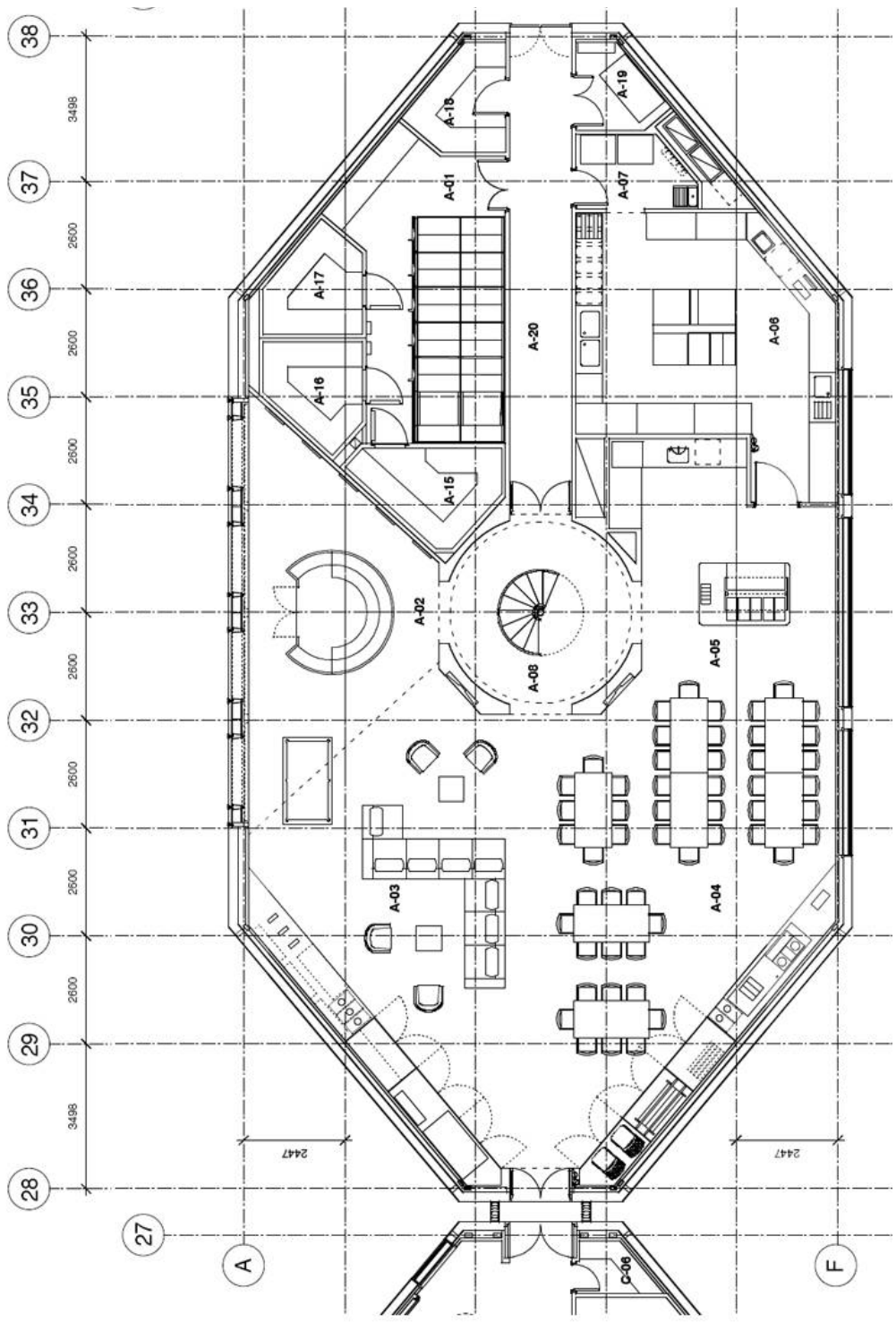


Abb. 1.1.4.20 | **GRUNDRISS, GESCHOSS 1, ZENTALES SOZIALMODUL, 388 m²**

- A-01 LAGERRAUM (25 m²)
- A-02 ATRIUM MIT HYDROKULTUREN UND HALLEY HISTORY-WALL (3 m²)
- A-03 BAR – INKLUSIVE BILLARD UND AUFROLLBARER LEINWAND (52 m²)
- A-04 TISCHTENNISTISCH / SOMMERESSBEREICH – 52 PERSONEN (58 m²)
- A-05 WINTERESSBEREICH (46 m²)
- A-06 KÜCHE (35 m²)
- A-07 SPEISEKAMMER (5 m²)
- A-08 TREPPENHAUS (16,5 m²)
- A-15 KÜHLRAUM (6,3 m²)
- A-16 KÜHLSCHRÄNKE - FLEISCH (5 m²)
- A-17 KÜHLSCHRÄNKE - GEMÜSE (5 m²)
- A-18 LAGER DER BAR (5 m²)
- A-19 TECHNIKRAUM – HYDRAULIC UND STROMVERTEILER (4 m²)
- A-20 CORRIDOR (18 m²)

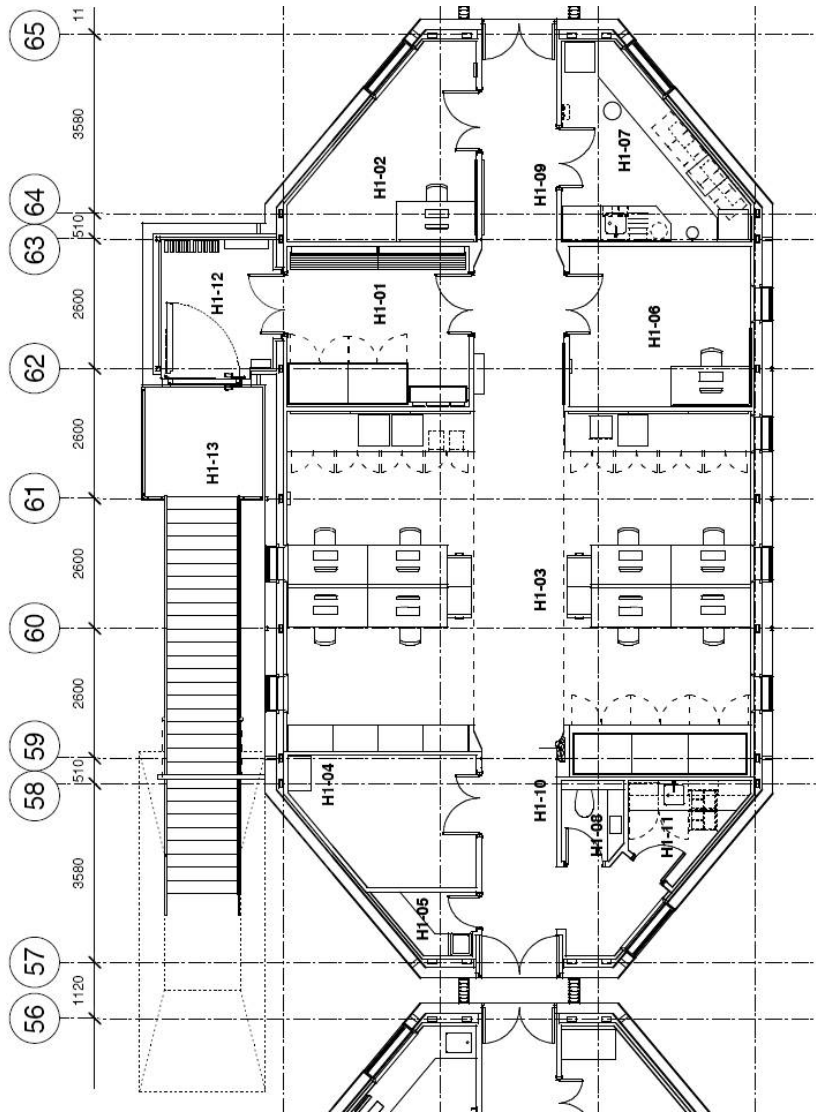


Abb. 1.1.4.21 | GRUNDRISS FORSCHUNGSMODUL H1, EINGANG, LABORE UND BÜROS, 180 m²

H1-01 LAGER FÜR LABORMATERIALIEN

H1-02 LABOR A (OST)

H1-03 BÜRO

H1-04 TECHNIKRAUM

H1-05 LAGER FÜR REINIGUNGSMITTEL

H1-06 LABOR B (WEST)

H1-07 VORBEREITUNGSRAUM + DUSCHE

H1-08 WC

H1-09 CORRIDOR

H1-10 CORRIDOR

H1-11 TEEKÜCHE

H1-12 LOBBY MIT SKI-AUFBEWAHRUNG

H1-13 TREPPENPODEST

1.1.5 DELTA SHELTER



Ø Höchst- und Tiefsttemperatur: +27,6°C / -9,7°C



Ø jährlicher Niederschlag: 568 mm



Vorfertigung der Wand- und Schiebeelemente



Komplette Abschottung möglich,
um Wärmeverlust zu verhindern

PROJEKTDATEN



Standort | Mazama, Washington, USA
Architekten | Olson Sundberg Kundig Allen
Bauherr | Anonym
Grundstücksfläche | 92,9 m²
Anzahl Geschosse | 3
Gebäuelänge | 6 m
Gebäudebreite | 6 m
Baubeginn | 2003
Fertigstellung | 2005

Abb. 1.1.5.2

ANSICHT GESCHLOSSEN (LINKS)

ANSICHT GEÖFFNET (RECHTS)

KLIMA | LAGE

Der Delta Shelter befindet sich in der Nähe von Mazama im östlichen Teil des Bundesstaates Washington der USA. Während im Westen die Sommertemperaturen selten über +26°C steigen, aber dafür im Winter die +8°C Grenze in der Regel nicht unterschreiten, ist der Osten vor allem bei Ski-Langläufern sehr beliebt. Die Gegend um Mazama ist schneesicher und bietet durch ihre Nähe zu den Cascade Mountains eine gebirgige Waldlandschaft. Die niedrigste Temperatur die hier je gemessen wurde, lag bei -44°C. Durchschnitt sind aber Werte um die -10°C. Im Gegensatz zum vorher erwähnten Westen, herrscht am Standort des Delta Shelter das gemäßigte Klima. Aus diesem Grund können neben den ausgeprägten Minustemperaturen im Winter, auch leicht über +25°C im Sommer erreicht werden. Dieses Projekt muss also bei weitem nicht so extremem Klima trotzen, wie die davor aufgeführten Beispiele. Allerdings muss dieses kleine

Gebäude auf einen zusätzlichen Faktor reagieren. In direkter Nachbarschaft tritt der Methow River in den Sommermonaten regelmäßig über seine Ufer. Da sich der Baugrund des Delta Shelter inmitten des Ausweichgebietes für diesen Fluss befindet, steht das Wasser gelegentlich bis zu 15 cm hoch auf dem Grundstück.

KONZEPT | SYSTEM

Da es sich bei diesem Entwurf um ein Wochenendhaus handelt, ist die Nutzungsdauer auf wenige Tage im Jahr begrenzt. Zum Schutz vor Tieren, Witterung und Einbruch muss es während der unbewohnten Zeit komplett verschließbar sein. Allerdings würde durch das Abschotten vor der idyllischen Landschaft ein großer Teil der Wohnqualität verloren gehen. Um diesen Kompromiss zu realisieren ist jeweils die linke Wandhälfte in jedem Geschoss mit raumhohen Fenstern ausgestattet, während der rechte Bereich durch ein mit Stahl verkleidetes Holzpaneel verschlossen ist. An besonders kalten Tagen und vor allem im Zeitraum, wenn der Delta Shelter leer steht, können die großflächigen Verglasungen durch verschiebbare Stahlblenden abgedeckt werden. Auf diese Weise kühlt das Haus nicht völlig aus, auch wenn es unbeheizt ist. Durch ein ausgeklügeltes System aus Zahnrädern und Kabeln können diese Stahlelemente mit Hilfe eines Steuerrades manuell bedient werden. Bei völlig geschlossenem Zustand bleibt lediglich ein Band von Oberlichtern in der zweiten Etage frei.

Die Tragkonstruktion ist ein System aus Stahlträgern/-stützen, welches den quadratischen Baukörper um ca. 50 cm vom Boden abhebt und zwei kleine Terrassen für das erste und zweite Obergeschoss bildet. Diese Maßnahme soll das Haus vor dem regelmäßig über die Ufer tretenden Methow River schützen. So befinden sich im überflutungsgefährdeten Erdgeschoss nur ein Lagerbereich und der Carport.

Die Wohnräume, welche in den beiden oberen Etagen untergebracht sind werden durch eine Außentreppe erschlossen.

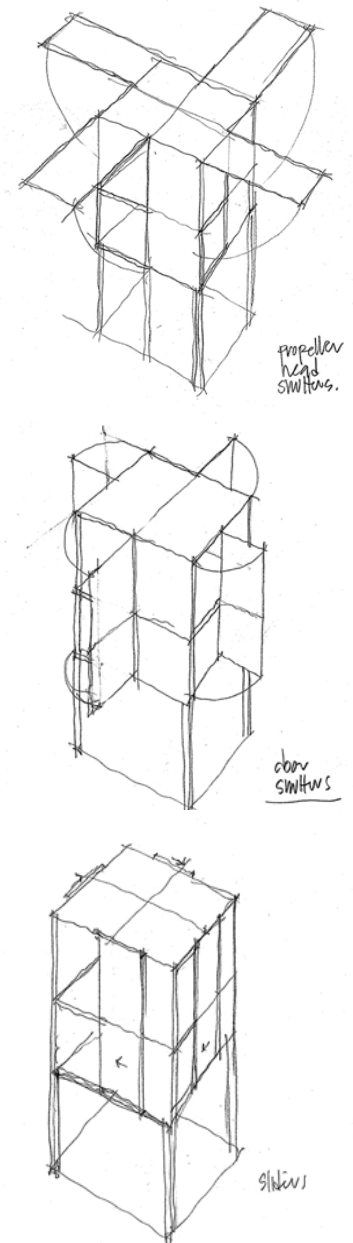


Abb. 1.1.5.3

KONZEPTSKIZZEN DER BEWEGLICHEN STAHELEMENTE

Im Sommer, während das Haus bewohnt ist, schützen das zu allen Seiten weit auskragende Dach und Milchglaselemente an der Innenseite der Südfenster, vor zu starker Sonneneinstrahlung.

Von außen betrachtet, erscheint das kleine Haus im geschlossenen Zustand durch den verwendeten Stahl hart und kantig. Das Vorrosten aller Stahlteile gibt der Fassade allerdings einen warmen orangefarbenen Ton, der den starken Kontrast zwischen Holz (Waldlandschaft) und Stahl abschwächt. Wie das Vorbehandeln des Stahls, wurde auch die Montage aller Wand- und Fensterelemente vor dem Transport zur Baustelle in einer Halle fertig gestellt und vor Ort nur noch in das Grundgerüst eingesetzt. Der Bauablauf war durch diesen hohen Grad an Vorfertigung weitestgehend wetterunabhängig.

Im Inneren sind die Wände mit hellem Holz verkleidet, was bei geöffneten Schiebeläden das Gefühl verstärkt mitten im Wald zu stehen. Auch bei den Möbeln wurde darauf geachtet natürliche Materialien zu verwenden, um das Konzept von der Natur im Haus nicht zu unterbrechen.

Der Delta Shelter ist also wie der Name schon sagt eine Zuflucht vor der kalten Witterung. Gleichzeitig besteht aber auch die Möglichkeit sich der Landschaft zu öffnen, die mit der Innenausstattung eine Einheit bildet.

FAZIT

Dieses Projekt ist fast perfekt in die Landschaft eingepasst und ähnelt eher einem Hochsitz für Jäger, als einem Wohnhaus. Da es die meiste Zeit lediglich im Sommer bewohnt ist, kann durch komplettes Abschotten die winterliche Kälte abgehalten werden. Sollte es hingegen einmal im Winter genutzt werden, können die frostigen Wetterbedingungen zum Problem werden, da bei geöffneten Schiebeelementen allein die Fenster und Festverglasungen die Außenhaut bilden. Das Konzept offen zur Natur in den wärmeren Monaten und geschützt in den kalten ist hingegen voll aufgegangen und findet sich in einem Folgeprojekt (Projekt Rolling Huts) in mobiler Form wieder, welches die Architekten 2007 realisierten.



Abb. 1.1.5.4

FOTOS INNENRAUM

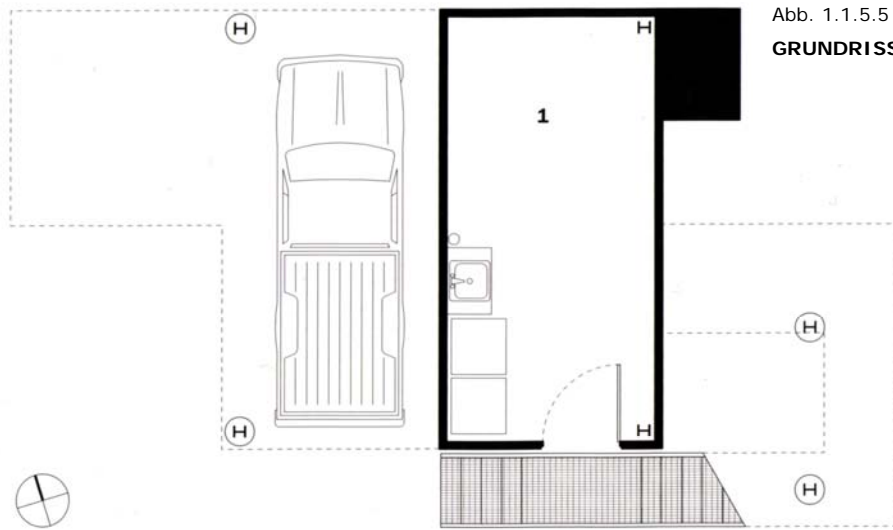


Abb. 1.1.5.5

GRUNDRISS | ERDGESCHOSS
1 LAGERRAUM

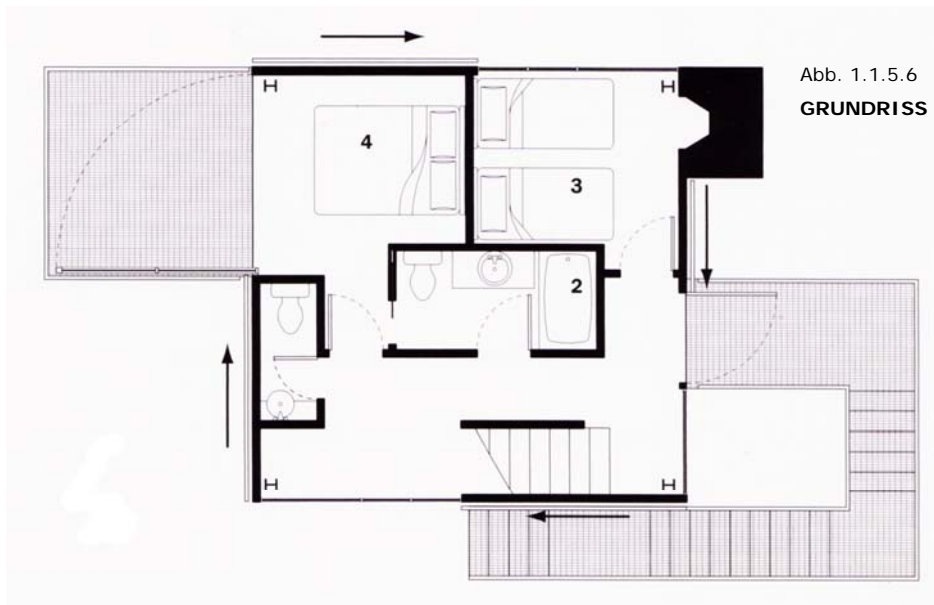


Abb. 1.1.5.6

GRUNDRISS | 1. OBERGESCHOSS
2 BAD
3 GÄSTEZIMMER
4 SCHLAFZIMMER

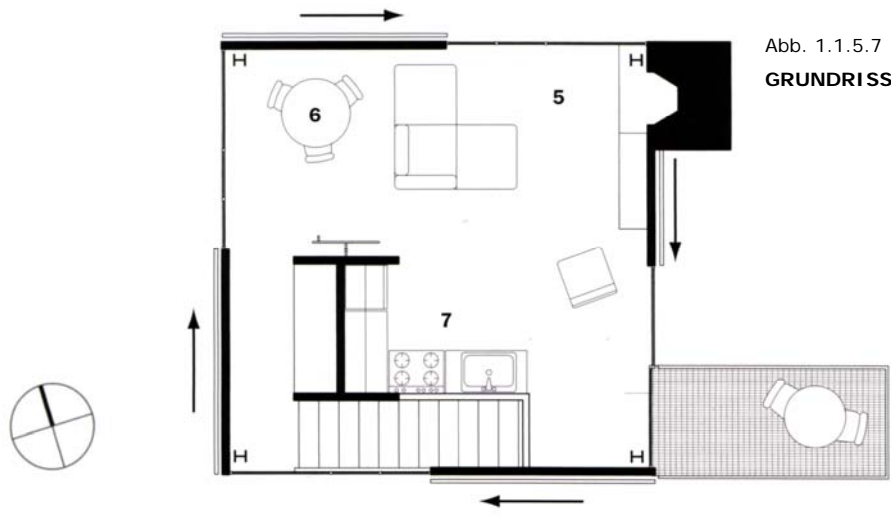


Abb. 1.1.5.7

GRUNDRISS | 2. OBERGESCHOSS

5 WOHNZIMMER

6 ESSBEREICH

7 KÜCHE



Abb. 1.1.5.8 | **ANSICHTEN**

SÜDEN (links)

WESTEN (rechts)

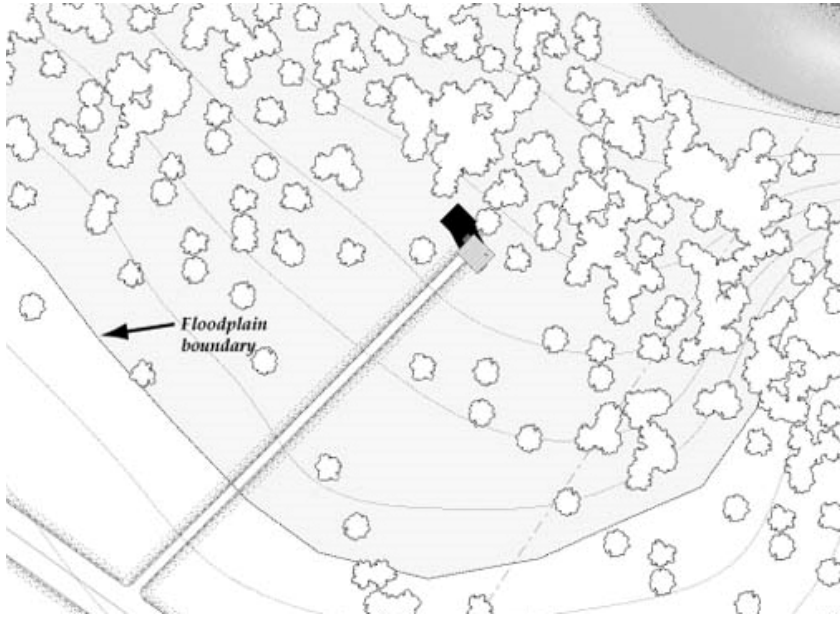


Abb. 1.1.5.9 | **LAGEPLAN**
 GRAUNTERLEGTE
 LÄCHE MARKIERT
 ÜBERFLUTUNGSGEBIET



1 Section - South

2 Section - East

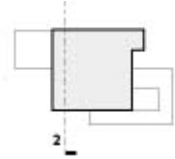


Abb. 1.1.5.10 | **SCHNITTE**
 SÜD (links)
 OST (rechts)

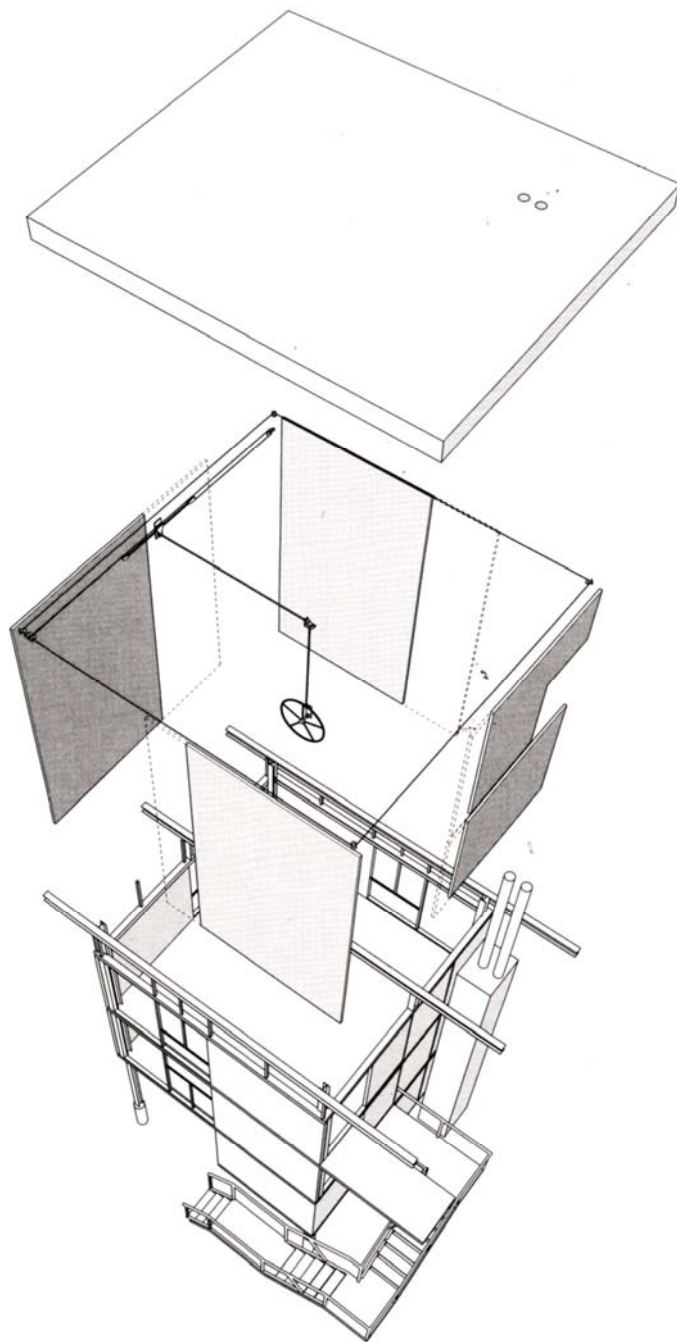


Abb. 1.1.5.11
EXPLOSIONSZEICHNUNG DER KONSTRUKTIONSELEMENTE

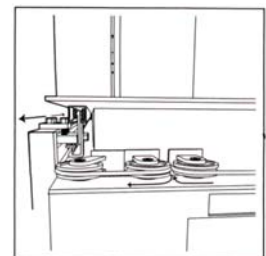
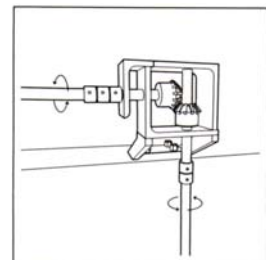
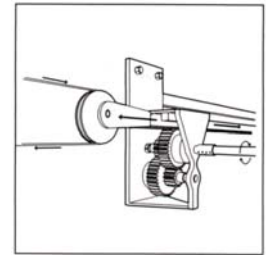
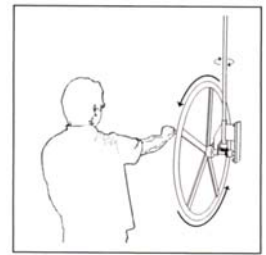


Abb. 1.1.5.12
ÖFFNUNGSMECHNISMUS

1.2 Bauen in heißen Regionen



Abb. 1.2.0.1
SEITE 000-000
NAGA MUSEUM
NAGA, SUDAN



Abb. 1.2.0.2
SEITE 000-000
SCHULERWEITERUNG
DANO, BURKINA FASO



Abb. 1.2.0.3
SEITE 000-000
HAUS ALONI
ANTIPAROS, GRIECHENLAND

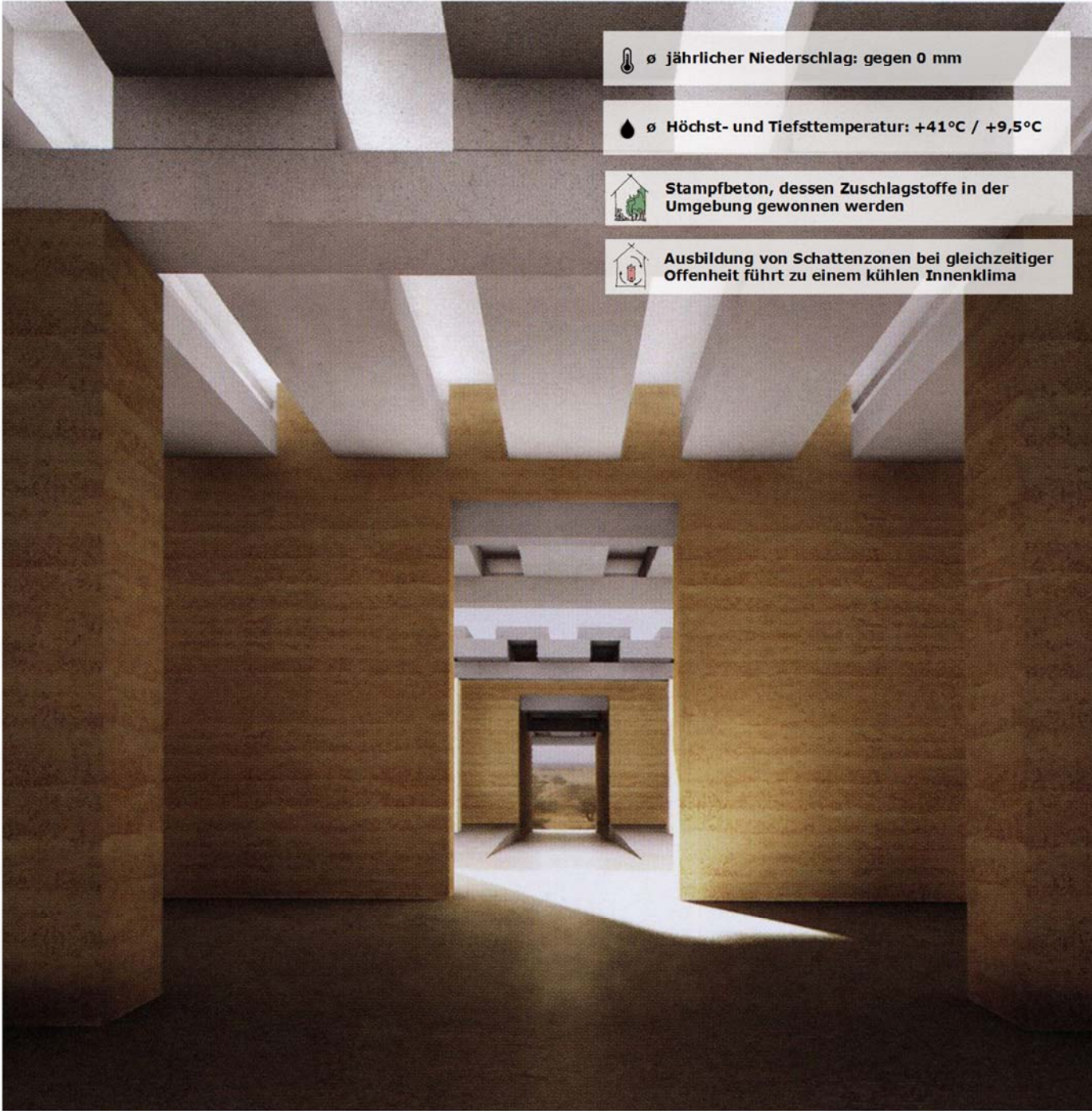


Abb. 1.2.0.4
SEITE 000-000
HOUSE RR
SÃO PAULO, BRASILIEN



Abb. 1.2.0.5
SEITE 000-000
SIMPSON-LEE HOUSE
NEW SOUTH WALES, AUSTRALIEN

1.2.1 MUSEUMS PROJEKT



☉ jährlicher Niederschlag: gegen 0 mm

☉ Höchst- und Tiefsttemperatur: +41°C / +9,5°C



Stampfbeton, dessen Zuschlagstoffe in der Umgebung gewonnen werden



Ausbildung von Schattenzonen bei gleichzeitiger Offenheit führt zu einem kühlen Innenklima

PROJEKTDATEN



Standort | Naga, Sudan

Architekt | David Chipperfield

Bauherr | Verein zur Förderung des
Ägyptischen Museums Berlin e.V.

Anzahl Geschosse | 1

Gebäuelänge | 80m

Gebäudebreite | 30m

Baubeginn | wegen Mangel an Sponsoren auf
unbestimmte Zeit verschoben

Abb. 1.2.1.2

**DAVID CHIPPERFIELD AUF DEM
ZUKÜNFTIGEN BAUPLATZ**

KLIMA | LAGE

Naga ist eine der größten Ausgrabungsstätten des Sudan. Sie liegt im Nord-Osten des Landes und wurde um 1822 von einem französischen Expeditionsteam entdeckt. Die Tagestemperaturschwankungen sind hier größer als über das Jahr hinweg, was als Kennzeichen der Tropischen Klimazone gilt. Allerdings gibt es im Sudan verschiedene Ausprägungen dieser Klimatis. Während es im Süden Regenzeiten gibt, bleibt die relative Luftfeuchte im Norden fast das ganze Jahr über bei lediglich 10% bis maximal 30%. Der Bauplatz des Museums ist daher von heißen und sehr trockenen Wetterbedingungen geprägt. Selbst im Winter liegen die Temperaturen nachts bei ca. +16°C und tagsüber bei +31°C.



Abb. 1.2.1.3
LAGEPLAN NAGA

Im Sommer steigen die Werte dann bis über die +40°C Marke. Zusätzlich kommt es im Sommer und Herbst häufig zu Sand- und Staubstürmen, wobei das feine Material durch die kleinsten Ritzen und Risse dringt.

KONZEPT

Nachdem 1958 eine Gruppe von Archäologen der Berliner Humboldt-Universität 500 Tempel (datiert ca. zwischen 300 vor und 300 nach Christus) in Naga dokumentieren konnte, begannen die Ausgrabungen der nubischen Stadt. Ab 1995 ist auch das Ägyptische Museum Berlin mit einem Team vertreten. Trotz des relativ kurzen Zeitraums dieser Beteiligung, sind die Funde derart zahlreich, dass sie vor Ort oft mehrere Monate gelagert werden müssen. Momentan sind sie dabei vor Sonne und Diebstahl fast ungeschützt. Aus diesem Grund entschied man sich eine Art kleines Museum zu errichten,

welches dem Schutz und der Präsentation der Objekte dienen soll. Die Ausgrabungsstätte ist zurzeit nur über Sandpfade zu erreichen. Dieser Umstand soll sich auch nach dem Bau des Museums nicht ändern, da die zukünftige Zielgruppe eher aus dort tätigen Wissenschaftlern oder kleineren Studentengruppen besteht, als aus Touristen. Ein weiterer Grund ist auch, dass große Eingriffe in die Natur verhindert werden sollen, um das sensible ökologische System nicht zu beeinträchtigen. Der Bauplatz selbst befindet sich auf einer kleinen Anhöhe in angemessenem Abstand vom Amun Tempel, einem der bekanntesten freigelegten Tempel.

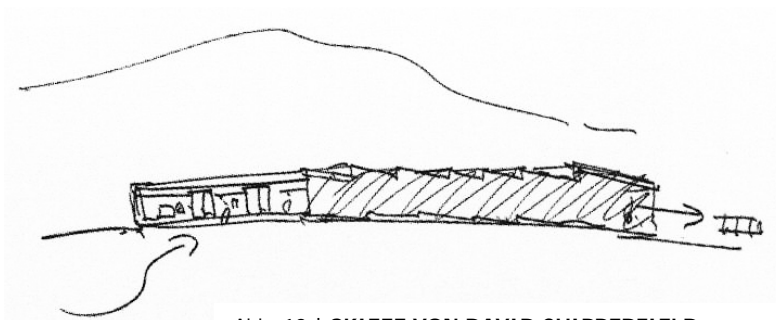


Abb. 10 | SKIZZE VON DAVID CHIPPERFIELD

Insgesamt handelt es sich um einen einzigen Baukörper mit einem abgestuften Dach. Dieser soll ähnlich wie die Tempelruinen Nagas eine markante Silhouette am Horizont ergeben und sich an der lokalen Bautradition orientieren. Die Nomaden der Gegend sollen sich mit dem Museumsprojekt identifizieren können und es nicht als Fremdkörper empfinden.

Das Innere besteht aus einer Abfolge von Räumen, beginnend mit einer Art Windfang. Von dort aus gelangt man in einen Innenhof und den Ausstellungsraum. Da der Fußboden als eine Art Rampe funktioniert, befindet sich die überdachte Terrasse am Ende des Gebäudes 1,40 m höher als der Windfang am Anfang. Aus diesem Grund wird man später aus dieser leicht erhabenen Position einen großzügigen Blick auf die Ruine der Tempelanlagen haben.



Abb. 1.2.1.4

WÜSTENDORF IM SUDAN



Abb. 1.2.1.5

MUSEUMSMODELL

SYSTEM

Das Projekt versucht sich in Bezug auf Materialien, Typologie und Bautechnik an lokalen Traditionen zu orientieren. Dies ist auch einer der Gründe warum komplett auf Glas verzichtet wurde. Die Außenwände werden aus Stampfbeton bestehen, dessen Zuschlagstoffe (Sand/Kies) in der nähen Umgebung gesammelt werden. Das Wasser wird direkt vom 40km entfernten Nil mit Tanklastwagen antransportiert, da die sehr geringen Wassermengen in den wenigen Brunnen den Nomaden mit ihren Viehherden vorbehalten sind. Während der Beton vor Ort angemischt und verarbeitet werden muss, handelt es sich bei den Dachelementen um bereits vorgefertigte Komponenten. Diese werden ähnlich wie bei der Mönch/Nonne-Dachziegeldeckung übereinander geschichtet. Dieses Museum wird keine Fenster haben, um die Ausgrabungsobjekte so wenig wie möglich der intensiven Sonneneinstrahlung auszusetzen. Die wenigen Öffnungen (Eingangsbereich, überdachte Terrasse, Innenhof) lassen stellenweise natürliches Licht zu. Allerdings ist deren Verbindung zu den Aufbewahrungsräumen immer durch Wandstücke eingengt, um zu verhindern, dass zu viel Sand in das Gebäudeinnere vordringt. Aus diesem Grund entstehen ausreichend Schattenzonen, die ein relativ angenehmes „kühles“ Klima im Museum ermöglichen.

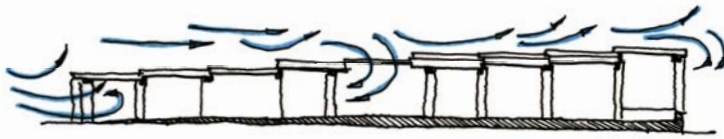


Abb. 1.2.1.7 | WIND - LÄNGSSCHNITT

FAZIT

Mit relativ einfachen konstruktiven Mitteln wird beim Naga-Museum auf die Klimabedingungen der Wüste eingegangen. Ohne Anschluss an das Wasser- oder Stromnetz, scheint in Zukunft ein angenehmes Arbeiten an der Ausgrabung und die adäquate Lagerung der Fundstücke möglich.



Abb. 1.2.1.6

RENDERING DES INNENHOFES

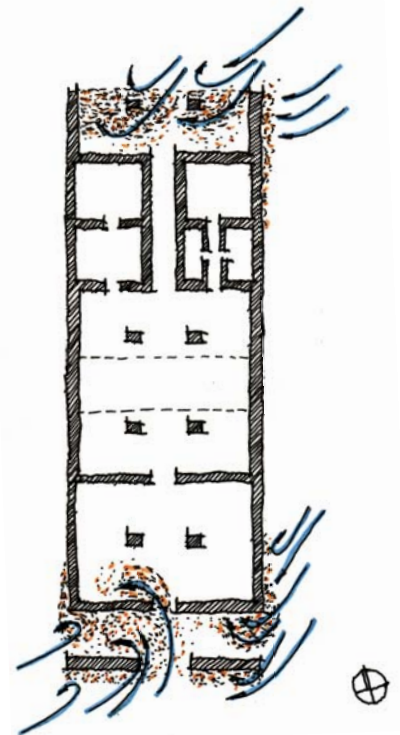


Abb. 1.2.1.8

WIND/SANDABLAGERUNG GRUNDRISS

Die Rücksichtnahme auf die alteingesessene Nomadenkultur ist neben der Funktionalität ein wichtiger Aspekt, um nicht als Eindringlinge, die dazu noch kulturelle Ausgrabungsstücke außer Landes bringen angesehen zu werden. Der Brückenschlag könnte hier, durch die Verwendung lokaler Baumaterialien und der Anlehnung an die traditionelle Architektur geschafft werden.

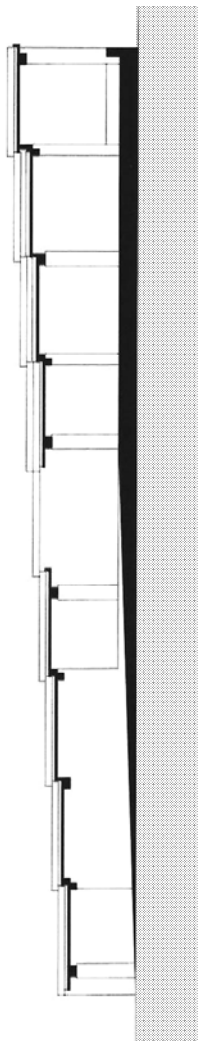


Abb. 1.2.1.9
LÄNGSSCHNITT

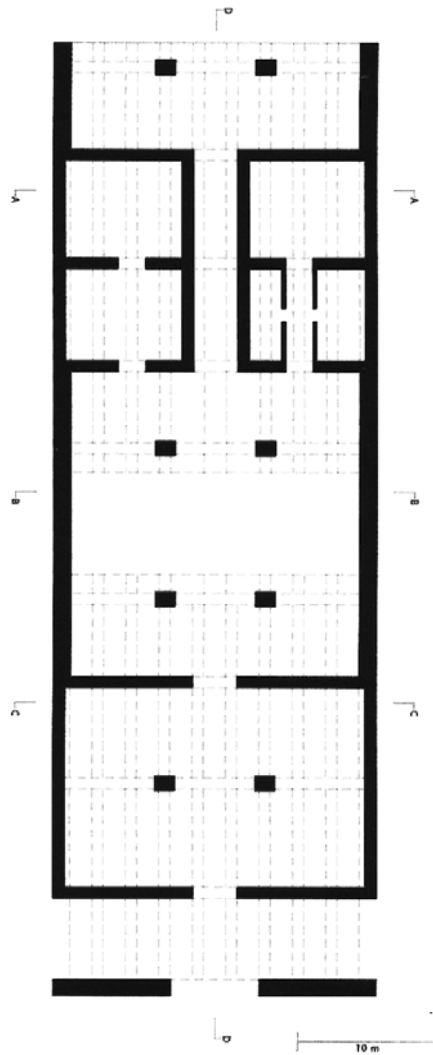


Abb. 1.2.1.10
GRUNDRISS

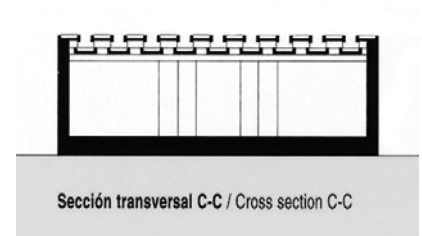
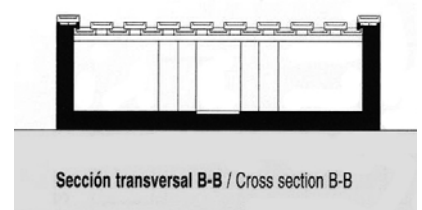
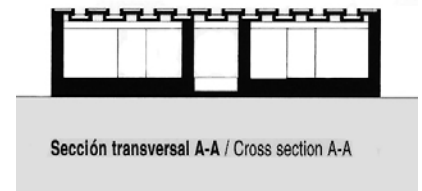


Abb. 1.2.1.11
QUERSCHNITTE

1.2.2 SCHULERWEITERUNG



☹️ ø Höchst- und Tiefsttemperatur: +47°C / +15°C

💧 ø jährlicher Niederschlag: 680 mm

🏠 Weit auskragende Dächer und Holzelemente im Fensterbereich bilden Schattenzonen

🏠 Ständige Durchlüftung im Dachbereich

🏠 Lateritziegel als thermale Masse

PROJEKTDATEN



Standort | Dano, Burkina Faso
Architekt | Diébédo Frances Kéré
Bauherr | Dreyer Foundation (Germany)
Innenraumfläche | 243 m²
Anzahl Geschosse | 1
Gebäudelänge | ca. 36 m (Süden)
ca. 18 m (Westen)
ca. 9 m (Norden/Osten)
Fertigstellung | 2007

Abb. 1.2.2.2

ANSICHT KLASSENRAUM

KLIMA | LAGE

Die Stadt Dano liegt in Burkina Faso, einem Staat in West Afrika. Mit 43.829 Einwohnern ist sie die Hauptstadt der Provinz Ioba. Burkina Faso zählt zu den ärmsten Ländern der Welt. Allerdings lebt hier eine Vielfalt an ethischen Gruppen (u. a. Islam, Christentum, Animismus) friedliche zusammen, wodurch im Gegensatz zu anderen afrikanischen Staaten eine gewisse Stabilität gewahrt bleibt.

Ähnlich wie beim vorhergegangenen Projekt im Sudan befindet sich Dano in der tropischen Klimazone und weist somit ganzjährig gleich bleibend hohe Plustemperaturen auf. Mittelwerte sind hier im Sommer +35°C und im Winter +19°C. Allerdings ist Dano genauer betrachtet Teil der so genannten tropischen Wechselzone. Charakteristisch hierfür ist der Wechsel von Trocken- und Regenzeit. Durchschnittlich dauert die Regenzeit ca. 4 Monate an und sorgt für ein heiß-feuchtes Klima. Die Kehrseite hierzu sind die Dürreperioden, die der vorwiegend bäuerlichen Bevölkerung stark zusetzen. Kennzeichnend sind für diese Monate im Jahr heiß-trockene Winde



Abb. 1.2.2.3

BURKINA FASO

aus der Sahara, die Sand und Staub mit sich bringen. Da Burkina Faso keinen Zugang zum Meer hat, ist die Wasserknappheit während dieser Dürren nur schwer zu kompensieren. In den letzten Jahren zeigen sich in Burkina Faso zusätzlich zu diesen sowieso schon schwierigen Wetterverhältnissen, die Folgen des Klimawandels. So wird der Kontrast zwischen Trocken- und Regenzeit immer extremer, stärker werdende Überschwemmungen und länger andauernde Trockenheit sind die Konsequenzen.

KONZEPT

Francies Kéré hat bereits 2004 für sein Heimatdorf Gando (Burkina Faso) ein Schulgebäude konzipiert, das trotz Werten bis zu $+47^{\circ}\text{C}$ ein angenehmes Lernklima bietet. Seine Philosophie ist es, die Einheimischen in den Bauprozess mit einzubeziehen. In einem Vortrag für die RIBA (Royal Institute of British Architects)⁸ macht er darauf aufmerksam, dass Architektur in seinem Land oft dadurch entsteht, dass gut funktionierende Nachbarhäuser nachgebaut werden. Aus diesem Grund setzt er bei vielen seiner Projekte in Afrika ausschließlich dort ansässige Menschen ein. Er möchte ihnen Möglichkeiten aufzeigen, mit denen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln neue ihrem Klima angepasste Strukturen zu schaffen. Im Fall der Grundschule für Gando bestanden sowohl Außenwände, als auch Fußböden aus Lehm, lediglich für die Dachkonstruktion und die Decken (Lehmziegel unterstützt mit Betonträgern) wurde Stahl und Beton verwendet. Die 2007 fertig gestellte Schulerweiterung in Dano ist Kérés zweites Schulprojekt. Drei Klassenräume bieten Platz für 150 Schüler. Zusätzlich ist ein Lehrerzimmer mit angeschlossenem Computerraum vorhanden, welches die Südfassade des L-förmigen Gebäudes bildet. Unterteilt in zwei Bereiche fassen sich an der Ostseite zwei Klassenräume in einem abgeschlossenen Teil zusammen, während sich der dritte Klassenraum dem Lehrerzimmer angliedert. Verbunden sind die beiden Gebäudeteile durch den



Abb. 1.2.2.4

SCHULE IN GANDO



Abb. 1.2.2.5

LÜFTUNGSSCHEMA QUERSCHNITT

⁸ www.gleeds.tv/index.cfm?video=713

offenen überdachten Pausenbereich, der das soziale Zentrum der Schule ist.

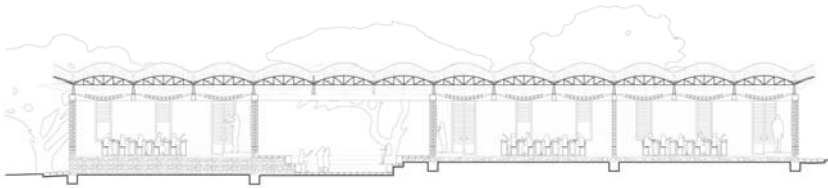


Abb. 1.2.2.6
SCHNITT A-A

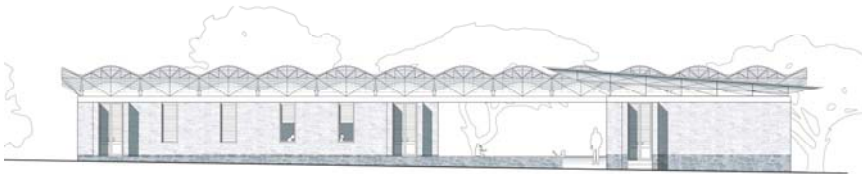


Abb. 1.2.2.7
NORDANSICHT

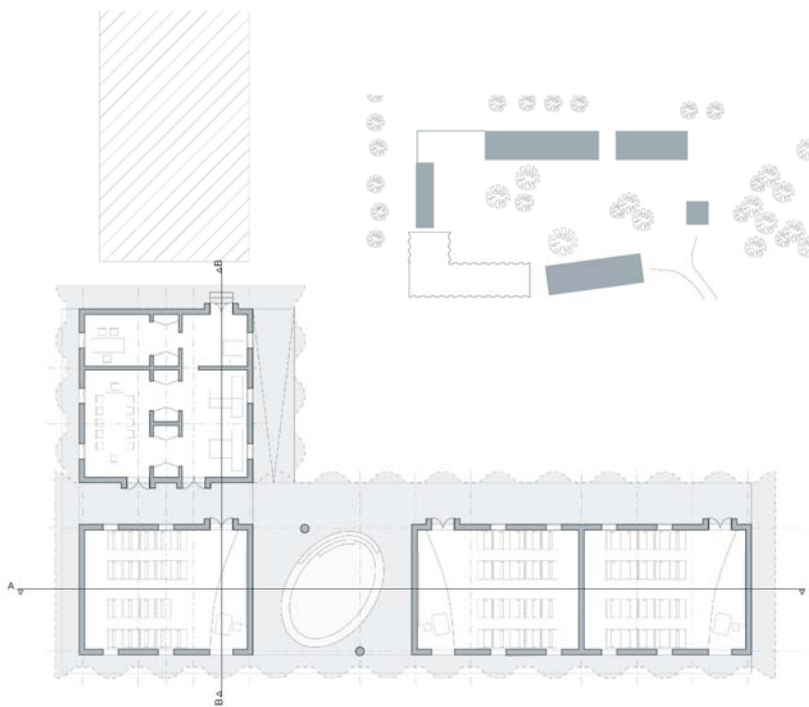


Abb. 1.2.2.8
LAGEPLAN

Abb. 1.2.2.9
GRUNDRISS

SYSTEM

Die Schule ist nach Osten/Westen ausgerichtet, um die Sonneneinstrahlung auf die Außenwände zu minimieren. Anders als in Gando ist das Material für diese ein Lateritziegel, der in der Gegend um Dano das übliche Baumaterial ist und für ausreichend thermale Speichermasse sorgt. Laterit entsteht bei der Verwitterung von oberen Gesteinsschichten. Die extrem heißen Temperaturen und die darauf folgenden starken Regenschauer machen den Stein porös, wodurch Mineralien herausgelöst werden. Aus diesem Verwitterungsmaterial entsteht eine oft nur wenige Meter dicke Schicht, die relativ leicht in Blöcken aus dem Boden gehauen werden kann. Die charakteristische rotbraune Farbe verdankt dieses Material den schwerlöslichen und daher nicht ausgespülten Eisenoxiden. Allerdings ist Laterit nicht wasserresistent und könnte in der Regenzeit Schaden nehmen. Aus diesem Grund wurde ein Granitsockel angelegt, der die Wandkonstruktion vor Wasserschäden schützt.

Ähnlich dem Projekt in Gando, bilden auch hier farbige Holzblenden den Sonnenschutz im Fensterbereich. Sie bestehen aus gekippten Holzlamellen, die in einem Rahmen zusammengefasst sind. Das komplette Element an sich ist mit einem Gelenk in der Mitte ausgestattet und kann daher noch oben aufgeschoben werden. So bietet sich Möglichkeit zu Lüften, ohne direkte Sonneneinstrahlung zulassen zu müssen.

Das Herzstück dieses Entwurfes ist jedoch das speziell ausgebildete Dach, welches eine natürliche Be- und Entlüftung ermöglicht. Es besteht aus Wellblech, das zusätzlich zu dieser Profilierung noch einmal in größerem Maßstab gewölbt ist und zur Ost-/Südfassade hin abfällt. Auf diese Weise kann Wasser auch in der Regenzeit einfach vom Dach zu den Randbereichen des Schulkomplexes abgeleitet werden. Zu allen Seiten weit auskragend spendet es Schatten für die Außenbereiche und den komplett überdachten Pausenhof. Die Dachhaut an sich ist durch ein filigranes Traggerüst aus Metallrohren so vom Gebäudekörper abgehoben, dass ein ca. 50 cm großer Lüftungsschlitz rings um die Schule entsteht, durch den ständig Frischluft nachströmen kann.



Abb. 1.2.2.10

TRANSPORT LATERITZIEGEL



Abb. 1.2.2.11

SONNENSCHUTZ FENSTER

Diébédo Frances Kéré, der in seiner Kindheit eine Schule in Grando besucht hat, erinnert sich in seinem Vortrag für die RIBA an das Metalldach seiner Schule. Es handelte sich um ein Gebäude mit einer relativ geringen Raumhöhe. Mit ausgestreckten Armen konnte auch von den Schülern das Dach leicht berührt werden. Bei Temperaturen über 40°C hat sich dieses so stark aufgeheizt, dass er sich daran oft die Hand verbrannt hat. Aber auch für das Innenklima war diese Hitze nicht von Vorteil. Auf Grund dieser Erfahrung setzt Kéré in Dano Leinentücher zum Abhängen unter der Decke ein. Locker befestigt bilden sie mit dem Dach einen Luftpolster aus. Die nach oben steigende warme Abluft sammelt sich dort, wo sie nach außen abgeführt wird und hat somit keinen direkten Kontakt mehr mit dem Klassenraum.



Abb. 1.2.2.12
KLASSENZIMMER

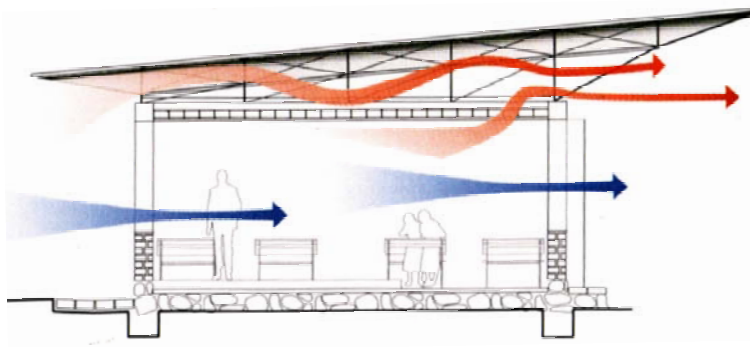


Abb. 1.2.2.13
LÜFTUNGSSCHEMA QUERSCHNITT

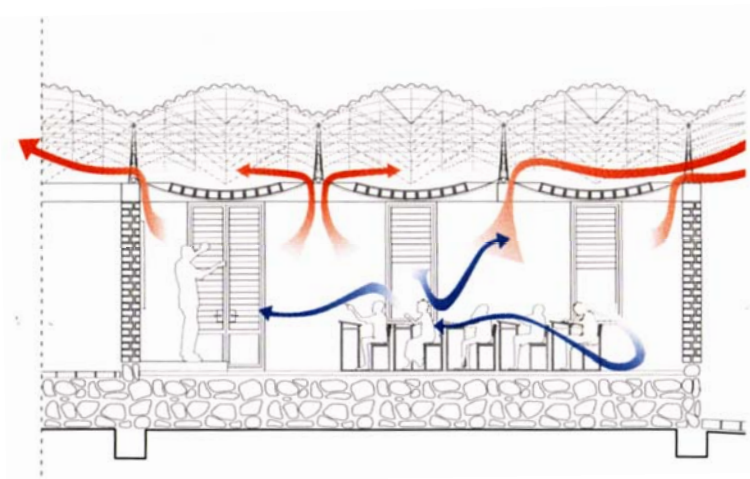


Abb. 1.2.2.14
LÜFTUNGSSCHEMA LÄNGSSCHNITT

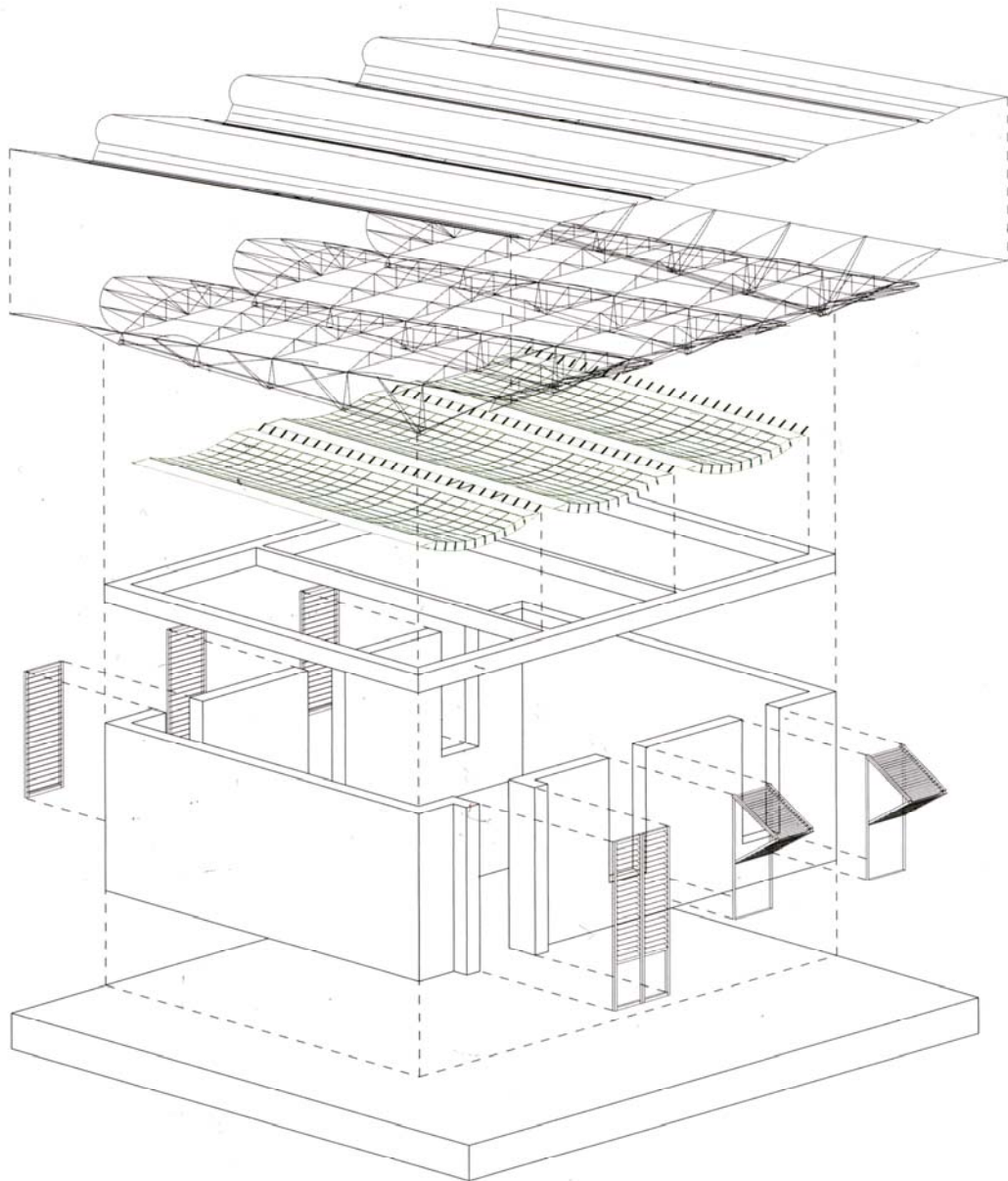


Abb. 1.2.2.15
**AXONOMETRIE DER
STRUKTURELEMENTE**

FAZIT

Es handelt sich hier um ein nachhaltiges Projekt, nicht nur im Sinn von Material/Energie, sondern auch in Bezug auf die soziale Gemeinschaft. Die Menschen bekommen Anregungen wie sie selbst, ohne die Hilfe von ausländischen Organisationen Architektur passend zu ihrem Klima und den daraus folgenden Bedürfnissen schaffen können. Dass dieses System aufgeht sieht man an den von Kéré 2002 in Gando errichteten Lehrerwohnungen. Als „Kühlschrank“ werden diese von der lokalen Bevölkerung bezeichnet und was das wichtigste ist nachgebaut. So berichtet Kéré, dass er bereits ein Jahr später ein Privathaus mit derselben Konstruktion in der Nähe von Gando entdeckt hat.



Abb. 1.2.2.16 | **LEHRERUNTERKUNFT, GANDO**
ZIEGEL, DIE MIT AUSSPARUNGE ÜBER
EINANDER GESCHICHTET WURDEN BILDEN
DIE HAUPTFASSADE. MIT EINFACHEN
MITTELN WURDE AUF DIESE WEISE
DURCHLÜFTUNG, SONNENSCHUTZ UND
BELICHTUNG GEWÄHRLEISTET.



Abb. 1.2.2.17 | **LEHRERUNTERKUNFT**



Abb. 1.2.2.18 | **INNENANSICHT**
LÜFTUNGSSCHLITZ IM
DACHBEREICH

1.2.3 HAUS ALONI



☐ Höchst- und Tiefsttemperatur: +33°C / +15°C

☐ jährlicher Niederschlag: 380 mm



Das begrünte Dach dient als Schutz vor Überhitzung. Korrosion



Teilweise unterirdische Lage der Innenräume dient als natürliche Dämmschicht



Naturstein

PROJEKTDATEN



Standort | Antiparos, Griechenland

Architekt | Deca Architecture

Bauherr | Oliaros AE

Innenraumfläche | 237 m²

Anzahl Geschosse | 1

Gebäudelänge | 30 m

Gebäudebreite | 12 m

Baubeginn | 2005

Fertigstellung | 2008

Abb. 1.2.3.2

AUSSICHT TERRASSENBEREICH

KLIMA | LAGE

Antiparos ist eine der kleinsten Inseln der Kykladen, einer Inselgruppe im Osten Griechenlands. Sie ist lediglich 35 km² groß und hat ca. 700 Einwohner. Aufgrund der geringen Fläche stützt sich die Wirtschaft hier auf den Tourismus, während Landwirtschaft sich nur in sehr kleinem und eher privatem Rahmen abspielt. Der einzige Ort ist nach der Insel selbst Antiparos benannt und ist über Paros (eine der Hauptinseln) durch eine Fähre mit dem Festland verbunden. Antiparos ist eine Insel aus Vulkangestein. Ihre Oberfläche ist eher flach ausgeformt. Die vereinzelt Hängel übersteigen nur knapp die 300m Marke. Der höchste ist St. Elias mit 308 m. Diese Oberflächenkontur beschleunigt vor allem im Sommer die Errosion des trockenen Bodens, da Winde/Stürme ungehindert über die Insel fegen können.

Das auf Antiparos vorherrschende Klima gehört bereits der subtropischen Zone an, genauer betrachtet dem Winterregenklima der Westseite, das als Mittelmeerklima bezeichnet werden kann. Im Gegensatz zum subtropischen Klima der Ostseite, bei dem die Niederschläge ganzjährig hoch sind, kommt es hier zu einem Niederschlagsmaximum im Winter. Aus diesem Grund wechseln sich auf Antiparos ein arider⁹ Sommer und ein humider Winter mit einander ab.

Die Temperaturen können als warmgemäßigt bezeichnet werden, da sie über das Jahr hinweg keinen großen Schwankungen ausgesetzt sind und nur selten Extremwerte erreichen. Der winterliche Durchschnitt liegt bei ca. 15°C und im Sommer ist ein Wert um die 30°C normal.

Die Vegetation ist auf der ganzen Insel niedrig und eher buschartig. Pflanzen mit dicken Blättern, wie zum Beispiel die Phrygana herrschen vor, da sie das im Winter gespeicherte Wasser im ariden Sommer vor Austrocknen schützt.



Abb. 1.2.3.3 | UMGEBUNG DES HAUS

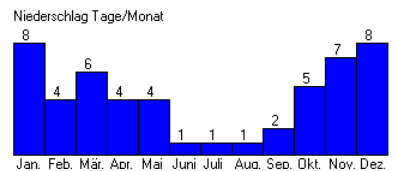
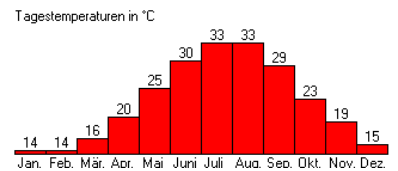


Abb. 1.2.3.5 (oben)

Ø TAGESTEMPERATUR

Abb. 1.2.3.4 (unten)

NIEDERSCHLAGSTAGE IM MONAT

⁹ Arid: Die Verdunstung ist höher als die Niederschlagsmenge. Trockenes Klima
 Humid: Die Niederschlagsmenge übersteigt die Verdunstung. Feuchtes Klima

KONZEPT

Das Haus Aloni wurde 2005 von der Baufirma Oliaros im Rahmen des „Antiparos Design Properties“ Projektes in Auftrag gegeben. Alle dieser Initiative angehören Gebäude müssen bestimmten Richtlinien folgen. So sind traditionelle Kykladische Architektur, Harmonie mit der Topographie und eine möglichst geringe Belastung der regionalen Natur Schwerpunkte. Es sind bereits 24 Objekte entstanden, wobei das Haus Aloni, welches 2009 den Piranesi Award¹⁰ erhalten hat, das bekannteste ist.

In der Vergangenheit wurden vor allem an den Hängen der Hügel zahlreiche Natursteinmauern errichtet, die den fruchtbaren Boden vor Abtragung durch die häufigen Winde schützen sollten. Die so entstandenen Terrassen prägen noch heute die Landschaft aller Kykladen Inseln. Genau diese Struktur versuchen die Architekten des Aloni Hauses zu übernehmen und mit Elementen der modernen Architektur zu koppeln.

Das Projekt befindet sich in einer Senke zwischen zwei Hügeln und bildet eine Art Brück zwischen diesen. Das grüne Dach bietet die Möglichkeit, die natürliche Vegetation über das Haus hinwegzuführen. Lediglich vier Innenhöfe bilden Unterbrechungen, um die abgesenkten Wohnräume mit ausreichend Licht zu versorgen. Entlang der Ost/Westachse fällt der Hang auf dem das Haus Aloni errichtet wurde Richtung Meer (Osten) ab und öffnet die Aussicht auf das Wasser.



Abb. 1.2.3.6

TOPOGRAPHI VON ANTI PAROS



Abb. 1.2.3.7

LICHTSCHÄCHTE IM GRÜNDACH



Abb. 1.2.3.8 | LAGEPLAN

¹⁰ Während der Piran Days Of Architecture in Piran, Slovenien wird jährlich Ende November der Piranesi Award an besonders innovative Architekten aus Mitteleuropa vergeben wird.

Im Inneren befinden sich vier Schlafräume, die um einen gossen Wohnraum herum angeordnet sind. Von diesem Wohnbereich gehen die zwei jeweils nach Osten und Westen ausgerichteten Terrassen ab, wobei sich auf der Südseite für den Eingang zusätzlich eine nach außen geöffnete Zone befindet. An dieser Stelle wirkt es fast so, als ob der Hügel in das Haus fließt, um den Eindruck auch von Innen erfahrbar zu machen, dass dieser Entwurf eins mit seiner Umgebung wird.

SYSTEM

Das Haus Aloni greift das schon seit vielen Jahrhunderten bekannte Thema des Erdhauses wieder auf, das sich von den bewohnten Höhlen aus den Anfängen der Menschheit herleitet. Allerdings befindet sich dieses Gebäude nur scheinbar unter der Erde, da es sich in einer Senke befindet. Dennoch können einige Vorteile des Erdhaussystems durch diese Gegebenheit umgesetzt werden.

Ein Aspekt ist hier das Gründach, welches typisch für Erdhäuser ist. Einerseits bietet es Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung, da es sich durch die Bepflanzung nicht sehr erwärmt. Andererseits verhindert die für die Begrünung notwendige Erdschicht auch das Auskühlen im Winter. Im Fall Antiparos ist die Kälte allerdings kein dringliches Thema, vielmehr der Regen im Winter ist nicht selten problematisch. Die durch die trockenen Sommermonate ausgedörrte tonartige Erde, nimmt nur langsam Wasser auf und es besteht die Gefahr, dass sich nicht versickerndes Regenwasser in der Senke des Hauses sammelt. Die Büsche auf dem Dach und an den Terrassen verhindern dies, da sie die Erde durch ihre Wurzeln auflockern und Flüssigkeit aufsaugen.

Die karge niedrige Vegetation auf Antiparos begünstigt im ariden Sommer die Erosion der Erde und jeglicher Materialien im Außenbereich der dortigen Bebauung. Das Dach ist somit durch die Bepflanzung geschützt, die Außenwände an der West- und Ostseite allerdings liegen frei. Hier kommt den Natursteinwänden die Senkenlage zu Gute, die diese vor trockenen Winden schützt.



Abb. 1.2.3.9
WESTTERRASSE



Abb. 1.2.3.10
DACHAUFSICHT

Zwischen zwei Hügeln, mit einem langen Dach überdeckt und durch zwei dicke Außenwände an den offenen Seiten abgeschottet, scheinen die Wohnräume fast wie bei einem Erdhaus unter der Erde zu liegen. Aus diesem Grund kann die reichlich vorhandene thermische Masse über den Tag hinweg viel Hitze speichern, während die Innenräume angenehm kühl bleiben. Da der Unterschied zwischen Tag- und Nachttemperaturen beim subtropischen Klima der Ostseite ausreichend hoch ist, kann die gespeicherte Wärme in diesem Zeitraum problemlos abgeführt werden.

FAZIT

Auch wenn es sich hier um kein „echtes“ Erdhaus handelt, wurde versucht, die Eigenschaften dieses Systems für einen modernen Entwurf mit lichten Räumen zu adaptieren. Es ist ein Haus entstanden, das nicht nur für das warme Klima auf Antiparos geeignet ist. Theoretisch könnte dieses Gebäude auch in viel kühleren Gegenden stehen.

Die gestalterisch strengen Anforderungen der „Antiparos Design Properties“ – Maßnahme, konnten trotz der für Griechenland nicht traditionellen äußeren Form eingehalten werden. Der Grund hierfür ist, dass es sich nicht als Haussilhouette auf den Hügelkuppen präsentiert, sondern eher als Teil der für die Landwirtschaft wichtigen Stützmauern empfunden wird. Dennoch war Symmetrie ein wichtiges Thema, die sich in der griechischen Architektur immer wieder findet. Die Anordnung der Wohnräume und der Gebäudekörper an sich folgen diesem Prinzip.



Abb. 1.2.3.11
WOHNBEREICH



Abb. 1.2.3.12
AUSSENANSICHT, WESTEN

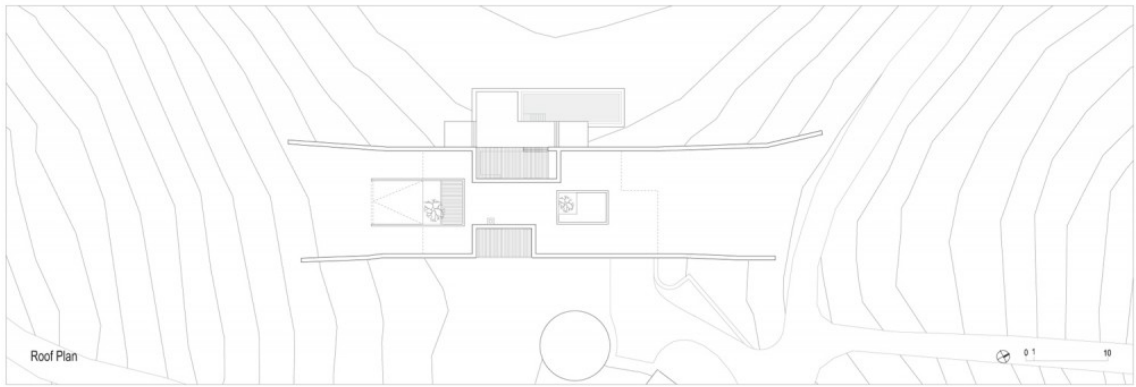


Abb. 1.2.3.13 | **DACHAUFSICHT**

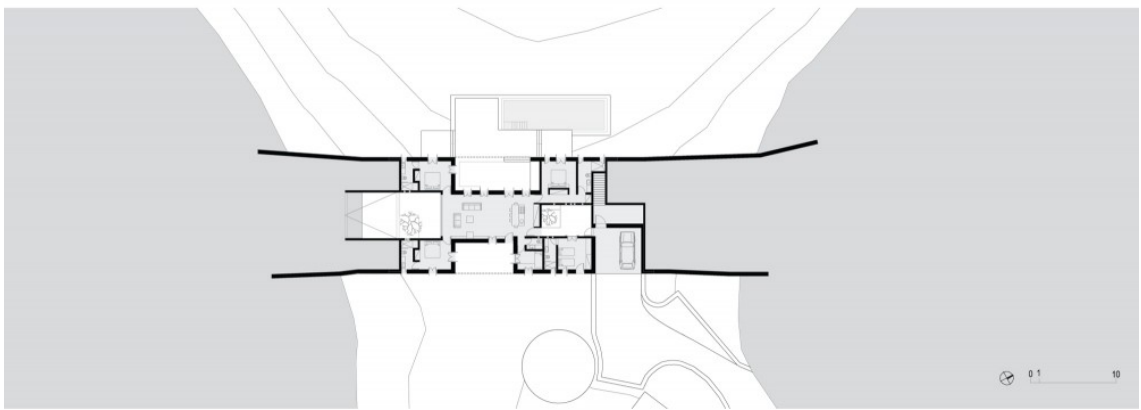


Abb. 1.2.3.14 | **GRUNDRISS**



Abb. 1.2.3.15 | **WESTANSICHT**

1.2.4 HOUSE RR



🌡️ ø Höchst- und Tiefsttemperatur: +23°C / +16°C

💧 ø jährlicher Niederschlag: 1458 mm



Vorfertigung der Innenwände und Fassadenpaneele



Mehrer Fassadenschichten mit unterschiedlicher Licht- und Luftdurchlässigkeit



Holz für Innenausbau und Tragsystem

PROJEKTDATEN



Standort | São Paulo, Brasilien
Architekt | Andrade Morretin
Bauherr | Privat (anonym)
Wohnraumfläche | 220 m²
Anzahl Geschosse | 2
Gebäuelänge | 18 m
Gebäudebreite | 9 m
Baubeginn | 2006
Fertigstellung | 2007

Abb. 1.2.4.2

WOHNZIMMEREBEREICH

KLIMA | LAGE

Brasilien erstreckt sich von Norden nach Süden über den 5. bis zum 33. Breitengrad und ist mit einer Fläche von über 8.000.000 km² eines der fünf größten Länder der Erde. Drei Klimazonen unterteilen Brasilien in den tropischen Norden, die subtropische Mitte und den durch warm gemäßigtes Klima geprägten Süden. Brasilien liegt auf der südlichen Erdhalbkugel. Aus diesem Grund gelten die Monate von Dezember bis März als Sommer, während von Juni bis September Winter ist.

Ubatuba, eine Stadt mit ca. 70.000 Einwohnern ist Teil des Bundesstaates São Paulo. Sie befindet sich an der Südost-Küste Brasiliens und ist für ihre 72 Strände bekannt. Das Haus RR hat nur wenige Meter Abstand vom Strand Itamambuca, 15 km entfernt von der Altstadt Ubatubas. Trotz der eher südlichen Lage, zählt das Klima São Paulos, auch wegen der Nähe zur Küste noch zur subtropischen Zone. Es handelt sich hier im speziellen um das subtropische



Abb. 1.2.4.3

LAGE DES BUNDESSTAATES SÃO PAULO IN BRASILIEN

Ostseitenklima¹¹. Typisch für diese Ausprägung sind die ganzjährigen Niederschläge, die im Winter ihr Maximum erreichen und für ein durchgehend humides Klima sorgen.

Die Temperaturen schwanken über das Jahr hinweg nur gering, dennoch können Sommer (ø 20°C) und Winter (ø 17°C) klar von einander unterschieden werden.

Das heiß-feuchte Wetter schafft optimale Bedingungen für die hier sehr artenreiche Flora und Fauna. Die kleine Siedlung am Strand Itamambuca zu der das House RR gehört, ist bis auf eine größere Straße und kleinere private Zufahrten völlig von regenwaldartiger Vegetation durchzogen. Diese schirmt das Gebäude zwar in gewissem Grad von der starken Sonneneinstrahlung und den häufigen Regenfällen ab, dient allerdings auch vielen Insektenarten als Lebensraum, die oft zur Belastung für die Anwohner werden.

KONZEPT

Aus den klimatischen Bedingungen ergeben sich zwei, auf den ersten Blick gegensätzlich erscheinende Ansätze. Ein wichtiger Punkt ist die natürliche Durchlüftung aller Räume, um zu gewährleisten, dass die hier sehr feuchte und warme Luft in genügendem Ausmaß abgeführt werden kann. Andernfalls sind Schimmel, Holzfäule und Korrosion der metallischen Elemente die Folge. Eine leichte, offene Struktur wäre hier der logische Schluss, allerdings stehen diesem regelmäßiger Platzregen, intensive Sonneneinstrahlung und die Vielzahl an Insekten gegenüber.

Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden wählten die Architekten für das zweistöckige Ferienhaus eine Art „box within a box“¹² System. Die äußere, lichte Hülle fungiert hierbei als Insekten- und Regenschutz. Bei Bedarf kann diese Schicht komplett geöffnet werden und bildet durch den 3 m Abstand einen großzügigen Freiraum. Auf diese Weise wird die natürliche Durchlüftung beider

¹¹ vgl. Winterregenklimate der Insel Antiparos, Seite 76, Haus Aloni

¹² Alter, Llyod: RR House by Andrade, Morettin Arquitetos, www.treehugger.com, 13.02.2008, Toronto, USA

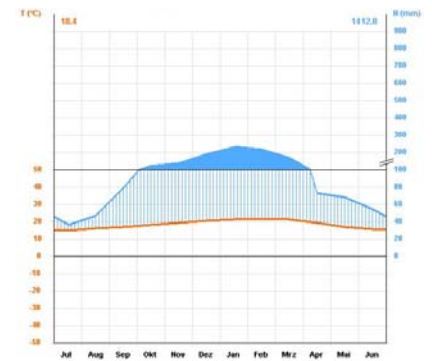


Abb. 1.2.4.4

KLIMADIAGRAMM VON SÃO PAULO



Abb. 1.2.4.5

SÜDOST AUSSICHT

Geschosse ermöglicht. In diesen Arkaden befindet sich auch das Treppenhaus, welches die innere Box erschließt. Das Erdgeschoss beherbergt den Wohnbereich mit Küche, während sich die privaten Räume im oberen Stockwerk befinden. Ausgestattet mit verschiedenen Holzelementen, kann dieser massivere Bereich des Hauses zum größten Teil gegen direkte Sonneneinstrahlung abgeschottet werden.

SYSTEM

In warmem, humidem Klima ist es essenziell die thermale Masse des Baukörpers so gering wie möglich zu halten. Anders als in warm-ariden Wetterzonen, sind hier die Temperaturunterschiede zwischen Nacht und Tag nicht ausreichend, um diese Masse als Wärmespeicher zu nutzen, der über Nacht wieder auskühlen kann. Aus diesem Grund wurde für das Haus RR als Tragkonstruktion ein Holzskelett gewählt und somit die thermale Masse auf ein Minimum reduziert. Die Verbindungspunkte sind mit Nagelblechen ausgeführt, die aus galvanisiertem¹³ Stahl bestehen, um diese vor der feucht-heißen Luft zu schützen.

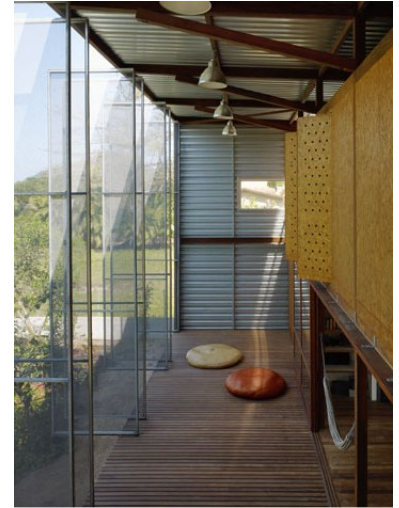


Abb. 1.2.4.6

ARKADEN AN DER SÜDOSTFRONT

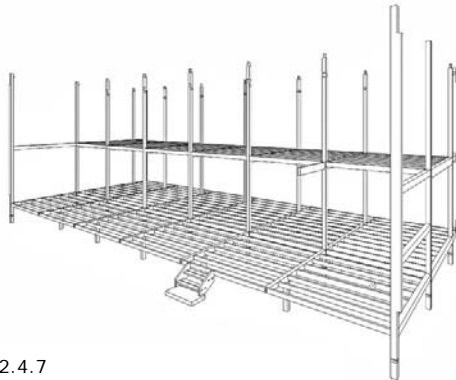


Abb. 1.2.4.7

TRAGKONSTRUKTION

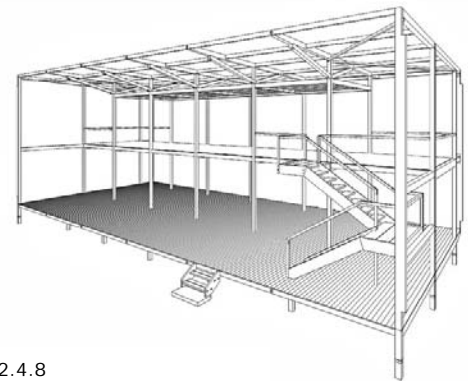


Abb. 1.2.4.8

TRAGKONSTRUKTION

¹³ In einem Elektrochemischen Prozess wird Stahl mit einer dünnen Metallschicht überzogen. Es handelt sich hierbei in den meisten Fällen um Zink oder Kupfer. Dies dient unter anderem als Korrosionsschutz.

Das flache Dach ($b = 8 \text{ m}$, $l = 18 \text{ m}$) und die kurze Nordost- und Südwestseite ($h=6\text{m}$, $b=8\text{m}$) des länglichen Baukörpers sind mit reflektierenden Stahlprofilpaneelen verkleidet, deren Kern eine EPS Dämmung bildet. Somit ist die, hier direkt mit der Fassade verbundene Kernbox vor Regen und exzessiver Sonnenstrahlung geschützt.

Die Hauptfassaden an den Längsseiten sind hingegen von der inneren Struktur abgesetzt. Die Außenhaut bilden hier horizontal um ihre Mittelachse drehbare Elemente ($h = 6 \text{ m}$, $b = 1 \text{ m}$). Es handelt sich hierbei um in Stahlrahmen gefasste, durchsichtige Glasfasergewebe, die zusätzlich mit PVC beschichtet sind. Dieser Werkstoff zeichnet sich durch seine Hitze- und Formbeständigkeit, sowie durch seine Sonnenschutzigenschaften (ultraviolettes Licht wird gefiltert) aus. Auf diese Weise können die an der Küste stark vertretenen Mosquitos abgehalten werden, aber dennoch bleibt die Fassade luftdurchlässig. Der Wohnbereich ist in beiden Etagen mit Holzböden ausgestattet und kann im oben gelegenen Privatbereich, bzw. den Randzonen des Erdgeschosses mit OSB-Platten komplett verschlossen werden. Einige sind fest verbaute Elemente, während an verschiedenen Stellen bodentiefe Drehflügel die innere Fassade bilden.



Abb. 1.2.4.9

FREIRAUM ZWISCHEN DEN BEIDEN FASSADEN



Abb. 1.2.4.10 | LÄNGSSCHNITT MIT GESCHLOSSENEN OSB-ELEMENTEN

FAZIT

Das Trockenbausystem des Hauses RR bietet die Möglichkeit für einen hohen Grad an Vorfertigung. So konnte es innerhalb von sechs Monaten energie-, ressourcen- (inklusive Verpackungsmaterialien) und zeiteffizient errichtet werden. Lediglich die Ortbetonstützen, die das Gebäude 75 cm vom feuchten Boden abheben wurden direkt am Bauplatz ausgeführt.

Die zwei Fassadenschichten mit unterschiedlicher Luft- und Lichtdurchlässigkeit erlauben es den Bewohnern sich täglich individuell an die Wetterbedingungen anzupassen. Es wurde mit einfachen Materialien gearbeitet, die in Hinblick auf Langlebigkeit relativ einfach erneuert werden können.

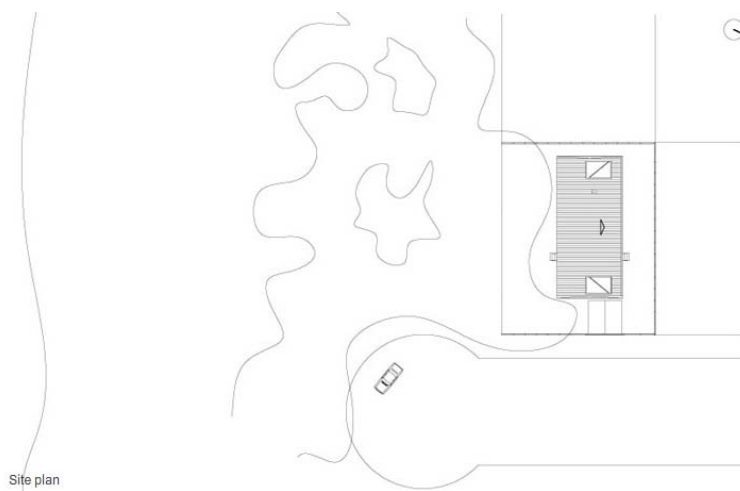
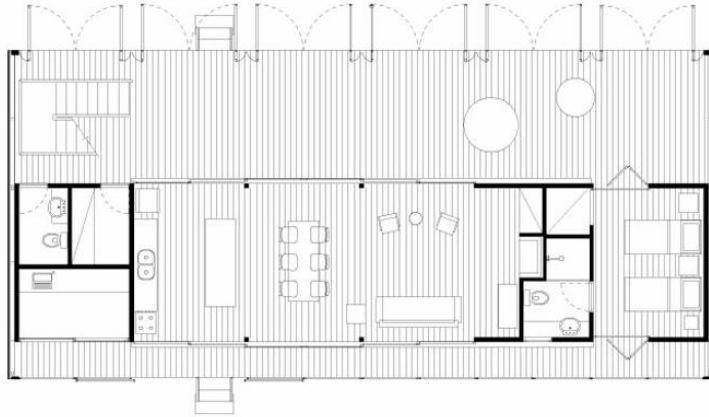


Abb. 1.2.4.11
**SATELLITENBILD
STRAND ITAMAMBUCA**

Abb. 1.2.4.12
LAGEPLAN

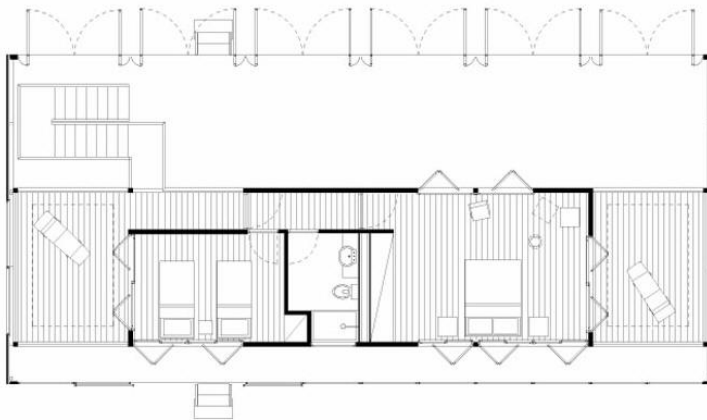


Abb. 1.2.4.13
QUERSCHNITT



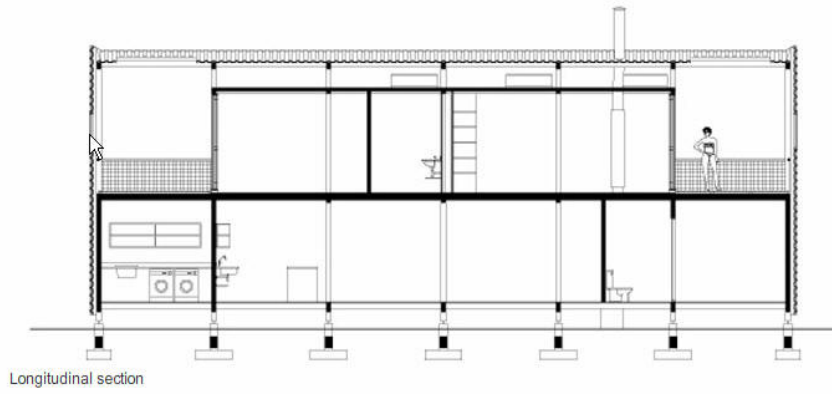
Ground floor

Abb. 1.2.4.14
GRUNDRISS ERDGESCHOSS



Upper floor

Abb. 1.2.4.15
GRUNDRISS OBERGESCHOSS



Longitudinal section

Abb. 1.2.4.16
LÄNGSSCHNITT

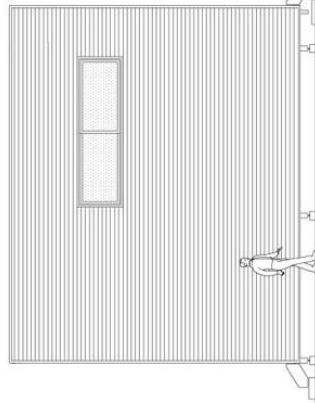


Abb. 1.2.4.17
NORDOST ANSICHT

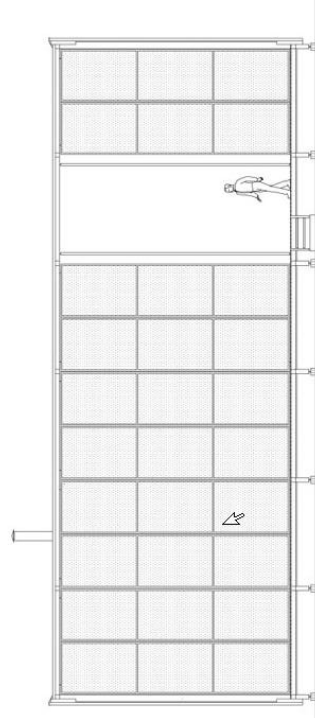


Abb. 1.2.4.18
SÜDWEST ANSICHT

1.2.5 SIMPSON-LEE HOUSE



🌡️ ø Höchst- und Tiefsttemperatur: +23°C / +0°C

💧 ø jährlicher Niederschlag: 280 mm

🏠 Lage im Wind-, Schatten einer natürlichen Anhöhe, Mauerwerk als thermale Masse

🏠 Mauerwerk als thermale Masse

🏠 Regenwasserspeicher

PROJEKTDATEN



Standort | Mount Wilson, NSW, Australien
Architekt | Glenn Murcutt
Bauherr | Geelum and Sheila Simpson-Lee
Wohnraumfläche | ca. 185 m²
Anzahl Geschosse | 1
Gebäuelänge | 60 m
Gebäudebreite | 6,5 m
Baubeginn | 1991
Fertigstellung | 1994

Abb. 1.2.5.2

OSTFASSADE GESCHLOSSEN

Mount Wilson ist Teil der Blue Mountains im Osten Australiens. Seit dem Dezember 2000 zählen diese zum UNESCO-Weltnaturerbe. Grund hierfür sind in erster Linie die Eukalyptuswälder, deren ätherische Öle sich bei warmer Luft verflüchtigen. Es entsteht eine Nebelschicht, welche die Sonnenstrahlen so filtert, dass die Landschaft in blauem Licht erscheint. Aus diesem Phänomen¹⁴ leitet sich auch der Name Blue Mountains ab.

Generell handelt es sich bei den Blue Mountains um ein Sandsteingebirge, aber im Bereich des Mount Wilson bildet fruchtbares Vulkangestein die Grundlage. Dazu kommt das gemäßigte

¹⁴ Rayleigh-Streuung, benannt nach J.W. Strutt (dritter Baron Rayleigh). Bezeichnet wird hier unter anderem die Streuung von Licht an kleinen Molekülen.

Klima, bei dem im Winter (Mai-August) selten Temperaturen unter 5°C gemessen werden. Dies sind fast optimale Bedingungen für die vielen exotischen Gärten, die im Gebiet des Mount Wilson angelegt wurden und als beliebtes Reiseziel für Touristen gelten.

Im warmen trockenen Sommer ist allerdings nicht zuletzt auch auf Grund der Eukalyptusbäume die Waldbrandgefahr relativ hoch. Diese Bäume gehören zu den Phytozyten¹⁵, deren Ölausdünstungen Schwelbrände begünstigen, um für ihre Samen durch die somit entstehende Asche fruchtbaren Boden zu schaffen. Bei Temperaturen bis zu 40°C und warmen Westwinden, werden Brände oft zusätzlich angefacht und sind durch die bergige Topographie schwer einzudämmen.



Abb. 1.2.5.3

**NEU AUSTREIBENDE
EUKALYPTUSBÄUME NACH EINEM
WALDBRAND**

KONZEPT

1989 wird Glenn Murcutt von einem älteren Ehepaar beauftragt deren Rentenresidenz in den Blue Mountains zu planen. Ihr Grundstück liegt ca. 150 km nord-westlich von Sydney am Mount Wilson. Abgelegen von jeglichen Straßen, ist der drei Hektar große Grund nur an das Stromnetz angeschlossen, jedoch nicht an die lokale Wasserversorgung. Dennoch ist es genau diese Abgeschlossenheit und Nähe zur Natur, die sich die Kunden wünschen. In enger Zusammenarbeit zwischen Glenn Murcutt und dem Ehepaar entstand innerhalb von sechs Jahren das Simpson-Lee House.

Die erste Schwierigkeit bestand darin den eigentlich Standort für das Gebäude auf dem Grundstück festzulegen. Wichtig war hierbei unter anderem, die von der UNESCO geschützte Natur so wenig wie möglich zu belasten. Die Wahl fiel auf eine Lichtung am Fuße eines Felsen, weswegen für den Bau keine Bäume gefällt werden mussten. Zusätzlich bietet der Berg dem Haus Schutz vor den im Sommer heißen und im Winter kühlen West-/Südwestwinden. Während sich die Rückseite nach Westen orientiert, öffnet sich die Hauptfassade in Richtung Osten dem Tal und bietet eine weit reichende Aussicht über

¹⁵ Ökologischer Begriff für Pflanzen, die von Feuer profitieren. Feuerliebhaber

die umliegende Natur. Der Entwurf besteht aus zwei Gebäudeteilen, die durch ein Wasserbecken getrennt sind. Im Norden befindet sich der überdachte Eingangsbereich direkt neben dem Atelier. Danach gelangt man auf einem Steg wieder ins Freie, vorbei am Bassin, bevor der zweite überdachte Eingang zum Wohnhaus erreicht wird. Hier befinden sich zwei Schlaf- und Badezimmer, die links und rechts den Wohnraum begrenzen. Die Küche ist in diesem offenen Raum an der Westseite angeordnet, um die Aussicht nach Osten über das Tal nicht zu stören. Aus diesem Grund besteht die Fassade in diesem Bereich aus raumhohen Glasschiebefenstern, die bei Bedarf komplett geöffnet werden können und das gesamte Wohnzimmer zu einer Art Terrasse werden lassen. Die Schlafzimmer jedoch werden an der Hauptfassade lediglich durch Oberlichten erhellt. Diese entstehen durch das mit einer Stahlkonstruktion vom Gebäude abgehobene Dach, welches Richtung Westen schräg abfällt.

Der am kompletten Haus vorbeiführende Steg, nimmt einen alten Trampelpfad, der wahrscheinlich noch aus Zeiten der Besiedelung durch Aborigines stammt auf. Zusammen mit den Stützen, die das Dach tragen bildet dieser Weg einen Arkadengang, der an die Baumreihen des Waldes erinnern soll.



Abb. 1.2.5.4
NORDANSICHT

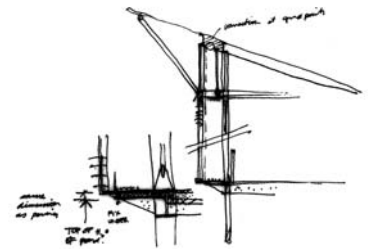


Abb. 1.2.5.5
FASSADENSCHNITT

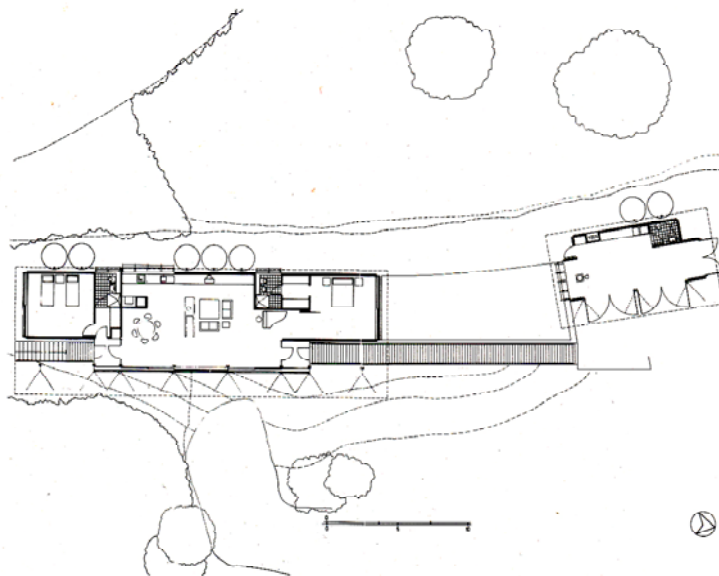


Abb. 1.2.5.6
GRUNDRISS

SYSTEM

Auf den ersten Blick scheint es sich hier um eine leichte, offene Konstruktion aus Stahlprofilen zu handeln, obwohl die geschlossenen Wandbereiche aus massivem Mauerwerk bestehen. Dessen aus gewellten Stahlplatten bestehende Außenverkleidung ist mit der Dämmung zusammen genau zwischen die Flansche der Doppel-T-Stahlstützen eingefügt. Die Stützenabstände basieren auf einem Vielfachen von 1,90 m. Da es sich um ein Hanghaus handelt ist es auf der Ostseite um die Höhe des Kellergeschosses vom Boden abgehoben. Der hier verlaufende Steg steht von der Außenwand ab und wird von den Dachstützen mitgetragen. Auf diese Weise wird thermale Masse geschaffen, ohne dass das Gebäude als Block in der Landschaft erscheint. Die Bodenplatte ist mit einer 40 mm PS-Dämmung ausgestattet, die ein Abgehen der Heizwärme nach unten verhindert. Zusätzlich gibt es eine Fußbodenheizung, die in den Betonboden eingelassen ist und das ganze Jahr durchgängig auf niedriger Temperatur in Betrieb ist, um die Kälte des Betons zu reduzieren. Die eigentliche Heizwärme wird von einem Kamin im Zentrum des Wohnbereichs produziert.

Im Sommer kann die Ostfassade durch die Glasschiebefenster komplett geöffnet werden und ermöglicht eine problemlose Durchlüftung. Die hier angebrachten horizontalen Metalllamellen sollen dem Blendschutz dienen, wurden aber bisher von den Besitzern nur selten heruntergefahren. Die natürliche Vegetation des Eukalyptuswaldes scheint als Sonnenschutz Richtung Osten völlig auszureichen. Beim Dach handelt es sich um ein Pultdach, das durch einen Nurglassteifen vom Haus abgesetzt ist. Vor allem an den Ecken wurde darauf geachtet die Glasflächen passgenau aneinander zu setzen, um den Eindruck des Leichten und Offenen nicht zu stören. Die dünnen Stahlprofile, welche in einem 45° Winkel vom Gebäude abstehen, stützen die Auskragung des Daches ab. Durch ihre dreieckartige Anordnung sollen sie an die Kronen der umstehenden Bäume erinnern.

Ein wichtiger Aspekt war beim Simpson-Lee Haus die Wasserversorgung. So wurde das zwischen den beiden Gebäudeteilen angeordnete Wasserbecken auch in die Gestaltung miteinbezogen. Es



Abb. 1.2.5.7

OSTANSICHT



Abb. 1.2.5.8

ECKDETAIL DACH/FASSADE

dient neben seiner Funktion als Überlauf für die sieben an der Westseite angeordneten Wasserspeicher als Ruhepunkt und reflektiert Sonnenlicht ins Innere des Hauses. Trotz des trockenen Klimas und der warmen Winde im Sommer genügt der jährliche Niederschlag, um diese Tanks und das Becken zu füllen. In vielen Wäldern Australiens ist die Brandgefahr relativ hoch. Das hier gesammelte Wasser dient daher nicht nur der Versorgung des Hauses, sondern auch dem Brandschutz. Das Dach ist mit einer Sprinkelanlage ausgestattet, welche sich aus den Wassertürmen speist. Dieses System mit der dazugehörigen Benzinpumpe wurde hauptsächlich von den Bauherren entworfen und widerspricht ein wenig dem Prinzip Energie zu sparen und ein möglichst autarkes Haus zu schaffen.

Die Feuergefahr war auch eine der Gründe, warum sich Glenn Murcutt für ausschließlich anorganische Baumaterialien entschieden hat. Der Steg mit seinem Bodenbelag aus Holz, bildet hier eine Ausnahme. Durch die vielen Stahl- und Glaselemente entsteht ein Kontrast zur Natur, mit der dieser Entwurf eigentlich harmonieren sollte. Daher ist der Betonboden, welcher bei geöffneter Fassade zum Außenbereich wird mit einer auf Wasser basierenden Versiegelung behandelt, was die Farbe des Materials weicher macht. Zusätzlich sind jegliche Stahlteile mit einer Silber-/Aluminiumfarbe bestrichen. Diese ähnelt der Borke des Eukalyptus.

FAZIT

Das Simpson-Lee House steht nicht in extrem heißem Klima, dennoch ist Australien vor allem wegen seiner Lage direkt unter dem Ozonloch interessant. In Zukunft wird es hier noch viel heißer und trockener werden. Dieser Umstand wird für diese Haus höchstwahrscheinlich ein Problem darstellen, da die Niederschläge nicht mehr genügen werden und eine zusätzliche Wasserversorgung nötig wird. Was die direkte Sonneneinstrahlung betrifft scheint es aber auch auf den Klimawandel bezogen langfristig gut ausgestattet zu sein. Denn momentan genügt das auskragende Dach und die umliegende Vegetation, während die Außenlamellen noch kaum genutzt sind.



Abb. 1.2.5.9

OSTFASSADE OFFEN

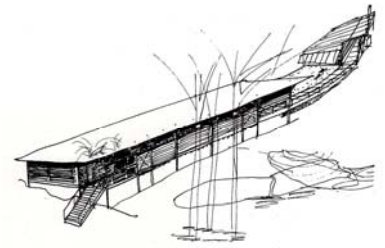


Abb. 1.2.5.10

SKIZZE VON GLENN MURCUTT



Abb. 1.2.5.11

WOHNRAUM

Der Entwurf schafft es mit möglichst wenig verschiedenen Elementen und gut durchdachter Positionierung auf alle Anforderungen der Umgebung einzugehen. Vor kurzem hat Glenn Murcutt das Simpson-Lee Haus für sich selbst erstanden, was beweist, dass dieses System aufgegangen ist.

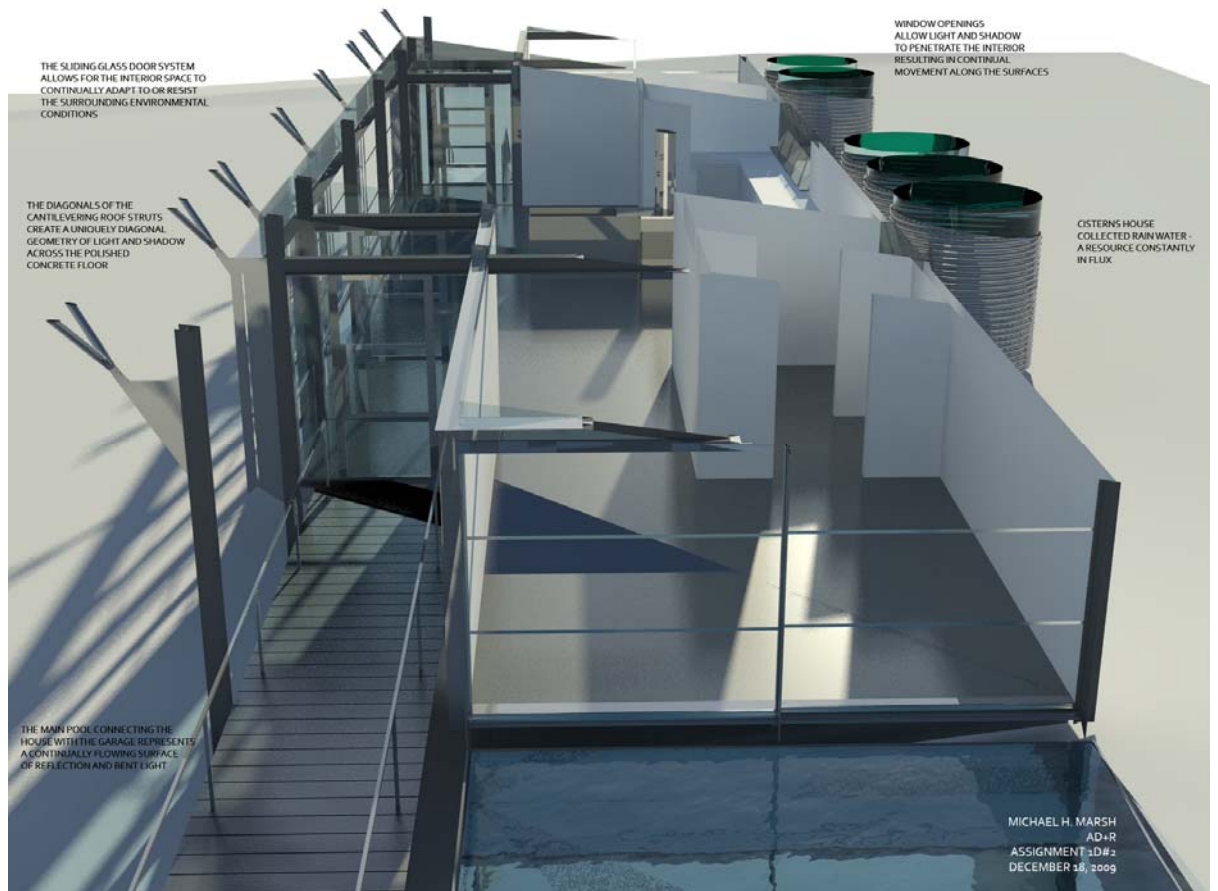


Abb. 1.2.5.12 | 3D-MODELL

2. Konzept für ein klimavariabiles System

„Schnee in Südafrika! Das Wetter spielt verrückt...“¹⁶ war im Juli 2011 die Überschrift eines Artikels auf der Homepage des Reiseveranstalters Afrikascout. Eine Tour von Johannesburg nach Kapstadt musste wegen plötzlichen Schneefällen unterbrochen werden. Hier handelt es sich zwar um ein extremes Beispiel, aber dennoch ist es eine Tatsache, dass sich unser Klima stetig verändert. Die globale Erwärmung führt in vielen Teilen der Welt einerseits zu immer höheren Temperaturen, zieht aber andererseits, wie am Beispiel Südafrika zu sehen ist, auch Kälte nach sich, die für diese Regionen normalerweise untypisch ist. Jedes Jahr werden es ein paar Grad mehr beziehungsweise weniger. Im Hinblick auf Nachhaltigkeit ist hier die logische Schlussfolgerung, dass Gebäude veränderbar sein müssen, um sich langfristig den neuen klimatischen Anforderungen immer wieder anpassen zu können.

Das Ziel dieser Arbeit ist es ein System bereit zu stellen, dass sich relativ einfach auf verschiedene Wetterbedingungen einstellen kann. Mit Hilfe von unterschiedlichen Materialien und Mechanismen, die allerdings in eine immer gleich bleibende Grundstruktur eingesetzt werden können, soll es möglich sein, das jeweilige Objekt auf lange Sicht auf die äußeren Bedingungen abzustimmen und ein angenehmes Innenklima zu erhalten.

¹⁶ „Schnee in Südafrika!“ auf www.afrikascout.de,
<http://blog.afrikascout.de/schnee-in-sudafrika-das-wetter-spielt-verrueckt/>,
26.07.2011

2.1 C@COON

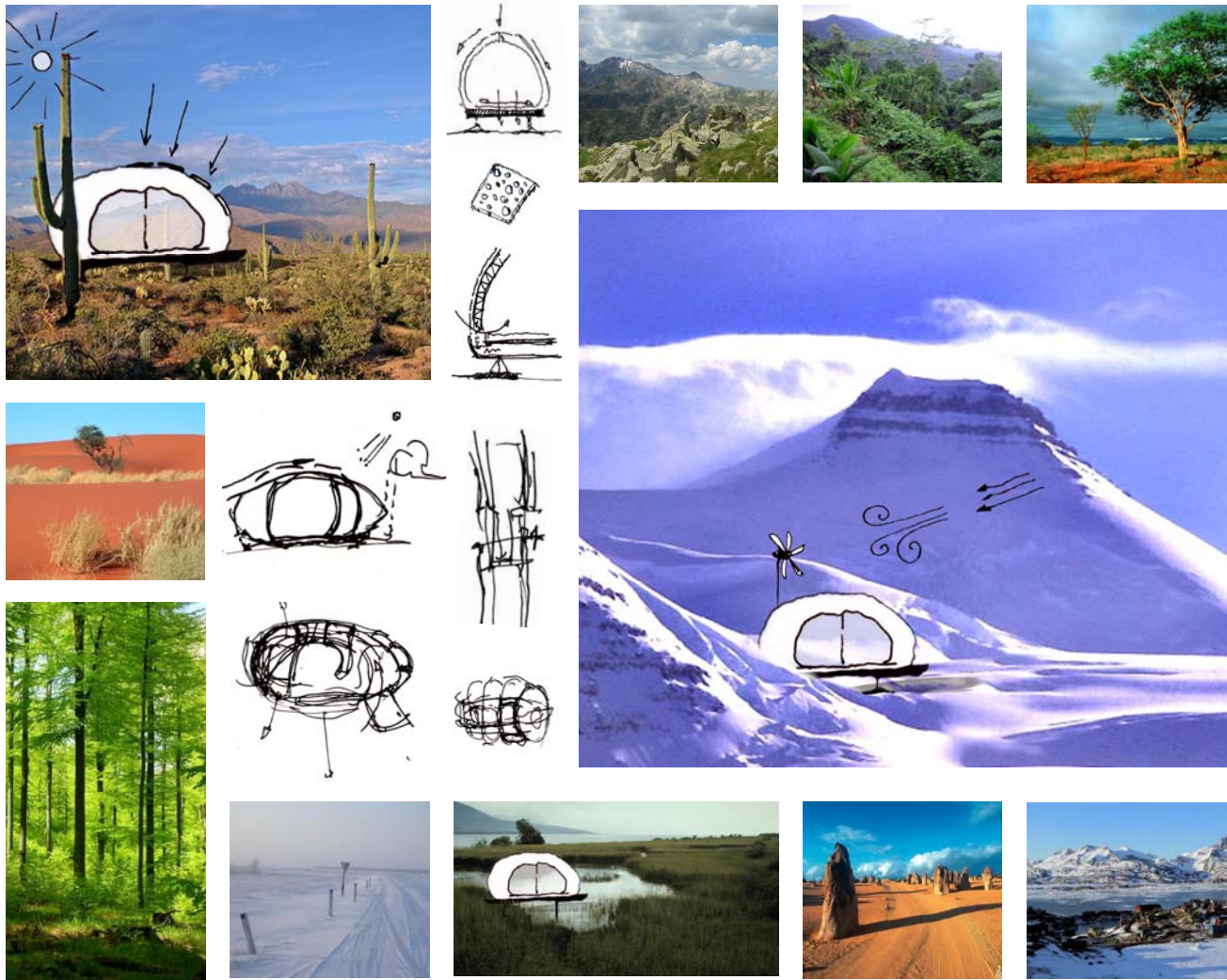


Abb. 2.1.1

KONZEPT

Bei diesem Projekt handelt es sich um eine Unterkunft für zwei Personen. Sie ist für eine Hotelkette angedacht, die Kurzurlaube bis zu zwei Wochen Länge, in entlegene Gebiete, mit teilweise extremen klimatischen Bedingungen, anbietet. Das gleich bleibende Grunddesign des Gebäudes unterstützt sowohl den Wiedererkennungswert der Marke, als auch einen relativ leichten Aufbau, der immer nach demselben Schema funktionieren kann. Dennoch ermöglichen unterschiedliche System zur Energie-/Wasserversorgung und eine aus verschiedenen Elementen bestehende Außenhaut, das Anpassen an variierende Gegebenheiten der Umwelt. Aus genau diesem Prinzip leitet sich auch der Name des Projektes her: Cocoon. Die Kokons verschiedenster Schmetterlingsarten sehen sich in ihrer Grundstruktur immer ähnlich, sind aber in ihrer Beschaffenheit dem jeweiligen Lebensraum perfekt angepasst. Die hieraus entstehende Form ist die eines Ellipsoids und orientiert sich an dem Grundsatz möglichst viel Volumen bei möglichst wenig Oberfläche, um den teilweise extremen Wetterbedingungen der ausgewählten Standorte wenig Angriffsfläche zu bieten.

Für die einzelnen Komponenten wurden leichte Materialien wie zum Beispiel Aluminium oder Kunststoff ausgewählt. Des Weiteren sind deren Maße den Transportgrößen für Lastkraftwagen oder Hubschraubern angepasst. Auf diese Weise sind mehrere Arten der Beförderung möglich, die auf den jeweiligen Bauplatz abgestimmt werden können.

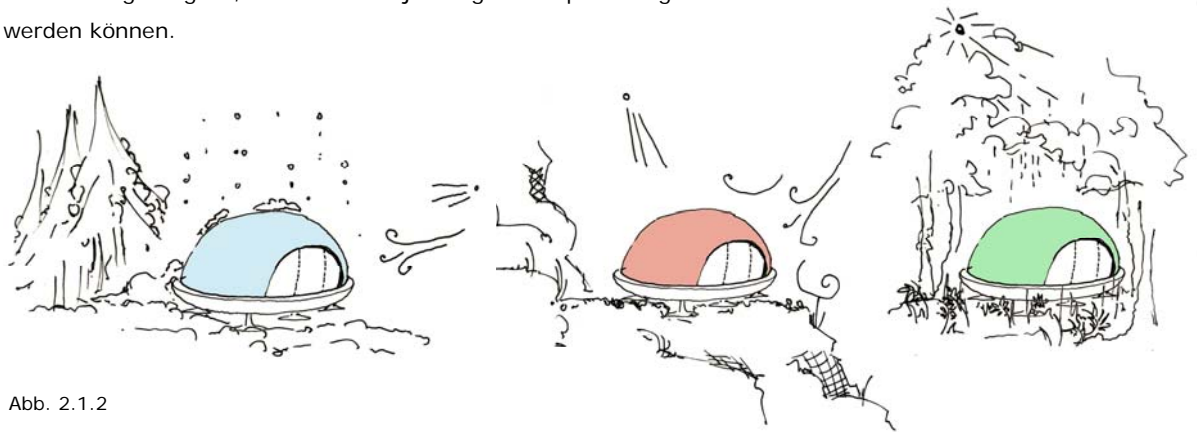
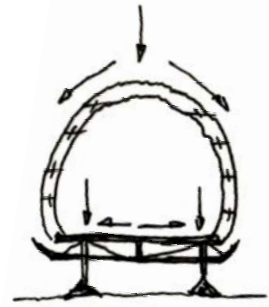


Abb. 2.1.2

TRAGWERK

Die Tragkonstruktion bleibt für alle Variationen gleich und bestimmt die charakteristische Form. Es ist eine Art Kuppelsystem, bei dem die Fassadenelemente jeweils zu horizontalen Ringen zusammengesteckt werden, welche wiederum in der vertikalen Ebene gekrümmt sind und im Verbund übereinander sich einer Halbkugel annähern. Auf diese Weise ist die Fassade selbsttragend ausgebildet. Am Fußpunkt ist die Kuppel mit einer Aluminiumwerkstoffplatte verschraubt, die sich aus sechs Teilen zusammensetzt. Es handelt sich hierbei um ein mehrschichtiges Element, das aus zwei Aluminiumplatten besteht. In deren Zwischenraum wiederum eine wellenartige Struktur eingebracht ist, welche die Tragfähigkeit des Baustoffes erhöht. Auf die Konstruktion einwirkende Kräfte werden über die Fassadenelemente auf die Bodenplatte übertragen und hier über sechs Stützen in den Untergrund abgeleitet. Eine weitere Aluminiumsandwichplatte ist 30 cm unter den Bodenelementen an den Stützen angelagert. Sie bildet einen Stauraum unter dem Gebäude, der unter anderem als Wasserspeicher oder Holzpelletlager genutzt werden kann. Da das Stützraster mit 3,30 m x 3,50 m recht weit ist, befindet sich in der Stauraumebene ein System aus Aluminiumstäben. Diese Zugstäbe spannen die Tank- und Bodenplatte in Kombination mit einem Aluminiumprofil, das als Auflager dient, an den Stützen nach oben und verringern die Tragweite auf 1,75 m.



LASTENSKIZZE



Abb. 2.1.4 | **SANDWICHPLATTE**

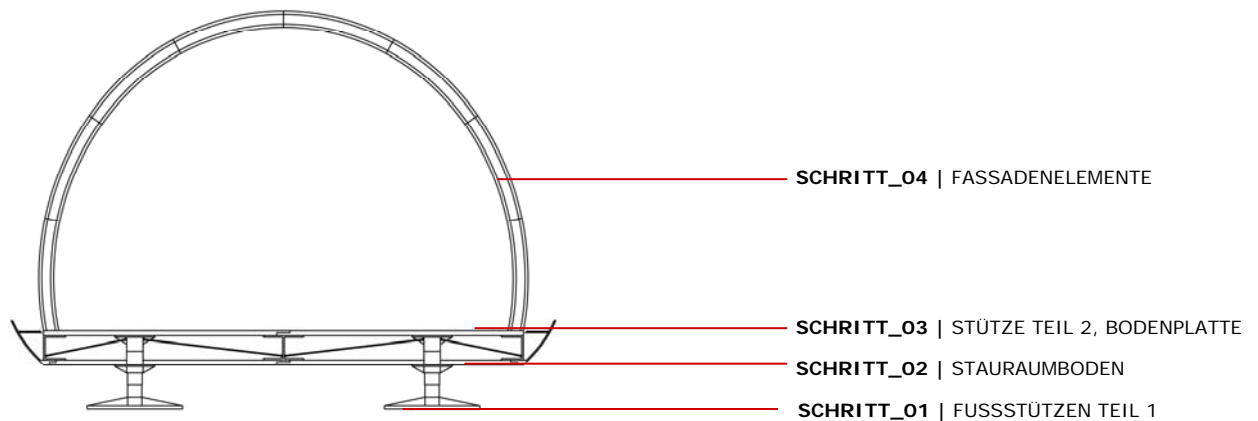
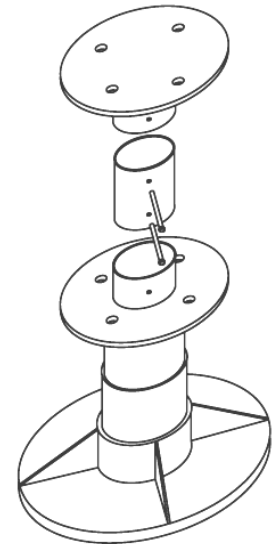


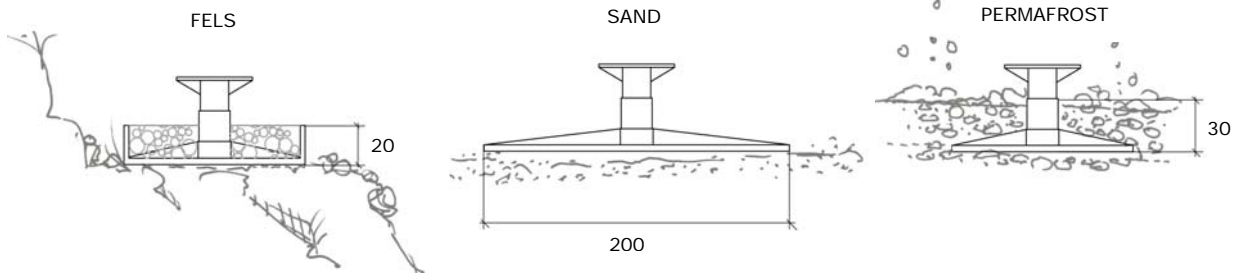
Abb. 2.1.4 | **AUFBAUSCHRITTE IM QUERSCHNITT**

SCHRITT_01

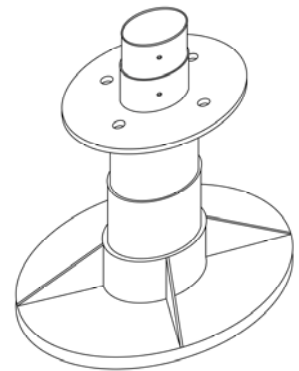
Je nach Bodenbeschaffenheit variieren die sechs Aluminiumstützen leicht in ihrer Form und der Art der Aufstellung. So erfordert ein Untergrund mit geringer Dichte, wie zum Beispiel Sand einen vergleichsweise großen Fußteller. Ganz nach dem Prinzip der Kamele, die durch ihren breiten Fußabdruck nur geringfügig im Wüstensand einsinken. Bei hartem, felsigem Untergrund sind die Fußstützen mit einem 20 cm hohen Rand versehen. Auf diese Weise ist es möglich das Gebäude mit Hilfe von Steinen aus der Umgebung zu beschweren. Ein über das ganze Jahr gefrorener Bauplatz bietet die Methode des Festfrierens. Hier wird für jeden Fuß eine Aussparung in den Boden gegraben, die später wieder mit feuchtem Erdreich und Wasser befüllt wird. Auf diese Weise friert die Stütze im Untergrund fest¹⁷.



EXPLOSIONSZEICHNUNG STÜTZE

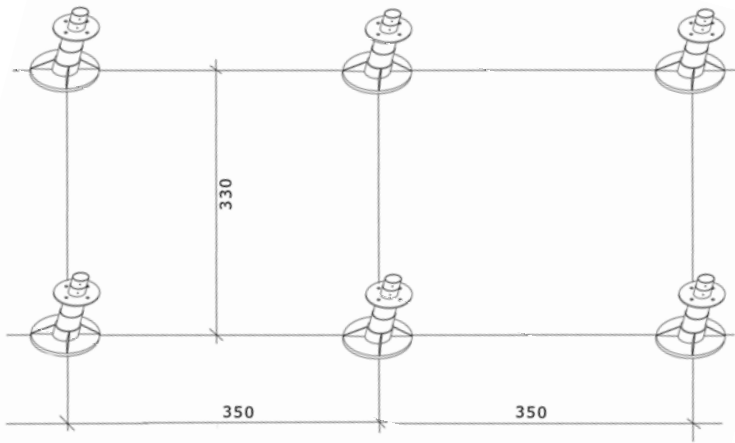


Jede Fußstütze setzt sich aus fünf Teilen zusammen. Im Montageschritt eins werden die ersten vier Profile, die bereits zusammengefügt angeliefert werden, aufgestellt. Es handelt sich hierbei um die Bodenplatte, die mit der höhenverstellbaren Stütze verschweißt ist, welche wiederum mit der Auflagerplatte für den Tankboden verschweißt wurde. In das Rohrprofil der Stütze wird ein weiteres Rohr gesteckt und verschraubt, das später als Verbindung zu Komponente fünf dient.

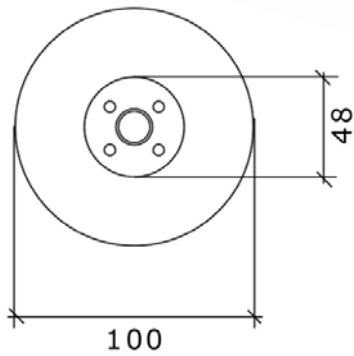


AXONOMETRIE FUSSTÜTZE

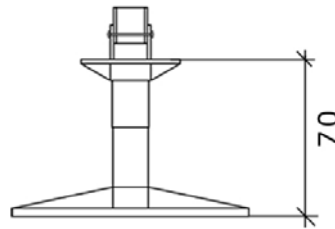
¹⁷ Vgl. Skihaus, Seite 000 - 000



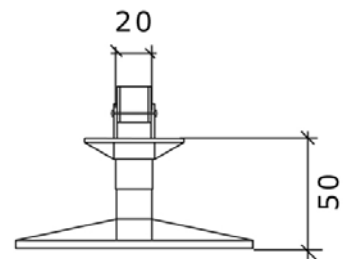
OBEN
GRUNDRISS, MASSSTABSLOS
LINKS
AXONOMETRIE DES STÜTZENRASTERS
M 1:50



GRUNDRISS
IM OBEREN BEREICH BEFINDET SICH DIE ANSCHLUSSSTELLE FÜR DIE STAURAUMBODENPLATTEN, MIT VIER AUSSPARUNGEN

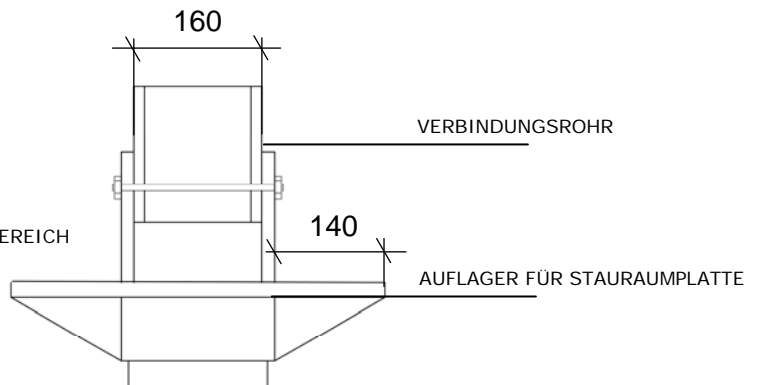


QUERSCHNITT
HÖHE ERWEITERBAR BIS AUF 70 CM



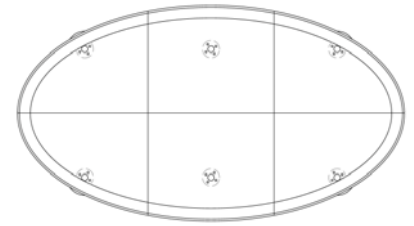
QUERSCHNITT

DETAIL | QUERSCHNITT DES ANSCHLUSSBEREICH DER FUSSTÜTZE, M 1:20

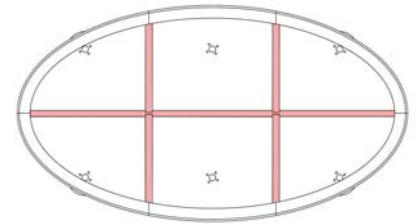


SCHRITT_02

In diesem Arbeitsgang werden die sechs Bodenplatten für den Stauraum mit den Fußstützen verschraubt. Da die Bodenplatten im Stützenbereich lediglich eine kleine ringförmige Auflagefläche, bei einer Stützenweite von 3,50 m haben werden sie in Schritt_03 an den Fußstützen zusätzlich abgehängt, um später das Gewicht der gelagerten Materialien tragen zu können. Nachdem die Bodenplatten mit den Fußstützen verbunden sind, werden die Fugen und Verschraubungspunkte mit einem Butyl-Aluminium-Band abgedichtet. Das Dichtungsband besteht aus einer Butylkautschukmasse mit einem kunststoffverstärkten Aluminiumträger und ist daher besonders reißfest und flexibel. An den Durchstoßpunkten der Stützen bildet ein Silikonring die Dichtung. Zum Schluss sind noch die gebogenen Randprofile aus Aluminium mit den Platten zu verschrauben. Sie bilden einen Ring um den zusammengesetzten Boden und geben ihm zusätzlichen Halt. An dieser Stelle unterscheiden sich die Randstützen von den beiden Mittleren. Da das Auflager jeweils am Rand der Eckplatten endet und durch die Ellipsenform des Grundrisses hier eine große Krümmung besteht, bildet es bei diesen vier Füßen nur einen Halbkreis aus.

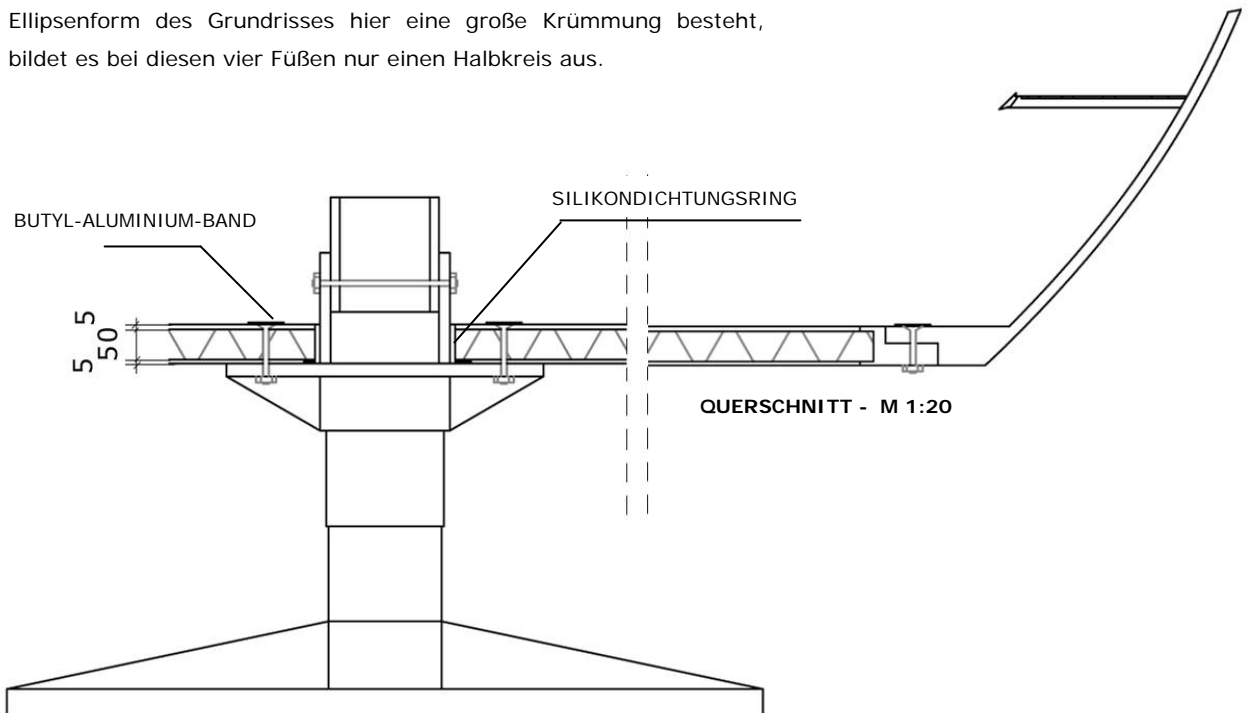


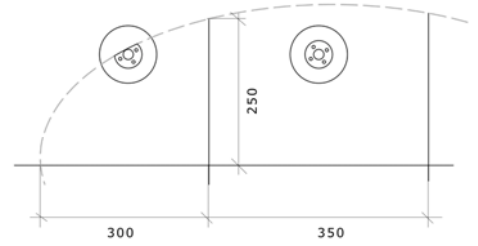
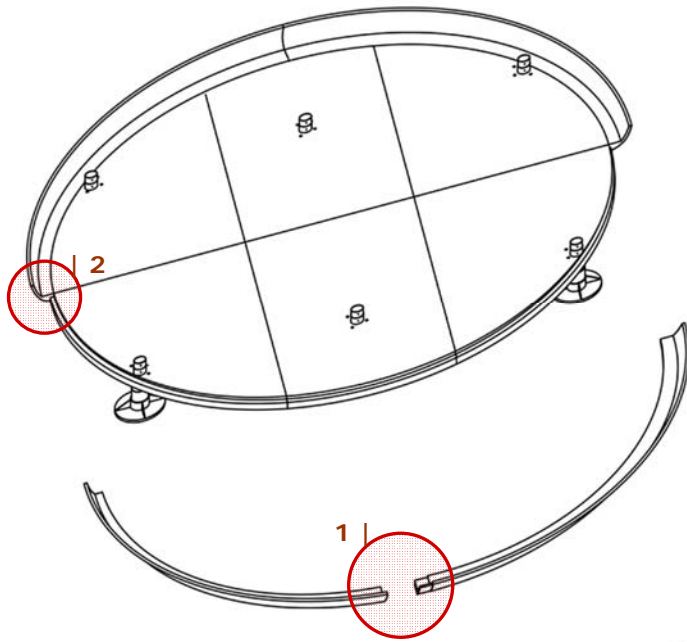
GRUNDRISS | BODENPLATTEN



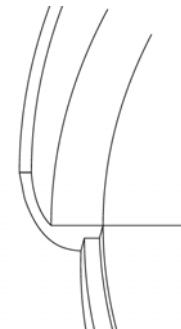
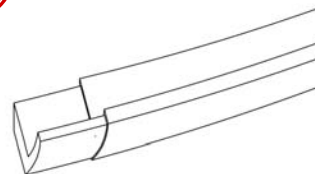
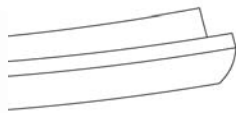
GRUNDRISS

■ BUTYL-ALU-DICHTUNG



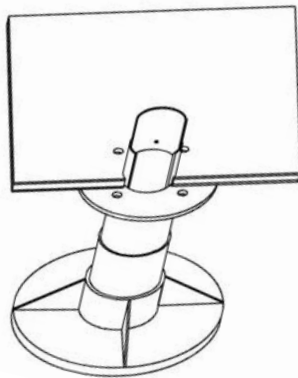


OBEN | GRUNDRISSABSCHNITT
LINKS | AXONOMETRIE

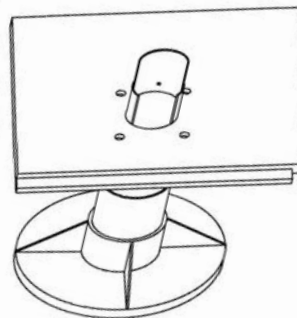


1 | FÜGEPUNKT
 DES RANDPROFILS

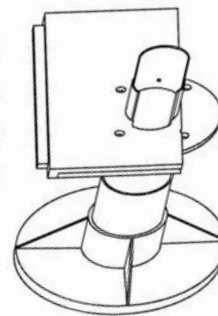
2 | VERBINDUNG RAND
 UND BODENPLATTE



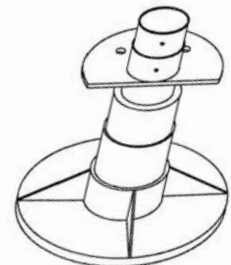
SCHNITT DURCH DAS
 VERBINDUNGSPROFIL



SCHNITT DRUCH DIE
 PLATTENFUGE



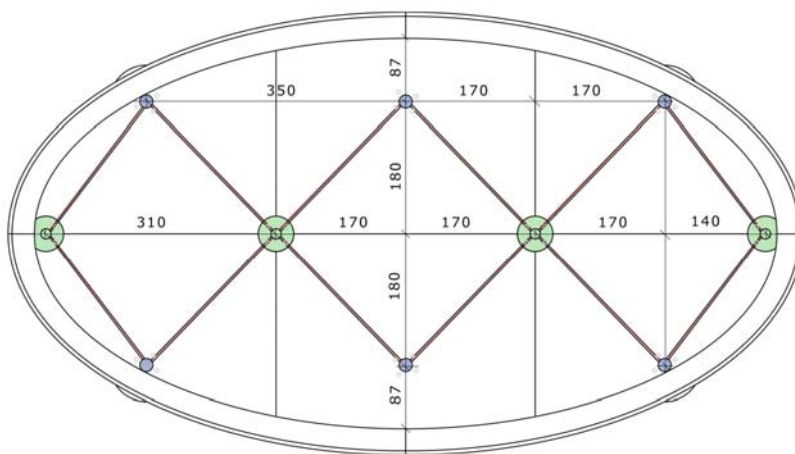
SCHNITT DRUCH DIE
 PLATTENFUGE






RANDSTÜTZE

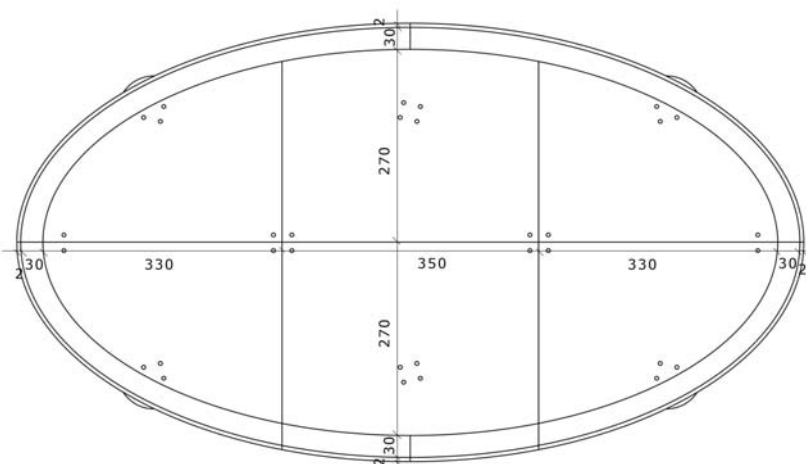
SCHRITT_03

Nun werden die Druckprofile, die bereits in Vorfertigung mit den jeweiligen Zugstäben verbunden sind, mit der Stauraumplatte verschraubt. Nach dem Aufsetzen des zweiten Teils der Fußstützen kann der Boden an diesen nun abgehängt werden. Der letzte Arbeitsvorgang in diesem Abschnitt ist das Verschrauben der Platten, die den Untergrund für den späteren Fußboden bilden. Es handelt sich genau wie bei der Stauraumplatte um sechs Einzelemente aus Aluminiumsandwichplatten. Sie werden auf dieselbe Weise mit den Auflageteilern der Stützen verschraubt und an ihren Fugen mit dem Aluminium-Butylband abgedichtet.

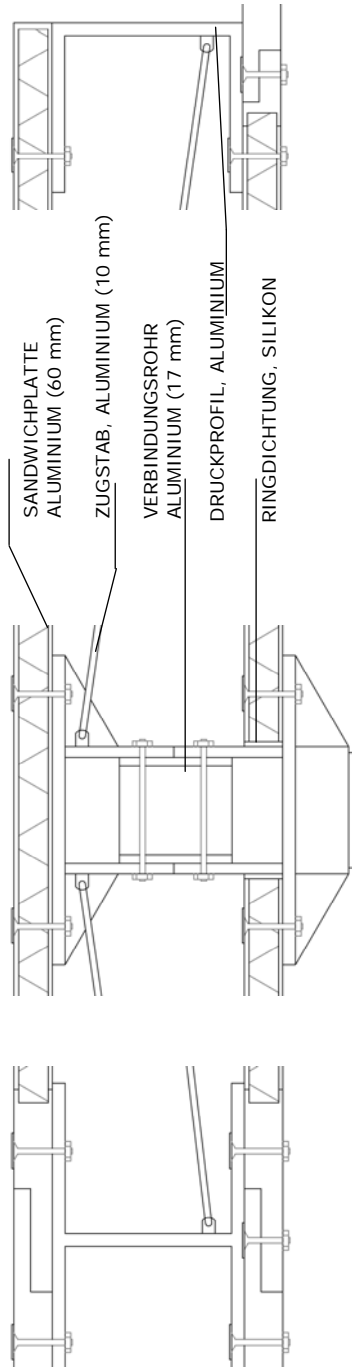


GRUNDRISS - M 1:100
DRUCKPROFILE + ZUGSTÄBE ÜBER
DER STÄURAUMPLATTE

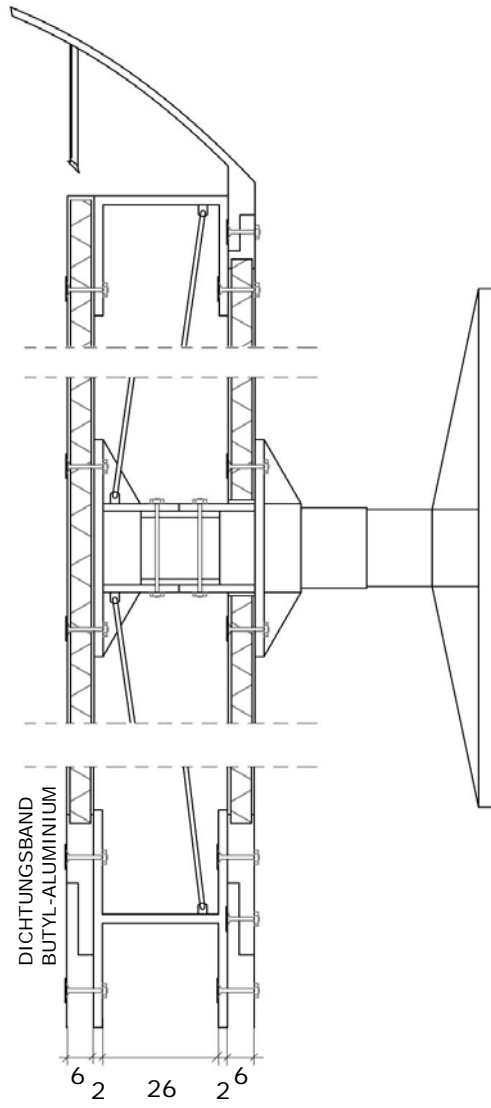
-  STÜTZE
-  DRUCKPROFIL
-  ZUGSTAB



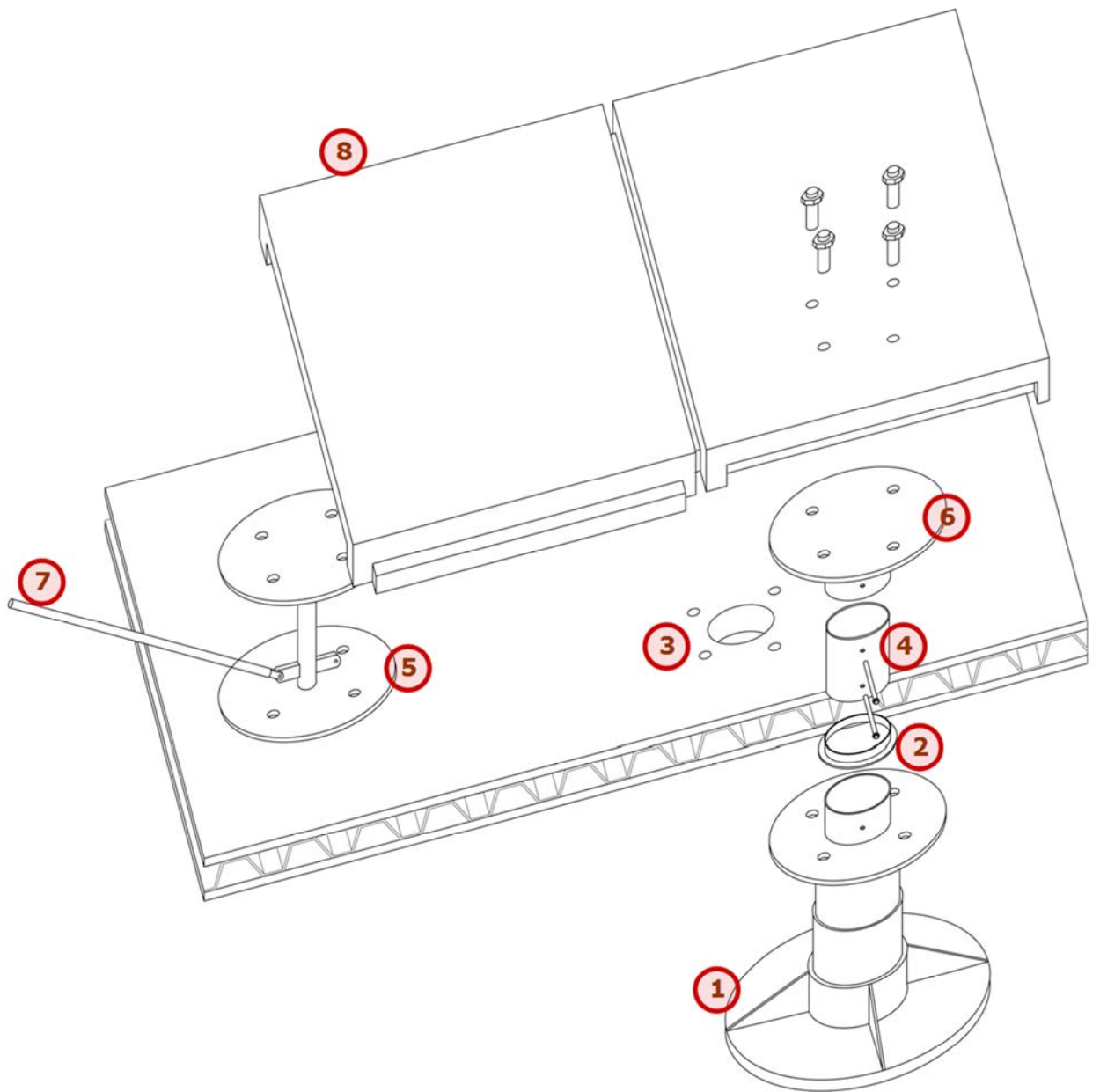
GRUNDRISS - M 1:100
BODENPLATTEN ÜBER DEN
ZUGSTÄBEN



DETAILPUNKTE | M 1:10



LÄNGSSCHNITT | STÜTZE – M 1:20



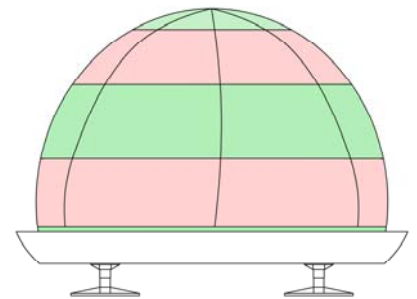
EXPLOSIONSZEICHNUNG | SCHRITT 01 - 03

SCHRITT_04

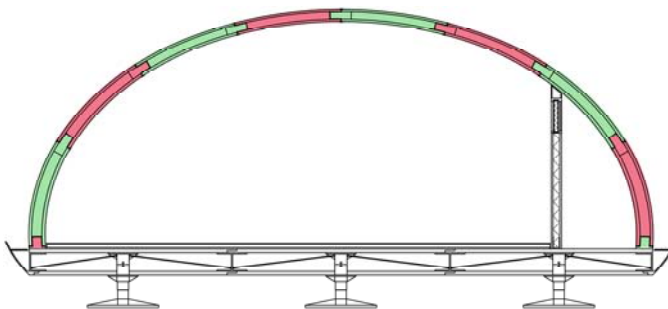
Im letzten Arbeitsschritt werden nun die Fassadenelemente aufgestellt. Sie werden mit Hilfe eines Stecksystems miteinander verbunden. Die so entstehenden Ringe haben jeweils eine Höhe von 1,70 m und sind gleichmäßig acht Teile geteilt. Zwischen die Fugen werden immer wieder Silikondichtungen verbaut, um Wasserdichtigkeit zu gewährleisten.

In der Regel ist das Grundmaterial eine Integralschaumplatte, welches allerdings bei den verschiedenen Gebäudetypen variieren kann. Der Kern dieses Kunststoffelements ist mit vielen kleinen Luftblasen durchsetzt und verleiht dem Material sehr gute Dämmeigenschaften. Da einer der Schritte in der Herstellung des Werkstoffs Ausschäumen ist, sind mehrfach gebogene Formen und vielfältige Profile möglich. Die Oberfläche ist fest und wasserdicht ausgeformt. Insgesamt sind diese Platten selbsttragen und eignen sich somit als Fassadenbaustoff ohne Unterkonstruktion. Die Außenhaut des Cocoon – Projektes besteht aus zwei Schichten dieser Platten, die je eine Stärke von 4 cm haben. Zusammen mit dem Zwischenraum der 12 cm dick ist, ist der Gesamtdurchmesser der Fassade 20 cm.

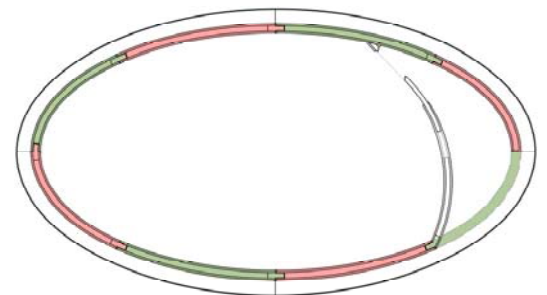
Der Ansatzpunkt auf der Bodenplatte ist als unterstes Element mit einer, wiederum aus Schaumplatten bestehenden, Komponente verbunden, um an dieser Stelle die Dämmebene nicht zu unterbrechen, die später mit dem Innenfußboden vervollständigt wird.



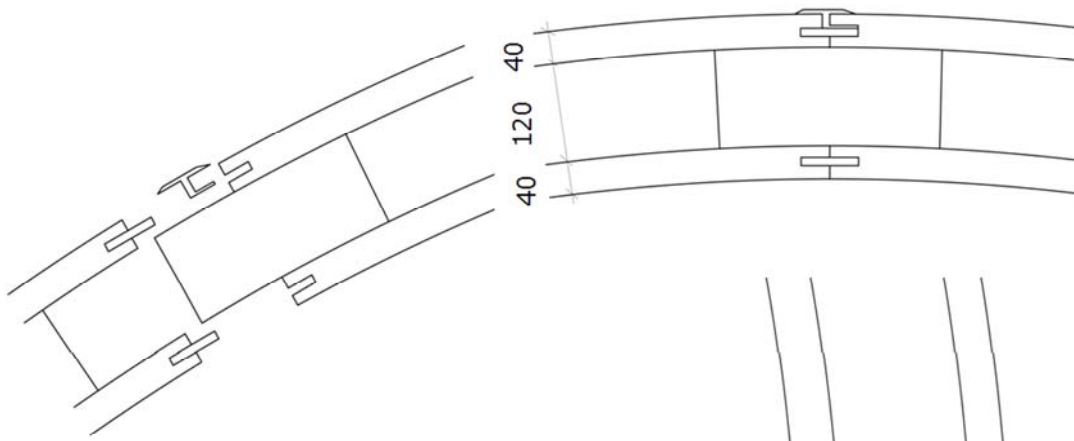
SEITENANSICHT | KURZ



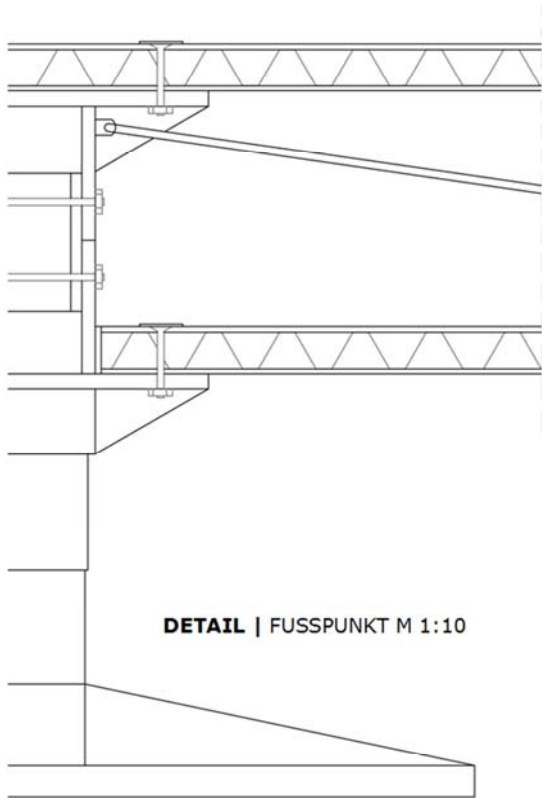
LÄNGSSCHNITT | AN DER MITTELACHSE



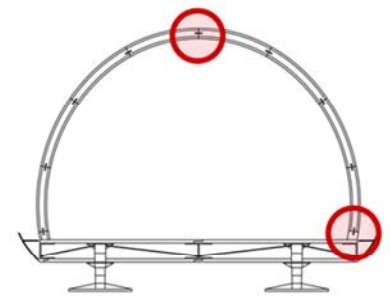
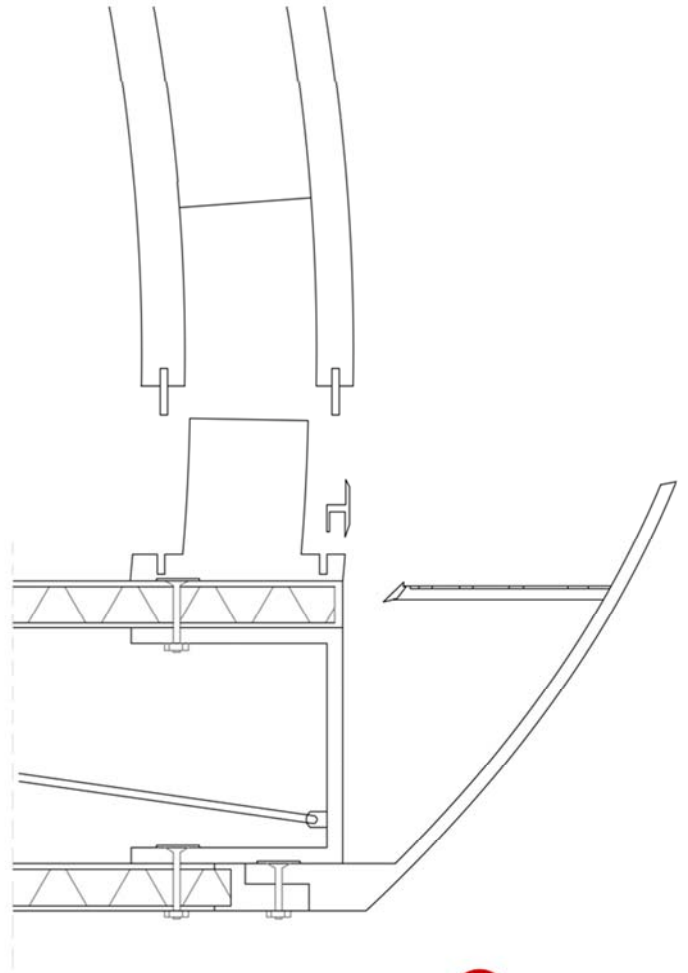
GRUNDRISS



**DETAIL | HÖCHSTER
KUPPELPUNKT M 1:10**



DETAIL | FUSSPUNKT M 1:10



QUERSCHNITT

SYSTEM

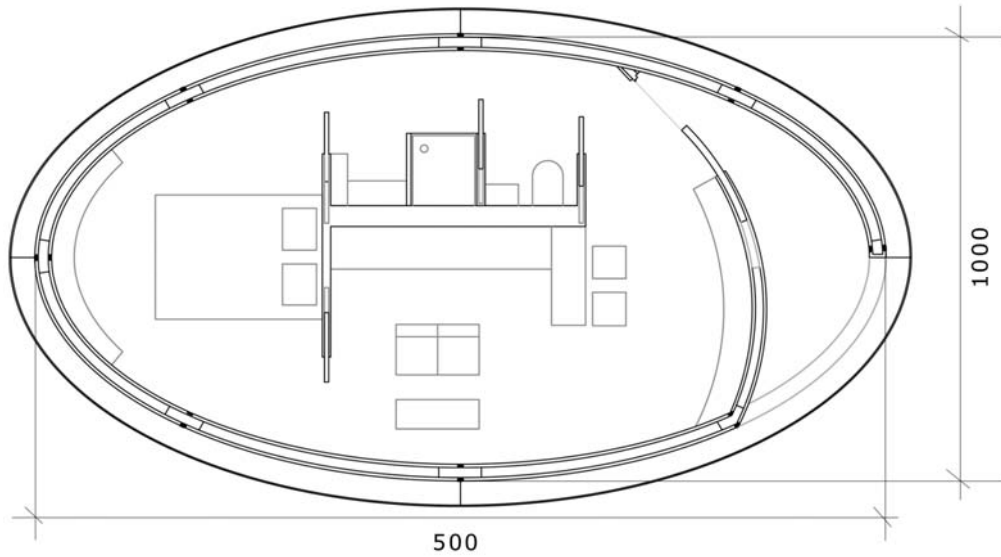
Der gleiche Gebäudetypus soll an verschiedenen Orten, mit unterschiedlichen klimatischen und topographischen Bedingungen stehen. Ermöglicht wird dies durch das Baukasten System der Fassade und den variablen Fußstützen, die je nach Bedarf ausgewählt werden können¹⁸.

Alle Verbindungspunkte sind durch Steck- oder Schraubverbindungen reversibel zusammengefügt und können jeder Zeit ab- und an einem anderen Standort wieder aufgebaut werden. Hinzu kommt, dass das größte Bauteil, eines der Bodenplattenelemente mit 3,50 m x 3,30 m ist und aus leichtem Aluminium besteht. Der Transport ist daher leicht mit dem Lastkraftwagen oder einem Hubschrauber zu bewerkstelligen. Der Gedanke hierbei ist, dass die Kunden ein Wunschziel vorschlagen können, das bei genügend Resonanz zu einem Standort wird. Mit der Zeit entsteht ein immer größeres Netzwerk an Cocoons.

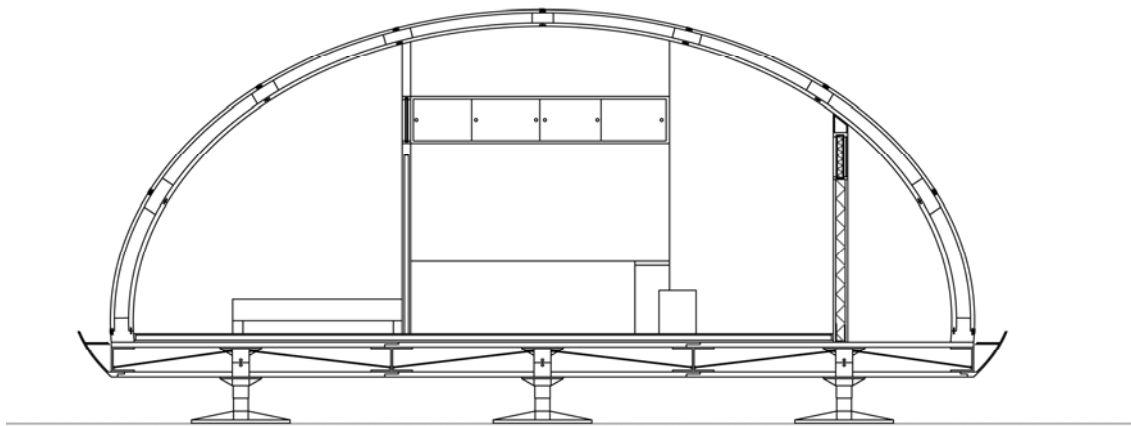
Der Grundriss ändert sich nicht, um den Hotelgästen überall denselben Zimmerstandart zu bieten. Des Weiteren können die Räume somit seriell ausgestattet werden. Auf 50 m² können pro Gebäude zwei Personen für zwei Wochen an einem Ort ihrer Wahl den Urlaub verbringen. Das mindestens 50 cm vom Boden abgehobene Gebäude ist über eine eingehängte Aluminium Treppe erschlossen. Auf diese Weise ist der Boden des Projektes vom Untergrund getrennt und unabhängig, lediglich die sechs Fußstützen müssen sich dem Erdreich anpassen. Der erste Raum der betreten wird ist Außenbereich, der als Unterstand und Lagerfläche dienen soll. Durch eine Schiebetür gelangt man in einen länglichen Flur, der direkt in einen Wohn-/Essbereich übergeht. Angeschlossen an diesen befindet sich das Schlafzimmer, über welches das Bad direkt zu erreichen ist. Das Badezimmer, beziehungsweise das separat abtrennbare WC sind außerdem zusätzlich mit dem Flur verbunden. Alle Türen sind als platz sparende Schiebeelemente ausgebildet. Im oberen Bereich der Innenwände sind ebenfalls Schiebeläden angebracht, um Querlüftung zu ermöglichen. Alle Wände im Gebäude Inneren bestehen wie die

¹⁸ Vgl. Seite 99, Kapitel 2.1 Tragwerk

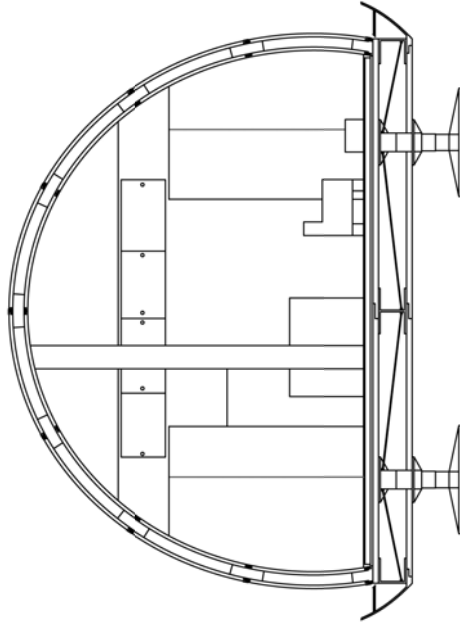
Fassade aus Integralschaumplatten. Der Schaumartige Kern begünstigt nicht nur die Dämmeigenschaften, sondern auch den Schallschutz des Materials. Es ist leicht zu verbauen, da die Platten wie Holz behandelt werden können. Der mit dem Standort variierende Fußbodenaufbau bildet zusammen mit der Fassade die Dämmebene.



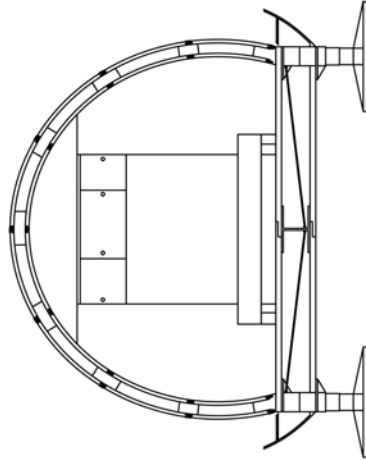
GRUNDRISS | M 1:50



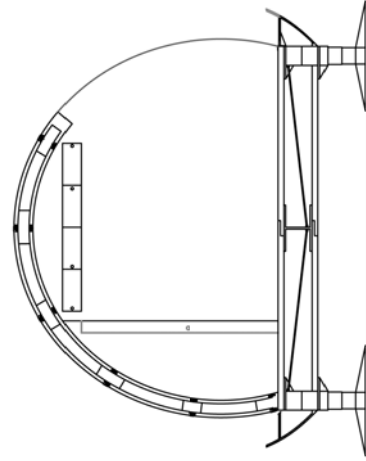
SCHNITT B-B | M 1:50



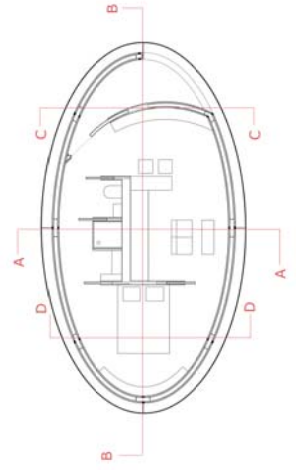
SCHNITT A-A | M 1:50

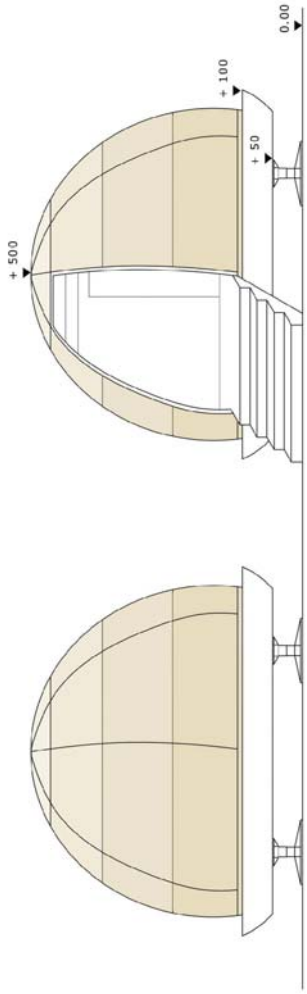
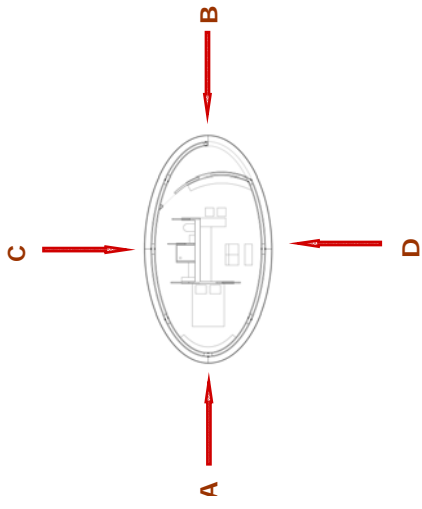


SCHNITT D-D | M 1:50



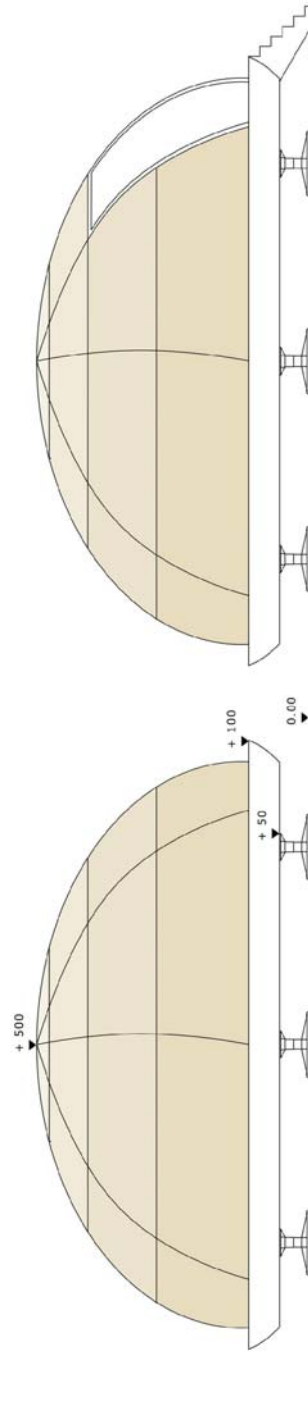
SCHNITT C-C | M 1:50





ANSICHT A

ANSICHT B

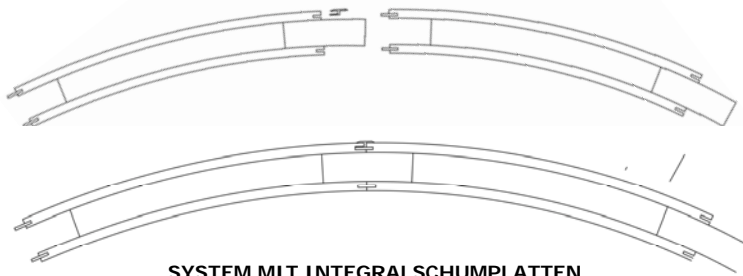


ANSICHT C

ANSICHT D

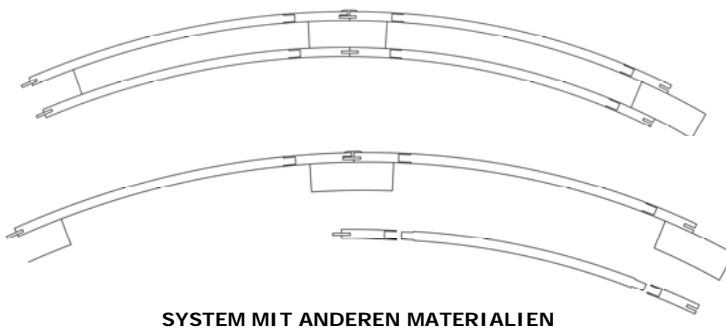
FASSADE

Die Fassadenelemente bestehen aus jeweils zwei Schicht mit einem Pufferabstand von 12 cm. Sie werden durch das Nut-Feder System zusammengesteckt, wobei jeweils in der unteren Platte die Feder verklebt ist. Deren Profil besteht aus aufgeschäumtem Kunststoff und dient gleichzeitig als Abstandshalter zwischen den beiden äußeren Schichten der Fassadenplatten. Im Standardfall diese Schichten als Integralschaumplatte ausgeführt, die neben ihrer wasserdichten Oberfläche auch selbsttragend ist. Aus diesem Grund können die Schaumplatten direkt mit einer fremden Feder verbunden werden.

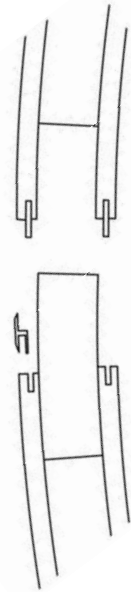


SYSTEM MIT INTEGRALSCHUMPLATTEN

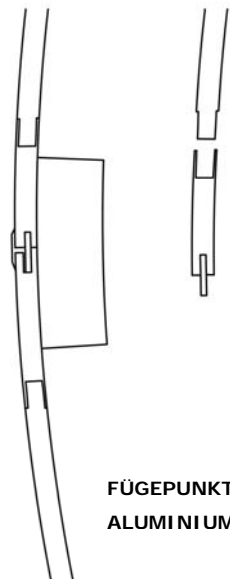
Handelt es sich allerdings um andere Materialien, wie Lochblech oder Glasfasernetz, werden diese in ein Aluminiumprofil eingespannt, das im Fall von Öffnungen auch als Sturz dienen kann. Es nimmt das „Fremde Feder“ Stecksystem auf und ist gegebenenfalls mit dem Abstandshalter verklebt.



SYSTEM MIT ANDEREN MATERIALIEN



FÜGEPUNKT SCHAUMPLATTEN



FÜGEPUNKT MIT ALUMINIUMPROFILIEN

2.2 C@COON HOT



LAGE/KLIMA

Als erste Variation wird hier eine Lösung für die äquatoriale Klimazone vorgestellt. Besonders für Österreich/Deutschland sind diese Wetterbedingungen interessant, denn unser Klima nähert sich immer mehr den dortigen Gegebenheiten an. Vor allem in diesem Sommer (2011) waren die Parallelen deutlich zu erkennen.

Kennzeichen für Gebiete der äquatorialen Klimazone sind ganzjährig hohe Temperaturen um die 25 C°. Der Grund dafür ist die Nähe zum Äquator, die für eine sehr hohe Sonneneinstrahlung in einem steilen Winkel sorgt. Durch diese Hitze und die daraus folgende Verdunstung entstehen häufig Wolken, was über das ganze Jahr hinweg viel Niederschlag zur Folge hat.

Die nur schwach ausgeprägten Jahreszeiten grenzen sich im Winter durch erhöhte Niederschläge ab und stehen in Kontrast zu starken Wetterschwankungen während des Tages. Die, durch die morgendliche Sonne, verdunstende Feuchtigkeit bildet Wolken und führt am frühen Abend zu Regengüssen. Es herrscht ein ständiger Wechsel zwischen klarem Himmel in den Morgenstunden, über Wolkenbildung in der Mittagszeit zu starken Niederschlägen am frühen Abend.

Der Cocoon-Hot, befindet sich in der Nähe von Fortaleza, der Hauptstadt des Bundesstaates Ceará. Sie liegt im Nordosten Brasiliens an der Küste zum Atlantischen Ozean. Neben den Sandstränden, für die Ceará bekannt ist, ist die Topographie weiter im Landesinneren durch felsige Gebirgsketten geprägt. Höhlen und viele kleinere Seen bestimmen das Landschaftsbild. Durch die trockenen Sommer finden sich hier allerdings keine Regenwaldgebiete, wie sie am nördlichen Amazonas vertreten sind. Die Vegetation bleibt eher mittelhoch, da sich im felsigen Erdreich nur wenige Nährstoffe befinden und Wurzeln nur schwer halt finden.

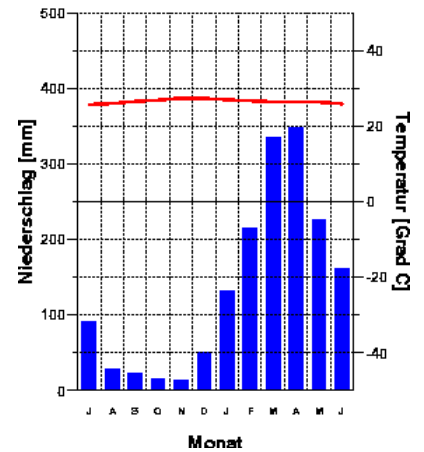


Abb. 2.1.1

KLIMADIAGRAMM VON FORTALEZA



Abb. 2.1.2

BERGE IN CEARÁ

KONZEPT

Bei heiß-feuchtem Klima, ist es essentiell eine gute Durchlüftung zu gewährleisten, um die Feuchtigkeit abführen zu können. Zusätzlich ist Insektenschutz bei diesen Wetterbedingungen ein wichtiger Punkt, da jene hier in großer Zahl auftreten. Im Nordosten Brasiliens sind die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sehr gering. Aus diesem Grund ist Thermale Masse zu vermeiden, da sie über Nacht nicht genügend auskühlen kann.

Die leichte Grundkonstruktion des Cocoonb vermeidet mit den Materialien Intergralschaumstoff und Aluminium Speichermasse und kann sich daher in diesem Punkt nicht zu sehr aufheizen.

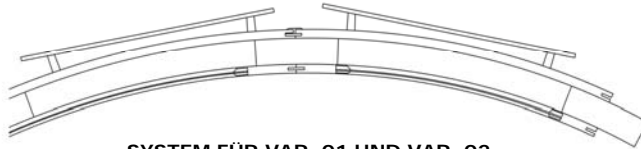
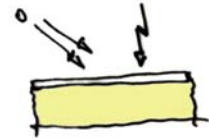
An der gekrümmten Fassade kann das Wasser der häufigen Regenschauer gut abfließen und wird im Stauraum als Brauchwasser gespeichert. Der Tank fasst 10000 Liter und deckt somit den Verbrauch von 3780 Litern für zwei Personen über zwei Wochen vollkommen ab. Allerdings muss dieser in den Sommermonaten bei Bedarf durch eine externe Wasserversorgung aufgefüllt werden, da hier die Niederschläge im Vergleich zum Winter eher gering Ausfallen. Zur Reinigung des Tanks sind an den Bodenplatten mit Silikon abgedichtete Klappen angebracht. Diese werden auch dazu verwendet das gesammelte Wasser nach ca. 5 Tagen komplett abzulassen, um das Schalwerden zu vermeiden.

Auf Grund der felsigen Bodenverhältnisse, wird als Fußstütze hier jene ausgewählt, die durch einen Rahmen mit Betonplatten und Steinen aus der Umgebung beschwert werden kann.

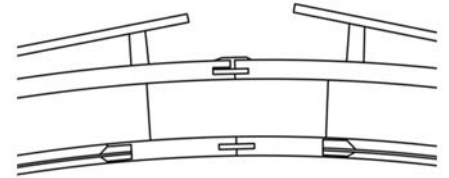
Für den Cocoon-Hot sind die Standartfassadenelemente abgewandelt. Es gibt vier verschiedene Variationen, bei allen ist aber die innere Schaumstoffplatte durch ein Glasfasernetz ersetzt, dass dem Insektenschutz dient.

VARIANTE_01

Im Bereich der Südfassade sind auf der äußeren Integralschaumstoffplatte Photovoltaikzellen aufgebracht, die den Stromverbrauch abdecken. Das System ist zusätzlich mit einem Nachtspeicher ausgestattet.

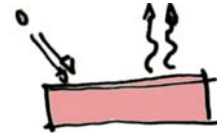


SYSTEM FÜR VAR_01 UND VAR_02



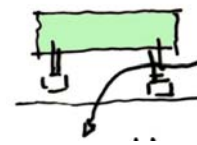
VARIANTE_02

Für die obere Kuppel dienen die Schaumstoffplatten Solarzellen als Träger. Da die Sonne in Äquatornähe in einem sehr senkrechten Winkel scheint sind diese auch ohne direkte Südausrichtung effektiv nutzbar.

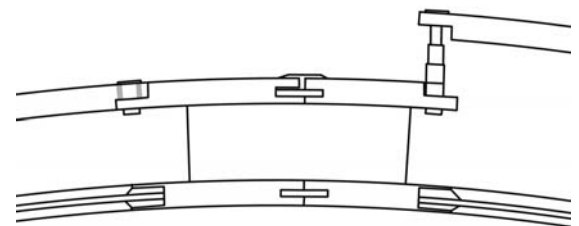


VARIANTE_03

Dies sind Öffnungselemente, die sich durch ein Teleskopsystem nach oben verschieben lassen und bei Regen wieder geschlossen werden. Die Integralschaumstoffplatten sind in diesem Fall nicht direkt miteinander verbunden, sondern sind in einen Aluminiumrahmen eingespannt, der im Regelfall Materialien gedacht ist, die nicht direkt mit einer fremden Feder verbunden werden können.

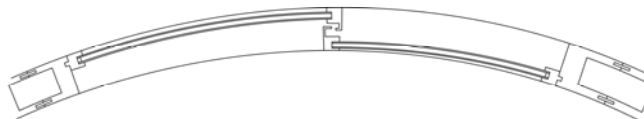
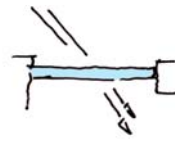


SYSTEM FÜR VAR_03



VARIANTE_04

Fassadenelement Nummer vier besteht aus Glasschiebetüren. Das verwendete Glas ist ein Verbund aus zwei Scheiben in deren Zwischenraum sich eine Aerogel befindet. Ähnlich dem Mammut Museum in Jakutsk¹⁹ hat das Silikagel die Struktur eines Kristallgitters. Auf diese Weise erhöht sich der Reflektionsgrad und somit der Sonnenschutz der Schiebetür.



SYSTEM FÜR VAR_04

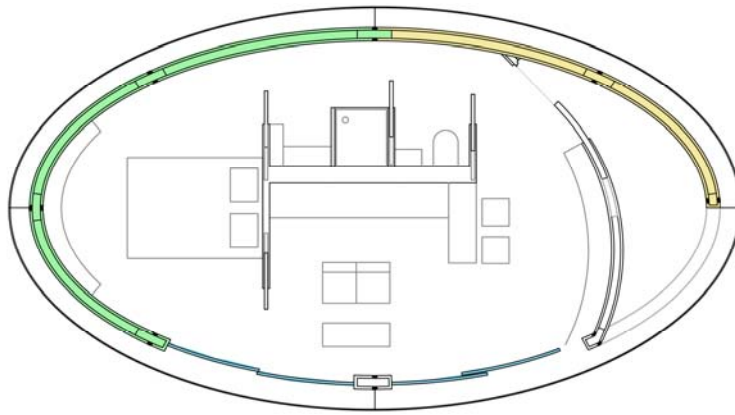


Der Boden im Innenraum besteht im Fall des Cocoon-Hot aus einer Holzlattung mit Trittschalldämmung, um einen natürlichen Kontrast zu den anderen anorganischen Materialien zu bilden. Es soll ein Stück Natur in den Raum geholt werden.

SYSTEM

Der Eingangsbereich ist mit den Photovoltaikzellen nach Süden ausgerichtet, während die die Fensterfront im Wohnbereich Richtung Westen zeigt und möglichst lang Tageslicht bekommt. Die Sanitärräume sind morgens auf der Ostseite durch transluzente Integralschaumpaneele belichtet. Paneele der Variante_03 befinden sich jeweils an den Fußpunkten und am Kuppelring direkt unter den Solarzellen. Querlüften ist durch diese Anordnung problemlos möglich.

¹⁹ Vgl. Seite 16 - 22



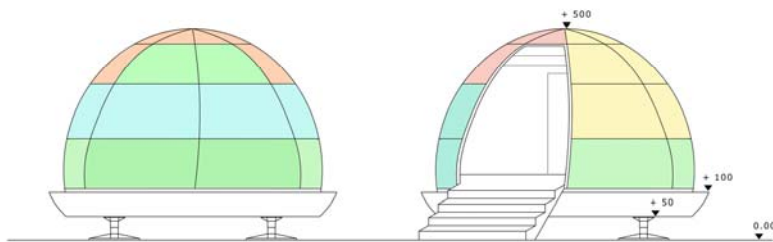
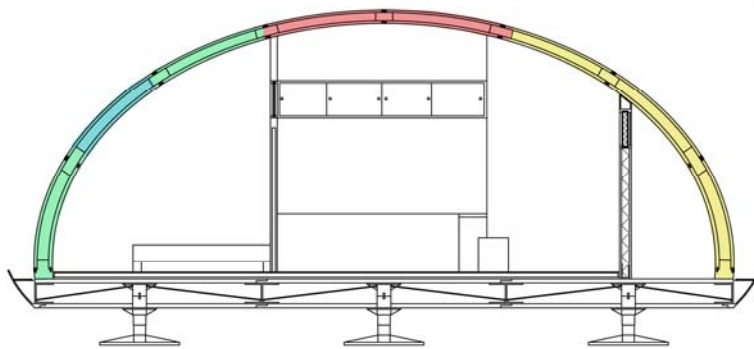
GRUNDRISS

(die Farben der Paneele entsprechen den der Skizzen auf Seite 116-117)



LÄNGSSCHNITT

Die Frischluft streicht am Fußpunkt über den Wasserspeicher, die dadurch entstehende Verdunstungskälte kühlt die zuströmende Luft zusätzlich

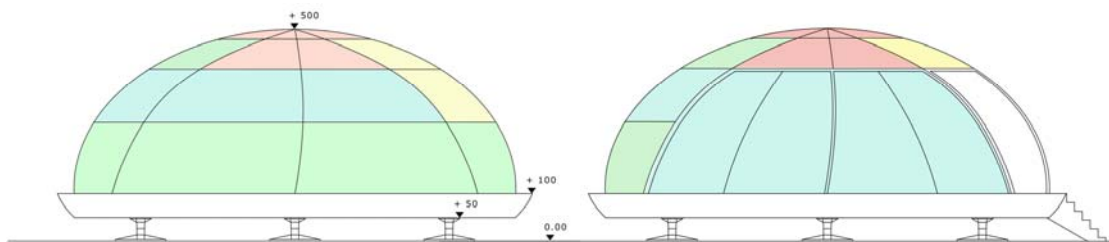


NORDANSICHT

SÜDANSICHT

ANSICHTEN

Die Farben verdeutlichen die Lage der Fassadenelemente



OSTANSICHT

WESTANSICHT

2.3 C@COON COLD



LAGE/KLIMA

Grönland befindet sich zu größtem Teil in der polaren Klimazone. Im Süden zählt ein schmaler Streifen zum subpolaren Klima. Der Cocoon-Cold steht im Süd-Osten auf dem so genannten Innlandeis (Gletscherregion, ganz jährlich gefrorener Boden) im Bereich des polaren Klimas. Kennzeichen für dieses Klima sind der Polartag und die Polarnacht. Das Ereignis des Polartages beginnt am 21. Juni. Ab diesem Zeitpunkt wandert die Sonne drei Monate nicht mehr unter den Horizont. In diesem Zeitraum kommt es in vielen Regionen zu sogar zweistelligen Plusgraden. Vor allem Westen ist dies zu beobachten, da diese für Grönland warmen Wetterbedingungen durch den Golfstrom unterstützt werden. Im Gegensatz dazu steht die Polarnacht mit drei Monate langer Dunkelheit. Sie beginnt für den Nordpol am 21. Dezember der Wintersonnenwende. Während dieser Zeit sinken die Temperaturen auf bis zu -30C° . Der normale Durchschnitt liegt zwischen $+6\text{C}^{\circ}$ und -17C° . Für die Region in der sich das Projekt befindet sind 2004 Rekordschneefälle gemessen worden²⁰. Allerdings geht der Trend in Richtung Klimaerwärmung. Jährlich schmilzt die drei Kilometer dicke Eisdecke immer weiter ab. Ein wichtiger Faktor ist hier die Reflektionsfähigkeit des Eises. Sonnenstrahlen werden mehrfach reflektiert und erwärmen somit eine größere Fläche.

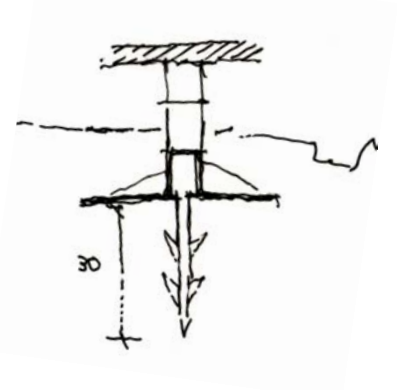


Abb. 2.2.1 | GEGENSÄTZE

KONZEPT

Da sich kaum Vegetation im Bereich des Innlandeises halten kann, ist der Cocoon-Cold Stürmen schutzlos ausgesetzt. Eine Verankerung im Boden ist daher besonders wichtig. Der für dieses Projekt ausgewählt Stützfuß wird mit dem Eis verfroren. Die Stütze ist an ihrem Fußpunkt zu diesem Zweck nicht nur mit einem breiten Standteller ausgestattet. Es ist auch eine Art Pfahl mit Widerhaken integriert. Um die Verankerung herzustellen, werden 30 cm tiefe Aussparungen in den

SKIZZE STÜTZENPROFIL



²⁰ Scinexx das online Wissensmagazin, www.g-o.de/wissen-aktuell-2112-2004-12-21.html, 21.12.2004

vereisten Boden geschlagen. Nachdem die Stützen platziert sind, werden die Löcher mit nassem Erdreich und Wasser aufgefüllt. Auf diese Weise frieren die Stützen im Untergrund fest.

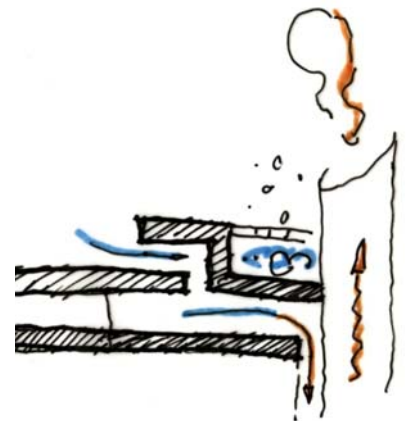
Der Cocoon-Cold muss zwei extreme Phasen überstehen. Die Polarnacht und den Polartag.

Während der drei Monate durchgängigen Sonnenscheins wird wie beim Cocoon-Hot die Elektrizität über nach Süd-Westen ausgerichtete Photovoltaikzellen erzeugt. Die in Richtung Süden zeigenden großen Festverglasungen befinden sich an der gleichen Stelle wie die Schiebetüren beim Projekt zuvor. Mit zweifacher Isolierverglasung und einer Aerogelschicht sind an dieser Stelle die solaren Einträge während des Polartages besonders hoch und wärmen somit den gesamten Wohnraum. Im Schlaf- und Sanitärbereich sorgt ein aus transluzenten Integralschaumstoffplatten bestehender Oberlichterling für Licht. Für das kalte Klima muss das Fassaden-Element allerdings wieder in seiner Grundstruktur variiert werden. So befindet sich die Dämmebene hier auf der Innenseite der Paneele. Ausgenommen den Bereich der Verglasung und der Oberlichte sind Schaumplatten an der Innenseite der Fassade angebracht. Zusätzlich ist der leere Zwischenraum, der beim Cocoon-Hot für Durchlüftung gesorgt hat mit einer Vakuumdämmung befüllt. Auch im Außenbereich sind wiederum die Integralschaumstoffplatten angewandt. Im oberen Bereich der Kuppel befinden sich nahe dem Abluftschacht zwei Belüftungselemente. Sie unterscheiden sich insofern von den restlichen Paneelen, als dass hier die Vakuumdämmung fehlt, und die Äußere Schaumplatte eine Fuge freilässt, die allerdings in horizontaler Richtung abgedeckt ist. Auf diese Weise wird die Frischluft am Abluftschacht vorbeigeführt und wird vorgeheizt.

Der Stauraum unter dem Gebäude dient als Speicher für Holzpellets, mit denen der Innenraum geheizt wird. Die Abwärme dieses Ofens wird am Scheitelpunkt der Kuppel nach außen abgeführt. An dieser Stelle dient sie dazu Schnee für den Brauchwasserbedarf zu schmelzen. Um ein erneutes Gefrieren des Wassers zu vermeiden wird dieses in der Wand hinter der Küche (Herd, Kochfeld) und dem

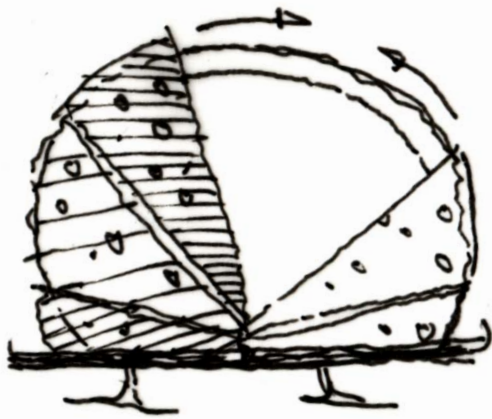


ALUMINIUMROST

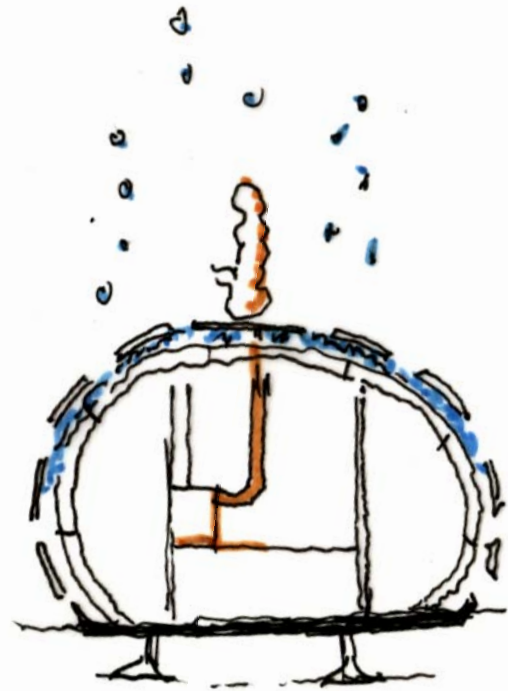


ZULUFTSYSTEM

Ofen eingelagert. Um den Schnee an der Schmelzstelle zu sammeln sind die Fassadenpaneele hier mit einem Aluminiumrost überdeckt. Das gleiche System kommt dem Cocoon-Cold auch in der Polarnacht zu Gute. Für diese drei Monate kann über jeden der Fassadenringe ein Aluminiumrost hochgezogen werden. Der sich darunter sammelnde Schnee fungiert als natürliche Dämmschicht. Lediglich die Festverglasung bleibt frei.



ALUMINIUMROSTSYSTEM



FUNKTIONSSKIZZE



3. Literaturverzeichnis

Der Klimawandel und seine Konsequenzen für die Architektur

- 01) Boughdah/Sharples: ToA 2 - Environment, Technology and Sustainability, Taylor & Francis, London, 2009
- 02) Dahl, Torben: Climate and Architecture, Routledge, Abingdon, 2010
- 03) Konya/Vandenberg: Design Primer for Hot Climates, Archimedia Press, UK, 2011
- 04) Roaf/Crichton/Nicol: Adapting Buildings and Cities for Climate Change, Elsevier Ltd., Oxford, 2009
- 05) Paredes Benitz/Sánchez Vidiella: Small ECO Houses – Living Green Style, Universe Publishing, New York, 2010

Projektbezogen

Bauen in kalten Regionen

Mammut und Permafrost Museum

- 01) www.baunetz.de/meldungen/Meldungen_New_Yorker_Architekten_bauen_Museum_in_Sibirien_28024.html
- 02) <http://de.wikipedia.org/wiki/Jakutsk>
- 03) www.leeser.com/
- 04) www.core.form-ula.com/2008/03/28/balmori-associates-and-leeser-architecture/
- 05) www.yakutiatoday.com/events/inter_wmm_contest.shtml
- 06) <http://blog.2modern.com/2007/08/world-mammoth-a.html>
- 07) <http://enr.construction.com/news/buildings/archives/070815.asp>
- 08) www.stern.de/wissen/natur/sibirien-expedition-bei-sternde-jakutsk-stadt-auf-ewigem-frost-528955.html?eid=527177

Ski Haus in den Bergen der Schweiz

- 01) Horden, Richard: Micro Architecture, Thames & Hudson, London, 2008, Seite 116-119
- 02) Richardson Dietrich: Big Ideas XS Small Buildings, Thames & Hudson, London, 2001, Seite 172-177
- 03) Slavid, Ruth: Micro Very Small Buildings, Laurence King Publishing, London, 2007, Seite 10-11
- 04) Rawlings/Abel, Portable Houses, Gibbs Smith Pub, 2004, Seite 88
- 05) Klasz, Walter: "SkiHaus" – Experimentelle Prototypforschung, Detail, 12/2004, Seite 32
- 06) www.hcla.co.uk
- 07) www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima.html
- 08) www.hellotrade.com/orcon-aerospace/
- 09) http://129.187.114.214/Richardkorrespondenz/Peak_Lab.PDF
- 10) www.pont.co.at/ss2006_current_issues_in_digital_architecture_up9925967.pdf

Bahntrasse von Peking nach Lhasa

- 01) www.globotrain.ch/bahnreisen_individuell/tibet/lhasabahn
- 02) [www.abendblatt.de/politik/ausland/article405526/
Mit-der-Eisenbahn-bis-auf-das-Dach-der-Welt.html](http://www.abendblatt.de/politik/ausland/article405526/Mit-der-Eisenbahn-bis-auf-das-Dach-der-Welt.html)
- 03) www.chinabahn.com/zug-nach-tibet/zug-information/tibet-eisenbahn.html
- 04) www.nzz.ch/magazin/reisen/abenteuer_auf_schienen_1.683873.html
- 05) <https://ndtponton.wordpress.com/2008/12/03/tibetbahn-grundung-auf-permafrostboden/>
- 06) www.drehscheibe-foren.de/foren/read.php?17,4849377
- 07) www.tibettraintravel.com/TangulaTrain.htm
- 08) http://shanghaiist.com/2007/03/04/beijinglhasa_ra.php
- 09) www.answers.com/topic/qingzang-railway
- 10) www.gasworld.com/news.php?a=1386
- 11) <http://de.wikipedia.org/wiki/Lhasa-Bahn>
- 12) www.geo.de/GEO/technik/5043.html?p=2
- 13) [www.faz.net/s/RubFC06D389EE76479E9E76425072B196C3/
Doc~E682B398A0D96488E920574B103620F61~ATpl~Ecommon~Sspezial.html](http://www.faz.net/s/RubFC06D389EE76479E9E76425072B196C3/Doc~E682B398A0D96488E920574B103620F61~ATpl~Ecommon~Sspezial.html)

- 14) www.guardian.co.uk/world/2005/sep/20/china.jonathanwatts
- 15) www.wired.com/wired/archive/14.07/chinarail.html?pg=2&topic=chinarail&topic_set=

Halley VI

- 01) www.polarfield.com/blog/tag/antarctica/
- 02) www.cibse.org/index.cfm?go=page.view&item=619
- 03) www.detail.de/artikel_research-station-antarctic-faber_22278_En.htm
- 04) www.architectural-review.com/skill-/halley-vi-antarctic-research-station-by-hugh-broughton-architects-brunt-ice-self-antarctica/8603050.article
- 05) www.joyceandreddington.com/case-studies/halley-vi/
- 06) http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_Antarctica
- 07) www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/
- 08) Slavid, Ruth: Extreme Architecture, Laurence King Publishing, London, 2009, Seite 96-99

Delta Shelter

- 01) www.archiplanet.org/wiki/Delta_Shelter,_Mazama,_Washington
- 02) <http://stashpocket.wordpress.com/?s=delta+shelter>
- 03) www.gapua.net/modern-delta-shelter-design-by-olson-sundberg-kundig-allen-architects/
- 04) www.dailytonic.com/delta-shelter-in-mazama-usa-by-olson-sundberg-kundig-allen-architects/
- 05) <http://us.arqa.com/index.php/en/architecture/delta-shelter-in-mazama-washington.html>
- 06) www.slideshare.net/lorena_k/material-grfico-u22010
- 07) www.replacementcontractoronline.com/industry-news-print.asp?sectionID=282&articleID=304692
- 08) www.climate-charts.com/USA-Stations/WA/WA455133.php
- 09) http://en.wikipedia.org/wiki/Mazama,_Washington09
- 10) http://en.wikipedia.org/wiki/Cascade_Range
- 11) www.derreisefuehrer.com/country/306/climate/Nordamerika/Washington-State.html
- 12) Slavid, Ruth: Extreme Architecture, Laurence King Publishing, London, 2009, Seite 60-63

Bauen in heißen Regionen

Naga Museum

- 01) www.aegyptisches-museum-berlin-verein.de/e01story.php?news_id=44
- 02) www.dradio.de/dkultur/sendungen/thema/839569/
- 03) www.iten-online.ch/klima/afrika/sudan/wadi_halfa.htm
- 04) Museo de Naga, Márquez Cecilia, Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 250-253
- 05) [www.dafg.eu/index.php?id=125&tx_ttnews\[pS\]=1295700860&tx_ttnews\[tt_news\]=160&tx_ttnews\[backPid\]=24&cHash=5e247a5c56](http://www.dafg.eu/index.php?id=125&tx_ttnews[pS]=1295700860&tx_ttnews[tt_news]=160&tx_ttnews[backPid]=24&cHash=5e247a5c56)

Schulerweiterung Dano

- 01) www.kere-architecture.com/bf/bf_201.html
- 02) <http://tectonicablog.com/?p=3464>
- 03) http://greensource.construction.com/green_building_projects/2010/1005_DanoSecondarySchool.asp
- 04) www.archi-europe.com/architect-905-Ig3-Di%E9b%E9do_Francis_K%E9r%E9_.html
- 05) www.gleeds.tv/index.cfm?video=713
- 06) http://de.wikipedia.org/wiki/Burkina_Faso#Klima
- 07) <http://openarchitecturenetwork.org/projects/707>
- 08) Slavid, Ruth: Extreme Architecture, Laurence King Publishing, London, 2009, Seite 46-51

Haus Aloni

- 01) www.deca.gr/#/en/project/265
- 02) www.homedesignfind.com/architecture/earth-sheltered-housing-for-our-future-climates/
- 03) www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/
- 04) www.landesmuseum.at/pdf_frei_remote/ANNA_98BS_0237-0278.pdf
- 05) <http://www.pida.si/history.htm>

- 06) www.klett.de/sixcms/list.php?page=miniinfothek&miniinfothek=Geographie+Infothek&article=Infoblatt+Subtropische+Klimazone
- 07) www.sonnenlaender.de/griechenland/klima-griechenland/klimatabellen-Antiparos/

RR House

- 01) www.homedesignfind.com/architecture/mosquito-net-facade-defines-rr-casa-designed-for-tropical-brazil/
- 02) www.andrademoretin.com.br/
- 03) www.treehugger.com/files/2008/02/rr_house_by_and.php
- 04) www.floornature.com/architettura_sostenibile.php?id=14&sez=21
- 05) www.wallpaper.com/gallery/architecture/house-rr-sao-paolo/17050219/14112#nav
- 06) www.housedesignnews.com/home-design-ideas/rr-house-by-andrade-morettin-architects-in-brazil/
- 07) <http://tecnohaus.blogspot.com/2008/01/residencia-rr-andrade-morettin.html>
- 08) Slavid, Ruth: Extreme Architecture, Laurence King Publishing, London, 2009, Seite 16-21
- 09) www.m-forkel.de/klima/subost.html
- 10) Duran/Schleifer: Prefab Houses, Evergreen GmbH, Köln, 2009, Seite 88-97

Simpson-Lee House

- 01) <http://vimeo.com/8298772>
- 02) <http://vimeo.com/11068142>
- 03) www.mtwilson.com.au/
- 04) Beck/Cooper: Glenn Murcutt - A singular architectural practice, The Images Publishing Group, Australien, 2002
- 05) Fromonot, Françoise: Glenn Murcutt - Bauten und Projekte, Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin, 1995
- 06) Jonathan Chancellor: Murcutt reclaims a masterpiece, The Sydney Morning Herald Online, 13.06.2009, www.smh.com.au/national/murcutt-reclaims-a-masterpiece-20090612-c64g.html

4. Abbildungsverzeichnis

Der Klimawandel und seine Konsequenzen für die Architektur

- Abb. 00 www.global2000.at/site/de/aktivitaeten/klima/klimaschutzgesetz/
- Abb. 01 www.luxuryhomedigest.com/files/2009/01/iglu-dorf-best.jpg
- Abb. 02 www.godsmurf.com/albums/2009-05-Morocco/pics/6/1054-Kasbah-Said-Arabi.JPG
- Abb. 03 Dahl, Torben: Climate and Architecture, Seite 29, Routledge, London, 2010
- Abb. 04 www.klett.de/sixcms/media.php/76/klimazonen_neef.jpg
- Abb. 05 Bougdah/Sharples: Enviroment, Technology and Sustainability, Seite 10, Taylor & Francis, London, 2009
- Abb. 06 www.greenpeace.at/klimawandel.html
- Abb. 07 <http://shl.dk/eng/#/home>
- Abb. 08 www.steko.ch/EN/einfamilien_en.html#greenland
- Abb. 09 <http://shl.dk/eng/#/home>
- Abb. 10 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging enviroments, Seite 22, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 11 http://casasegura.us/?q=en/project_description/prototype
- Abb. 12 <http://casasegura.us/?q=en/pictograms>
- Abb. 13 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging enviroments, Seite 23, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 14 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging enviroments, Seite 23, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 15 Skizzen, Verfasserin, 2011
- Abb. 16 Bearbeitete Weltkarte, Ursprungsbild: www.ib-rauch.de/agestalt/klimazonen01.gif, Verfasserin, 2011

Aktuelle Beispiele

Bauen in kalten Regionen

- Abb. 1.1.0.1 http://2modern.blogs.com/photos/uncategorized/2007/08/16/leeser_snow_big.jpg
- Abb. 1.1.0.2 Horden, Richard: Micro Architecture, Thames & Hudson, London, 2008, Seite 117, Foto Walter Klasz
- Abb. 1.1.0.3 www.imagetours.de/wpblog/wp-content/uploads/2008/MWundBahn/La_Sa_Te_Bruecke_in_der_Naehe_von_Lhasa.jpg
- Abb. 1.1.0.4 http://68.169.33.184/~polarfie/blog/wp-content/uploads/2010/01/z6module_winter_small.jpg
- Abb. 1.1.0.5 http://www.olsonkundigarchitects.com/gallery_cache/38/430_380/Delta-Shelter-TB-046.jpg

World Mammoth and Permafrost Museum

- Abb. 1.1.1.1 www.baunetz.de/meldungen/Meldungen_New_Yorker_Architekten_bauen_Museum_in_Sibirien_28024.html?bild=3
- Abb. 1.1.1.2 http://2modern.blogs.com/photos/uncategorized/2007/08/16/leeser_big_2.jpg
- Abb. 1.1.1.3 <http://www.stern.de/wissen/natur/sibirien-expedition-bei-sternde-jakutsk-stadt-auf-ewigem-frost-528955.html?eid=527177>
- Abb. 1.1.1.4 <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Klimadiagramm-Jakutsk-Russland-metrisch-deutsch.png&filetimestamp=20061013174004>
- Abb. 1.1.1.5 http://www.yakutiatoday.com/news/education_0027.shtml
- Abb. 1.1.1.6 <http://www.leeser.com/>
- Abb. 1.1.1.7 <http://www.leeser.com/>
- Abb. 1.1.1.8 http://www.core.form-ula.com/wp-content/uploads/2008/03/mosses-for-interior-gardens-balmori-associates-_mammoth-museum.jpg

- Abb. 1.1.1.9 http://www.core.form-ula.com/wp-content/uploads/2008/03/site-plan-areal-view-2-balmori-associates-_mammoth-museum.jpg
- Abb. 1.1.1.10 http://2modern.blogs.com/photos/uncategorized/2007/08/16/lesser002_2.jpg
- Abb. 1.1.1.11 <http://image.made-in-china.com/2f0j00eBMtIcgnZqzW/Silica-Gel.jpg>
- Abb. 1.1.1.12 <http://enr.construction.com/news/buildings/2007/archives/html/070815p1.asp>

Ski Haus

- Abb. 1.1.2.1 Horden, Richard: Micro Architecture, Thames & Hudson, London, 2008, Seite 117, Foto Alex Kallenberger
- Abb. 1.1.2.2 www.hcla.co.uk/index.php?id=117
- Abb. 1.1.2.3 Horden, Richard: Micro Architecture, Thames & Hudson, London, 2008, Seite 68
- Abb. 1.1.2.4 Horden, Richard: Micro Architecture, Thames & Hudson, London, 2008, Seite 8, Foto Konrad Wothe
- Abb. 1.1.2.5 www.hcla.co.uk/index.php?id=136
- Abb. 1.1.2.6 www.pont.co.at/ss2006_current_issues_in_digital_architecture_up9925967.pdf
- Abb. 1.1.2.7 www.pont.co.at/ss2006_current_issues_in_digital_architecture_up9925967.pdf
- Abb. 1.1.2.8 Horden, Richard: Micro Architecture, Thames & Hudson, London, 2008, Seite 119, Foto Alex Kallenberger
- Abb. 1.1.2.9-11 Horden, Richard, Micro Architecture: Thames & Hudson, London, 2008, Seite 118, Foto Richard Horden
- Abb. 1.1.2.12 Richardson Dietrich: Big Ideas XS Small Buildings, Thames & Hudson, London, 2001, Seite 175
- Abb. 1.1.2.13 www.pont.co.at/ss2006_current_issues_in_digital_architecture_up9925967.pdf
- Abb. 1.1.2.14 Richardson Dietrich: Big Ideas XS Small Buildings, Thames & Hudson, London, 2001, Seite 175

Bahntrasse von Peking nach Lhasa

- Abb. 1.1.3.1 www.maya-travels.com/images/china/tibet-bahn.jpg
- Abb. 1.1.3.2 www.globotrain.ch/bahnreisen_individuell/tibet/lhasabahn
- Abb. 1.1.3.3 www.tibettraintravel.com/TangulaTrain.htm
- Abb. 1.1.3.4 www.tibettravelplanner.com/train-pictures.htm
- Abb. 1.1.3.5 www.tibettravelplanner.com/train-pictures.htm
- Abb. 1.1.3.6 www.bitrot.de/travel_asia_tibet.html
- Abb. 1.1.3.7 www.tibettravelplanner.com/train-pictures.htm
- Abb. 1.1.3.8 www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/gallery/2006/07/04/GA2006070400034.html
- Abb. 1.1.3.9 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/a/a0/Qinghai-Tibet_Railway_Vertical_Sectional_Diagram.png
- Abb. 1.1.3.10 Systemskizze, Verfasserin, 2011
- Abb. 1.1.3.11 Systemskizze, Verfasserin, 2011
- Abb. 1.1.3.12 <http://ndtponton.files.wordpress.com/2008/12/cimg0151.jpg>
- Abb. 1.1.3.13 <http://ndtponton.files.wordpress.com/2008/12/cimg0150.jpg>
- Abb. 1.1.3.14 <http://ndtponton.files.wordpress.com/2008/12/cimg01521.jpg>
- Abb. 1.1.3.15 Systemskizze, Anja Schulz
- Abb. 1.1.3.16 www.wired.com/wired/images.html?issue=14.07&topic=chinarail&img=3

Forschungsstation Halley VI

- Abb. 1.1.4.1 www.joyceandreddington.com/case-studies/halley-vi/
- Abb. 1.1.4.2 www.architecturecentre.co.uk/assets/images/exhibition_fullsize_image/exhib_RIBA175_fullsize_Halley.jpg
- Abb. 1.1.4.3 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Antarctica_ice_shelves.gif
- Abb. 1.1.4.4 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/rsigyhut.jpg

- Abb. 1.1.4.5 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/halleyiii_build.jpg
- Abb. 1.1.4.6 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/halleyv.jpg
- Abb. 1.1.4.7 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/module_tow.jpg
- Abb. 1.1.4.8 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 99, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.1.4.9 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/site_layout.jpg
- Abb. 1.1.4.10 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/site_layout.jpg
- Abb. 1.1.4.11 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/leg_panels.jpg
- Abb. 1.1.4.12 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/stage7.jpg
- Abb. 1.1.4.13 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 99, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.1.4.14 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/Moving_A.JPG
- Abb. 1.1.4.15 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 97, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.1.4.16 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 98, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.1.4.17 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/documents/elevations.pdf
- Abb. 1.1.4.18 www.joyceandreddington.com/pdfs/halley.pdf
- Abb. 1.1.4.19 www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/stage6b.jpg
- Abb. 1.1.4.20 www.joyceandreddington.com/pdfs/halley.pdf
- Abb. 1.1.4.21 www.joyceandreddington.com/pdfs/halley.pdf

Delta Shelter

- Abb. 1.1.5.1 www.olsonkundigarchitects.com/gallery_cache/38/800_600/Delta-Shelter-TB-056.jpg
- Abb. 1.1.5.2 www.olsonkundigarchitects.com/gallery_cache/38/430_380/Delta-Shelter-TB-055.jpg
- Abb. 1.1.5.3 www.slideshare.net/lorena_k/material-grfico-u22010
- Abb. 1.1.5.4 www.olsonkundigarchitects.com/Projects/38/Delta-Shelter#
- Abb. 1.1.5.6-8 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 61, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.1.5.9 <http://us.arqa.com/index.php/en/architecture/delta-shelter-in-mazama-washington.html>
- Abb. 1.1.5.10 <http://us.arqa.com/index.php/en/architecture/delta-shelter-in-mazama-washington.html>
- Abb. 1.1.5.11 <http://us.arqa.com/index.php/en/architecture/delta-shelter-in-mazama-washington.html>
- Abb. 1.1.5.12 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 62, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.1.5.13 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 62, Laurence King Publishing, London, England, 2009

Bauen in heißen Regionen

- Abb. 1.2.0.1 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 252
- Abb. 1.2.0.2 http://2.bp.blogspot.com/_TGAsUKrVY4o/SjRY-QxmSDI/AAAAAAAAAbU/gH7cbAKMKow/s1600-h/30+Francis+Kere+%282%29.jpg
- Abb. 1.2.0.3 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/04/Aloni_House3.jpg
- Abb. 1.2.0.4 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/03/RR_Casa7.jpg
- Abb. 1.2.0.5 www.tokyoartbeat.com/tablog/entries.en/wp-content/uploads/2008/07/glenmurcutt4.jpg

Museumsprojekt in Naga

- Abb. 1.2.1.1 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 253
- Abb. 1.2.1.2 www.aegyptisches-museum-berlin-verein.de/bilder/g_l_chipperfield_in_naga_marz08_03.jpg
- Abb. 1.2.1.3 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 252
- Abb. 1.2.1.4 <http://kitherring.files.wordpress.com/2009/10/sudan-village1.jpg>
- Abb. 1.2.1.5 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 252
- Abb. 1.2.1.6 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 253
- Abb. 1.2.1.7 Skizze, Verfasserin, 2011
- Abb. 1.2.1.8 Skizze, Verfasserin, 2011
- Abb. 1.2.1.9 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 253
- Abb. 1.2.1.10 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 253
- Abb. 1.2.1.11 Museo de Naga, Márquez/Cecilia/Levene, El Croquis, Band 150 – David Chipperfield, Madrid, 2010, Seite 253

Schulerweiterung in Gando

- Abb. 1.2.2.1 www.oecd.org/document/38/0,3746,en_21571361_39789995_46322150_1_1_1_1,00.html
- Abb. 1.2.2.2 www.kere-architecture.com/bf/bf_201.html
- Abb. 1.2.2.3 www.kere-architecture.com/bf/bf_201.html
- Abb. 1.2.2.4 www.kere-architecture.com/bf/bf_001.html
- Abb. 1.2.2.5 [www.imagineschooldesign.org/detail.html?&tx_ttnews\[swords\]=gando&tx_ttnews\[tt_news\]=129&tx_ttnews\[backPid\]=5&cHash=04b772f8f2](http://www.imagineschooldesign.org/detail.html?&tx_ttnews[swords]=gando&tx_ttnews[tt_news]=129&tx_ttnews[backPid]=5&cHash=04b772f8f2)
- Abb. 1.2.2.6 www.kere-architecture.com/bf/bf_201.html
- Abb. 1.2.2.7 www.tectonicablog.com/docs/tectonica_kere_dano.pdf, Seite 3
- Abb. 1.2.2.8 www.tectonicablog.com/docs/tectonica_kere_dano.pdf, Seite 2
- Abb. 1.2.2.9 http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2009/12/dano_school-extension_plan_1to200.jpg
- Abb. 1.2.2.10 <http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2009/12/transport-to-the-site.jpg>
- Abb. 1.2.2.11 www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Expertenrunde_in_Berlin_zum_Schulbau_793337.html?bild=2
- Abb. 1.2.2.12 www.kere-architecture.com/bf/bf_201.html
- Abb. 1.2.2.13 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 48, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.2.2.14 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 48, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.2.2.15 Slavid, Ruth: Extreme Architecture – Building for challenging environments, Seite 49, Laurence King Publishing, London, England, 2009
- Abb. 1.2.2.16-18 www.kere-architecture.com/bf/bf_002.html

Haus Aloni

- Abb. 1.2.3.1 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/04/Aloni_House1.jpg
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.2 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/04/Aloni_House4.jpg
(14.04.20011)

- Abb. 1.2.3.3 www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/aloni_13/ (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.4 www.kinkaa.de/archiv/package/review/Mantalena_Hotel_Antiparos_Griechenland.php
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.5 www.kinkaa.de/archiv/package/review/Mantalena_Hotel_Antiparos_Griechenland.php
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.6 www.deca.gr/#/en/project/265 (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.7 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/04/Aloni_House7.jpg
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.8 www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/aloni_site-plan/ (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.9 www.deca.gr/#/en/project/265 (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.10 www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/aloni_aerial/ (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.11 www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/aloni_interior/ (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.12 www.architonic.com/ntsht/camouflage-architecture-underground-buildings/7000497
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.13 www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/3_aloni_plan-2/ (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.14 www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/3_aloni_plan/ (14.04.20011)
- Abb. 1.2.3.15 www.archdaily.com/45925/aloni-decaarchitecture/4_aloni_elevation/ (14.04.20011)

House RR

- Abb. 1.2.4.1 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/03/RR_Casa1.jpg (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.2 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/03/RR_Casa3.jpg (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.3 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/SaoPaulo_Municip_SaoPaulo.svg
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.4 www.top-wetter.de/klimadiagramme/suedamerika/83781.htm (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.5 www.wallpaper.com/gallery/architecture/house-rr-sao-paolo/17050219/14112#14114
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.6 http://1.bp.blogspot.com/_aZt2c3fWlp8/SJT0aregvxl/AAAAAAAAABes/9kLpxs2MzZ4/s0-R/08%5B1%5D.jpg (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.7 www.andrademoretin.com.br/en_site_pop.html (14.04.20011)

- Abb. 1.2.4.8 www.andrademorettin.com.br/en_site_pop.html (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.9 www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2010/03/RR_Casa2.jpg (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.10 http://1.bp.blogspot.com/_aZt2c3fWlp8/SJT1LZzZrtI/AAAAAAAABg8/fxcpV4_rwbl/s0-R/Imagen5.jpg (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.11 www.flashearth.com/?lat=-23.45&lon=-45.071389&z=15&r=0&src=ggI (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.12 http://3.bp.blogspot.com/_aZt2c3fWlp8/SJT1DFsghYI/AAAAAAAABgk/g8WOI9osj0E/s0-R/Imagen2.jpg (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.13 http://2.bp.blogspot.com/_aZt2c3fWlp8/SJT1CH83O9I/AAAAAAAABgc/VCQGkTYCd1k/s0-R/Imagen1.jpg (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.14 www.andrademorettin.com.br/en_site_pop.html (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.15 www.andrademorettin.com.br/en_site_pop.html (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.16 www.andrademorettin.com.br/en_site_pop.html (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.17 www.andrademorettin.com.br/en_site_pop.html (14.04.20011)
- Abb. 1.2.4.18 www.andrademorettin.com.br/en_site_pop.html (14.04.20011)

Simpson-Lee House

- Abb. 1.2.5.1 www.wallpaper.com/gallery/architecture/glenn-murcutt-architect/17050240/6 (14.04.20011)
- Abb. 1.2.5.2 Beck/Cooper: Glenn Murcutt - A singular architectural practice, The Images Publishing Group, Australien, 2002, Seite 126
- Abb. 1.2.5.3 <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/be/GrampiansTreesAfterBushfire.jpg> (14.04.20011)
- Abb. 1.2.5.4 www.pushpullbar.com/forums/showthread.php?745-Simpson-Lee-House-Glenn-Murcutt (14.04.20011)
- Abb. 1.2.5.5 Beck/Cooper: Glenn Murcutt - A singular architectural practice, The Images Publishing Group, Australien, 2002, Seite 125
- Abb. 1.2.5.6 Fromonot, Françoise: Glenn Murcutt - Bauten und Projekte, Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin, 1995, Seite 138
- Abb. 1.2.5.7-9 www.pushpullbar.com/forums/showthread.php?745-Simpson-Lee-House-Glenn-Murcutt (14.04.20011)

- Abb. 1.2.5.10 Fromonot, Françoise: Glenn Murcutt - Bauten und Projekte, Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin, 1995, Seite 138
- Abb. 1.2.5.11 www.pushpullbar.com/forums/showthread.php?745-Simpson-Lee-House-Glenn-Murcutt
(14.04.20011)
- Abb. 1.2.5.12 http://1.bp.blogspot.com/_RMZIUrxQVE/S2zciPvGMWI/AAAAAAAAAiA/TkydJGUWJgc/s1600-h/Marsh_Michael_Assignment1D_2_SectionalAnalysis.png
(14.04.20011)

Konzept für ein klimavariablen System

- Abb. 2.1.1 www.klimadiagramme.de/Samerika/fortaleza.html
- Abb. 2.1.2 www.iscadosol.com/images/Imagesgross/Guaramiranga1.jpg
- Abb. 2.2.1 www.br-online.de/wissen/umwelt/klimawandel-in-der-arktis-DID1200044196411/groenland-arktis-klimawandel-ID1220620638654.xml

Alle unbeschrifteten Grafiken dieses Abschnitts stammen von der Verfasserin.

Deutsche Fassung:
Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008
Genehmigung des Senates am 1.12.2008

EIDESSTÄTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....
(Unterschrift)

Englische Fassung:

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....
date

.....
(signature)