

VOM BAUEN IN BÄUMEN

DIPLOMARBEIT

Zur Erlangung des akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin

Studienrichtung: Architektur
Sabine Lehner

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät für Architektur

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Arch. Dr.sc.ETH Urs Leonhard Hirschberg
Institut für Architektur und Medien

Co-Betreuer: Dipl.-Ing. Christian Freißling
Institut für Architektur und Medien

Mai 2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig 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)

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)

VORWORT

Die Grundlage der vorliegenden Diplomarbeit bildet die Ausschreibung eines internationalen Architekturwettbewerbs.

ArchTriumph™ hat im November 2013 mit einem englischsprachigen Ideenwettbewerb unter dem Titel „Triumph Architectural TreeHouse Award“ zum Entwurf eines zeitgenössischen Baumhauses als Refugium für ein berufstätiges, in einer hektischen städtischen Umgebung lebendes Pärchen aufgerufen.

INHALT

EINLEITUNG

WETTBEWERBSAUSZUG

- 21- DESIGN CHALLENGE
- 21- DESIGN CRITERIA

BÄUME

- 26- WAS SIND BÄUME?
- 27- ENTWICKLUNG
- 28- AUFBAU UND MERKMALE
- 38- WACHSTUM
- 42- GEFAHREN UND FEINDE
- 52- DER EINFLUSS DER BÄUME

BAUM UND MENSCH

WOHNEN IN BÄUMEN

- 68- GESCHICHTE DER BAUMHAUSARCHITEKTUR

PLANUNGSGRUNDLAGEN FÜR BAUMHÄUSER

- 78- BAUMBEURTEILUNG
- 79- ÜBERPRÜFUNG DER VITALITÄT
- 82- STANDSICHERHEIT UND BAUMSTATIK
- 83- STATISCHE DEFIZITE
- 94- ÜBERPRÜFUNG DER STANDSICHERHEIT
- 95- BEFESTIGUNGSTECHNIKEN FÜR BAUMHÄUSER

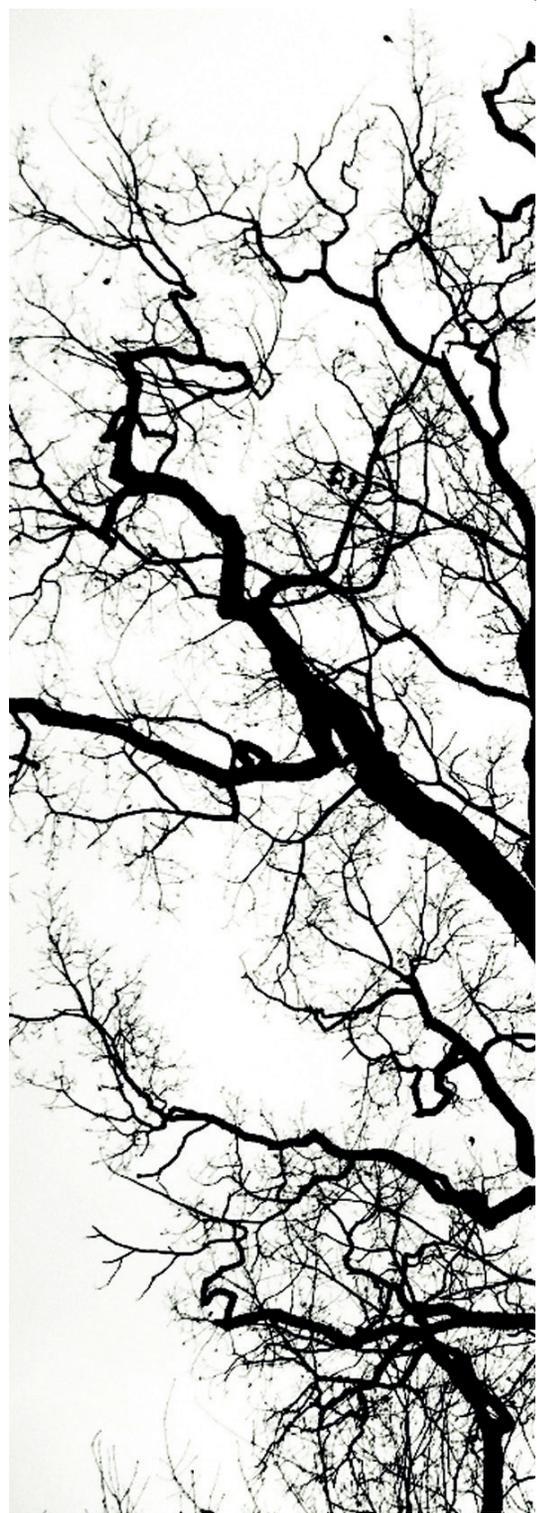
REFERENZPROJEKTE

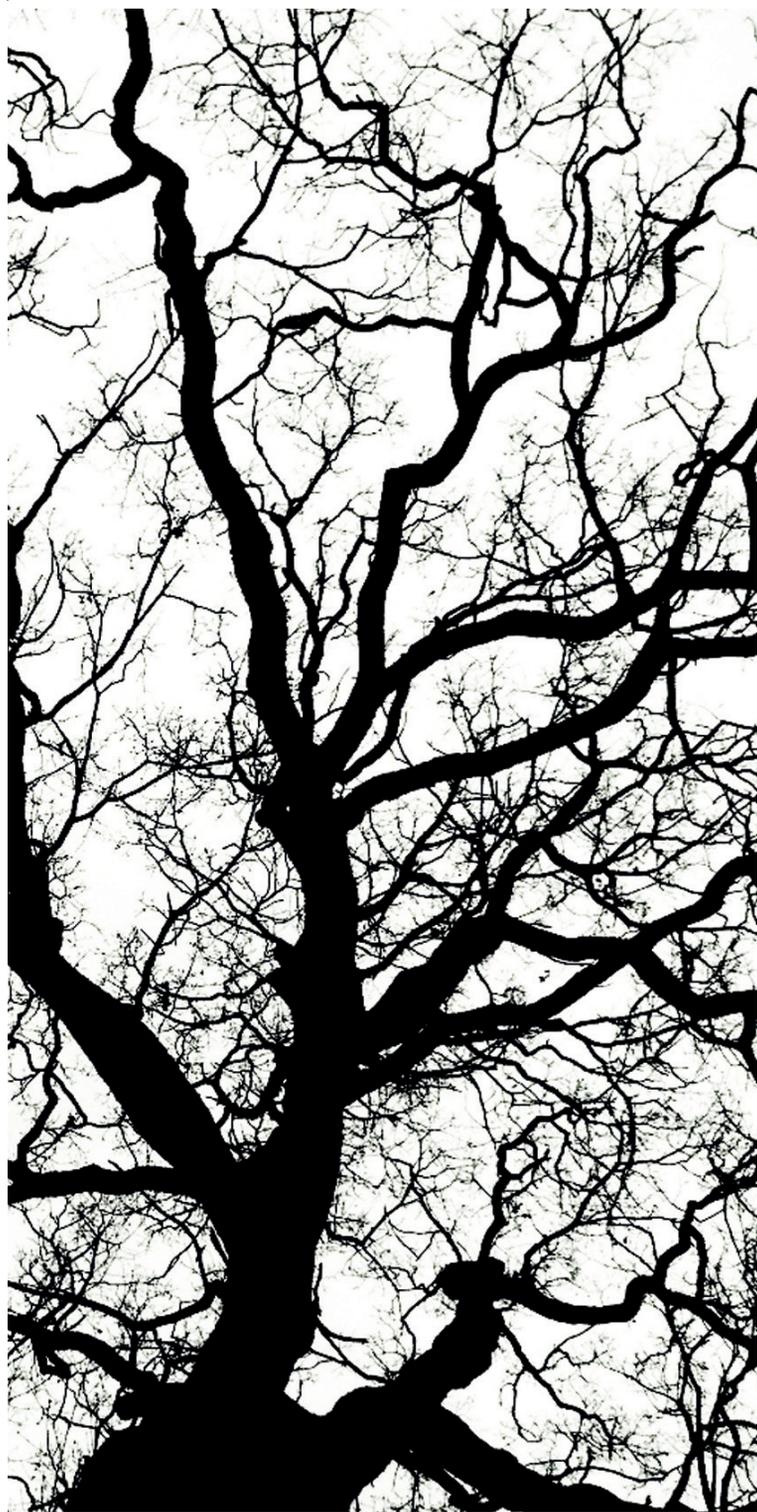
PROJEKT

- 119- KONZEPT
- 124- WETTBEWERB
- 134- WETTBEWERBSANALYSE
- 144- FINALISIERUNG

SCHLUSSWORT

ANHANG





„Alles beginnt mit der Sehnsucht.“
Nelly Sachs

EINLEITUNG

Wie viele andere träumte auch ich in meiner Kindheit von einem Versteck hoch oben in den Bäumen, einem geheimen Rückzugsort zwischen Himmel und Erde, von dem aus mir die Welt zu Füßen liegt.

Bäume waren für mich immer schon faszinierende Spielplätze; ich empfand sie als Orte der Phantasie, als abenteuerlich und geheimnisvoll. Es vermittelte stets eine besondere Form der Privatsphäre und Behaglichkeit, zwischen den Ästen und inmitten der Bäume im Schutz der Blätter zu sitzen, um von hoch oben herabzuschauen und festzustellen, wie klein die Dinge sind, wenn man nur hoch genug klettert.

Als Ort zum Träumen, abseits der Hektik unserer Zeit, im engen Dialog mit der Natur verkörpert ein Baumhaus für mich viel mehr als nur einen geheimnisvollen Spielplatz aus Kindertagen. Die Vorstellung, zwischen den Bäumen zu leben, sich ein Luftschloss über dem Boden zu bauen und damit dem Himmel ein Stück näher zu kommen, übt auch heute noch eine sehr spezielle Anziehung auf mich aus.



WETTBEWERBSAUSZUG

This International Architectural TreeHouse Design Awards competition is organised by ArchTriumph and calls on Architects, Architecture Graduates, Architecture Students, Designers, Landscape Architects, Engineers, City Planner or Urbanist to enter an idea or concept for a Contemporary Treehouse for a garden, woods, park land or island retreat for a Professional City Couple. The Treehouse design should reflect sustainable principles and take into account the welfare of the tree and the environment.

The goal is to provide a contemporary architectural solution to Treehouse design which is of a high quality, functional, feasible, repeatable, elegant and reflecting the uses specified in the Competition's program. The Treehouse must protect users from the elements such as rain, sun whilst providing safe circulation, escape, relaxation and a window to nature with it's views.

Treehouses whether used for play, lodgings, dining or simple spaces of retreats are magical structures which seem to blend into nature and the landscape, be it in the woods, open pastures or mountain areas. Treehouses were all the rage among wealthy adults during the Renaissance and through 16th and 17th century Europe which contradicts some of the expectation of treehouses as play spaces constructed for children.

DESIGN CHALLENGE

The program challenges participants to design an Original Contemporary Treehouse for use by a Professional City Couple as a retreat lodging and relaxation space to be used by the couple who have very hectic professional lives in a very urban environment. This couple work very long hours and find very little time to unwind as they are constantly on the move and thinking. The new Treehouse concept must be one that is sustainability and exhibits consideration for the welfare of the tree at it's core. It must also be a design that has the possibility to being constructed. It should project an image of elegance and connection to nature in its form and aesthetics.

A Tree house design within the context of this competition should consider the following:

DESIGN CRITERIA

- Welfare of the tree*
- Aesthetics and Material*
- Comfort, Convenience, Retreat, Relaxation, Escape*
- Accessibility and Circulation*
- Safety and Security*

The program is to design an Original Contemporary Treehouse fit for use by a Professional City Couple as an escape space and retreat lodging to be used by the couple to recharge and feel close to nature. The Treehouse could be set on any mountain top, Island, woods, park or large garden landscape with great views and connection to nature. It should be a cabin that allows them to connect and enjoy nature - the daylight, moonlight, stars and the sounds of nature (waterfalls, wind, birds, insects and other natural inhabitants).

The Treehouse design must be elevated at least 2.5 meters from the ground and should include the following :

- Self-contained Treehouse module for the City Professional Couple
- Sleeping Bed, Couch, storage, bathroom with shower or bath, sink and toilet
- Small Library / Reading area with great views into nature
- Mostly Naturally light by daylight, moonlight and temperature / sky viewing control possibility e.g using insulation, windows, skylights etc.
- External Observation area - Balcony, Terrace or viewing platform enjoying the wide life and stars at night
- Good Access and Exit to the Treehouse

Total Internal Space: 20 Square Meters (Excluding External or Terrace Space) Site: Open to participants.

All designs proposal should show and detail how the Treehouse is to be supported, anchored and secured onto the Tree as part of the design consideration with the welfare of the Tree and safety of users a priority. Participants are open to suggest solution for artificial lighting, insulation, water, temperature regulation, drainage and waste disposal. ¹

¹Originalauszug aus dem Wettbewerbsprogramm gemäß den Ausschreibungsunterlagen von ArchTriumph™, zum Download bereitgestellt auf <http://www.archtriumph.com> (Stand: 05.03.2014); Anmerkung: etwaige Rechtschreib- oder Grammatikfehler wurden aus dem Original übernommen.





BÄUME

Bäume blicken auf eine lange Geschichte zurück. Es gab sie bereits, ehe erste menschenähnliche Wesen den Planeten bevölkerten. Sie haben sich im Konkurrenzkampf um Licht und Nährstoffe erfolgreich gegen andere Pflanzen durchgesetzt und dominieren seit etwa 370 Millionen Jahren das Erscheinungsbild der Erde. Bäume gehören zu den größten Lebewesen, die der Planet hervorgebracht hat. Ihr komplexer Bau, ihre kraftvolle Ausstrahlung und ihre Schönheit faszinieren den Menschen seit jeher. Auch in der Kulturgeschichte spielt der Baum eine wichtige Rolle. Märchen, Mythen und Legenden ranken sich um die grünen Giganten ebenso, wie die Poesie zahlloser Dichter. Als Verbindungsglied zwischen Himmel und Erde wurden Bäume zu allen Zeiten in verschiedensten Kulturen und Religionen als heilige Symbole verehrt.

*„Der Baum ist eines der großen Sinnbilder des Lebens, ihr [!] größtes vielleicht.“*²

² Jünger 2004, S. 291.

WAS SIND BÄUME?

Der Begriff „Baum“ ist eigentlich ein sehr willkürlicher Begriff. Botanische Klassifizierungen sagen generell sehr wenig darüber aus, ob es sich bei einer Pflanze um einen Baum, einen Strauch oder ein Kraut handelt. Zu fast allen größeren Pflanzenfamilien gehören breite Spektren an Wuchsformen. In einigen dieser Pflanzenfamilien dominieren Kräuter³, in anderen Bäume; manche Pflanzenfamilien umfassen sowohl große Bäume als auch winzige Kräuter. Je nach Umgebung und genetischem Potenzial können Bäume völlig unterschiedliche Größen erreichen. Neben dem typischen Erscheinungsbild mit hohem Stamm und verzweigten Ästen werden oft auch Palmen, Yuccas und Kakteen als Bäume bezeichnet. In der Pflanzenklassifikation gibt es einige Unterscheidungen - je nach Eigenheiten der jeweiligen Individuen lassen sich diese in Arten, Gattungen, Familien und Ordnungen einteilen.⁴

³ Kräuter sind im botanischen Sinne nicht-holzige Pflanzen.

⁴ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 18-25.

ENTWICKLUNG

Mit dem Archaeopteris entwickelte sich vor etwa 370 Millionen Jahren der erste typische Baum mit den noch heute charakteristischen Merkmalen. Er wies einen verholzten Stamm auf, Äste und Wurzelsystem ähnelten bereits denen heutiger Baumarten. Schnell bedeckte der Archaeopteris große Flächen des Landreichs, was weit reichende Folgen für das gesamte vorherrschende Ökosystem hatte, da die Pflanzen hohe Mengen an Kohlendioxid aus der Atmosphäre filterten und dadurch unter anderem die Entwicklung neuer Landtierarten ermöglichten. In immer neuen Formen breiteten sich im Laufe der darauf folgenden Zeitalter Bäume über den gesamten Globus aus. Die ersten Nadelbäume (Koniferen) existieren seit mehr als 200 Millionen Jahren und entwickelten sich in der Trias ⁵, viele der Baumarten wie wir sie heute noch kennen entstanden im Tertiär ⁶ vor ca. 65 bis 2 Millionen Jahren. Mittlerweile bilden Bäume in zahlreichen Teilen der Welt die Spitze der pflanzlichen Lebensformen, was bedeutet, dass sämtliche unkultivierte Landflächen von ihnen beherrscht werden.⁷

Sie sind die Giganten der Pflanzenwelt und Teil des menschlichen Alltags. Zweifelsohne gehören einige Baumarten zu den größten lebenden Organismen der Erde. ⁸ Schon die ersten Bärlappbäume vor etwa 330 Millionen Jahren besaßen ein tragfähiges System in Form eines verholzten Stammes, jedoch setzte sich dieser zum Großteil aus der zu 99 Prozent aus Kork bestehenden Rinde zusammen. Da Kork nicht besonders stabil ist, resultierte dieses System in enormen Stammdurchmessern. So hatte ein Baum von 30 Metern Höhe einen Durchmesser von etwa fünf Metern. Erst über die Jahrtausende entwickelte sich Holz als tragende Stütze. Da es die Belastungen durch Wind und andere Umwelteinflüsse besser tragen kann, als die wenig belastbare Rinde, entwickelte sich der Anteil der Rinde am Stamm immer mehr zurück und die Bäume konnten eine schlankere Gestalt annehmen. Der nächste Schritt in der Entwicklung

⁵ Die Trias ist der erste von drei Zeitabschnitten (Trias, Jura und Kreide) des Erdmittelalters, der vor etwa 200 Millionen endete und rund 51 Millionen Jahre dauerte. Der Trias geht das Perm voraus.

⁶ Das Tertiär ist ein Zeitabschnitt der sogenannten Erdneuzeit und folgt auf die Kreidezeit. Es begann vor 65 Millionen Jahren und endete vor etwa 2 Millionen Jahren. Die darauffolgende Periode wird Quartär genannt.

⁷ Vgl. Linford 2005, 10.

⁸ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 13.

der Bäume war das Wachsen in die Höhe. Danach begann die horizontale Ausprägung von Ästen und Verzweigungen, die sich zu Kronen weiterentwickelten. Unterschiedliche Baumarten verfolgten dabei ebenso unterschiedliche Strategien. Während manche kurzlebige Arten schneller wuchsen und dabei ihre statische Sicherheit vernachlässigten, erreichten die langsamer wachsenden Gehölze durch ihre besser ausgeprägten statischen Eigenschaften ein wesentlich höheres Lebensalter.⁹

⁹ Vgl. Schöpe 2009, 30.

AUFBAU UND MERKMALE

Ein Baum besteht aus Wurzeln, einem durch mehrere Schichten Rinde und Borke geschützten Stamm, Ästen, Zweigen und schließlich den Blättern. Die Gestalt eines Baumes ergibt sich aus seinem Bestreben, Größe sowie Fortpflanzungschancen zu maximieren. Bäume verfügen anders als Menschen und Tiere nicht über eine zentrale Kontrollinstanz wie das Nervensystem sondern über mehrere örtlich begrenzte Aufgabenbereiche.¹⁰

¹⁰ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 34.

Wurzeln

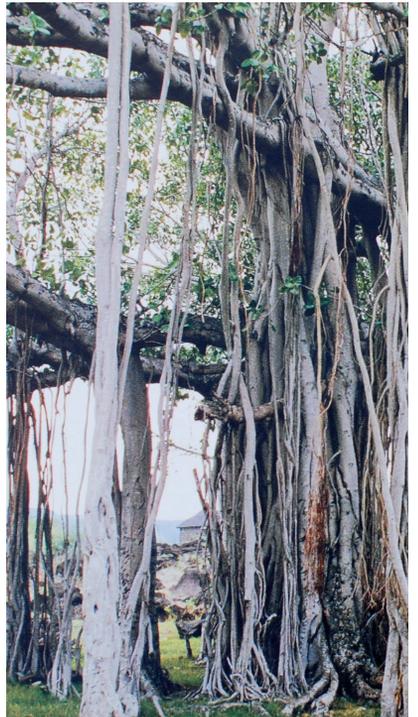
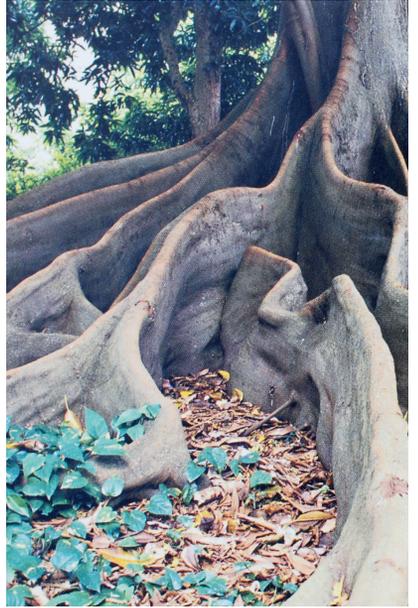
Das Wurzelsystem eines Baumes hat zwei zentrale Aufgaben: Es verankert den Baum im Boden und sichert die Versorgung mit Wasser und Mineralien aus dem Erdreich. Neben der Versorgung dienen die Wurzeln aber auch als Speicher für Nahrung und Wasser, damit der Baum für karge Zeiten Reserven zur Verfügung hat. Die meisten Baumarten verfügen über ein weit verzweigtes, großflächiges Wurzelsystem (ein sogenanntes „faseriges Wurzelsystem“), das den oberirdischen Teil der Pflanze stützt. Aufgrund der Schwerkraft wächst der Großteil der Wurzeln nach unten, weg vom Licht. An der Spitze der Wurzel liegt die sogenannte Wurzelhaube - eine Ansammlung von Zellen, die die Wurzel beim Vordringen in die Erde schützt. Mithilfe von Zellen, die direkt hinter der Wurzelspitze liegen

und schnell in die Länge wachsen können, breiten sich die Wurzeln rasch aus. Die Zellen befinden sich in ständigem Wachstum und werden kontinuierlich erneuert. Über winzige Wurzelhaare, die ebenfalls ständig erneuert werden, wird dem Boden Wasser entzogen.¹¹

¹¹ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 46.

Im Bezug auf ihre Wurzeln haben viele Baumarten besondere Strategien entwickelt, um in den gegebenen Bodenbedingungen überleben zu können. In besonders feuchten, niederschlagsstarken Gebieten, wurzeln die Bäume beispielsweise sehr flach. Dadurch können sie die wertvollen Nährstoffe, die in der obersten Bodenschicht enthalten sind, aufnehmen, bevor diese vom Regen fortgespült werden. Nicht nur im Bezug auf Nährstoffe, auch in statischer Hinsicht haben einige Baumarten ihre Wurzelsysteme optimiert. Um auf ihre teils unwirtliche Umgebung zu reagieren, haben diese verschiedenartige Stelz- und Stützwurzeln ausgeprägt. Sie ranken sich am Stamm entlang in die Höhe und übernehmen somit eine Funktion vergleichbar mit Strebebeylern einer Kathedrale. Einige Arten haben sich trotz ihrer Standorte in Sumpf- und Überschwemmungsgebieten durch die Entwicklung von Luftwurzeln eine zusätzliche Luftzufuhr ihrer Wurzeln ermöglicht.¹²

¹² Vgl. Linford 2005, 11.





Tropische, besonders großkronige Baumarten bilden zur besseren Verankerung im Boden oft Brettwurzeln aus. Sie bilden sich vom Stamm aus, wenn der Baum eine kritische Größe erreicht.



Der Banyanbaum bildet Luftwurzeln, die nach unten wachsen und mit der Zeit eine stammartige Unterstützung für die schweren und ausladenden Äste übernehmen.

Stamm

Das wohl auffälligste Merkmal eines Baumes ist der Stamm. Er macht etwa 60 Prozent der Gesamtbiomasse der Pflanze aus und ist essentiell für das Überleben. Durch das Wachstum ermöglicht er die Versorgung mit Sonnenlicht, das für die Fotosynthese benötigt wird. Je höher ein Baum seine Blätter bringen kann, desto bessere Chancen hat er im Konkurrenzkampf um natürliches Licht. In Stamm und Ästen verläuft außerdem das Versorgungssystem. Mithilfe dieser Versorgungskanäle werden das von den Wurzeln aufgenommene Wasser sowie die darin enthaltenen Nährsalze nach oben zu den Blättern befördert, während die Nährstoffe, die in den Blättern durch Fotosynthese gewonnen werden, in sämtliche Teile des Baumes – auch in die Wurzeln – transportiert werden.¹³

¹³ Vgl. Linford 2005, 10.

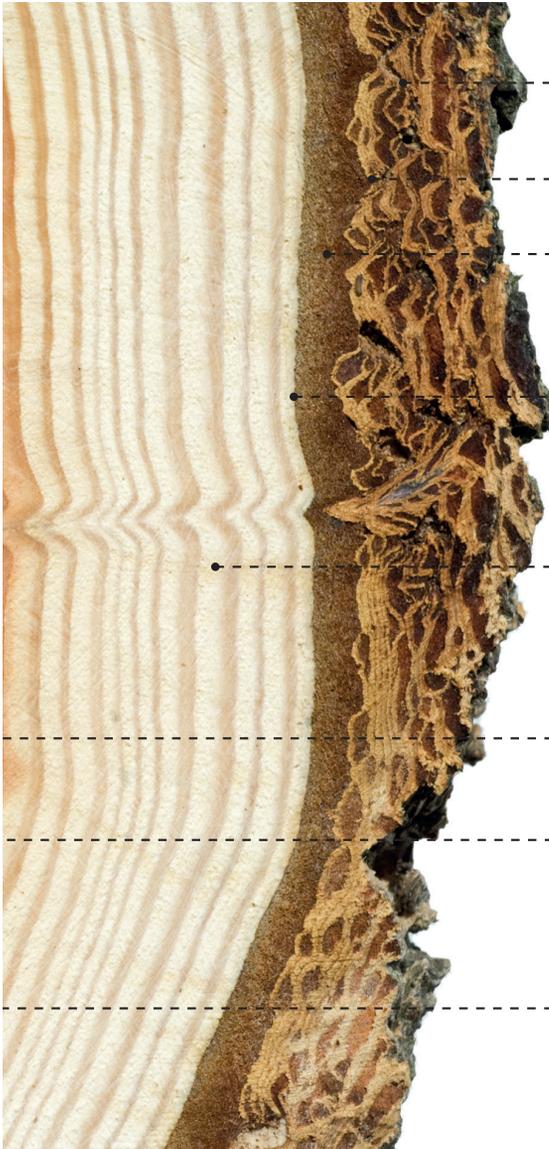
Die äußerste Schicht des Stammes besteht aus der Borke, darunter liegt die Rinde oder Bastschicht. Die nächste Schicht ist das Kambium, auch bezeichnet als Wachstumsschicht, darauf folgt das Splintholz und im Innersten des Stammes das Kernholz. Nur im Kambium entstehen neue Zellen, sie vergrößern die Menge an Splintholz und sind für das Dickenwachstum verantwortlich. Das Splintholz ist für den Nährstofftransport innerhalb der Pflanze zuständig. Wenn die Splintholzzellen altern, erzeugt der Baum über das Kambium neue Zellen; das innere Splintholz wird durch die nachlassende Aktivität zu Kernholz, welches dem Baum Festigkeit verleiht. Kernholz ist härter und dunkler als Splintholz. Im Querschnitt eines Stammes oder Astes ist es deutlich erkennbar. Die dunklere Farbe entsteht durch die eingelagerten Öle und Harze sowie weitere Inhaltsstoffe, die zusammen das Holz vor Pilzbefall und Insekten schützen. Wenn ein Baum altert, wird auch das Kernholz mit der Zeit anfälliger. Es wird morsch und der Baum kann sich nicht mehr ausreichend gegen Insekten und Infektionen schützen. Dennoch kann der Baum weiterwachsen. Sehr alte Bäume weisen meist einen völlig hohlen Stamm auf, ist jedoch noch ausreichend tragendes Holz vor-

handen, kann der Baum weiter überleben. Erst wenn der Saftstrom unterbrochen ist oder die Instabilität zu groß wird, droht der Pflanze der Tod. Die Borke ist als äußerste Schicht den Elementen ausgesetzt und muss den Baum vor Klimaextremen, Krankheitserregern und Tieren schützen. Wird die Borke beschädigt, versucht der Baum die Wunde zu schließen, bevor das Splintholz von Insekten beschädigt werden kann. Einige Baumarten schälen sich regelmäßig, um für die nachwachsende Borke Platz zu schaffen. Andere Baumarten besitzen eine Borke, die sich ausdehnt, wenn der Stamm an Umfang zunimmt.¹⁴

¹⁴ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 40-44.

Die Architektur eines Baumstamms





RINDE. Als Rinde bezeichnet man die Gewebeschichten außerhalb des Kambiums.

----- Borke. Die Borke ist die Schutzhülle des Baumes, sie besteht aus Kork und abgestorbenen Teilen des Bast.

----- Korkkambium. Die Zellen, die das Korkkambium abgibt, bilden die Borke.

----- Bast. Im Gegensatz zur Borke besteht der Bast aus lebenden Zellen und ist Teil des nährstoffleitenden Gewebes des Baumes. Im Bast werden Wasser und Nährstoffe in alle Teile des Baumes transportiert.

----- **KAMBIUM.** Das Kambium ist die Wachstumszone des Baumes. Nach innen wird Holz gebildet und nach außen Bast.

HOLZ. Darunter versteht man sämtliche Gewebeschichten innerhalb des Kambiums.

----- Splintholz. Es gehört ebenfalls zum nährstoffleitenden Gewebe. Wasser und Nährstoffe gelangen von den Wurzeln bis zur Krone. Splintholz besteht aus lebenden Zellen. Je älter der Baum wird, desto mehr Zellen sterben ab und werden zu Kernholz.

----- Kernholz. Es ist dunkler und fester als Splintholz und verleiht dem Baum einen Großteil seiner Festigkeit.

----- Jahresringe. Die ringförmige Maserung im Inneren des Stammes entsteht durch die vorübergehende Ruhe der Teilungsaktivität des Kambiums. Jeder Ring besteht aus einer helleren Schicht (Frühholz) und einer dunkleren Schicht (Spätholz).

----- Mark. Das Mark ist die innerste Zone eines Baumstammes. Vom Mark aus verlaufen die Markstrahlen durch den gesamten Stamm. Sie speichern Nährstoffe und sorgen für den Transport dieser Nährstoffe zwischen dem Mark und der Rinde.

Äste und Zweige

Äste und Zweige haben die Aufgabe, die Blätter des Baumes dem Sonnenlicht möglichst nahe zu bringen. Äste laufen zu Zweigen aus und bilden gemeinsam die Baumkronen. Das Astmuster eines Baumes spiegelt die klimatischen Bedingungen des Standorts wider. In kalten Regionen, in denen Schnee fällt, wachsen Äste mancher Baumarten oft mit leichter Neigung nach unten, damit Schnee leicht abrutschen kann und die Äste nicht unter der Last brechen.¹⁵

¹⁵ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 38.

In Gruppen stehende Bäume entwickeln aufgrund der engen Platzverhältnisse und der größeren Konkurrenz um das Sonnenlicht andere Wuchsformen und Astmuster als alleinstehende Bäume. Die sogenannten Solitäre bilden freistehend und ohne menschlichen Eingriff ihr Astwerk sehr ausladend und beinahe bis zum Boden reichend aus. Bäume, die in Gruppen oder im Wald wachsen, können aus Platzgründen oft keine artspezifischen Umrisse ausbilden. Generell ist die Entwicklung der Form abgesehen von der Baumart abhängig vom jeweiligen Standort und Alter des Baumes. Um trotz der engen Platzverhältnisse genügend Licht zu erreichen, sind Waldbäume auf den unteren Metern meist sparsamer mit Ast- und Stammgabelungen und bilden nur weit oben üppige Kronen.¹⁶

¹⁶ Vgl. Mader/Neubert-Mader 1996, 10.

„Ein Baum kennt zwei Himmel, in einem kann er sich natürlich entfalten, im anderen übernimmt er die Funktion eines Schauspielers, dem die Rolle auf den Leib geschrieben ist.“¹⁷

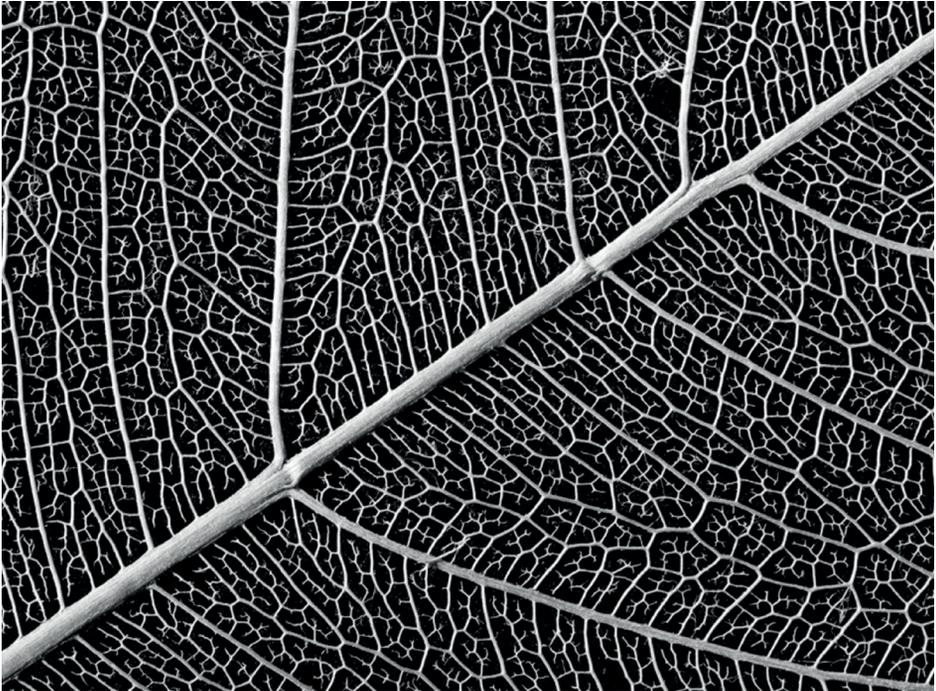
¹⁷ Raymann 2006,33.

Blätter

Trotz der vielfältigen Erscheinungsformen, folgen alle Blätter einem gemeinsamen Muster. Sie bilden sich an den Sprossspitzen und sind durch die Blattstiele mit der Sprossachse verbunden. Der flache Teil des Blattes wird als Blattspreite bezeichnet. Die winzigen

Adern des Blattes leiten sowohl Wasser als auch Nährstoffe zu den restlichen Teilen der Pflanze und breiten sich von der Mittelrippe netzartig und in immer feineren Verzweigungen zum Rand des Blattes aus. Die Anordnung der Blätter an den Ästen ermöglicht die Aufnahme von Sonnenlicht für die Hauptfunktion der Blätter: Die Fotosynthese.¹⁸

¹⁸ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 50.



Das Adernetz des Blattes leitet sowohl Wasser als auch Nährstoffe zu den restlichen Teilen der Pflanze. Ausgehend von der Mittelrippe durchziehen sie das gesamte Blatt in immer feiner werdenden Verzweigungen.

WACHSTUM

Bäume folgen in ihrem Wachstum stets drei Grundprinzipien. Das Höhenwachstum wird getrieben vom Streben nach Licht – dem Fototropismus. Zudem wird das Wachstum durch das Streben nach Nahrung, dem Chemotropismus und der Ausrichtung an der Schwerkraft, dem Geotropismus, mitbeeinflusst. Jeder Baum ist daher bestrebt, seine Stammachse vertikal zum Erdmittelpunkt auszurichten. Schon der Baumkeimling entwickelt einen Trieb, der mit den Wurzeln auf den Erdmittelpunkt zu und mit Spross oder Stamm vom Erdmittelpunkt weg wächst. Das Baumwachstum wird dabei von speziellen pflanzlichen Hormonen, sogenannten Auxinen, gesteuert. Diese Hormone wirken sich in den Wurzeln anders aus als im Spross. Durch erhöhte Konzentrationen an der Unterseite des Sprosses krümmt sich später der Stängel nach oben, während die erdumschlossene Wurzel nach unten wächst, da dieselben Hormone das Wurzelwachstum hemmen, während sie das Wachstum im Spross fördern. Geotropismus in Kombination mit Fototropismus bewirkt, dass Hindernisse auf dem Weg nach oben stets umwachsen werden.¹⁹

¹⁹ Vgl. Schöpe 2009, 30.

In seiner Entwicklung durchläuft jeder Baum verschiedene Wachstumsstadien. Im ersten Stadium erfolgt die Keimung des Samens, bei welcher der Keimling mithilfe von gespeicherten Nährstoffen sowohl den Spross als auch die Wurzeln ausbildet. Je größer der Nährstoffvorrat ist, desto länger kann diese Phase dauern. Sobald die jungen Wurzeln aus dem Boden erste Nährstoffe gewinnen, beginnt die zweite Wachstumsphase. Diese Phase kann mehrere Jahre dauern. In dieser Zeit wächst die Pflanze kaum in die Höhe, dafür werden unterirdisch ein starkes Wurzelwerk sowie die Stammbasis und die Pfahlwurzel (Hauptwurzel) ausgebildet. In der darauffolgenden Phase erreicht der junge Baum seine volle Höhe. Diese Wachstumsperiode dauert zwischen 8 und 25 Jahren. Einige Arten können jährlich bis zu 2-3m an Höhe gewinnen. Bei fast allen Baumarten dominiert in dieser Zeit das Län-

genwachstum, es entstehen nur wenige Astverzweigungen. Vor allem in den Tropen angesiedelte Arten entwickeln in dieser Phase gar keine Seitenäste.²⁰ Wachstum wird bei Bäumen auch durch Belastung angeregt. So reagiert ein Baum auf Reize, die beispielsweise durch starken Wind ausgelöst werden mit einem Wachstumsimpuls. Es werden verstärkt Wachstumshormone ausgeschüttet, die an den schwächsten und damit den am meisten gefährdeten Stellen Zuwächse bilden, damit die Stabilität gesichert ist. Bei einem sehr jungen Baum betrifft dies den gesamten Stamm, später Astgabeln und Äste und zuletzt werden die Wurzelanläufe im Übergangsbereich zum Erdboden verstärkt.²¹

²⁰ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 72.

²¹ Vgl. Schöpe 2009, 32.

Sobald ein Baum den Luftraum erobert und durch seine Ausrichtung für die optimale Aufnahme von Sonnenlicht gesorgt hat, beginnt eine weitere Wachstumsstufe. Das Längenwachstum verlangsamt sich deutlich, unter anderem auch, weil der Baum nur begrenzte Möglichkeiten hat, Wasser in die Baumkrone zu transportieren. Das Stadium der Reife beginnt. Der Baum konzentriert seine Energien darauf, eine breite Krone auszubilden, zahlreiche Blüten und Früchte zu produzieren und die Masse an Holz zu vergrößern. Aus biologischer Sicht ist ein Baum ausgewachsen, sobald die Hauptwachstumsphase abgeschlossen und das Stadium der Reife eingetreten ist. Statisch betrachtet, spricht man von einem ausgewachsenen Baum, wenn dieser etwa zwei Drittel der Größe erreicht hat, die aufgrund der Art und des Standorts möglich ist. Die meisten in Europa heimischen Bäume werden nicht höher als 20-30 Meter. Ausnahmefälle gibt es immer; Baumriesen, die mehr als 40 Meter Höhe erreichen, findet man immer wieder auch in Europa. Dazu müssen jedoch sehr spezielle, für den Baum günstige Standortfaktoren herrschen. Außerhalb Europas, in anderen Regionen der Welt gibt es Bäume, die Höhen von bis zu 120 Metern erreichen können. Doch selbst der gesundeste und kräftigste Baum stößt ab dieser

Höhe an seine Grenzen, denn der Wassertransport von den Wurzeln bis in die Kronenspitze bedeutet einen enormen Kraftaufwand. Eine ausreichende Versorgung zu gewährleisten ist bei dieser Größe beinahe unmöglich.²²

²² Vgl. Schöpe 2009, 32.

Das Stadium der Reife kann je nach Baumart zwischen zehn und mehreren hundert Jahren liegen, danach nimmt das Längenwachstum noch weiter ab bis es schließlich ganz stoppt, der Baum beginnt zu altern. An den Jahresringen im Holz lässt sich diese Phase des Alterns durch den zunehmend verringerten Abstand zwischen den Ringen ablesen. Holz und Triebe wachsen dennoch weiter, erst wenn das Wachstum völligen Stillstand erreicht, bedeutet dies den Tod der Pflanze.²³

²³ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 72.



Dieses Exemplar im Sequoia National Park in Kalifornien ist wohl der größte Baum der Welt. Mit einem Alter von 2200 Jahren legt er immer noch täglich an Masse zu und hat etwa 10% mehr Volumen als das zweitgrößte Exemplar, welches ebenfalls im selben Nationalpark zu finden ist.

GEFAHREN UND FEINDE

Bäume sind ständigen Gefahren durch Naturkatastrophen, Wetterlaunen, Angriffen von Tieren und Insekten und der ständigen Konkurrenz mit Artgenossen ausgesetzt, weshalb die meisten Arten eine Vielzahl an kreativen Strategien entwickelt haben, um sich vor drohenden Gefahren zu schützen.

Natürliche Auslese

Ein nicht unwesentlicher Feind für Bäume kommt aus den eigenen Reihen. Der Konkurrenzkampf um Nahrung und Licht und somit die natürliche Auslese bewirken, dass sich nur diejenigen durchsetzen können, die am schnellsten an Höhe gewinnen, eine breite Krone bilden und damit den Konkurrenten das Licht nehmen können. Da sich in den Wäldern eine ganze Bandbreite von Organismen entwickelt hat, für die der Baum eine Nahrungsquelle ist, müssen sich die grünen Riesen auch gegen diese durchsetzen und entweder schneller wachsen, um keinen Schaden zu nehmen, oder sich mit Harzen, Milchsäften und Tanninen²⁴ wehren.²⁵

²⁴ Tannine sind pflanzliche Gerbstoffe, die zum Abwehrspektrum vieler Baumarten gehören und sich negativ auf den Verdauungstrakt der Pflanzenfresser auswirken.

²⁵ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 80.

Angriff und Verteidigung

Da Pflanzen im Allgemeinen am unteren Ende der Nahrungskette stehen und fest an einen Ort gebunden sind, befinden sie sich in ständiger Gefahr, gefressen zu werden. Um sich vor den verschiedensten Angreifern – angefangen von Krankheitserregern bis hin zu grasenden Tieren – zu schützen, haben Bäume in Millionen Jahren der Evolution neben den Baumsäften auch andere, handfeste Verteidigungstechniken entwickelt. Manche nutzen dazu beispielsweise Dornen und Stacheln, die an Stamm und Ästen gebildet werden, um Tiere am Hinaufklettern oder am Abfressen der Blätter zu hindern. Stacheln sind Auswüchse des Rindengewebes und bestehen auch aus Holz, während Stacheln streng genommen umgebildete Nebenblätter sind, die am Blattstiel wachsen. Auch die Feinde haben jedoch Strategien entwickelt,

diese Abwehrmechanismen zu umgehen, indem sie etwa eine dickere Haut entwickelt haben, um unempfindlich gegenüber den Stacheln und Dornen zu sein. Große laubfressende Tiere wie Elefanten oder Giraffen bleiben von Dornen völlig unbeeindruckt und lassen sich nicht abschrecken. Nicht nur große Tiere, auch Krankheitserreger wie Pilze, Bakterien und Viren können verheerende Schäden anrichten. Können Bakterien und Pilze in das Holz eindringen, können sie die Wasser- und Nährstoffversorgung des Baumes unterbinden und sich ungehindert ausbreiten, was unweigerlich zum Absterben der Pflanze führt. Wunden in der Rinde – ob durch Blitzschlag, Sturmschäden oder menschliche Eingriffe, sind immer eine Gefahrenquelle für das Eindringen von Bakterien und Pilzen. Auch Insektenbefall kann bis zum Tod der Pflanze führen. Wie gut ein Baum mit Insektenbefall umgehen kann, hängt vom jeweiligen Alter sowie seinem Gesundheitszustand und seiner Widerstandskraft ab.²⁶

²⁶ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 76-78.

Wind und Wetter

Bäume sind Allwetterorganismen, müssen also neben sommerlicher Hitze und winterlicher Kälte auch starkem Wind und Stürmen trotzen. Die innere und äußere Struktur der Blätter, Zweige und Äste sind darauf ausgelegt, größtmögliche Flexibilität für das Bewegen im Wind zu ermöglichen, ohne dabei zu ermüden oder abzubrechen. Selbst tagelange tropische Stürme können manche Arten – wie Palmwedel – unbeschadet überstehen. Am widerstandsfähigen sind jene Bäume, die am häufigsten einer Windbelastung ausgesetzt sind, wie beispielsweise Nadelbäume im Hochgebirge. Ihnen macht selbst Hagel kaum etwas aus, während Bäume mit breiteren Blättern bei Hagel schon schwerer zu kämpfen haben. Die Last von Schnee kann schließlich bei manchen Arten dazu führen, dass Äste unter der schweren Last abbrechen. Andere Baumarten sind durch die Biegsamkeit von Ästen und Blättern auch dieser klimatischen Bedingung bestens angepasst. Trotz perfekter Anpassung an die verschiedensten Wetterphänomene gibt es dennoch Gefahren, gegen die Bäume relativ machtlos sind, wie zum Beispiel Blitzschläge oder Tornados. Da Tornados meist in eher baumarmen Regionen auftreten und Blitzschläge meist nur einzelne Bäume treffen, sodass Bäume insgesamt relativ selten davon betroffen sind, ist damit eventuell auch begründet, warum sich Bäume dagegen kaum schützen können.²⁶

²⁶ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 82-83.

Überschwemmungen

Eine weitere Naturgewalt, der Bäume trotzen müssen, sind Überschwemmungen. Große Wassermengen können einerseits durch die enorme Kraft und starke Strömungen mechanische Schäden an Stamm, Ästen und Wurzeln bewirken, andererseits nehmen sie den Wurzeln den Sauerstoff, wenn diese unter Wasser stehen. Arten, die in Überschwemmungsgebieten gedeihen, besitzen daher ein Wurzelwerk, das notfalls tagelang mit weniger Sauerstoff auskommen kann. Bäume, die an Ufern rasch fließender Gewässer

wachsen, haben besonders biegsame Äste und schmale, widerstandsfähige Blätter, um in der Strömung überleben zu können. Andere Baumarten in dauerüberschwemmten Regionen bilden Atemwurzeln, sogenannte Pneumatophoren, aus. Diese oberirdischen Wurzeln versorgen die Pflanze mit Sauerstoff und sind ein typisches Merkmal von an Überschwemmungen gewöhnte Baumarten wie Mangroven oder Sumpfpfypressen.²⁷

²⁷ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 84-85.



Überschwemmter Wald im Tal des Mississippi. Baumarten, die nicht auf Überschwemmungen eingestellt sind, können bei länger anhaltenden Überflutungen durch die unter Wasser stehenden Wurzeln und dem daraus resultierenden Mangel an Sauerstoff zugrunde gehen.

Waldbrände

Feuer ist einer der größten Feinde ganzer Wälder. Harmlose Bodenfeuer können sich rasend schnell zu vernichtenden Feuerwalzen ausbreiten und tausende Hektar Wald verschlingen. Doch auch gegen Brände haben Bäume ihre Waffen. Manche Arten sind sogar auf regelmäßige Waldbrände angewiesen, um sich fortpflanzen zu können. Entweder schützen die Bäume durch ihre Außenhülle das innere Gewebe vor Hitze und treiben nach dem Brand wieder aus oder aber sie verfügen über Früchte, die feuerresistent sind und ihren Samen erst durch den Brand freigeben. Die gesunde, dicke Rinde eines ausgewachsenen Baums kann den Baum vor inneren Schäden bewahren. Manche Akazienarten werfen beispielsweise jährlich ihre von einer harten Hülle umgebenen Samen ab, um sie solange zwischen dem Laub ruhen zu lassen, bis sie vom Feuer versengt werden. Sobald nach einem Brand dann der Regen einsetzt und Wasser in die Samenkapsel eindringt, beginnt die Keimung. Andere Arten von Samen reagieren auf chemische Stoffe im Rauch des brennendes Holzes.²⁸

²⁸ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 84.



Die Rinde dient als Schutzschild vor Verbrennungen, doch bei besonders verheerenden Bränden wie in Russland 2010, wo tausende Hektar Wald vernichtet wurden, kann auch sie nicht mehr standhalten. Die verbrannte Rinde dieser betroffenen Bäume schält sich langsam ab, einige sind darunter bereits abgestorben und können bei einem Windstoß zur Gefahr werden. Die Bäume, die überlebt haben, brauchen einige Jahre, bis sie sich erholt haben und wieder Laub tragen.



Diese Myrtenheide treibt nach einem Waldbrand aus tief unter der Rinde verborgen liegenden, intakten Knospen neue Blätter aus. Kleinere Äste sind vom Brand vernichtet worden und Blüten und Früchte wird der Baum erst einige Jahre nach dem Waldbrand wieder tragen.

Menschliche Eingriffe

Etwa 50% der Erdoberfläche wurden einst von Wäldern bedeckt, heute sind es noch etwa 25%. Hauptverantwortlich für diesen Rückgang ist der Mensch. Je stärker die Weltbevölkerungszahl zunimmt, desto schneller schwinden die Wälder. Im letzten Jahrhundert hat die Abholzungs geschwindigkeit bedeutend zugenommen. Auch wenn den Menschen zunehmend die Bedeutung des Waldes für das Ökosystem bewusster wird und damit die Rodungen wieder etwas zurückgegangen sind, schwinden die Wälder insbesondere in den Entwicklungsländern der Tropen noch alarmierend schnell. Die tropischen Saison-Laubwälder wurden bereits um 70% dezimiert.²⁹ Auf den Flächen der gerodeten Wälder entstehen meist Anbauflächen für den Ackerbau. Das Holz wird als Brennstoff verwendet oder dient der Weiterverarbeitung in der Holzindustrie. Wird auch in Zukunft im selben Tempo weitergerodet wie bisher, wird es in etwa 100 Jahren keine Tropenwälder mehr geben.³⁰ Abgesehen von der Rodung durch den Menschen sind aber auch der Klimawandel sowie die stark zunehmende Umweltverschmutzung eine große Bedrohung für die Wälder der Erde.

²⁹ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 278.

³⁰ Vgl. Seytre 2010, 284.

Die Verschmutzung von Erdreich, Wasser und Luft hat fatale Folgen für die Bäume und kann von simplen Staub bis hin zu Chemikalien reichen und schließlich zu einer der Hauptursachen für das Waldsterben, dem sauren Regen, führen. Dieser entsteht, wenn säurebildende Abgase in die Atmosphäre gelangen und sich in der dort herrschenden Feuchtigkeit zu Schwefel- oder Salpetersäure verbinden. Durch die Verteilung über die Luft können sich die Säuren über den Wind weit vom Entstehungsort entfernen und sich dort als saurer Regen niederschlagen. Oft werden dabei auch Staatsgrenzen überquert, sodass oft Länder von saurem Regen betroffen sind, die nicht die Verursacher der Schadstoffe sind. Auf der nördlichen Hemisphäre sind in großen Gebieten die Böden durch sauren Regen nachhaltig übersäuert.

Auch durch den Menschen verursachte Nuklearkatastrophen, wie 1986 in Tschernobyl, verursachen großflächiges Waldsterben. Selbst Jahrzehnte nach der Katastrophe sind noch riesige Gebiete in Teilen Weißrusslands und der Ukraine kontaminiert.³¹

³¹ Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 270-271.





DER EINFLUSS DER BÄUME

Bäume und ihre Fähigkeit, Licht in chemische Energie umzuwandeln, sind für sämtliche Arten von Lebensformen unentbehrlich. Bäume liefern nicht nur unzähligen pflanzenfressenden Tieren sowie vielen Vögel- und Insektenarten, sondern auch einem beträchtlichen Teil der Mikroflora die wichtigste Nahrungsquelle. Sie spielen eine Schlüsselrolle in der gesamten Nahrungskette, denn von den Pflanzenfressern, die durch die Bäume ernährt werden, profitieren wiederum die Fleischfresser. Auch beim Kohlenstoffzyklus und dem Kampf gegen die globale Erwärmung spielen sie eine zentrale Rolle. Während Menschen und Tiere Sauerstoff einatmen und Kohlendioxid ausatmen, speichern Bäume das Kohlendioxid und geben durch Verdunstung wieder Sauerstoff an die Atmosphäre ab.³² In einem Wald sind pro Hektar durchschnittlich 200 Tonnen Kohlenstoff gespeichert. Beim Absterben geben die Bäume den im Holz gebundenen Kohlenstoff wieder an die Luft ab. Beim großflächigen Abholzen von Wäldern sowie durch Waldbrände werden daher riesige Kohlenstoffmengen, die über viele Jahrhunderte gespeichert wurden, innerhalb weniger Stunden freigesetzt und erhöhen damit den Gehalt des Treibhausgases in der Atmosphäre, der als Mitursache der globalen Erwärmung gilt.³³

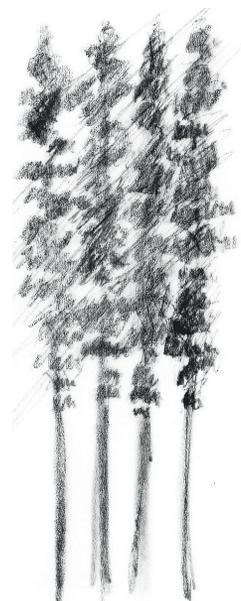
³² Vgl. Rodd/Stackhouse 2008, 266.

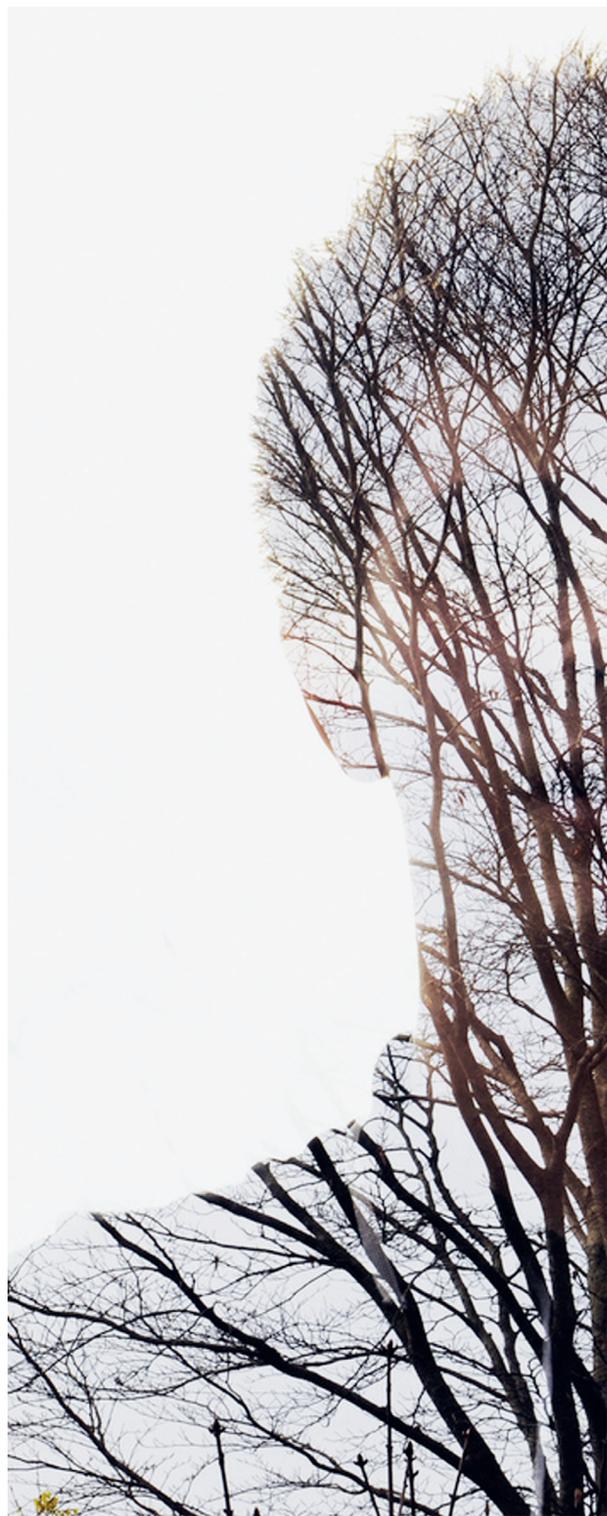
³³ Vgl. Scytre 2010, 272.

Eine weitere wichtige Auswirkung ist der Einfluss der Bäume auf die Bodenbeschaffenheit. Bäume sind Pionierpflanzen und gedeihen auf den verschiedensten Untergründen. Umso reicher der Boden ist, umso größer ist auch die Artenvielfalt der darauf wachsenden Bäume. Je mehr verschiedene Arten vorhanden sind, desto mehr wird die Erde mit Humus angereichert. Daher setzen sich in Europa viele Förster für die Erhaltung von Mischwäldern ein, da die Bodenbeschaffenheit dadurch verbessert wird. Die meisten Baumarten leben in Symbiose mit Pilzen, um den Nutzen, den sie aus dem jeweiligen Boden ziehen können, noch zu vergrößern. Werden ganze Wälder gerodet, besteht neben den klimatischen Effekten die

Gefahr der Erosion sowie des Verlustes der fruchtbaren Humusauflage, die sich über Jahre gebildet hat. Vor allem in den tropischen Regenwäldern hat dies verheerende Folgen, denn sie beherbergen beinahe die Hälfte aller bekannten Tier- und Pflanzenarten. Wenn die Wälder verschwinden, verschwindet damit auch der ‚Lebensraum Regenwald‘, denn nirgendwo sonst auf der Welt verarmen die Böden schneller und stärker als in den Tropen. Das „Ökosystem Wald“ ist somit auch für den Erhalt der Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren von großer Bedeutung.³⁴

³⁴ Vgl. Seytre 2010, 254.







BAUM UND MENSCH

Bäume begleiten den Menschen von seinem Anbeginn. Durch ihre rasche Ausbreitung und dem damit verbundenen Einfluss auf das Weltklima schufen sie Bedingungen, die menschliches Leben überhaupt erst ermöglichten.

Sie haben einen enormen Nutzwert für das gesamte Ökosystem und sind für den Menschen stets äußerst nutzbringende Begleiter gewesen. Bäume lieferten erste Grundnahrungsmittel, ihre Früchte prägten ganze Kulturen. Sie schufen fruchtbare Böden und schützten diese gleichzeitig vor Erosion durch Wind oder Regen. Sie boten Schutz vor Naturgewalten; sie milderten Überschwemmungen und spendeten Schatten. Wälder sind nicht nur Orte großer Biodiversität, sie spielen auch eine wichtige Rolle als Wirtschaftsfaktor. Durch die Jahrtausende hindurch verdankt die Menschheit den Bäumen einen der wichtigsten Werkstoffe überhaupt. Holz dient uns bis heute als Brennstoff und Baumaterial für Werkzeuge, Möbel, Musikinstrumente, Schiffe, Häuser uvm.³⁵

³⁵ Vgl. Demandt 2013, 11.

„Holz begleitet uns durchs Leben, [...] Hölzern sind noch heute unsere Möbel, hölzern die Wiege, das Ehebett und der Sarg.“³⁶

³⁶ Demandt 2013, 11.

Bäume sind über ihren Nutzwert hinaus immer als faszinierend schöne Werke der Schöpfung erlebt worden. Menschen fühlen sich den Bäumen in gewisser Weise verbunden. Etwas in ihrem Wachsen und Vergehen entspricht dem Rhythmus von Leben und Tod, dem die Menschen von Geburt an unterworfen sind. Ihr vermeintliches Sterben im Winter, sowie die wundersame Wiederauferstehung im Frühling wecken in vielen Menschen eine tiefe Faszination. In religiösen Überlieferungen, Mythen, Fabeln und Märchen ist das Baumsymbol allgegenwärtig.³⁷

³⁷ Vgl. Bernatzky 1973, 23.

Bäume sind ganz und gar „Natur“ und doch Einzelwesen – individuelle Erscheinungen. Man kann einem Baum begegnen, mit ihm sprechen, ihn sogar umarmen und dabei seinem geduldigen Schweigen lauschen. Seine stille Ausdruckskraft und seine pure Präsenz können einem den Atem verschlagen.³⁸

³⁸ Vgl. Torwesten 2009, 9.

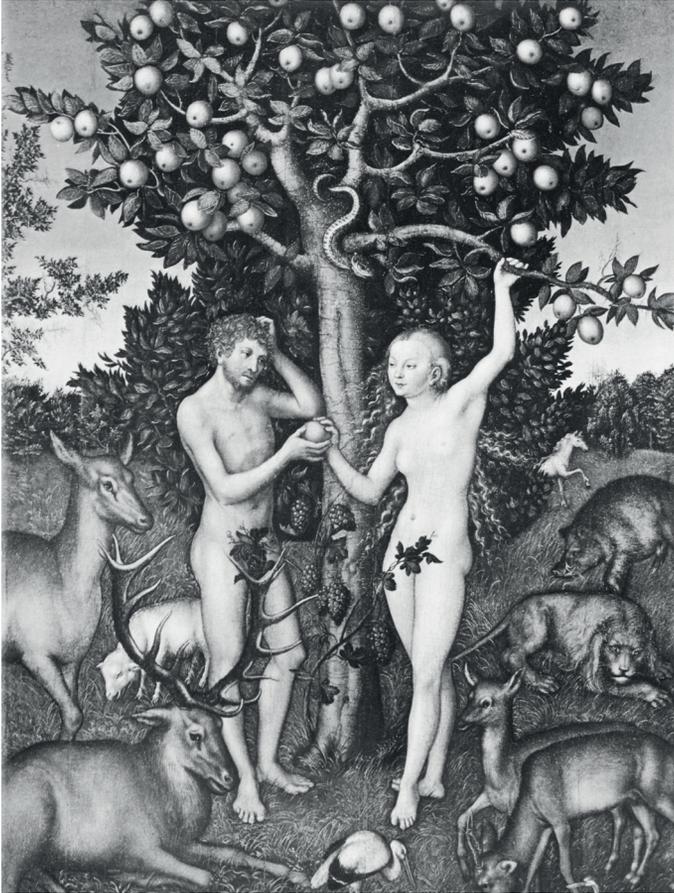
Bäume dienen der Orientierung, sie markieren Punkte im Gelände und sind Orte der Begegnung oder Orte der Trauer und des Gedenkens. Ihre Erscheinung spendet sowohl Kraft als auch Trost.³⁹ Aber nicht nur die Tatsache, dass Bäume als besonders symbolkräftige Gestalten – beinahe als Persönlichkeiten wahrgenommen werden, macht sie zu engen Vertrauten des Menschen. Sie ähneln dem menschlichen Wesen auch in vielen anderen Eigenschaften. Die aufrechte Gestalt und ihre Glieder, die sie dem Himmel entgegenstrecken, erinnern an den menschlichen Körper. Wie auch der Mensch verfügt jeder Baum über ein verzweigtes Gefäßsystem, braucht Nahrung, um zu wachsen und zu überleben und verfügt ebenso über Besonderheiten wie Atmung und Transpiration.⁴⁰

³⁹ Vgl. Demandt 2013, 11.

⁴⁰ Vgl. Seytre 2010, 10.

Dieses Foto, 1939 in Seattle aufgenommen, zeigt riesige Stapel von Zedernbrettern in einer Fabrik. Damals wurden die Bäume noch von Hand geschlagen.





Adam und Eva. Lucas Cranach
der Ältere, 16.Jh.



Der heilige Baum war Symbol für den König und für Ashur, den Hauptgott Assyriens. Dieses Steinrelief zeigt einen geflügelten Genius bei der Pflege des heiligen Baums.





⁴¹ Franz Kafka, Ansichtskarte an Max Brod aus Spitzberg im Böhmerwald, 18. September 1908. Zit. In: Demandt, Girot u. a. (Hg.): Mensch und Baum. Pamphlet, Zürich 2013, 29.

„Und ich schreibe, dass ich sehr glücklich bin und dass ich froh wäre, wärest Du hier, denn in den Wäldern sind Dinge, über die nachzudenken man Jahre lang im Moos liegen könnte.“⁴¹

WOHNEN IN BÄUMEN

Behausungen in Bäumen zu errichten bringt nicht nur der Tierwelt einige Vorteile. Neben dem Schutz vor Sonne bietet das Blätterdach auch Schutz vor Niederschlägen. Aufgrund ihrer natürlichen Eigenschaft, sich dem jeweiligen Standort perfekt anzupassen, um die optimale Versorgung und Standsicherheit zu erreichen, können Bäume außerdem vor anderen Naturgewalten wie Überschwemmungen oder Lawinen schützen. Selbst heftigen Stürmen können sie standhalten und die Zuflucht in größere Höhen bietet Schutz vor Wildtieren oder anderen Angreifern sowie vor tieffliegenden Insekten. Da die Pflanzenriesen auf permanente zusätzliche Belastungen reagieren, indem sie ihren Stammdurchmesser erweitern oder Schwachstellen durch mehr Holzausbildung verstärken, sind sie auch für menschliche Architektur als lebendes Fundament geeignet.

Bäume dienten daher in vielen Kulturen als wichtiger Lebensraum, einige Naturvölker und traditionelle Stämme bauen ihre Behausungen auch heute noch hoch oben in den Bäumen. Während Baumhäuser in der westlichen Kultur lange nur als Vergnügungsorte für die Mächtigen und Reichen dienten, gewinnt der Wohnaspekt in Europa immer mehr an Bedeutung. Besonders in den letzten Jahren wurde das Baumhaus zum Symbol der Flucht vor den Zwängen des modernen Alltags und der Rückkehr zum einfacheren Leben. Dabei wurde das Potential des Lebensraums „Baum“ auch von vielen Architekten neu entdeckt.







Die Korowai sind ein bis heute wenig erforschtes Volk in Papua, Neuguinea. Vor ihrer Entdeckung durch holländische Missionäre 1974 hatten sie keinen Kontakt zur Außenwelt. Ihre Häuser bauen die Korowai in bis zu 50 Metern Höhe in den Wipfeln der Bäume, um sich vor Parasitenplagen, Wildtieren und Nachbarschaftskriegen zu schützen. Die Häuser kommen dabei gänzlich ohne Seile und Nägel aus. Nur Lianen werden zur Befestigung verwendet. Die Konstruktion besteht aus dünnen Holzstangen und Palmwedeln.

GESCHICHTE DER BAUMHAUSARCHITEKTUR

Baumhäuser gehören in einigen Klimazonen und Kulturen zu den ältesten Formen des Wohnens überhaupt. Aufgrund des Schutzes vor Tieren und Insekten, aber auch wegen Krankheiten und Stammesrivalitäten bauen Völker wie die Korowai und Kombai in den Ausläufern des Jayawijaya-Gebirges im Südwesten Neuguineas auch heute noch ihre Häuser in den Baumkronen in bis zu 40 Meter Höhe.⁴²

⁴² Vgl. Jodidio 2012, 15.

Auch mehrere Stämme in den Überschwemmungsgebieten rund um den Amazonas und im Flussdelta Venezuelas bauen ihre Behausungen hoch in den Bäumen und Palmen, um sich vor den regelmäßigen Fluten und den darauffolgenden Insekteninvasionen zu schützen. Da Mosquitos nur in Wassernähe fliegen und nicht höher, mussten sich die Völker aus Mangel an Schutzmaßnahmen vor den meist nächtlichen Invasionen in größere Höhen in Sicherheit bringen.⁴³

⁴³ Vgl. Aikman 1988, 25-26.

Bei der Entdeckung Australiens und den umliegenden Inseln stieß man auf die tasmanischen Aborigines, die in den hohen Baumwipfeln in „nestartigen“ Unterschlüpfen lebten. Die einfach errichteten Konstruktionen wurden mit Stroh gedeckt. Auf den Boden gelangten die Ureinwohner mithilfe von großen, aus weichen Sprossen geflochtenen und mit Kokosmatten ausgekleideten Körben, die durch primitive Seilzüge bedient wurden. Von Völkern, die in eigenartig kunstvollen Dörfern und Häusern in den Bäumen wohnen, wurde auch bei der Entdeckung Amerikas und der Eroberung von Teilen Südamerikas berichtet. Eine Gravur im Lustgarten Erasmus Franciscis (1688) zeigt beispielsweise, wie Spanische Eroberer südamerikanische Ureinwohner in ihren Baumnestern angreifen. Wie die Abbildung zeigt, waren die Ureinwohner durchaus im Vorteil, solange ihr Vorrat an Steinen, Kokosnüssen und anderen Wurfgeschossen reichte. Die Eroberer bewaffneten sich jedoch mit Äxten, um die Baumnester zu fällen, was unweigerlich zum Untergang der Baumbewohner führte.⁴⁴

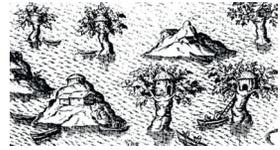


Baumbewohner einer Südseeinsel, dargestellt auf einer aus China stammenden Gravur. Darauf lässt sich erkennen, dass Körbe an Seilzügen aus Naturfasern zum Erreichen der „Baumnester“ benutzt wurden.

⁴⁴ Vgl. Aikman 1988, 25-27.

Baumhäuser hatten aber auch nicht immer nur Wohnzwecke zu erfüllen. Im Römischen Reich wurden Baumhäuser zur Auflockerung der Villengärten und für gesellschaftliche Anlässe errichtet. Der früheste historische Nachweis von Baumhäusern zu Gesellschafts- und Vergnügungszwecken findet sich in der 79 n. Chr. verfassten Naturgeschichte Plinius' des Älteren, in der von zwei Baumhäusern berichtet wird, die in riesigen Platanen errichtet wurden. Eines der beiden besaß der römische Kaiser Caligula auf seinem weitläufigen Anwesen in Velitrae (eine kleine Stadt etwa 40km südöstlich von Rom, heute bekannt als „Velletri“). Das kaiserliche Baumhaus konnte 15 Gästen und der dafür nötigen Dienerschaft genügend Platz für feierliche Bankette bieten. Das zweite Baumhaus, von dem in Plinius' Ausführungen die Rede ist, befand sich in der antiken Provinz Lykien (an der Südwestküste der heutigen Türkei). In der Provinz gab es eine riesige Platane mit hohlem Stamm, so groß wie ein Festsaal. Der römische Konsul der Region, Licinius Mucianus, hielt in dem hohlen Baumstamm ebenfalls ganze Festmahle für sein Gefolge ab, bis zu 18 Personen konnten sich darin aufhalten. Plinius beschreibt, dass sich Licinius im Laubwerk der Platane wohler gefühlt haben soll, als in dem Prunk seiner Marmorsäle.⁴⁵

Alte Gemälde aus dem 17. Jahrhundert zeigen, dass Baumhäuser auch im Orient eine beliebte architektonische Erscheinung waren. Sie zeigen Treppen, die zu Plattformen hoch in den Bäumen führten. Manche dieser „Häuser“ waren sehr aufwendig und großzügig mit Gold und Silber dekoriert, einige Darstellungen dokumentieren sogar fließendes Wasser in den noblen Behausungen, die der persische Adel zum Feiern von Festen oder zum Entspannen inmitten der Natur nutzte. Auch in Indien, wo der Baum oft symbolhaft als „Stütze des Universums“ bezeichnet wurde, ließen sich die Mogulkaiser gerne Thronen in kräftigen Ästen errichten, um von diesen auf ihre Untergebenen herabzublicken. Einige Mönche des Hinduismus



Baumbewohner am Fluss Orinoco in Venezuela, aus Hulsius' „Fünffte kurzte wunderbare Beschreibung“ (1612)



Der Orinoco ist der viertgrößte Fluss der Welt und das riesige Mündungsgebiet, „Orinoco-Delta“ genannt, befindet sich im Osten Venezuelas. Eine weitere, in England aufgetauchte Gravur aus dem 19. Jahrhundert zeigt ebenfalls die Wohnplattformen im Orinoco-Delta. Itá Palmen wurden zur als Eckpfeiler der Konstruktionen verwendet.

⁴⁵ Vgl. Aikman 1988, 28.

lebten hoch oben im Geäst der als heilig betrachteten orientalischen Platanen, um ihren Geist von den erdgebundenen Gedanken zu lösen. In der japanischen Kultur war es wiederum üblich, Plattformen zwischen den hohen Bambuspfählen zu errichten, um den Blick über die Gärten aus einer vogelähnlichen Perspektive zu ermöglichen.⁴⁶

⁴⁶ Vgl. Aikman 1988, 30.

In Europa waren Baumhäuser anfänglich nur Vergnügungsorte für die Mächtigen und Reichen. Erst im Mittelalter bauten sich auch erste Mönche einfache Rückzugsorte in den Bäumen. Es waren simple Räume, die auf einer Seite offen blieben und somit Schatten spendeten, aber auch durchlüftet wurden. Sie wurden hauptsächlich zur Meditation und zum Anfertigen von Manuskripten genutzt. Den Höhepunkt ihrer Beliebtheit erreichte die europäische Baumhausarchitektur in Italien. Mit dem Beginn der Renaissance im ausklingenden Mittelalter und den damit verbundenen Veränderungen in den Bereichen Kunst, Architektur, Malerei sowie Literatur und Philosophie entstand auch ein neuer Zugang zur Landschaftsgärtnerei. Durch das Bestreben, die kulturellen Leistungen der Antike neu zu beleben, entstanden in dieser Zeit einige der wohl aufwendigsten Baumhäuser, die je gebaut wurden. Vor allem über die Baumhäuser der Medici-Familie, die ihre Anwesen rund um Florenz hatten, wurde von mehreren Literaten der damaligen Zeit berichtet. Nach ihrem Aufstieg von unbedeutenden Textilhändlern zu einer der mächtigsten und einflussreichsten Familiendynastien ihrer Zeit ließ sich Cosimo I. De' Medici (1519-1574), der erste Herzog der Toskana, seine Villa di Castello von Giorgio Vasari umbauen und engagierte Niccolò Tribolo für die Gestaltung des Gartens. Der fertiggestellte Garten umfasste auch ein Baumhaus, das in einer efeubewachsenen Eiche errichtet wurde und ein großes, quadratisches Speisezimmer enthielt.⁴⁷

⁴⁷ Vgl. Aikman 1988, 33.

Vasari, der das Anwesen öfter besuchte, beschrieb den Garten später mit folgenden Worten:

„Auf einer kleinen Wiese außerhalb des Gartens in östlicher Richtung richtete Tribolo auf höchst kunstvolle Weise einen Eichenbaum her: Dieser ist oben und ringsum zwischen dem Geäst mit Efeuranken bedeckt, was die Wirkung eines sehr dichten Gebüschs erzeugt. Über eine bequeme Holzterrasse, die in derselben Weise überwachsen ist, steigt man zu ihm hinauf und gelangt am oberen Ende in einen quadratischen Raum in der Mitte der Eiche, wo sich rundum Bänke und Geländer aus frischen Grünpflanzen befinden. In der Mitte steht auf einem kleinen Marmortisch ein Gefäß aus Buntmarmor. In ihm ist ein Rohr befestigt, aus dem ein kräftiger Wasserstrahl in die Höhe schießt und durch einen weiteren Strahl beim Herabfallen geteilt wird. [...] Diese Röhren [...] sind [...] in einer Weise vom Efeu verdeckt, dass man sie nicht im Geringsten zu erkennen vermag. Der Wasserzufluss wird [...] durch [...] Hebel reguliert. Ich vermag nicht genau zu sagen, über wieviele Wege das Wasser in dieser Eiche zirkuliert und damit diverse Instrumente aus Kupfer in Gang setzt, mit denen man [...] Personen nassspritzt oder auch verschiedene Geräusche und Pfeiftöne erzeugen kann.“⁴⁸

⁴⁸ Aikman 1988, 34. Zit. In: Jodidio, Philip: Tree houses. fairytale-castles in the air, Köln 2012, 15.



Das Pradolino-Baumhaus nahe Florenz. Spiralförmige Treppenaufgänge und aus Marmor gefertigte Dekorationen machten dieses Baumhaus zu einem der spektakulärsten Stücke menschlicher Baumhausarchitektur aller Zeiten.

Cosimos Sohn Francesco de' Medici (1541-1587) ließ sich ebenfalls ein solches Baumhaus für seine Villa di Pratolino in der Toskana bauen, das als La Fonte delle Rovere („Der Eichenbrunnen“) bekannt wurde. Um das Baumhaus seines Vaters zu übertreffen, ließ er zwei Treppen um den Stamm errichten, die sich spiralförmig auf den jeweils gegenüberliegenden Seiten des Baumes empor schlängelten. Sie führten zu einer acht Meter tiefen Plattform, welche in die Krone des Baumes eingesetzt wurde. Die Plattform enthielt einen großen Marmortisch mit Sitzplätzen und mehrere Brunnen, die mit Wasser gespeist wurden, das in Leitungen entlang der Äste nach oben gepumpt wurde. Gravuren aus dem 17. Jahrhundert von Stephano della Bella zeugen ebenso von der Existenz des Baumhauses wie die Berichte von Michel de Montaigne, einem französischer Autor und Philosoph, der die Baumhäuser von Castello und Pratolino auf seinen Reisen durch Italien und die Schweiz 1580 erwähnt. Im Laufe der Zeit änderte sich jedoch der allgemeine Geschmack der Landschaftsgestaltung, so waren später Terrassierungen und eine strikte Formgebung populär. Die Romantik der Gärten war damit schnell aus der Mode.⁴⁹

⁴⁹ Vgl. Aikman 1988, 37.

Auch in England, vor allem in der Zeit, als die Tudors den Thron besetzten (1485-1603), wurden Baumhäuser zu beliebten Elementen der aufwendig angelegten Gärten. Lindenbäume wurden oft kunstvoll beschnitten und geformt, sodass natürliche Räume in den Bäumen entstanden. Wände und Dächer wurden durch nach unten geflochtene Äste gebildet, über die Böden wurden Planken verlegt, um die Räume gut begehbar zu machen. Ein solches Baumhaus existierte in Cobham Hall nahe Rochester in Kent. Der Botaniker John Parkinson erwähnt es in seinem Werk „*Paradisi in Sole*“, worin er außerdem beschreibt, wie Lindenbäume gepflanzt und zu ansehnlichen Lauben geformt wurden. Das Baumhaus von Cobham Hall soll aus gigantischen Lauben auf drei Ebenen bestanden haben, groß genug, um etwa 100 Menschen Platz zu bieten.

Parkinson schrieb: „Es war das beträchtlichste Spektakel, das meine Augen je erblickt haben und all das wurde getragen von nur einem einzigen Baum!“. Das Baumhaus wurde zum Abhalten riesiger Bankette genutzt und auch Königin Elisabeth I. genoss bei einem Aufenthalt in Cobham Hall die Vorzüge des naturnahen Spektakels.⁵⁰ Aus derselben Zeit stammt auch das bereits 1692 erstmalig urkundlich erwähnte Baumhaus von Pitchford Hall bei Shrewsbury in Shropshire. Es gilt als ältestes, noch erhaltenes Baumhaus der Welt. Seit mehr als 450 Jahren hält es in den Ästen derselben Linde und gehört mittlerweile zu den offiziell geschützten Gebäuden Englands.⁵¹

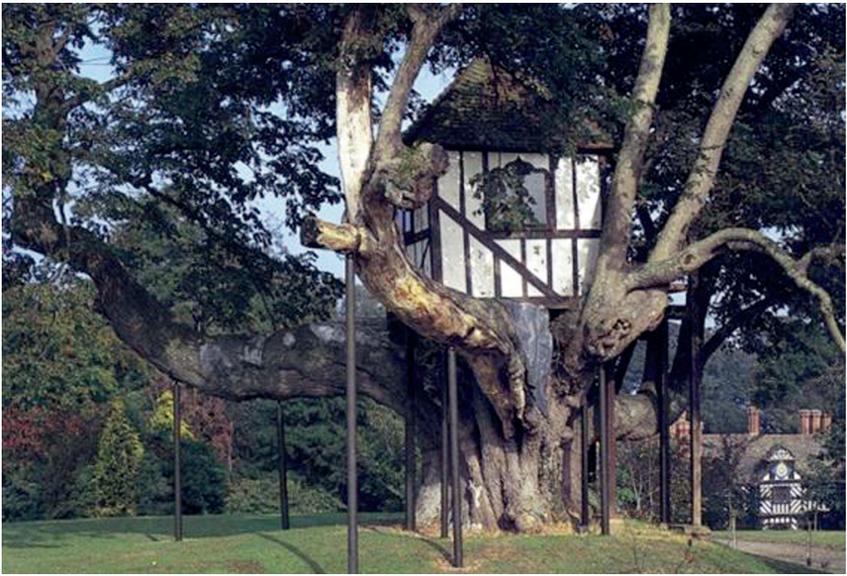
⁵⁰ Vgl. Aikman 1988, 40.

⁵¹ Vgl. Aikman 1988, 49.

Im Laufe des 16. und 17. Jahrhunderts wurden Baumhäuser auch im Rest Europas populär. Zahlreiche Aufzeichnungen dokumentieren Baumhäuser dieser Zeit in der Schweiz, Deutschland und den Niederlanden. Die eher im funktionellen Sinne errichteten Holzbauten wurden mit Fenstern und Türen ausgestattet, Wasserleitungen zum Abwaschen von Gläsern waren vorhanden, jedoch gab es keine Spur von den luxuriösen, verschwenderischen Brunnen und Marmorgegenständen, wie sie in Italien mit Vorliebe verwendet wurden. In den Niederlanden war das Bauen in Bäumen ebenfalls seit der Renaissance eine geläufige Praxis. Meist wurden die laubenartigen Strukturen von einem großen, dünnen Baum in der Mitte durchstoßen, der die Konstruktion zu tragen hatte. Es war nicht unüblich, das Baumhaus mittels einer Verbindungsbrücke an das Haupthaus anzuschließen, um es als zusätzliche, externe Terrassenfläche zu verwenden.⁵²

Gerade als die Beliebtheit der Baumhäuser in Europa nachzulassen begann, brachte der geschäftstüchtige Amerikaner John Ross, der sich auf Europareisen inspirieren ließ, den Baumhaus-Kult nach Übersee. In seinem Garten baute er sich seine eigene Version eines Medici-Baumhauses und startete damit in den USA einen neuen Trend. Ab 1960 brach mit dem von

⁵² Vgl. Aikman 1988, 37-39.

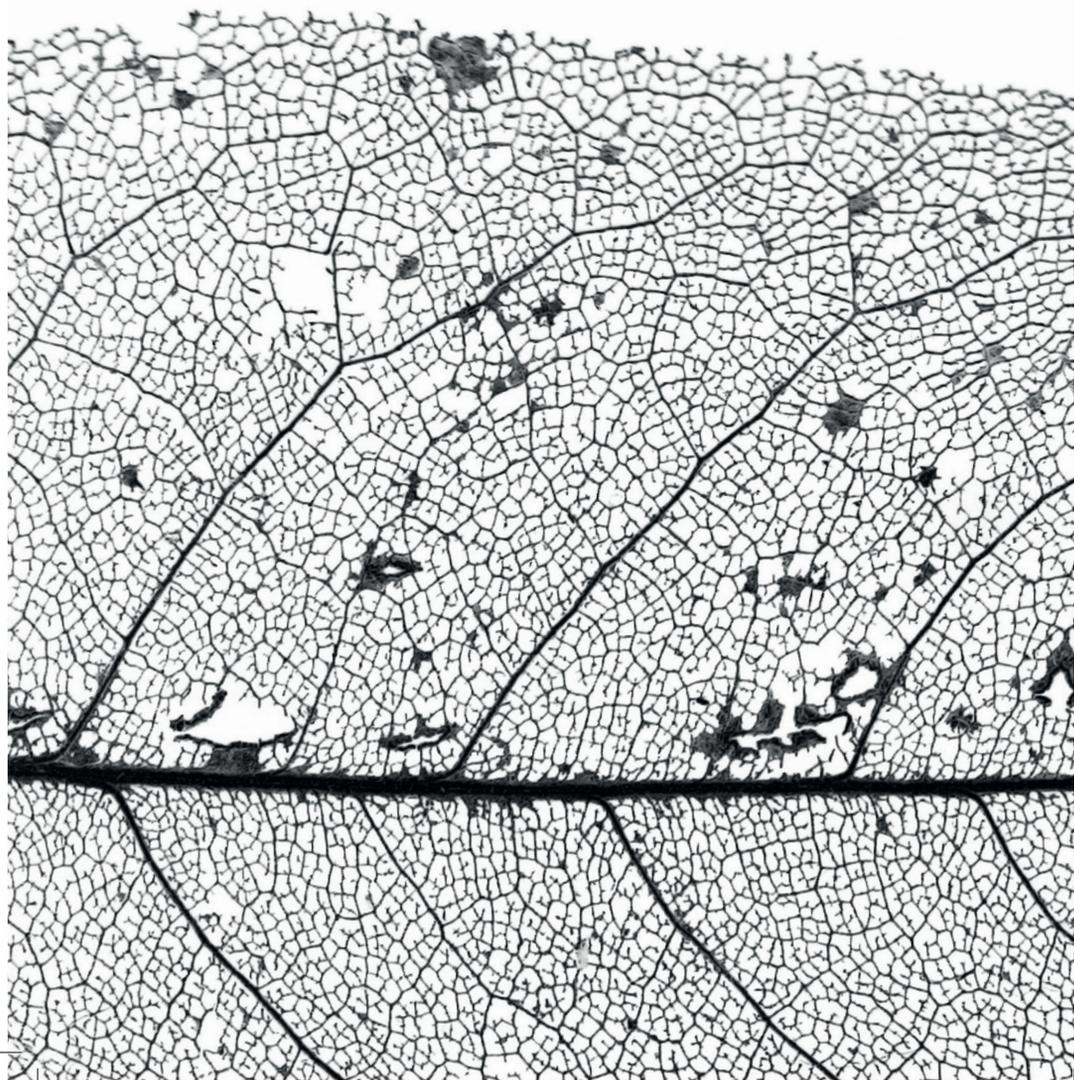


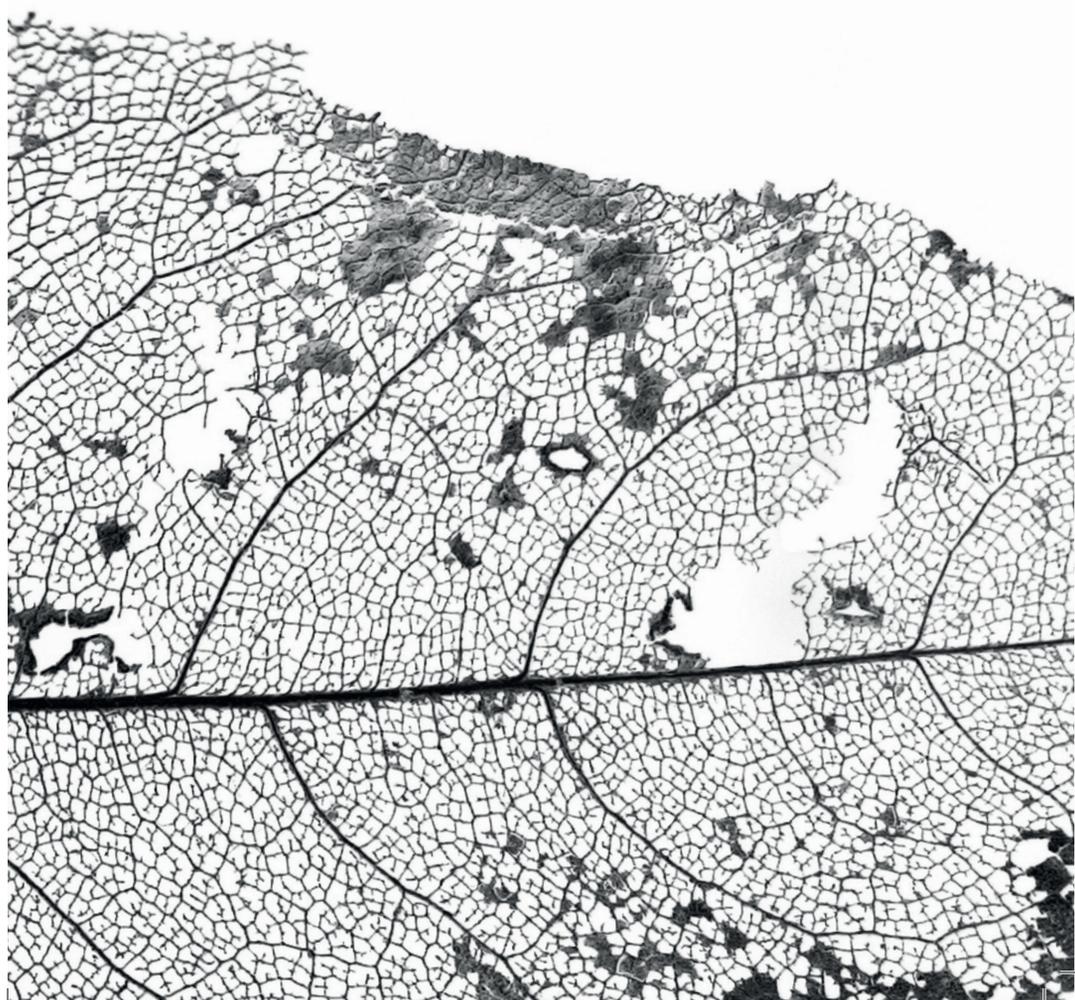
Walt Disney verfilmten Roman „Der schweizerische Robinson“ über die Familie Robinson und ihr Baumhaus eine neue Ära für die Architektur in Bäumen an. Nach dem Erfolg der Verfilmung gewannen Baumhäuser enorm an Popularität. Beweggründe wie das Bedürfnis nach Rückzug und Nähe zur Natur sowie das gesteigerte Interesse an ökologisch verantwortbaren Bauformen im 20. Jahrhundert haben schließlich maßgeblich dazu beigetragen, dass sich immer mehr Firmen auf die Gestaltung und Errichtung von Baumhausarchitektur spezialisiert haben. Da gesunde, lebendige Bäume sehr kraftvolle Natursymbole sind und deren Schutz regelmäßig thematisiert wurde, waren Baumhäuser und Menschen, die sich in Bäumen verbarrikierten, oft Instrumente des Umweltaktivismus und nicht selten im Mittelpunkt der Medien. Ein relativ junges Phänomen ist die wachsende Zahl an hochqualifizierten Gestaltern und Architekten, die das Bauen von Baumhäusern zu ihrer Hauptberufung gemacht haben.⁵³

Das Baumhaus von Pitchford Hall. Die schweren, ausladenden Äste müssen gestützt werden, das Haus und der Baum werden laufend gepflegt und erhalten. Es ist das älteste, heute noch erhaltene Baumhaus der Welt.

⁵³ Vgl. Jodidio 2012, 16.

Obwohl die zeitgenössische Architektur in den Bäumen immer weniger mit den Ursprüngen dieser Bauform gemeinsam hat, vereint sie dennoch die Tatsache, dass bis heute kaum eine Struktur eine solche Nähe zur Natur verkörpert wie ein Baumhaus.





PLANUNGSGRUNDLAGEN FÜR BAUMHÄUSER

Grundsätzlich eignen sich für das Errichten von Baumhäusern jene Bäume gut, deren Astgabeln 90°-Winkel oder 45°-Winkel bilden, wie beispielsweise Eiche und Buche. Weitere geeignete heimische Baumarten sind Walnussbäume, Linden, Eschen, Weiden und Kastanien. Auch Kiefern und Tannen eignen sich prinzipiell als Fundamente, bei heimischen Nadelbäumen müssen jedoch meist mehrere tragende Bäume zusammengefasst werden, da sie alleine nicht kräftig genug wären. Ein weiterer wichtiger Vorteil von gut geeigneten Baumarten wie Eiche und Buche besteht in ihrer Fähigkeit, Wunden schnell zu verschließen. Größe, Alter sowie die individuelle Form eines Baumes sind wichtige Faktoren bei der Suche nach geeigneten Bäumen. Noch stark im Wachstum befindliche Bäume könnten eingengt werden oder die Konstruktion sprengen. Zu alte Bäume können das zusätzliche Gewicht eines Baumhauses und die damit verbundene Windangriffsflächenvergrößerung eventuell nicht mehr ausreichend

⁵⁴ Vgl. <http://tiny-houses.de/baumhaus/baumhaus-bauen/> (Stand: 01.05.2014)

BAUMBEURTEILUNG

kompensieren.⁵⁴

Die beiden wichtigsten Faktoren in der Beurteilung von Bäumen und ihrer Eignung für das Errichten von Baumhäusern sind der Gesundheitszustand und die Standsicherheit des Baumes. Da der Baum als lebendes Fundament für ein Baumhaus dient, ist der Gesundheitszustand und die damit verbundene Standsicherheit des Baumes von immenser Wichtigkeit. Entscheidend dabei ist, dass der Baum nicht überlastet wird. Nur ein vitaler und gesunder Baum kann die notwendige Tragfähigkeit und Stabilität bieten, ohne dabei in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Jedoch ist ein intakt erscheinender Baum nicht automatisch gesund, gleichzeitig kann ein Baum an Versorgungsschwierigkeiten (etwa durch Pilzbefall) leiden und dennoch genügend Sicherheit für die Errichtung eines Baumhauses bieten, daher ist eine professionelle

Überprüfung vor dem Beginn jeglicher Baumaßnahmen unverzichtbar. Sowohl Gesundheitszustand als auch Standsicherheit müssen eingehend vom Fachmann überprüft werden. Wichtige Indikatoren für die Vitalität sind vor allem die Beschaffenheit der Rinde, der Zustand der Zuwächse sowohl in der Krone als auch am Stamm und das Verzweigungsmuster der Krone. Die Feststellung des Gesundheitszustandes ermöglicht Rückschlüsse auf das Reaktionsvermögen des Baumes auf möglichen Pilzbefall oder Infektionen, reicht aber alleine nicht aus, um statische Mängel aus-

⁵⁵ Vgl. Schöpe 2009, 33-34.

ÜBERPRÜFUNG DER VITALITÄT

zuschließen.⁵⁵

Anders als beim Befunden von Bauwerken und deren Substanz ist das Anbohren von Bäumen zur Feststellung des inneren Zustands nicht notwendig, denn dies führt nur punktuell zu Ergebnissen. Zudem bedeutet eine offene Wunde für den Baum stets ein erhöhtes Infektionsrisiko. Bohrungen sollten deshalb nur in Spezialfällen erfolgen.

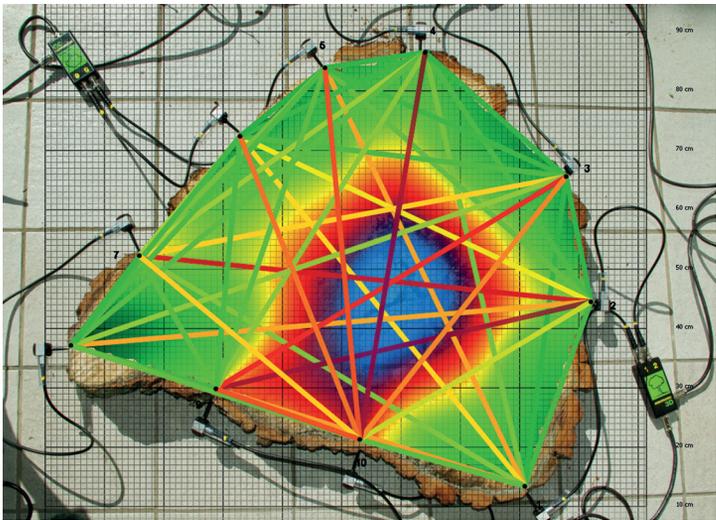
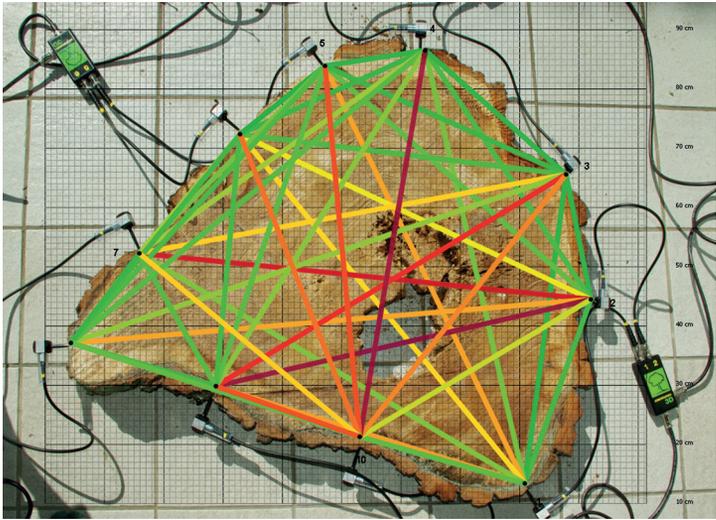
Eine schonende und dennoch sehr aussagekräftige Methode, den Zustand des Bauminneren zu bestimmen, liefert die Schalltomographie. Sie dient zur Feststellung der Holzqualität im gesamten Querschnitt der gemessenen Ebene. Bis zu zehn Sensoren werden um den Stamm herum angebracht, durch Klopfen auf jeweils einen Sensor kann die Geschwindigkeit gemessen werden, mit der sich der Schall durch den Holzkörper ausbreitet. Von Pilzen befallene Stellen im Holz oder Hohlräume verlangsamen den Schall beim Durchqueren. Aus der Summe der von jedem Sensor gemessenen Werte ergibt sich ein deutliches Bild der Holzqualität und Holzdichte. Hohlräume, Fäulen und Risse können lokalisiert werden. Bei Verdacht auf Pilzbefall oder Fäule kann mit dieser Methode festgestellt werden, ob eine statisch ausreichende Restwandstärke zum Lastabtrag vorhanden ist.⁵⁶

⁵⁶ Vgl. <http://www.forstbetrieb-kahmann.de/fbk/>
(Stand: 01.05.2014)



Messaufbau für eine schalltomographische Untersuchung am lebenden Baum.

Demonstration der Schalltomographie an einem Stammstück einer Pappel mit Höhlung und zersetztem Holz.



STANDSICHERHEIT UND BAUMSTATIK

Bäume sind als natürliche Konstruktionen denselben physikalischen Gesetzen unterworfen wie vom Menschen erschaffene Konstruktionen. Die grünen Giganten sind jedoch wahre Statik-Wunder. Windlasten, die der Masse einer Gewichtskraft von bis zu 350 Tonnen entsprechen können, werden über das teils gewaltige Kronensegel in das Traggerüst eingeleitet. Um solchen Windlasten trotzen zu können, müssen Bäume sich ausreichend absichern, denn Windwurf würde unweigerlich den Baumtod bedeuten.⁵⁷

Neben der Ermittlung dieser Messdaten und der Erfassung relevanter Baumdaten wie dem Zustand des Wurzelwerks sowie des Stamms, die Anbindung der Äste, die Gesamthöhe und die Ausmaße der Krone ist ein weiterer wichtiger Kennwert die Größe der vorherrschenden Vertikallasten. Ein Baum muss den Lasten widerstehen, die Regen, Schnee oder Eis auf der Krone verursachen. Da die zusätzlichen Vertikallasten in Relation zum Eigengewicht des Baumes gering ausfallen und die Belastungsrichtung parallel zur Stammachse verläuft, entsprechen die vertikal wirkenden Kräfte hauptsächlich dem Eigengewicht des Baumes, das senkrecht auf den Stammquerschnitt trifft und über den der Lastabtrag erfolgt. Das Baumgewicht kann mithilfe von Formeln aus der Forstwirtschaft ermittelt werden. Ausgewachsene Laubbäume wie die heimischen Buchen oder Eschen können ein Eigengewicht von 12 bis 15 Tonnen erreichen. In Relation dazu ist das zusätzliche Gewicht durch ein Baumhaus für einen gesunden Baum eine eher geringe Belastung.⁵⁸

Aufgrund der überwiegenden Belastungsrichtung senkrecht zur Stammachse spielen Horizontallasten eine wesentlich wichtigere Rolle. Um ein Eigengewicht von 10 Tonnen abtragen zu können, benötigt ein gerade stehender Baum einen Stammdurchmesser von nur 7,4cm. Um der Windlast eines Orkans trotzen zu

⁵⁷ Vgl. http://www.baumstatik.de/pages/frames/frame_baumstatik.html
(Stand: 04.02.2014)

⁵⁸ Vgl. Schöpe 2009, 35.

können benötigt derselbe Baum einen Durchmesser von 60cm, da durch die Hebelwirkung die auftretende Last verstärkt wird. Die Last wird verstärkt, je länger der Hebel ist. Bei einer gerade stehenden Buche mit 25 Metern Höhe kann die Belastung durch einen Orkan mit Windstärke 12 im unteren Stammbereich das 60fache des Eigengewichts betragen.⁵⁹

Mit jedem Zentimeter Dickenwachstum gewinnen Stämme und Äste vielfach an Stabilität. Durch die Vermehrung tragender Holzzellen über das erforderliche Maß hinaus haben Bäume nicht nur Sicherheitsreserven für das Alter angelegt, sie sind außerdem fähig, mit den enormen Lasten und Herausforderungen sicher umzugehen.⁶⁰

Da die Belastung durch Wind ein Vielfaches der Belastung durch das Eigengewicht ausmachen kann, ist die Berechnung des Kipp- und Biegemoments erforderlich, um sicherzugehen, dass ein Baum nicht umsturz- oder bruchgefährdet ist. Grundsätzlich wird dabei die Tragleistung des Baumes den zu erwartenden Windlasten gegenübergestellt.⁶¹

STATISCHE DEFIZITE

Ursachen statischer Defizite können sowohl baumeigene Schwachstellen als auch durch menschliche Eingriffe verursachte Schäden oder Veränderungen des Baumumfeldes sein. Auch natürliche Umfeldveränderungen, etwa durch Katastrophenereignisse, können statische Mängel zur Folge haben.

⁵⁹ Vgl. Wessoly/Erd 1998, 61.

⁶⁰ Vgl. http://www.baumstatik.de/pages/frames/frame_baumstatik.html
(Stand: 02.02.2014)

⁶¹ Vgl. <http://www.sag-baumstatik.org/methodik/zugpruefung/grundlagen.html>
(Stand: 30.01.2014)



Zwieselriss an einer Rotbuche. Bei V-Zwieseln (Druckzwieseln) werden die Stämmlinge wachstumsbedingt auseinandergedrückt, was zu Rissen an der betreffenden Stelle und in weiterer Folge zum Bruch (Zwieselbruch) führen kann.

Zwiesel

Typische baumeigene Schwachstellen sind Zwillingstämmle, sogenannte Zwiesel. Sie entstehen, wenn zwei dicht nebeneinander stehende Triebe gleichzeitig die Funktion des Gipfeltriebs übernehmen. Dabei kann man zwischen zwei Zwieseltypen unterscheiden, dem V-Zwiesel und dem U-Zwiesel. Die durch den spitzen Winkel zwischen den betreffenden Stämmlingen erkennbaren V-Zwiesel werden als Druckzwiesel bezeichnet, während die im Vergablungsbereich rundlich ausgeformten U-Zwiesel als Zugzwiesel bezeichnet werden. In der Regel gelten U-Zwiesel nicht automatisch als statisches Problem, V-förmige Zwiesel jedoch sind häufig bruchgefährdet, da sich zwischen den Stämmlingen oft eingewachsene Rinde befindet, wodurch der Kraftschluss gestört ist, da keine vollflächige Verbindung der beiden Holzkörper entstehen kann.⁶²

⁶² Vgl. Sinn 2003, 39.

Neigung und asymmetrische Kronen

Ein schräg gewachsener Baum versucht sich aufzurichten und bildet als Reaktion zum dynamischen Dauerreiz Kompensationsholz in Lastrichtung aus. Der Stamm erhält dadurch einen ovalen Querschnitt. Kompensationsholz kann steifer und fester sein, als das normal ausgebildete Holz und entsteht immer dort, wo Bereiche stärkeren Belastungen ausgesetzt sind. Laubbäume reagieren dabei mit Zugholzausbildung (auf der lastabgewandten Seite) während Nadelbäume umgekehrt reagieren. Sie bilden Druckholz auf der Seite, auf der die Last auftritt. Die Begriffe Zug- und Druckholz stammen aus der Forstwirtschaft und beschreiben beide den Zuwachs infolge mechanischer Reize. Schräg gewachsene Bäume weisen oft auch asymmetrische Kronen auf, was zu erhöhten einseitigen Belastungen der lastabtragenden Teile des Baumes führt. Die Asymmetrie der Krone führt darüber hinaus zu einer Drehbelastung des Stammes, was bei offenen Schäden am Stamm kritisch werden kann. Gründe für schräges Wachstum und asymmetrische Kronenformen können unterschiedlicher Art sein, sind aber immer standortabhängig. Wenn Bäume in starker Hanglage stehen oder ein Hindernis umwachsen müssen, kann das ebenso die Ursache für Neigung und Asymmetrie sein wie die Konkurrenz eines Nachbarbaumes. Eine häufige Ursache für starke Schräglagen von Bäumen in Wassernähe ist die reflektionsbedingte Verstärkung der Lichteinstrahlung, wodurch der Baum mit verstärktem Wachstum in Richtung der Lichtquelle reagiert. Starke und kontinuierliche einseitige Windbelastung kann ebenfalls einen geneigten Stamm oder eine ungleichmäßige Krone bewirken, da der Baum schlecht gegen den Wind wachsen kann. Die dem Wind zugewandten Blätter können bei einem Sturm austrocknen; der Baum kompensiert diesen Verlust der Blätter durch Wachstum auf der windabgewandten Seite. Diese spezielle Wuchsform nennt man auch Flaggenbaum. Wechselt der Wind die Richtung, ist die ungleichmäßig gewachsene Krone allerdings ungünstig und kann zum statischen Risiko werden.⁶³

⁶³ Vgl. Wessoly/Erb 1998, 34-36.





Dieser Flaggenbaum auf den Klippen von Sussex hat seinen Wuchs der ständigen, manchmal orkanartigen Windbelastung angepasst.

Befestigung im Boden

Das Wurzelsystem hat neben der Nährstoffversorgung auch die Aufgabe, den Baum im Boden zu verankern und gegen Kippen abzusichern. Die Art und Form des Wurzelsystems hängt von der genetischen Anlage der jeweiligen Baumart ab. Steht dem Baum jedoch nur begrenzter Platz oder harter, undurchdringlicher Untergrund zur Verfügung, kann das Wurzelsystem flexibel darauf reagieren und andere Ausprägungen, beispielsweise Flachwurzeln, entwickeln. Für die statische Verankerung ist es allerdings von Vorteil, wenn die Wurzeln möglichst tief in den Untergrund vordringen können. Die Wurzelspitzen stoßen dabei aber nicht geradlinig vor, sondern müssen Hindernisse wie Steine umwachsen, wodurch eine korkenzieherartige Verbindung des Baumes mit dem Boden entsteht, ähnlich wie eine „Verdübelung“. Zunächst hängt die Standsicherheit des Baumes davon ab, wie kräftig die Wurzelanläufe ausgebildet sind. Starke und gesunde Wurzelanläufe sind in der Lage, die in der Krone auftretenden Kräfte großflächig zu verteilen. Die Verzahnung mit dem Boden spielt besonders dann eine größere Rolle, wenn es zu langanhaltenden dynamischen Belastungen kommt und der Baum infolge der Belastung „losgerrüttelt“ wird. Ist der Untergrund jedoch felsig, kann der Baum in diesem Bereich keine kraftschlüssige Verbindung herstellen, einzig durch Umklammerung oder in Rissen können sich die Wurzeln gut festhalten. Ansonsten liegt der Wurzelteller sehr flach auf dem Fels auf, was das Kippen des Baumes bei größeren Belastungen zur Folge haben kann. Auch sandige Böden bieten keine optimale Standsicherheit; die Wurzeln dringen zwar leicht in den Boden ein, die Verankerung ist aufgrund der Nachgiebigkeit aber statisch weniger leistungsfähig als bei bindigen⁶⁴ Böden.⁶⁵

Sonne, Hitze, Kälte

Jungbäume, die nicht im Schutz von Nachbarbäumen wachsen, sind aufgrund der dünnen Rinde sonnenbrandgefährdet. Ein „Sonnenbrand“ zeigt sich bei

⁶⁴ Als „bindige Böden“ bezeichnet man Böden aus feinen Körnern mit einem Korndurchmesser von weniger als 0,06mm. In der Reinform bestehen solche Böden aus Ton oder Lehm, am häufigsten sind jedoch Mischformen mit nichtbindigen Böden, die aus größeren Körnern bestehen.

⁶⁵ Vgl. Wessoly/Erb 1998, 43-45.

Bäumen durch das Absterben von Rinde oder vermindertem Dickenwachstum an der Sonnenseite. Ein Sonnenbrand allein stellt noch keine statische Gefahr für einen Baum dar, allerdings können durch Schäden ausgelöste Ungleichmäßigkeiten im Dickenwachstum bei großer Hitze oder Kälte zu großen Spannungsunterschieden im Holzquerschnitt führen. Wird der Spannungsunterschied aufgrund der stark abweichenden Temperaturen zwischen Bauminneren und der Umgebung zu groß, reißt der Holzkörper an einer Stelle auf – es entstehen Frostrisse. Da im Inneren des Baumes immer eine natürliche Vorspannung herrscht, die die Stabilität erhöht und Ergebnis des natürlichen Wachstums ist, kann es im Falle von Störstellen aufgrund der veränderten Spannung auch Jahre später erst zum Aufreißen des Stammmantels kommen. Unmittelbar sind Frostrisse nur bei drehenden Belastungen, etwa bei asymmetrischen Kronen, problematisch. Allerdings können Schädlinge durch die Öffnung in den Stamm eindringen und dadurch in späterer Folge statische Probleme verursachen.⁶⁶

⁶⁶ Vgl. Wessoly/Erb 1998, 47.

Höhlungen

Höhlungen sind prinzipiell unproblematisch, solange genügend Wanddicke der tragenden Holzschicht im Stamm vorhanden ist. Wenn die Dicke der Wand nicht unter ein kritisches Maß sinkt, haben Höhlungen im Stamminneren nur geringe Auswirkungen auf die statische Biege- und Torsionsfähigkeit. Reißt ein Hohlraum jedoch nach außen auf, so kann es je nach Orientierung der auslösenden Kraft und Größe der entstandenen Öffnung zu entsprechend großen Defiziten der Festigkeit kommen. Auch Höhlungen im Stammfußbereich, bei denen auch das Wurzelwerk bereits angegriffen ist, kann zu beträchtlichen statischen Defiziten führen.⁶⁷

⁶⁷ Vgl. Sinn 2003, 43.

Fäule

Jede Schädigung der Baumstruktur kann sowohl die Lebensvorgänge als auch die Stand- und Bruchsicherheit des Baumes beeinflussen. Viele Schäden bewirken in erster Linie eine Verschlechterung der allgemeinen Vitalität. Es kann zu Totholzbildung in der Krone kommen, wodurch fortschreitend das gesamte Tragsystem mitsamt dem Baumfundament in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Bäume können jedoch den allmählichen Tragfähigkeitsverlust durch die geringere Windangriffsfläche der abgestorbenen Kronenteile kompensieren, sodass abgesehen von vermehrten Astbrüchen nicht unbedingt eine Bruch- oder Kippgefahr besteht. Eine wesentlich maßgeblichere Rolle bei den Folgen von Baumschäden spielt Fäule.⁶⁸

⁶⁸ Vgl. Sinn 2003, 56.

Fäule entsteht durch holzersetzende Pilze, sogenannte Sekundärparasiten, die jene Holzkörper besiedeln, die bereits von Bakterien oder Pilzen befallen sind. Mithilfe von Enzymen, die sie in das Holz abgeben, bewirken sie die langsame Zersetzung des Holzkörpers und damit den Verlust seiner Festigkeit. Eindringen können solche Pilze durch Stamm- sowie Astwunden des Baumes oder durch Stammrisse, Astabrisse, Kappstellen sowie andere offene Stellen. Grundsätzlich wird zwischen drei Fäuletypen unterschieden - Braunfäule, Weißfäule und Moderfäule. Pilze, die Braunfäule verursachen, bauen langsam Cellulose und Hemicellulose ab, das Lignin bleibt aber – wenn auch leicht modifiziert- erhalten. Das betroffene Holz verliert stark an Volumen und Gewicht, es kommt zu Längs- und Querrissen, was ein würfeliges Zerbrechen des Holzes zur Folge hat. Im Endstadium der Zersetzung kommt es zum pulverartigen Zerfall der Holzstruktur, das Holz behält jedoch durch den Verbleib von Lignin seine typische, bräunliche Farbe. Dieser Fäuletypus tritt überwiegend an Nadelbäumen auf, es gibt aber auch einige Pilzarten, die an Laubbäumen eine Braunfäule verursachen können. Bei der Moderfäule wird ebenfalls Cellulose und Hemicellulose abgebaut, während das Lignin nur in geringem Ausmaß

abgebaut wird. Moderfäule wird jedoch meist an lagerndem oder verbautem Holz beobachtet. Nur wenige Pilzarten sind in der Lage an unverbautem Holz, wie etwa bei Straßen- oder Parkbäumen eine Moderfäule zu verursachen. Im Gegensatz zu den bereits genannten Fäuleerregern können Weißfäuleerreger zusätzlich zum Celluloseabbau auch das Lignin abbauen, wodurch das zersetzte Holz eine aufgehellte Farbe bekommt, stark an Gewicht verliert und eine weiche, faserige Konsistenz erhält. Aufgrund von inneren Defekten – ob von alten Wunden oder durch Fäule – kann das Holz infolge der Biege- und Drehbelastung des Baumes im Wind von innen nach außen aufplatzen. Reichen die Risse bis zur Rinde, wird der Schaden von außen als Stammriss sichtbar (da das Auf- und Weiterreißen eines Stammrisses meist bei Frost geschieht, werden solche Stammrisse häufig Frostrisse genannt; Frost ist jedoch nur der Auslöser, aber nicht die Ursache). Stammrisse sind im Hinblick auf Bruchsicherheit relativ harmlos, solange der Holzkörper im Stamm intakt ist. Ist der Stamm aber hohl, kann ein Stammriss zur Gefahr für die Bruchsicherheit des Baumes werden. Abgesehen von Rissen am Stamm kann es an stark gebogenen Ästen – auch unabhängig von Wunden oder Fäulen – zu Längsrissen im Holzkörper kommen. Sie entstehen durch Schubkräfte und können auf erhöhte Bruchgefahr hindeuten, selbst wenn der Baum aussteifendes Wundholz gebildet hat.⁶⁹

⁶⁹ Vgl. Sinn 2003, 56-61.

Jede Art von statischen Defekten muss detailliert untersucht werden, um die Eignung für ein Bauvorhaben zu gewährleisten. Deshalb ist neben der eingehenden Untersuchung und Kontrolle der Vitalität auch die Erhebung der Baumsicherheit von großer Bedeutung, bei der speziell die Stand- als auch die Bruchsicherheit des zu begutachtenden Baumes und die Verankerung im Boden sowie frühe Anzeichen von Bruchgefahr untersucht werden.⁷⁰

⁷⁰ Vgl. Schöpe 2009, 34.



Das würfelig zerbrechende Holz ist charakteristisch für den Befall durch Braunfäule.



Moderfäule im Stamm einer Kastanie.



Überreste einer von Weißfäule befallenen Eiche.

ÜBERPRÜFUNG DER STANDSICHERHEIT

Die gängigste Methode zur Ermittlung der Standsicherheit ist die sogenannte AfB-Methode.⁷¹ Das rechnergestützte Neigungsmessverfahren, beruht auf dem Zweipunkt-Messprinzip: Unter der windlastorientierten Zugbelastung wird die auftretende Neigung und Biegung an zwei Punkten erfasst – am Stammfuß und in etwa 1 Meter Höhe. Es wird in Lastschritten gemessen, wobei bereits nach vier Sequenzen im unteren Zuglastbereich eine aussagekräftige Prognose des Kippverhaltens möglich ist – also bei einer Belastung von nur etwa 30% des errechneten Lastgrenzfalles bei Windstärke 12 nach Beaufort. Die Beurteilung erfolgt getrennt für die Windstärken 8-12. Dadurch kann genau ermittelt werden, bei welcher Windlast der untersuchte Baum seine Standsicherheit verlieren würde. Der sogenannte relative Kippmodul gibt dabei die Neigungszunahme pro Zugkraftveränderung an. Aufgrund des relativen Kippmoduls lassen sich außerdem vier Standsicherheitsklassen zuordnen, wobei die erste Klasse hochgradige Standsicherheit bedeutet und die vierte Klasse unzureichende Standsicherheit bescheinigt. Dies dient zur Verdeutlichung von Standsicherheitsreserven, die besonders im Falle einer zusätzlichen Belastung durch ein Bauvorhaben von Bedeutung sind.⁷²

⁷¹ Die Kurzform „AfB“ steht für „Arbeitsstelle für Baumstatik“.

⁷² Vgl. Sinn 2003, 100.

BEFESTIGUNGSTECHNIKEN FÜR BAUMHÄUSER

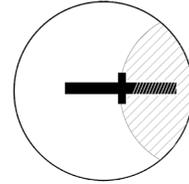
Zunächst hängt es vom vorgesehenen Bauplatz ab, ob das Baumhaus von nur einem Baum getragen werden muss oder ob mehrere Bäume hinzugezogen werden können. Ist sowohl die ausreichende Gesundheit als auch die benötigte Standsicherheit der betroffenen Bäume für das Bauvorhaben gegeben, kann mit der eigentlichen Planung begonnen werden. Die Befestigung der Konstruktion am Baum spielt dabei eine zentrale Rolle. Letztlich hängt es von der Baumart und der individuellen Form des Baumes ab, welche Befestigungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Dem Baum muss dabei genügend Freiheit gelassen werden, um sich bei Wind und Sturm frei bewegen zu können und das natürliche Wachstum nicht zu beeinträchtigen. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass die Verbindungsmittel nicht in den Wachstumsbereich des Baumes (Kambium) einwachsen und dadurch Schäden verursachen.⁷³

⁷³ Vgl. Schöpe 2009, 36.

Schrauben

Eine besonders in Amerika beliebte Art der Befestigung ist die Verankerungstechnik mit sogenannten „Garnier-Schrauben“. Ziel dieser Technik ist, die Zahl der Befestigungspunkte am Baum so gering und so belastbar wie möglich zu halten. Garnier-Schrauben sind lange, schwere Stahlbolzen mit einem Durchmesser von 3cm, die in den Baum getrieben werden und mit bis zu fünf Tonnen Gewicht belastet werden können. Sie bestehen aus einem etwa 15cm langen Gewindeteil, einem rundscheibenähnlichen Mittelteil mit größerem Durchmesser und einem 15-30cm langen Endteil, der aus dem Baum herausragt. Ein robuster Baum kann einen solchen Bolzen besser verkraften als mehrere kleinere Schrauben oder Nägel. Bei dieser Methode wird zunächst der Gewindeteil des Bolzens in den Baum geschraubt, sodass auch der Mittelteil leicht versenkt wird. Optimalerweise wird dieser Mittelteil mit der Zeit vom Baum eingeschlossen, was die Stabilität dieser Verbindung deutlich erhöht. Wichtig ist, dass der Baum fähig ist, die Wunde schnell zu schließen, um Folgeschäden zu vermeiden. Besonders Nadelgehölze sorgen durch starkes Harzen für eine Verklebung und rasche Schließung solcher, durch Bolzen verursachter Wunden. Eine eingewachsene Garnier-Schraube fungiert letztendlich wie ein künstlicher Ast. Der Vorläufer der Garnier-Schraube wurde Ende der 90er Jahre von Jonathan Fair Oaks entwickelt und später von dem Baumhaus-Hotelier Michael Garnier und dessen Ingenieur Charlie Greenhouse weiterentwickelt.⁷⁴

Bolzen und Schrauben sind und bleiben jedoch Fremdkörper. Bäume können sich zwar auf Fremdkörper einstellen, aber die Gefahr von Infektionen besteht dennoch immer und kann auch erst Jahre später erste Auswirkungen zeigen. Auch das Versorgungssystem kann durch die beim Einschrauben zerstörten Leitungsbahnen leiden, daher ist der Einsatz der Schrauben auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren.⁷⁵



⁷⁴ Vgl. <http://tiny-houses.de/baumhaus/baumhaus-bauen> (Stand: 01.05.2014)

⁷⁵ Vgl. Schöpe 2009, 36-37.



Aufhängen

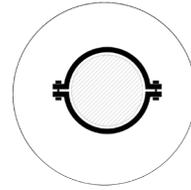
Eine weitere Befestigungstechnik ist das Aufhängen mithilfe von Stahlseilen und hochbelastbaren, rinden-schonenden Textilschlaufen am Baum. Die ursprünglich in der Kronensicherung verwendeten Schlaufenbänder sorgen für eine bessere Lastverteilung am Auflagepunkt und helfen dadurch, den Baum zu schonen. Die Schlaufen werden in Stammgabelungen oder in Gabelungen von Starkästen (Äste mit mehr als 10cm Durchmesser) so angebracht, dass sie möglichst flach aufliegen. Je mehr Befestigungspunkte hinzugezogen werden können, desto besser ist die Lastverteilung. Die Lasten sollten dabei möglichst senkrecht auf den Baumstamm aufliegen. Gegebenenfalls müssen einzelne tragende Äste zusätzlich gesichert werden, um ein eventuelles Versagen verhindern zu können. Bei der Auswahl der Aufhängungspunkte ist außerdem darauf zu achten, dass der Baum durch die Befestigungsmaßnahmen nicht zu ruhig gestellt wird, damit er sich bei Wind weiterhin bewegen kann. Die Verwendung von speziellen Federn oder Stoßdämpfern kann in diesem Fall helfen, dem Baum trotz der nötigen Stabilität noch Spielraum einzuräumen.⁷⁶

⁷⁶ Vgl. Schöpe 2009, 36.

Werden keine Stoßdämpfer oder andere Fixierungen vorgenommen, muss beachtet werden, dass ein Baumhaus, das ausschließlich durch Aufhängen mit Stahlseilen befestigt wurde, im Wind zu schwingen beginnt. Dieser Effekt kann bewusst eingesetzt werden, kann aber auch zum unerwünschten Nebeneffekt werden, wenn er nicht einkalkuliert wurde.

Klemmen

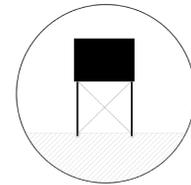
Eine weitere Methode zur Befestigung eines Baumhauses ist die Klemmtechnik. Bei dieser Variante werden verstellbare Metallmanschetten um den Baumstamm gelegt und festgespannt. An den Metallmanschetten können Balkenschuhe und andere für das Baumhaus notwendige Konstruktionsmittel befestigt werden. Besonders wichtig bei dieser Methode ist die regelmäßige Kontrolle und Wartung der Manschetten, damit von der Konstruktion eingeschnürt wird. Regelmäßiges Lockern garantiert, dass das Versorgungssystem des Baumes nicht beeinträchtigt wird und der Baum sein natürliches Wachstum fortsetzen kann. Um die Notwendigkeit der regelmäßigen Wartung zu umgehen, können Polsterhölzer zwischen Manschette und Stamm eingelegt werden. Damit gewinnt die Konstruktion mehr Abstand zum Stamm - der Baum kann weiter wachsen und schließt die Polsterhölzer mit der Zeit ein. Vor allem bei Hochseilgärten wird die Klemmmethode mit Polsterhölzern oft angewandt.⁷⁷



⁷⁷ Vgl. <http://tiny-houses.de/baumhaus/baumhaus-bauen/> (Stand: 01.05.2014)

Stützen

Bei der Stütztechnik wird das Baumhaus durch Stützen getragen und kann so auch vom Baum unabhängig stehen. Zwar verliert der Begriff „Baumhaus“ ein wenig an Bedeutung, wenn die Konstruktion völlig unabhängig vom Baum steht, diese Variante bietet sich jedoch besonders an, wenn kein ausreichend tragfähiger Baum vorhanden ist. Meist wird diese Methode als Zusatzmaßnahme zu anderen Methoden angewandt, um Teile der Konstruktion wie etwa Terrassen abzustützen. Auch ein Baumstumpf oder ein Baum mit starken Ästen können als Stütze fungieren, indem Teile der Konstruktion schonend aufgelegt werden.



Kombinierte Methoden

Die meisten der zeitgenössischen Baumhäuser werden durch die Anwendung von mehr als einer der genannten Methoden befestigt. Selten wird nur eine einzige Technik zum Befestigen verwendet. Durch die Kombination verschiedener Techniken kann je nach gegebener Baumsituation die Stabilität erhöht werden. Das in Deutschland beheimatete Büro „baumraum“, gegründet von Andreas Wenning, hat sich auf Baumhäuser auf Stelzen sowie auf die Kombination aus Hängen und Stützen spezialisiert, wobei meist das Haus gestützt wird und die Terrasse sowie die Zugangsstiege am Baum aufgehängt werden.

*Geh in den Wald! Da ist es Frühling. Da warten Bäume auf Dich.
[...] Da ist Ruhe, unsagbarer Frieden.*

Phil Bosmans

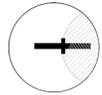


REFERENZPROJEKTE



Beachrock Treehouse

Kobayashi Takashi, Okinawa 2005
(Befestigungsmethode: Schrauben)



Das eigenwillige Baumhaus wurde 2005 im japanischen Beach Rock Resort errichtet. Erreichen kann man das Haus über Holzleitern, die auf halber Höhe auf eine kleine Terrasse führen, die spannende Ausblicke in die umgebende Natur bietet. Das Haus selbst sitzt auf Holzträgern, die von den im Baum verankerten Bolzen getragen werden. Die Außenhülle besteht aus verspiegelm Plexiglas, das die Umgebung in ihren Farben und Formen reflektieren soll und dem Haus je nach Lichteinfall eine andere Erscheinung verleiht.⁷⁷

⁷⁷ Vgl. <http://home-trehome.wordpress.com/2012/06/01/489/>
(Stand: 01.05.2014)



Claras Baumhaus

schneider+schumacher, Solingen 2009
(Befestigungsmethode: Aufhängen)



Claras Baumhaus basiert auf einem quadratischen Grundriss und einer 2x2m großen Liegefläche. Durch die Verdrehung der Liegefläche um 45° entstanden rundherum kleine Sitzflächen. Das kleine, luftig schwebende Baumhaus erlaubt einen erhabenen Blick auf die Umgebung und hängt zwischen mehreren Birken auf einem Hanggrundstück in Solingen. Es fungierte als Prototyp für einen käuflich erwerbbaaren Bausatz, der von Privatpersonen in Eigenregie errichtet werden kann. Um Gewicht zu sparen, wurden als Grundbaustoff wetterfest verleimte, 21mm starke Platten aus WISA-Spruce⁷⁸ verwendet. Die hohe Steifigkeit erhält das Baumhaus durch drei gebogene Acrylglasflächen, die andere aufwendige Maßnahmen zur Aussteifung überflüssig machen und großzügige Aus- und Einblicke ermöglichen.⁷⁹ Der Zugang erfolgt beim Prototypen allerdings nur über eine angelehnte Leiter, die jederzeit entfernt werden kann.

⁷⁸ WISA-Spruce ist eine vielseitig einsetzbare Sperrholzplatte aus nordischem Fichtenrundholz, die hohe statische Kennwerte und gleichzeitig ein geringes Gewicht aufweist.

⁷⁹ Vgl. http://www.german-architects.com/de/projects/31739_Claras_Baumhaus
(Stand: 01.05.2014)





Froschkönig

baumraum, Münster 2009
(Befestigungsmethode: Stützen)



In einem privaten Garten in Münster, umrahmt von hohem Bambus, steht dieses Stelzenhaus inmitten einer Wasserfläche. Die Terrasse ruht auf vier Edelstahlstützen, die etwas höher liegende Kabine wird über wenige Stufen und einen schmalen Steg erreicht. Der gerundete Baukörper thront über der Mitte des Teichs auf acht asymmetrisch angebrachten Edelstahlstützen. Eine Zinkblecheindeckung und Lamellen aus Tatajubaholz, aus dem auch die Terrassenoberfläche besteht, bestimmen den optischen Charakter der Außenhülle. Zwei großzügige Glasflächen an den Giebeln und zwei lange schmale Fenster an den Längsseiten sorgen für einen lichtdurchfluteten Innenraum. Ein großes gewölbtes Dachfenster über der Liegefläche bietet auch beim Aufwachen den richtigen Ausblick. Gegenüber der Liegefläche befindet sich im Inneren noch eine gepolsterte Bank, die gleichzeitig Stauraum bietet. Sowohl die Wände als auch Böden und Möbel im Innenraum sind aus weiß lasiertem Eschenholz gefertigt.⁸⁰

⁸⁰ Vgl. <http://www.baumraum.de/articles/36/froschkoenig/>
(Stand: 02.05.2014)

Kupfer Kubus

Baumraum, Werder bei Berlin 2010
(Befestigungsmethoden: Aufhängen, Stützen)

⁸¹ Vgl. <http://www.baumraum.de/articles/38/kupfer-kubus/>
(Stand: 02.05.2014)

Dieses Baumhaus besteht aus einem gestützten Wohnkubus und einer Terrasse, die etwa einen Meter tiefer mittels Seilaufhängung von einer Eiche getragen wird. Große Fenster zu allen Seiten sowie zwei Dachfenster ermöglichen den Blick in die Wipfel. Da das Baumhaus am voll erschlossenen Grundstück der Bauherren steht, ist es mit Wasser, Strom und Heizung ausgestattet, sodass zu keiner Jahreszeit auf Annehmlichkeiten verzichtet werden muss.

Im Innenraum befinden sich großzügige Liege- und Sofaf Flächen; aber auch ein Kleiderschrank, ein Schreibtisch und eine Minibar wurden integriert. Auch im Badezimmer ist mit Dusche, Toilette und einem Waschbecken sowie einigen Einbaukästen für jeglichen Komfort gesorgt. Die Zuleitung von Frisch- und Abwasser sowie die Stromleitungen erfolgen versteckt in einer der Stützen.⁸¹

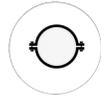






The Cabin

Cyrén & Cyrén, Harads 2008
(Befestigungsmethode: Klemmen)



Im nordschwedischen Harads befindet sich das „Tree Hotel“, ein Designhotel bestehend aus in den Bäumen verteilten Hotelzimmern. Jedes der Baumhäuser zwischen 15 und 30m² wurde von unterschiedlichen Architekten entworfen. Das vom schwedischen Architektenteam Cyrén & Cyrén entworfene Baumhaus erreicht man über eine horizontale Verbindungsbrücke, über die man direkt auf das Dach der Kabine gelangt, das gleichzeitig als Terrasse fungiert. Über das Dach gelangt man über einige Stufen in das Innere des scheinbar schwebenden Hotelzimmers. Die Wohnkapsel wurde vom Terrassendeck abgehängt, das wiederum über Metallmanschetten an mehreren tragenden Bäumen fixiert ist.⁸²

⁸² Vgl. http://www.cyren.se/works/files/Trehotel_presentation.pdf
(Stand 02.05.2014)

Blue Cone

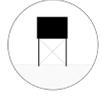
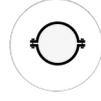
sandellsandberg, Harads 2010
(Befestigungsmethoden: Klemmen, Stützen)

Auch dieses Projekt ist Teil des „Tree Hotels“ in Nordschweden. Der Entwurf, der sich entgegen seinem Namen gänzlich in Rot präsentiert, basiert auf einer traditionellen Holzkonstruktion, die an drei Punkten mithilfe von Manschetten an umgebende Bäume geklemmt wurde. Zusätzlich dienen zwei Baumstümpfe als natürliche Stützen. Der Zugang erfolgt über eine stabile Brücke von einer nahegelegenen Erhöhung. Das Hotelzimmer ist als bisher einziges in der Hotelanlage durch seine gute Zugänglichkeit und die barrierefreie Ausführung des Badezimmers auch für Rollstuhlfahrer geeignet. Mit einer Fläche von 22m² bietet es 4 Personen Platz zum Übernachten.⁸³

⁸² Vgl. http://www.cyren.se/works/files/Treehotel_presentation.pdf
(Stand 02.05.2014)



⁸³ Vgl. <http://www.treehotel.se/?pg=blucone> (Stand: 02.05.2014)

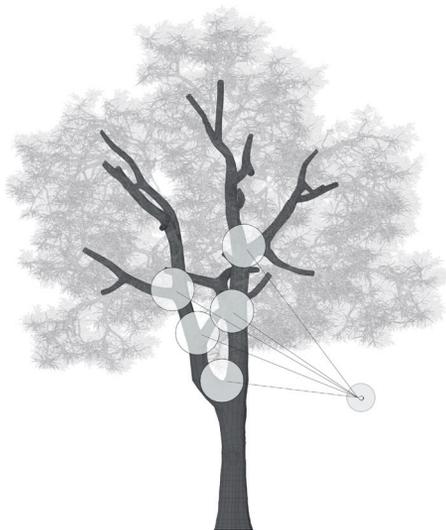




PROJEKT

Als Grundlage dient das Wettbewerbsprogramm. Gefordert wurde ein Baumhaus-Entwurf, der als Wochenendrefugium für ein in einer hektischen städtischen Umgebung lebendes Pärchen nutzbar ist und ihnen als Rückzugsort inmitten der Natur dienen kann. Der Standort war frei wählbar, jedoch sollte das Haus einen Mindestabstand von 2,5m zum Boden einhalten. Die Wohnfläche war mit 20m² vorgeschrieben. Auf dieser Fläche sollten ein Schlafbereich, Sitzgelegenheiten, Stauraum sowie eine Lesezone und ein vollwertiges Badezimmer mit Waschbecken, Dusche oder Badewanne und einem WC Platz finden. Wichtig waren außerdem die Ausblicke in die Natur. Eine externe Balkon-/ bzw. Terrassenfläche wurde ebenfalls gefordert.

Weiters stand der schonende Umgang mit der Natur und den Bäumen im Vordergrund. Befestigungsmittel wie Schrauben sollten auf ein Minimum reduziert sein.



Aufhängung mit textilverstärkten Schwerlastgurten in Stammgabeln und Gabelungen von Starkästen ($d > 10\text{cm}$).

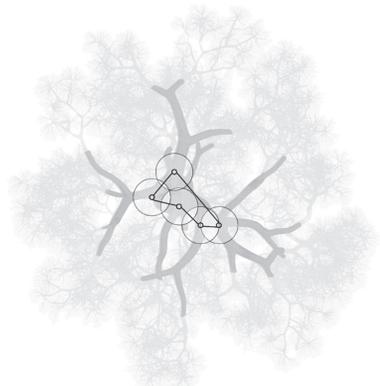
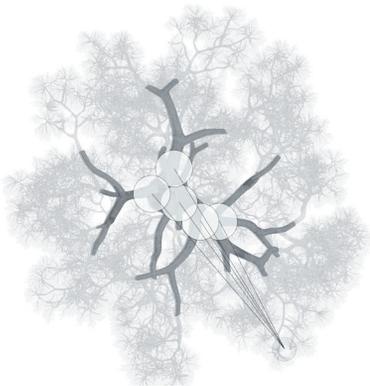
KONZEPT

Da Schrauben generell durch die Wunde, die sie im Baum hinterlassen ein Infektionsrisiko darstellen, wurde diese Methode ausgeschlossen. Die übrigen anwendbaren Methoden waren Hängen, Klemmen oder Stützen. Da man die Bäume als natürlich gewachsene Stützen betrachten kann, wäre auch die Verwendung von zusätzlichen Stützen zu vermeiden.

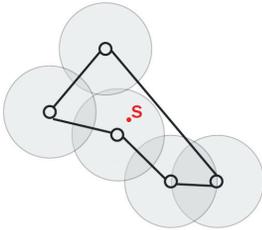
Der erste Ansatz für die Befestigung war das Aufhängen in einem einzigen Baum. Die Idee war, den Baum auf mögliche Aufhängepunkte durch Stahlseile mit Textilschlaufen zu untersuchen und diese zu erfassen. Im Grundriss betrachtet kann man aus der Kombination an Aufhängepunkten, die natürlich bei jedem Baum ein wenig anders aussieht, eine Fläche bilden. Der Schwerpunkt dieser Fläche bildet damit auch den Schwerpunkt der Konstruktion, der aber je nach Baum näher und weiter entfernt vom Stamm sein kann. Ausgehend von diesem Flächenschwerpunkt kann man die Grundfläche des Baumhauses zunächst in kreisrunder Form festlegen. Die Funktionen können dabei diagrammartig vom Stamm ausgehend angeordnet werden.

Der Stamm bildet sozusagen den Ausgangspunkt. Bei einer solchen Anordnung um den Stamm ist jedoch

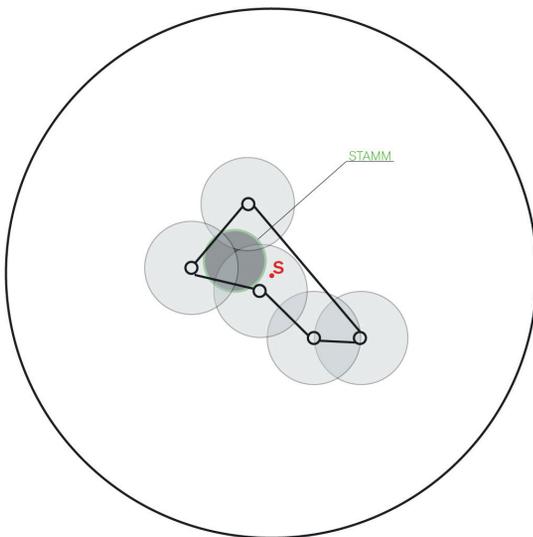
Anordnung der möglichen Aufhängepunkte im Grundriss. Aus der Lage der Punkte im Grundriss und deren Verbindung ergibt sich eine Fläche.



Von der entstandenen Fläche lässt sich der Schwerpunkt ermitteln, der je nach Baum nicht zentral im Stammbereich liegen muss.



Ausgehend vom Flächenschwerpunkt kann die Grundfläche des Hauses und dessen Lage zum Stamm festgelegt werden.



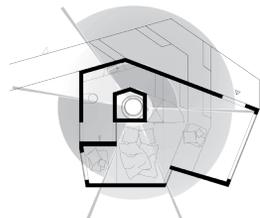
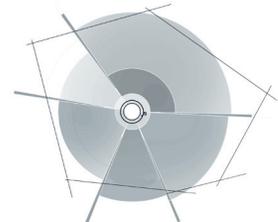
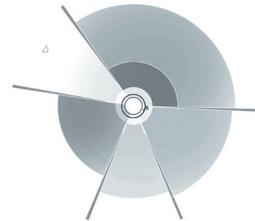
darauf zu achten, dass der Baum möglichst symmetrisch belastet wird, da ansonsten ein Dauerreiz durch die ungleiche Belastung entsteht.

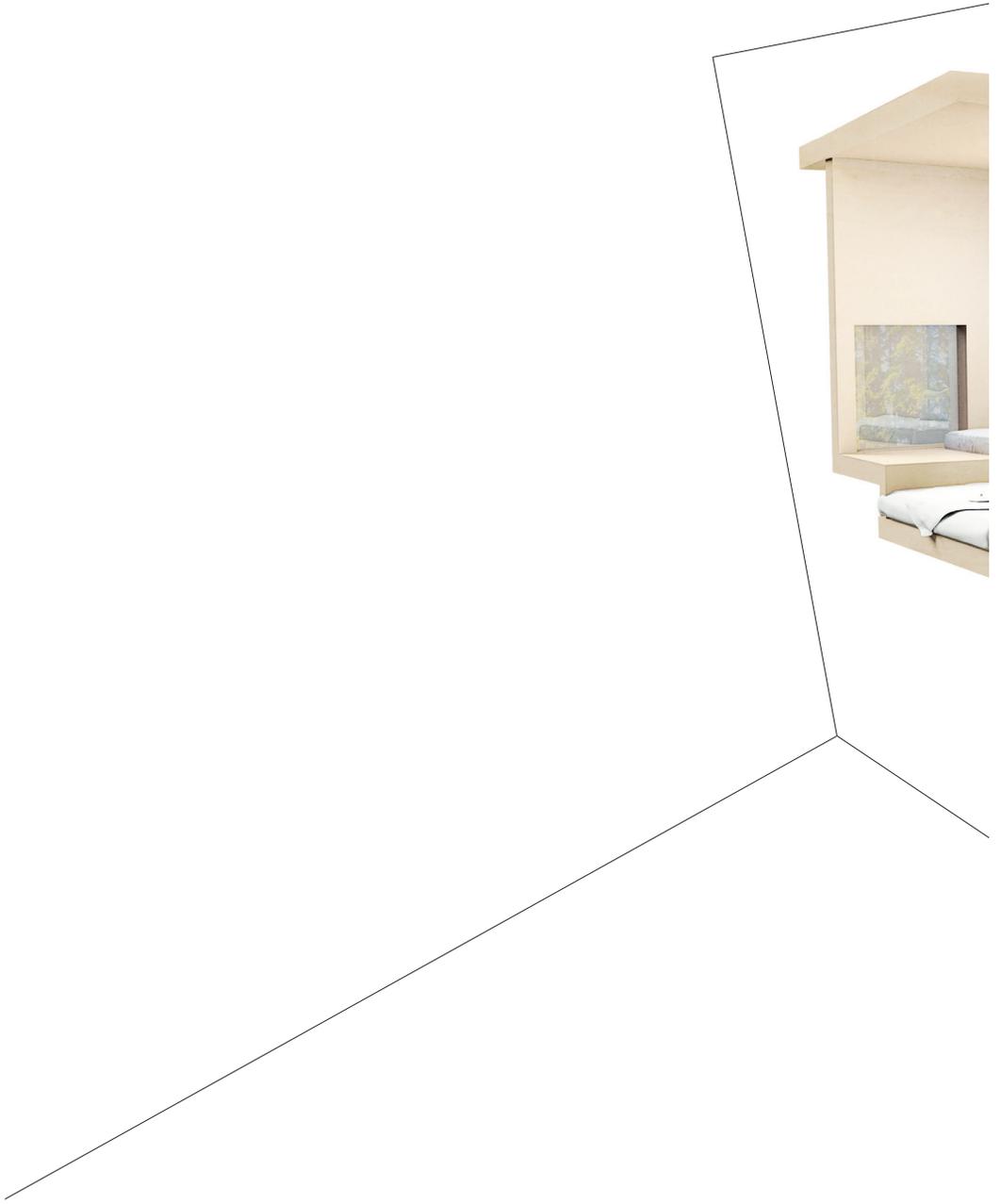
Im Innenraum gilt es wiederum, Platz und Gewicht zu sparen, so gut es möglich ist und dennoch die geforderten Punkte des Wettbewerbsprogramms einzuhalten. Viele Möbel können den Raum zu sehr einnehmen, sodass kein großzügiges Raumgefühl entstehen kann. Daher war der nächste Gedanke, den Innenraum so gut wie möglich von herumstehenden Möbeln zu befreien. Dabei war der Grundgedanke, den Innenraum als Tribüne für die Natur zu betrachten.

So wird der Innenraum selbst zur Topographie und die Natur wird zum Schauspiel. Da Baumhäuser in der heutigen Zeit auch einen sehr spielerischen Charakter haben, sollte der Grundriss möglichst offen und die Nutzungen möglichst flexibel bleiben. Durch den tribünenartigen Aufbau können Möbel auf ein Minimum reduziert werden. Der gesamte Raum wird zur Wohnzone, die sich wiederum als Gesamtes zum Ausblick in die Natur orientiert. Der Raum unter den Stufen kann als Stauraum und Platz für Installationen dienen. Durch eine große Glasfläche wird einem aus allen Ebenen der Ausblick ermöglicht. Die Terrassenfläche wird ebenfalls mit einer Abstufung angeordnet, sodass sie tiefer liegt, als die niedrigste Wohnebene, um im Sitzen immernoch die ungestörte Aussicht zu ermöglichen.

Da diese Form der Grundrissvariante sich gänzlich nach der Aussicht richtet und somit eine klare Ausrichtung bekommt, ist es allerdings schwierig, die Grundrissüberlegungen mit der Befestigungsmethode an nur einem Baum zu realisieren, ohne den Baum einer ständigen asymmetrischen Belastung auszusetzen. Deshalb wurde vorerst nach einer Alternative gesucht, wie man den tribünenartigen Aufbau im Grundriss beibehalten und die Konstruktion trotzdem noch von einem Baum tragen lassen konnte.

Die Funktionen können dann innerhalb dieser Fläche diagrammartig vom Stamm aus angeordnet werden. Zur Vereinfachung wird die Rundung auf einige Geraden reduziert.







Das Baumhaus als Tribüne.
Der Innenraum kann flexibel
genutzt werden. Der Innenraum
erhält durch die Offenheit einen
großzügigen Charakter. Von allen
„Wohnenden“ hat man den
Ausblick nach draußen.

WETTBEWERB

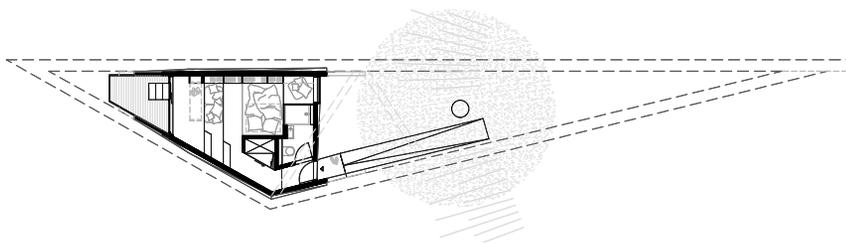
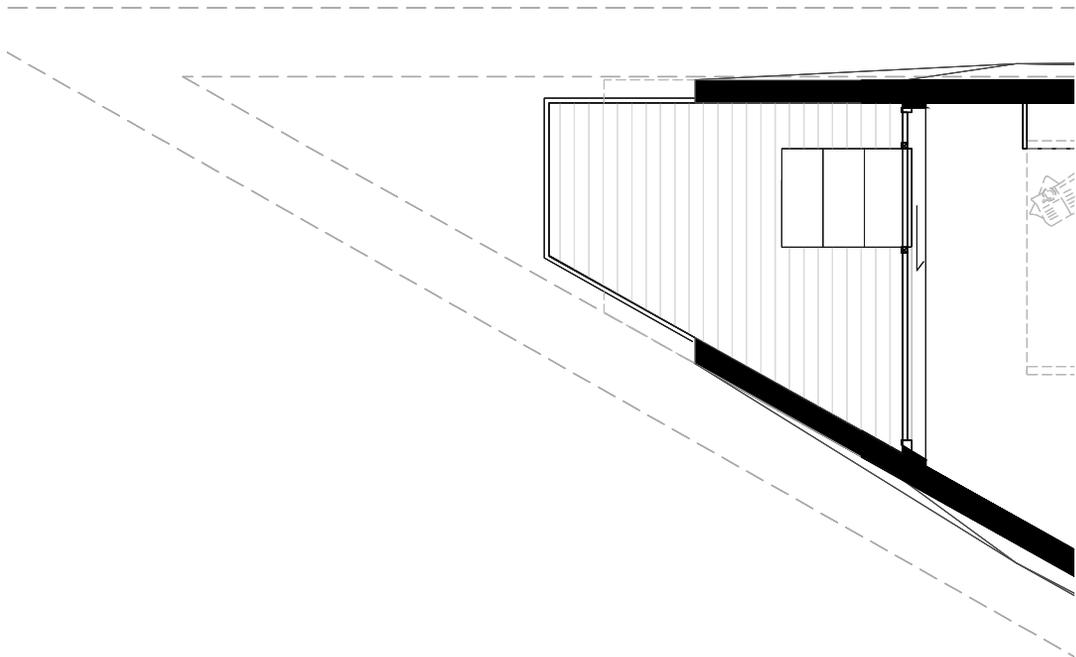
Das Tragkonzept beruht auf der Idee, ein System zu finden, das man auf unterschiedlichste Standorte anwenden kann. Durch diese Art der Aufhängung ist man nicht gezwungen, „den einen“ Baum zu finden, sondern kann sich der jeweiligen Situation anpassen. Die Variante kann sowohl von nur einem Baum, als auch von mehreren getragen werden.

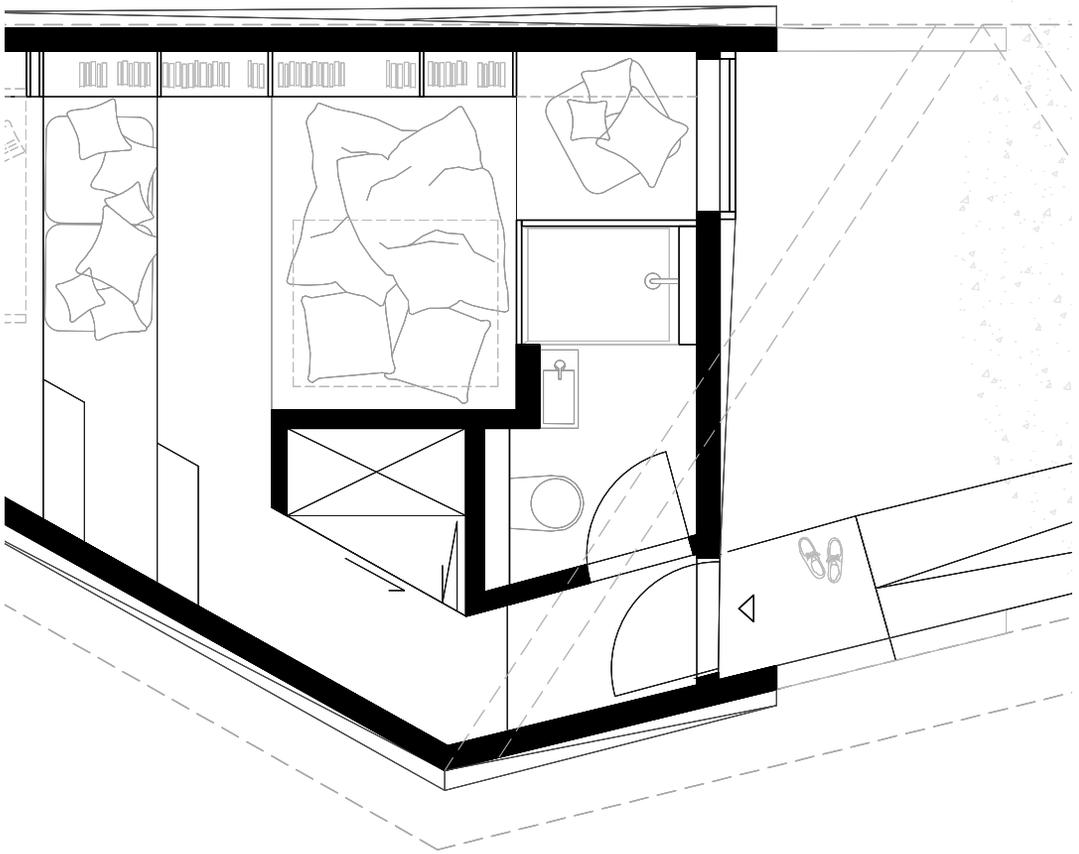
Für den Wettbewerb wurde eine Variante mit nur einem Baum als tragende Stütze ausgearbeitet. Als Standort wurde eine fiktive Situation im Hang gewählt, um dem Haus eine interessante Aussicht zu verschaffen und einen möglichst ebenen Zugang zu ermöglichen. Ein Dreieck aus beplankten Fachwerkträgern kragt weit in den Hang hinaus und wird über Seilzüge, die über einen Baum geführt werden, gehalten. Das hintere Ende des Träger-Dreiecks wird mithilfe von Gegengewichten im Boden verankert. Die Seile werden zu diesem hinteren Ende geführt und niedergespannt. Am Baum selbst wird ein Stahlring durch Aufhängen in kräftigen Stammgabelungen befestigt, der zum Baum hin stoßgedämpft ist und groß genug ist, um den Baum nicht im Wachstum zu behindern. Die Zugseile werden über diesen Stahlring mithilfe von Gleitlagern geführt. Durch diese Form der Aufhängung werden die Zugkräfte von den Seilen übernommen, sodass der Baum hauptsächlich auf Druck belastet wird. Mit Belastungen parallel zur Stammachse können Bäume aufgrund ihres Aufbaus und des hohen Eigengewichts naturgemäß besser umgehen, als mit Belastungen normal zur Stammachse. Das Baumhaus wird von diesen Trägern mittels Stahlseilen abgehängt.

Der Zugang erfolgt über eine Rampe. Der Innenraum mit seinen Abtreppungen orientiert sich ganz in Richtung Fenster. Das Beobachten der Natur steht im Vordergrund. Die hängende Wohnkapsel enthält einen Sanitärbereich im hinteren, von der Aussicht abgewandten Teil, sowie eine kleine Kochnische und einen großzügigen Wohn-/Schlafbereich.

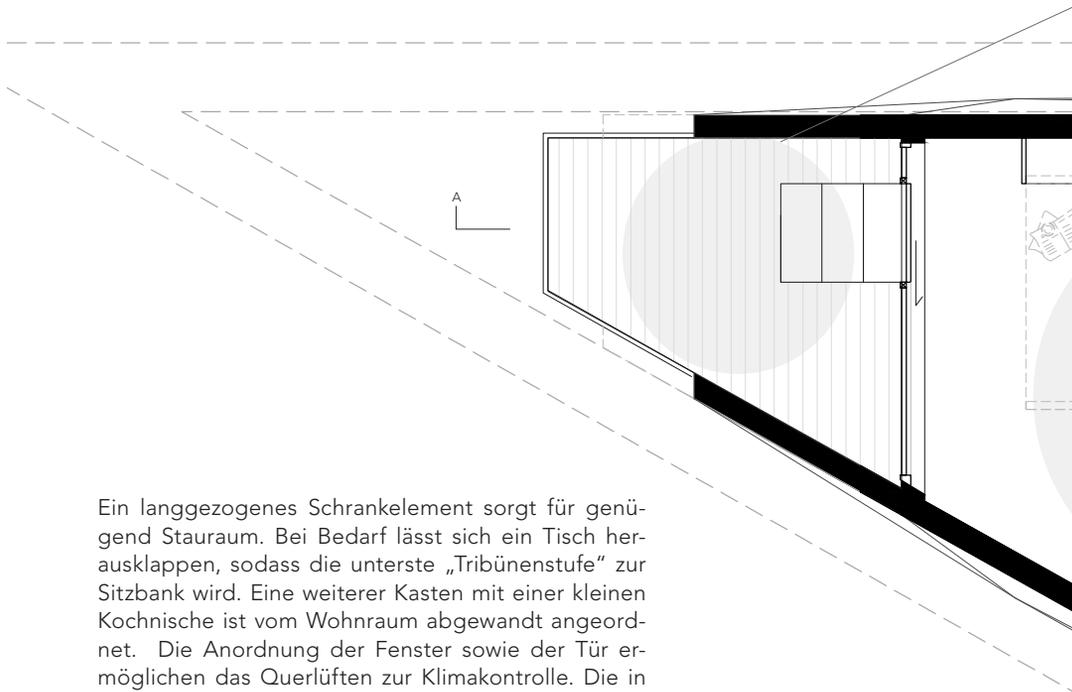




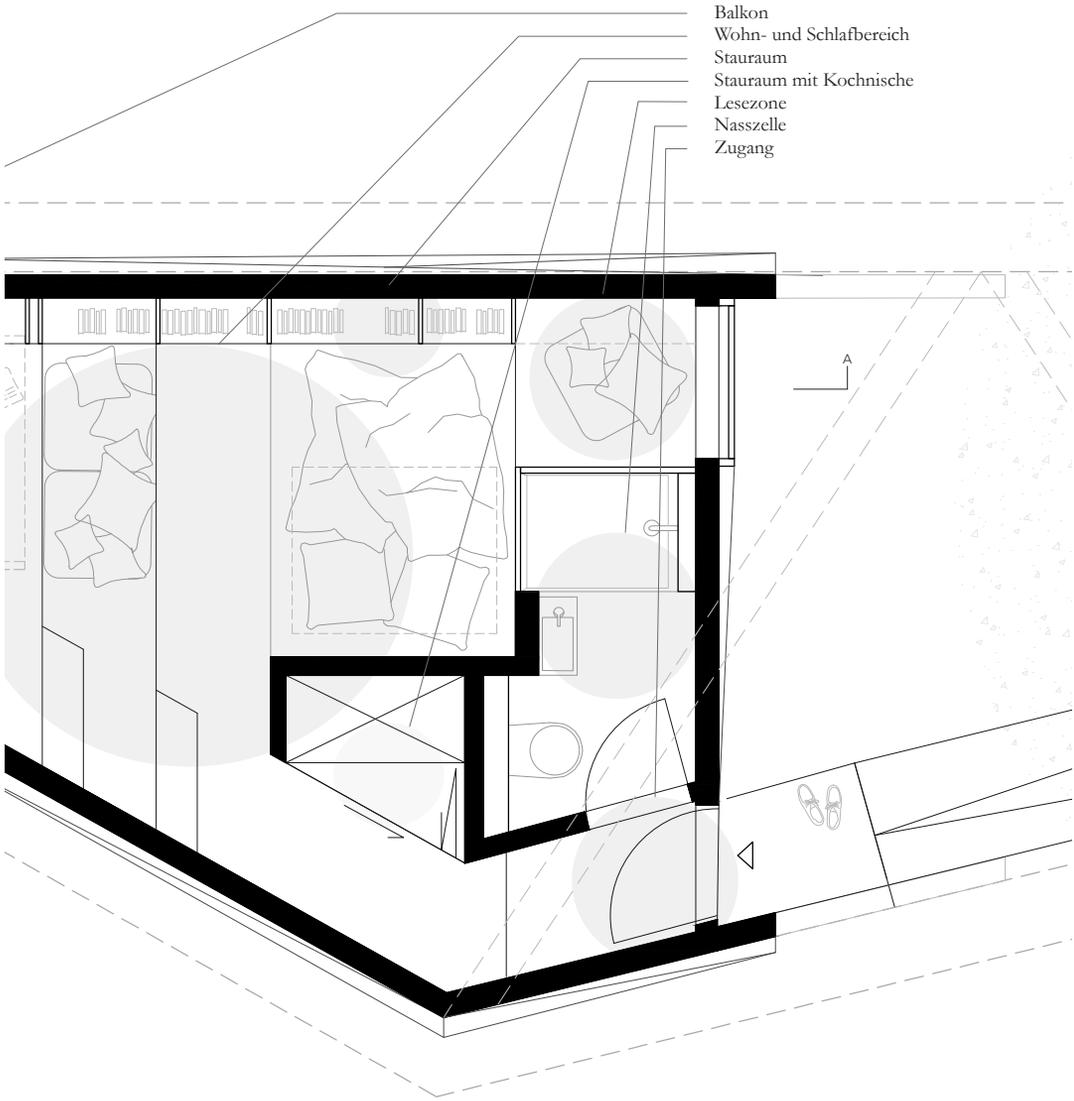




Grundriss 1:50



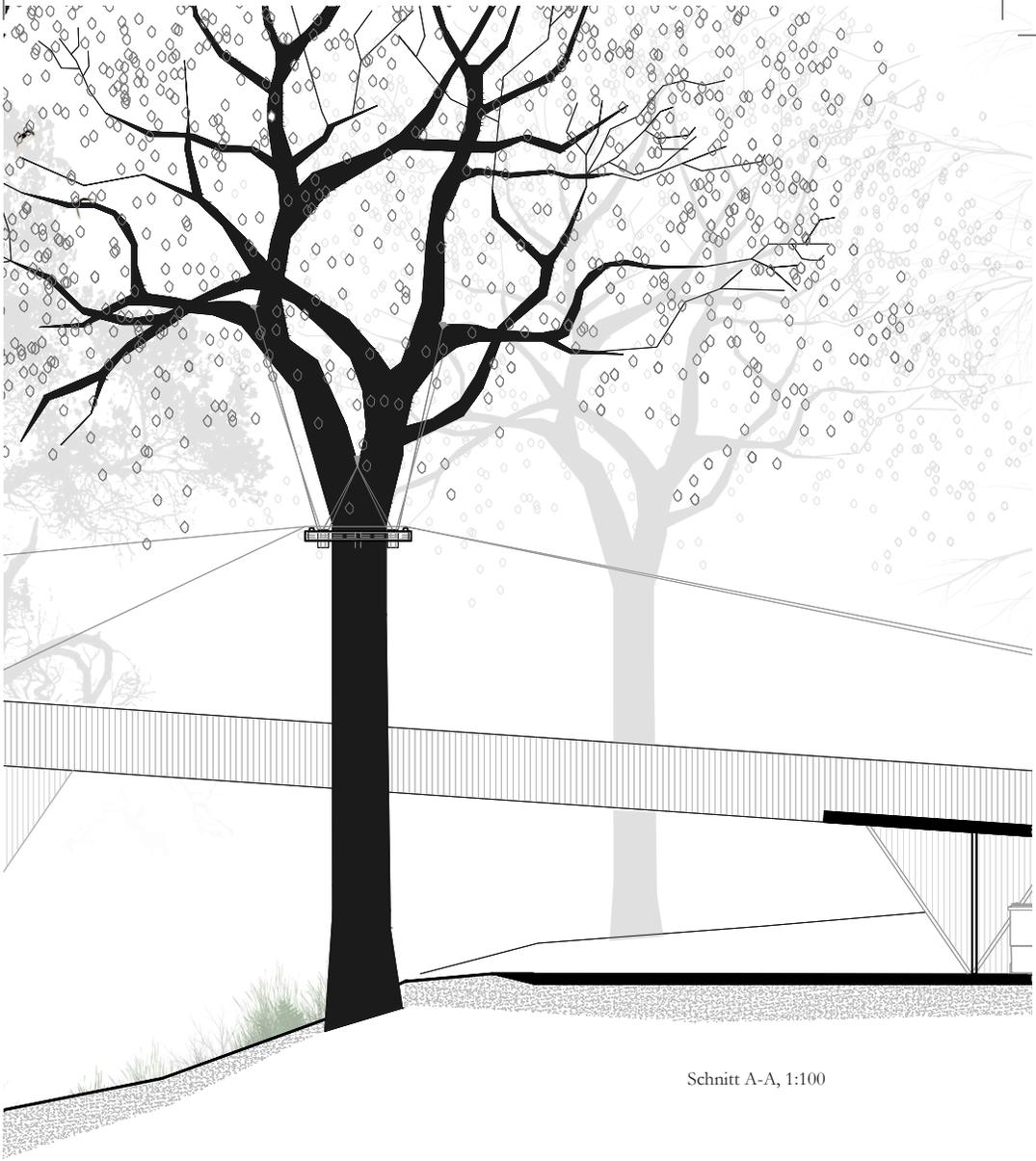
Ein langgezogenes Schrankelement sorgt für genügend Stauraum. Bei Bedarf lässt sich ein Tisch herausklappen, sodass die unterste „Tribünenstufe“ zur Sitzbank wird. Eine weiterer Kasten mit einer kleinen Kochnische ist vom Wohnraum abgewandt angeordnet. Die Anordnung der Fenster sowie der Tür ermöglichen das Querlüften zur Klimakontrolle. Die in der Höhe versetzte Terrasse setzt die Topographie des Innenraums fort und lässt den Blick nach außen noch freier wirken. Die Stufen können sowohl als Sofa - mit Pölstern ausgestattet - funktionieren, als auch als normale Sitzgelegenheit. Im hinteren, privateren Bereich gibt es eine kleine Rückzugs - bzw. Lesezone, zu der man nur über den Schlafbereich gelangt. Im Eingangsbereich befindet sich eine Luke im Boden, in der Stauraum für eine mögliche Energieversorgung durch eine Brennstoffzelle verfügbar ist. Der Raum unter den Tribünenstufen wird außerdem genutzt, um die nötigen Leitungen zu führen.



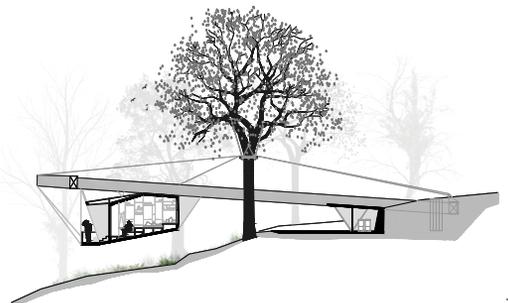
- Balkon
- Wohn- und Schlafbereich
- Stauraum
- Stauraum mit Kochnische
- Lesezone
- Nasszelle
- Zugang

Grundriss 1:50 mit Funktionen

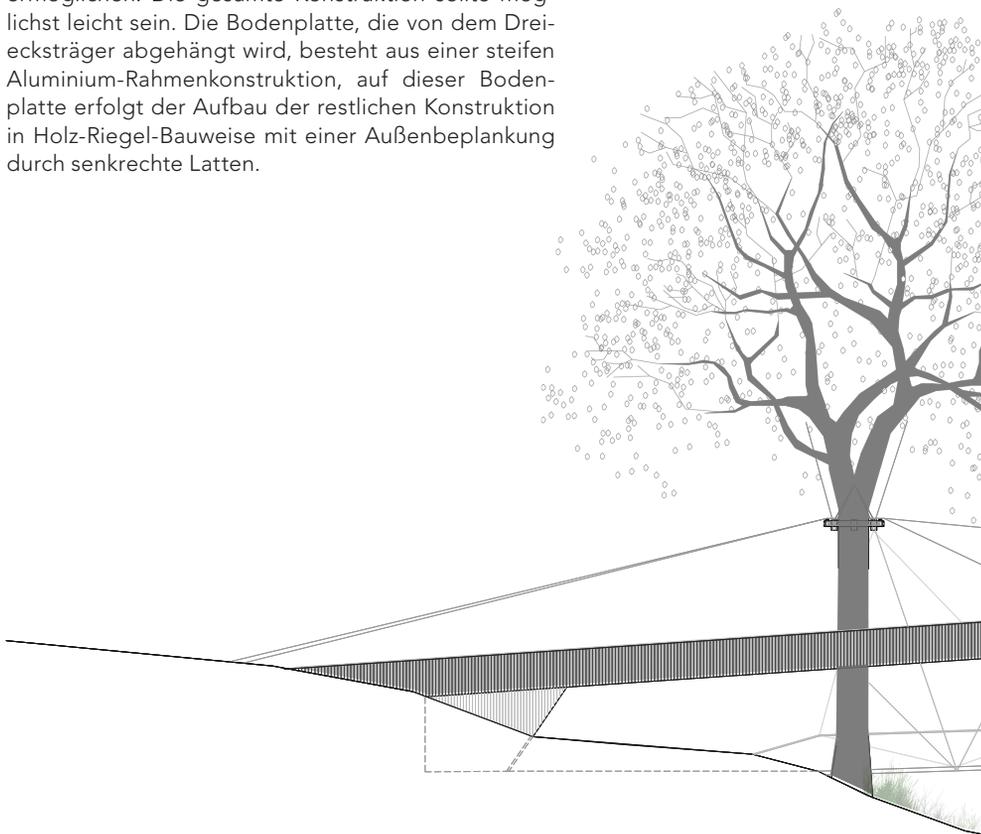




Schnitt A-A, 1:100



Der Balkon bildet die Verlängerung des Wohnraums und liegt etwas tiefer, als die unterste Wohnebene, um einen ungestörten Blick aus dem Wohnbereich zu ermöglichen. Die gesamte Konstruktion sollte möglichst leicht sein. Die Bodenplatte, die von dem Dreiecksträger abgehängt wird, besteht aus einer steifen Aluminium-Rahmenkonstruktion, auf dieser Bodenplatte erfolgt der Aufbau der restlichen Konstruktion in Holz-Riegel-Bauweise mit einer Außenbeplankung durch senkrechte Latten.



Ansicht, 1:200



WETTBEWERBSANALYSE

Um den größtmöglichen Nutzen aus der Wettbewerbsteilnahme zu ziehen, wurden die Siegerprojekte und auch das eigene Projekt nochmals reflektiert bzw. analysiert. Sowohl die Stärken und Schwächen jedes einzelnen Projektes für sich, als auch ihre Gemeinsamkeiten wurden durchleuchtet, um wichtige Anhaltspunkte für zukünftige Wettbewerbsteilnahmen zu erlangen.

„Tree Hopper“ (1. Platz)

Stanislaw Mlynski + Krishan Pattni + Anna Stojcev,
England

„Einen Moment zu finden, um mit der Natur in Verbindung zu treten, ist in den ständig expandierenden Stadtgebieten immer schwieriger. Obwohl die Transportinfrastruktur ebenso ständig mit wächst, ist die Erreichbarkeit von abgelegenen, friedlichen Naturplätzen eine immer größere Herausforderung. Das Problem liegt nicht in der tatsächlichen Erreichbarkeit, sondern im urbanen Lebensstil selbst. Das Leben wird bestimmt durch den Weg zur Arbeit, die Arbeitszeit und den Weg zurück nach Hause. Da diese Wege unentbehrliche Komponenten unseres Lebens sind, haben sie physischen Einfluss auf die Gestaltung unserer Städte, die Art, wie wir funktionieren und uns in den Städten bewegen sowie auf unsere Lebensmuster generell. Tree Hopper ist die Antwort auf das besondere Interesse, diese Übergangszeiten zwischen Arbeitszeit und den notwendigen Wegen zu nutzen. Es nutzt die Gelegenheit, eine Balance zwischen der täglichen Routine und dem Bedürfnis nach einer Auszeit und damit letztendlich nach Zufriedenheit zu schaffen. „Tree Hopper“ ist gedacht als eine neue öffentliche Infrastruktur, die es den Menschen ermöglichen soll, sich gedanklich von der Stadt zu distanzieren, ohne die Stadt verlassen zu müssen.“⁸⁴

„Das System besteht aus einer Reihe von in der Stadt verteilten „Stammbäumen“, die eine tragende Struktur am Baum für die Installation individueller Zelte bereitstellen. Diese Zelte sollen über normale Handelswege erwerbbar sein und können an jedem dieser Bäume im Traggerüst montiert werden. Über eine spezielle App kann der nächstgelegene freie Baum ermittelt werden. Die Struktur selbst besteht aus einer parametrischen Auslegung, basierend auf der Fibonacci Sequenz⁸⁵, um individuell an die entsprechenden Bäume angepasst werden zu können. Dabei wird die gesamte vertikale Last von der Struktur selbst



⁸⁴ Auszug aus dem Originaltext vom Wettbewerbsplakat, in englischer Sprache bereitgestellt auf <http://www.archtriumph.com/viewResultslist.asp?sid=50295> (Stand: 15.05.2014)

⁸⁵ Die Fibonacci-Sequenz ist eine spezielle Zahlenfolge, deren Komponenten ein besonders günstiges Verhältnis von physikalischen Größen beschreibt, deren zugrundeliegende Struktur häufig in der Natur angetroffen wird.

übernommen, der Baum wird lediglich zur seitlichen Stabilisierung verwendet, wobei sich die Konstruktion mittels aufblasbaren Manschetten am Baum festhält.“⁸⁶

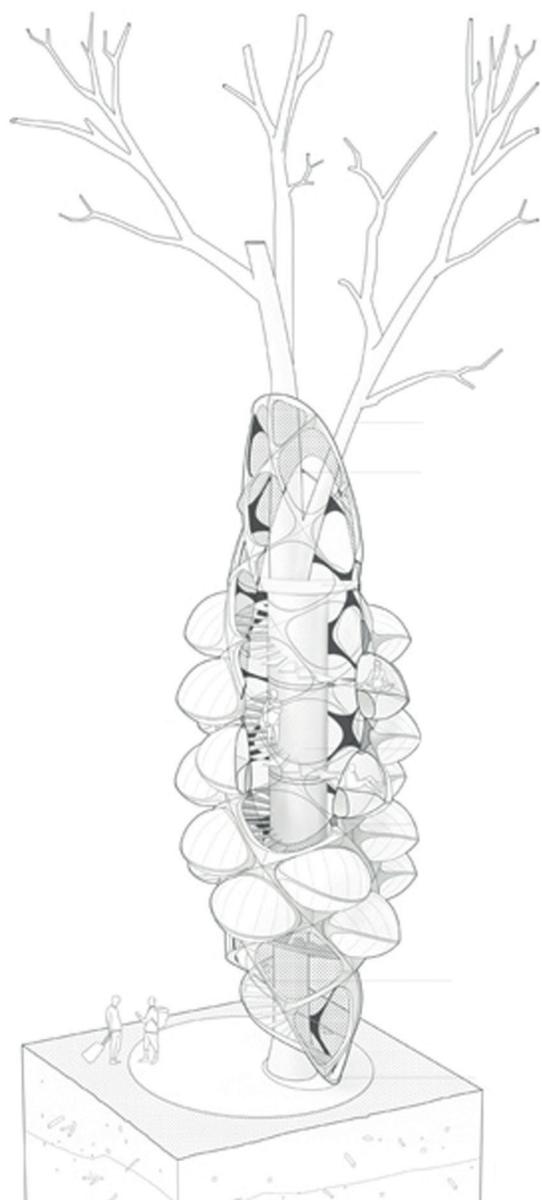
⁸⁶ Auszug aus dem Originaltext vom Wettbewerbsplakat, in englischer Sprache bereitgestellt auf <http://www.archtriumph.com/viewResultslist.asp?sid=50295> (Stand: 15.05.2014)

*„The design shows a high level of creativity with its wonderfully executed futuristic aesthetics. It also presents a nice balance of Bio mimicry and commentary on the modern lifestyle. The panel appreciated the beautiful form presented with the sculptural honeycomb module, however wished the structure was higher on the tree and provided a longer term private retreat but on the other hand liked the interpretation of a great short term relaxation and shared use space – a quick urban recharge cabin or pod. It is a well deserved winner with all taken into account and with such tasteful and clear presentation. A very intelligent communication of a concept that is convincing and realistic.“*⁸⁷

Analyse

Das Projekt zeigt eine interessante Herangehensweise an die Probleme des modernen Lebensstils und ist ein schön formulierter Lösungsvorschlag, der allerdings auch einige Fragen unbeantwortet lässt. Wie werden die Zelte befestigt? Wie werden sie transportiert? Die generelle Materialität des Entwurfs wird nicht näher erläutert. Auch ein Nasszellen-Modul wurde nicht erwähnt. Im Hinblick auf die Wettbewerbskriterien behält sich das Projekt einige Freiheiten ein. Der geforderte Abstand vom Boden wurde nicht eingehalten, was auch die Jury in ihrem Kommentar kritisiert hat. Da das Konzept vielmehr einer Auseinandersetzung mit dem städtischen Umfeld und dem Mangel an Erholungsmöglichkeiten in der hektischen urbanen Umgebung der heutigen Zeit entspricht, als dem eigentlichen Baumhausentwurf, wurden auch die geforderte Fläche von 20m² sowie die Möglichkeit, sich dort auch länger aufhalten zu können, nicht im Entwurf berücksichtigt.

⁸⁷ Zusammenfassung des Jury-Kommentars, in englischer Sprache bereitgestellt auf <http://www.e-architect.co.uk/london/triumph-architectural-treehouse-award> (Stand: 15.05.2014)



„Four Seasons“ (2. Platz)

Klaudiusz Angerman + Monika Nowak + Dominik Angerman, Polen

„Eine Priorität während des Designprozesses, war es, einen Raum zu kreieren, der den vollen Kontakt mit dem Baum und der umgebenden Natur ermöglicht. Die Idee basiert auf der Vertikalität von Bäumen. Das Haus umfasst auch Platz für Pflanzen und lädt damit die Natur in den auf drei Ebenen aufgeteilten Wohnraum ein. Jede dieser Ebenen funktioniert nach dem Prinzip einer Schublade. Falls das Wetter es erlaubt, kann man eines oder mehrere dieser Segmente ausfahren und die frische Luft genießen. Das Haus kann vom Benutzer an die jeweiligen Bedürfnisse und Jahreszeiten angepasst werden. Die drei gleich großen Ebenen sind vertikal am Baum angeordnet und sind nach Funktionen aufgeteilt. Eine Nasszelle, ein Schlafbereich und eine Entspannungs- bzw. Lesezone bilden die Innenbereiche, ein Aussichtsdeck am Dach komplettiert den Entwurf.“⁸⁸

⁸⁸ Auszug aus dem Originaltext vom Wettbewerbsplakat, in englischer Sprache bereitgestellt auf <http://www.archtriumph.com/viewResultslist.asp?sid=50295> (Stand: 15.05.2014)

„The design is simple and mimics a place for relaxation. The interior space shows good staircase access running to the side. This design works very well with its tall and elegant form coupled with an interesting division of spaces and the rooftop deck. Access and stairs have been designed clear of the living space yet contained within the form with presence of the tree in all spaces. A solid work with clear and nice features compliment the functions that pop out of the vertical volume. In general, quite grounded to earth, however a few structural integrity issues to iron out to increase feasibility.“⁸⁹

⁸⁹ Zusammenfassung des Jury-Kommentars, in englischer Sprache bereitgestellt auf <http://www.e-architect.co.uk/london/triumph-architectural-trehouse-award> (Stand: 15.05.2014)

Analyse

Das Projekt zeigt einen sehr anschaulichen Ansatz eines anpassungsfähigen Baumhauses, dass je nach Wetter eine unterschiedliche Gestalt annehmen und auf die Bedürfnisse des Nutzers reagieren kann. Durch die asymmetrische Position am Baum und die zusätzlichen Lasten durch die ausfahrbaren Module ergibt sich allerdings eine sehr ungünstige Belastung für den Baum.



„Forest Teahouse“ (3. Platz)

Stanislaw Mlynski + Krishan Pattni + Anna Stojcev,
England

„Der gewählte Standort befindet sich in einem Bambus-Wald in einem der letzten unberührten Naturgebiete Japans. Die grundlegende Inspiration für den Entwurf ist das typische Erscheinungsbild eines Bambus-Waldes. Die Konstruktion besteht aus dünnen Stahlsäulen, die auf kleinen Betonfundamenten stehen. So wird der umliegende Wald nicht beschädigt. Der Zugang erfolgt über stufenartig angeordnete Plattformen, die sich nach oben winden und von Netzen flankiert sind. Die Abgeschlossenheit des Baumhauses erlaubt dem Entwurf eine sehr transparente Hülle, sodass die Natur immer im Blickfeld liegt. Nur in den tieferliegenden, privateren Bereichen wie Schlafbereich und Badezimmer werden Milchglaspaneele verwendet. Die modulare Bauweise erlaubt es, das Baumhaus fast vollständig vorzufertigen, sodass die Einzelteile in den Wald getragen und dort zusammengebaut werden können. Außerdem erlauben die dünnen und leichtgewichtigen Strukturelemente dem Baumhaus sich optisch an seine Umgebung anzupassen. Am Dach sind Solarpaneele angebracht, die Regenwasser erhitzen, das in einer unterirdischen Zisterne gespeichert wird.“⁹⁰

⁹⁰ Auszug aus dem Originaltext vom Wettbewerbsplakat, in englischer Sprache bereitgestellt auf <http://www.archtriumph.com/viewResultslist.asp?sid=50295> (Stand: 15.05.2014)

Analyse

Die modulare Bauweise des Entwurfs ist ein schöner Ansatz. Der Gedanke, dass die Einzelteile auch mit wenig Aufwand in den Wald getragen werden können, um dort zusammengebaut zu werden, ist ein sehr positiver Aspekt dieses Projekts. Es ist der einzige unter den bisher erwähnten Entwürfen, der auf die Art und Machbarkeit des Aufbaus eingeht. Die Jury stellt zwar die Materialwahl in Frage, aber unter dem Gesichtspunkt der Realisierbarkeit ist das Konzept dennoch positiv hervorzuheben. Allerdings ist Bambus in Asien ein beliebtes Baumaterial, weshalb es interessant



gewesen wäre, den Entwurf auf natürliche Stützen zu stellen. Die Effizienz der Solapaneele am Dach ist eventuell fraglich, da Bambus sehr schnell und sehr dicht wächst und dabei auch dichte Blätterkronen bildet, weshalb die ausreichende Versorgung mit Sonnenlicht möglicherweise nicht gegeben ist.

„A minimalist structure with appearance of floating platforms and vertical screens that inter-play with the surrounding bamboo shoots and undisturbed view. It is a very interesting use of openness in a design and excellent gradual access. The panel would have preferred a different choice of material to improve engagement with the surrounding natural environment and improve the perceived lightness. However, the choice of bamboo growth and scaffolding-like structure with thin vertical bearing elements works very well and presents a project that is flexible, economical, realistic and achievable.“⁹¹

⁹¹ Zusammenfassung des Jury-Kommentars, in englischer Sprache bereitgestellt auf <http://www.e-architect.co.uk/london/triumph-architectural-treehouse-award> (Stand: 15.05.2014)

Zusammenfassung

Eine Gemeinsamkeit aller prämierten Beiträge ist der sehr lockere Umgang mit den geforderten Kriterien. Dadurch erhalten die Konzepte mehr Freiraum in der Entwicklung und können ganz andere Ausformungen annehmen. Offensichtlich wurde dem Gesamteindruck der Konzepte von der Jury deutlich mehr Gewicht beigemessen, als der Einhaltung der Anforderungen. Diese Tendenz lässt sich bei vielen Wettbewerben erkennen. Zusammenfassend ist es wichtig, die eigene Idee möglichst stark zu präsentieren, ohne sich zu sehr von den Kriterien einengen zu lassen. Richtlinien sollten kein starres Hindernis sein, sondern können durchaus hinterfragt werden.

Die meisten prämierten Arbeiten wurden von Teams eingereicht. Der große Vorteil der Teamarbeit besteht nicht nur im ständigen kritischen Austausch untereinander, sondern auch in der Arbeitsteilung. Dass die honorierten Projekte hauptsächlich Teamleistungen sind, lässt sich vermutlich auf die höhere Anzahl kombinierter Arbeitsstunden zurückführen, sodass die Projekte in derselben Zeit einen wesentlich höheren Ausarbeitungsgrad erreichen können.

Am Wettbewerb teilzunehmen war in vielerlei Hinsicht eine lehrreiche Erfahrung. Auch wenn die Qualität der honorierten Projekte eindeutig überzeugend ist, ist dennoch die Gewichtung, nach der die Jury die Teilnehmer bewertet hat, nicht deutlich nachvollziehbar. Auf die Einhaltung der geforderten Kriterien wurde augenscheinlich weniger Wert gelegt, als auf kreative und künstlerische Innovation. Auch die Realisierbarkeit der Projekte hat eine eher untergeordnete Rolle gespielt.



Abgaberendings weiterer Wettbewerbsteilnehmer, die mit einer Anerkennung prämiert wurden.



FINALISIERUNG

Ungeachtet der Wettbewerbskriterien sowie der Bewertung der Jury wurde das eigene Projekt ebenfalls reflektiert.

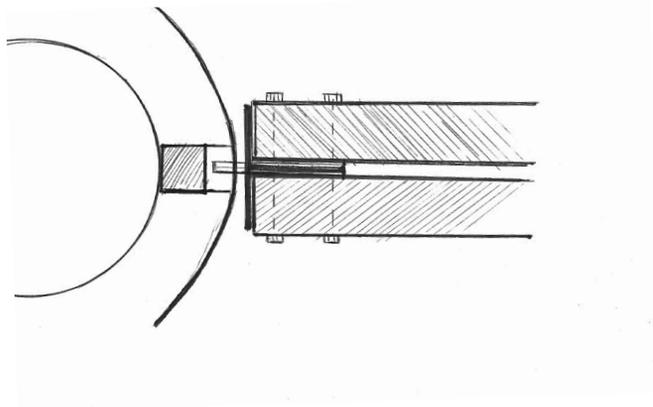
Ein eindeutiges Verbesserungspotential des Projekts aus persönlicher Sicht der Autorin lag einerseits in der Machbarkeit sowie in der Tatsache, dass die Konstruktion den Boden berührt und somit nicht mehr den optimalen Nutzen aus den Bäumen als natürlich gewachsene Stützen zieht. Damit entspricht der Entwurf eigentlich nicht mehr der klassischen Interpretation eines Baumhauses.

Ein erster Lösungsansatz, die Bodenberührung zu vermeiden, war es, das bestehende Trägerdreieck zu verkleinern und von mehreren Bäumen abzuspannen. Um die daraus resultierende dezentrale Belastung der Bäume zu vermeiden, ist es auch möglich, das Dreieck zu vergrößern und direkt an den Bäumen mittels Klemmmethode zu befestigen. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Bäume untereinander durch die Träger ausgesteift werden und die Horizontalkräfte wegfallen. Jedoch bedeutet die dazu notwendige steife Konstruktion eine Mehrbelastung für die Bäume. Da die Machbarkeit ein weiteres Verbesserungspotential des Wettbewerbsentwurfs war, galt es den Materialaufwand sowie das Gewicht und die Belastung der Bäume zu verringern. Dazu wurde das Trägerdreieck auf zwei Querbalken reduziert, die jeweils zwischen zwei Bäume geklemmt werden, auf denen die Baumhauskonstruktion lasten kann. Dadurch kann sowohl bei den Trägern als auch bei der Baumhauskonstruktion an Gewicht gespart werden und die Last wird anstelle von drei Bäumen auf vier Bäume verteilt.

Für die Montage der Querträger an den Bäumen empfiehlt sich die Klemmmethode mit zusätzlichen Polsterhölzern. Der Lastabtrag über Reibung am Stamm ist für den Baum die schonendste Methode, da hierbei nur der Stamm und damit der kräftigste Teil

des Baumes auf Druck belastet wird. Aufgrund des hohen Eigengewichtes von Bäumen ist die Belastung parallel zur Stammachse naturgemäß ungleich weniger problematisch, als eine Befestigung, die bewirkt, dass Horizontalkräfte auf den Baum wirken. Die Polsterhölzer, die in einem gewissen Abstand um den Stamm angeordnet und mit eingeklemmt werden, sorgen für genügend Spielraum, sodass der Baum ungehindert weiterwachsen kann. Diese Methode bedarf keiner regelmäßigen Wartung, die Polsterhölzer werden vom Baum mit der Zeit eingewachsen und die Versorgung zwischen Wurzeln und Krone wird nicht behindert.

Mithilfe von Montagewinkeln werden an der Klemmkonstruktion T-förmige Balkenschuhe befestigt, auf denen die Querbalken aufliegen können. Da größere Trägerformate nicht kernfrei zu bekommen sind und daher anfälliger für Risse und Verwindung sind, war die Überlegung zu dem T-förmigen Balkenschuh, dass man damit die Möglichkeit hat, anstelle eines massiven Trägers zwei schlankere Kantholz-Formate zu verwenden, die kernfrei produziert werden können. Damit werden auch die Kosten reduziert, solche Kanthölzer könnte man in jedem Baumarkt bekommen.



Um einen möglichst reibungslosen Aufbau zu ermöglichen, was an Standorten in der Natur, die nicht so leicht zugänglich sind, besonders wichtig ist, wurde die gesamte Konstruktion als beplankte Holz-Riegel-Bauweise geplant. So können je nach Standort die Boden-, Wand- und Deckenscheiben vorgefertigt und angeliefert werden (beispielsweise beim Vorhandensein von gut befahrbaren Forstwegen) oder aber in Einzelteilen in den Wald gebracht und vor Ort aufgebaut werden.

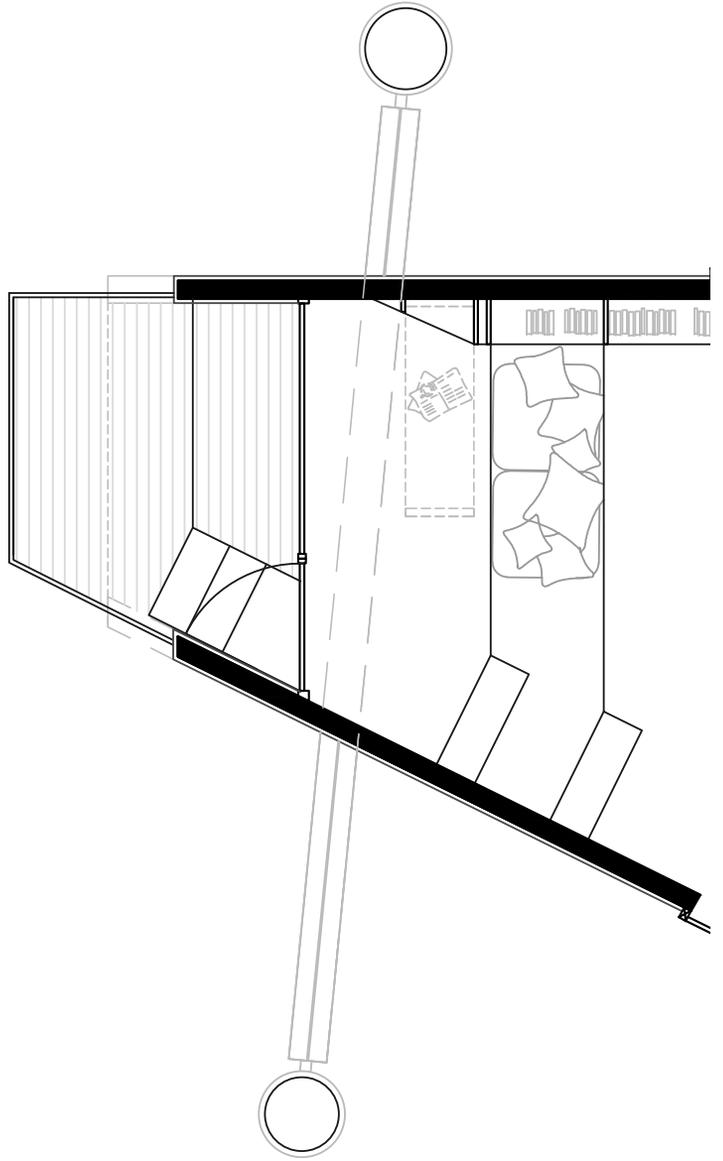
Dazu werden als erstes die Klemmmanschetten mit den Balkenschuhen an den Bäumen montiert. Aufgrund der schrägen Bodenplatte wird der hintere Querbalken etwas höher montiert, als der vordere. Sind die Querbalken jeweils waagrecht montiert, können Keile angebracht werden, um die richtige Neigung der Bodenplatte zu garantieren. Die Keile dienen dabei als schräges Auflager für die Bodenplatte sowie als Ausgleichsebene, um flexibler auf die jeweilige Baumkonstellation reagieren zu können.

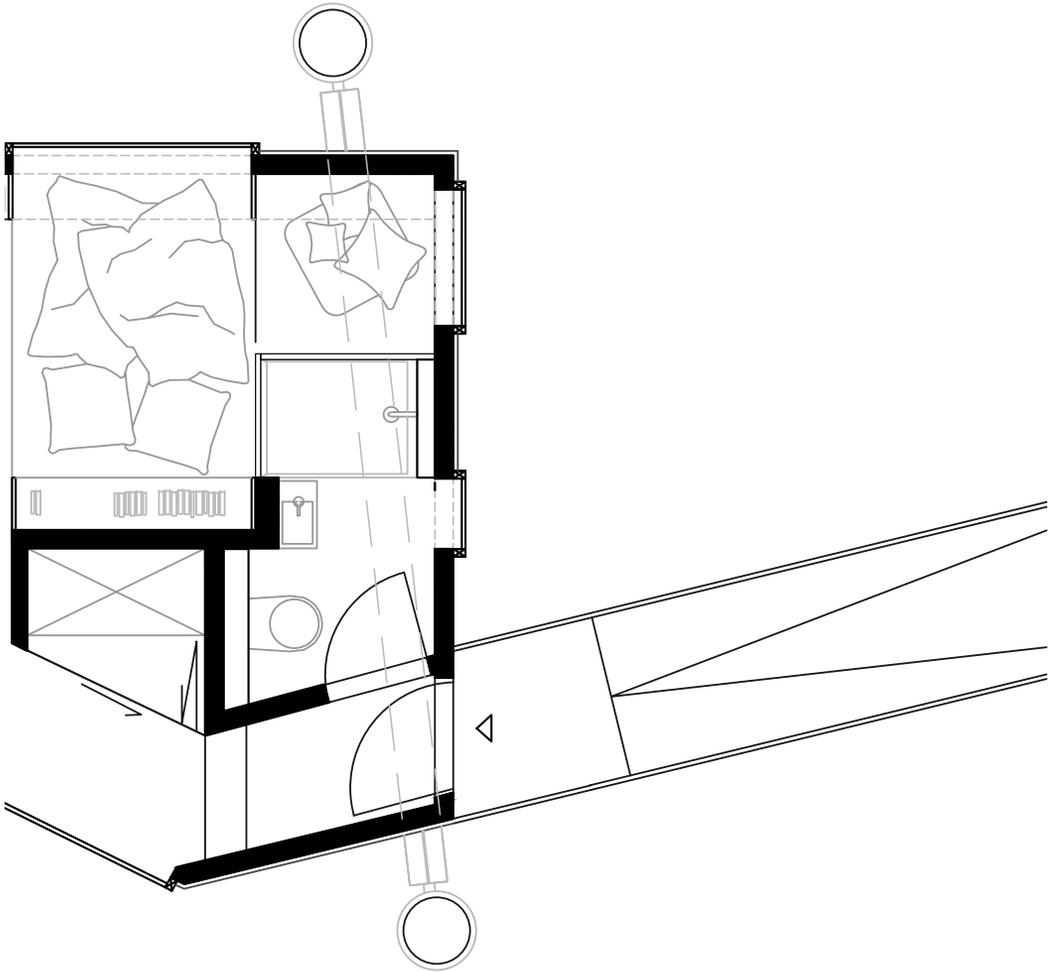
Als nächster Schritt wird die Bodenplatte in Holz-Riegel-Bauweise gefertigt, mit Steinwolle ausgefüllt und beplankt und auf den Trägern bzw. Keilen montiert. Auf die Bodenplatte werden dann die Wandscheiben montiert, die in derselben Bauweise errichtet werden.

Sobald Bodenplatte und Außenwände stehen, kann das Dach, ebenfalls als Holz-Riegel-Konstruktion, aufgesetzt werden. Das Dach wird mit 2 unterschiedlichen Neigungen ausgeführt, sodass zwischen der Lattung liegengebliebenes Laub oder Ähnliches vom Regen mitgespült werden kann.

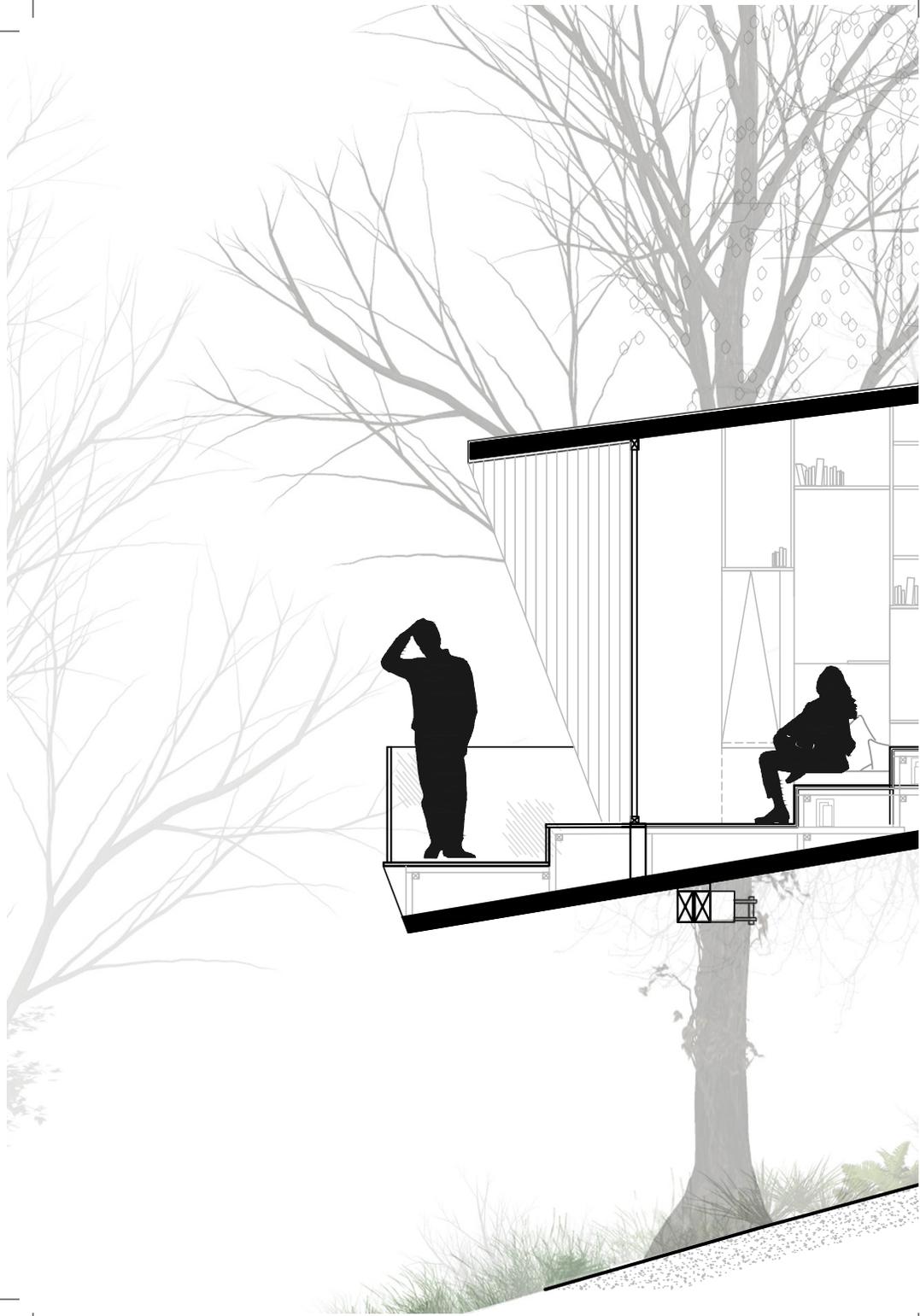
Danach kann der Innenausbau erfolgen, die Tribünenstufen werden mithilfe einer Holzständer-Unterkonstruktion auf der Bodenplatte aufgebaut und beplankt. In den Innenwänden können Installationen geführt werden, da diese keine tragende Funktion ha-

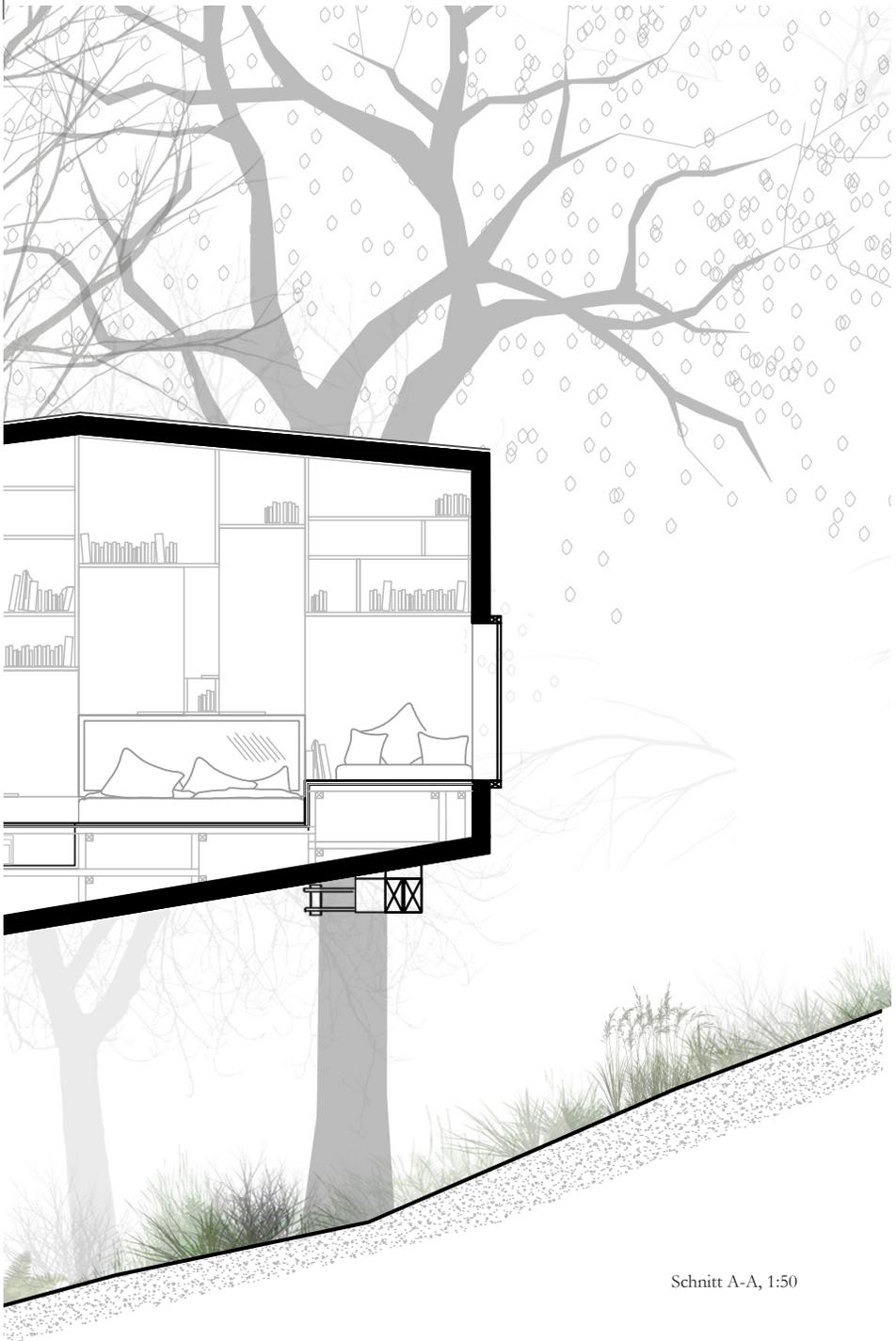
ben. Anschließend können die Fenster montiert und die Fassade finalisiert werden. Die Außenschalung erfolgt durch senkrechte Lattung. Zur zusätzlichen Klimakontrolle sowie als natürlicher Witterungsschutz für das Holz können Kletterhilfen für Efeu an der Fassade befestigt werden, sodass sich das Gebäude mit der Zeit besser in die Umgebung integriert und nicht mehr so stark als Fremdkörper erscheint.



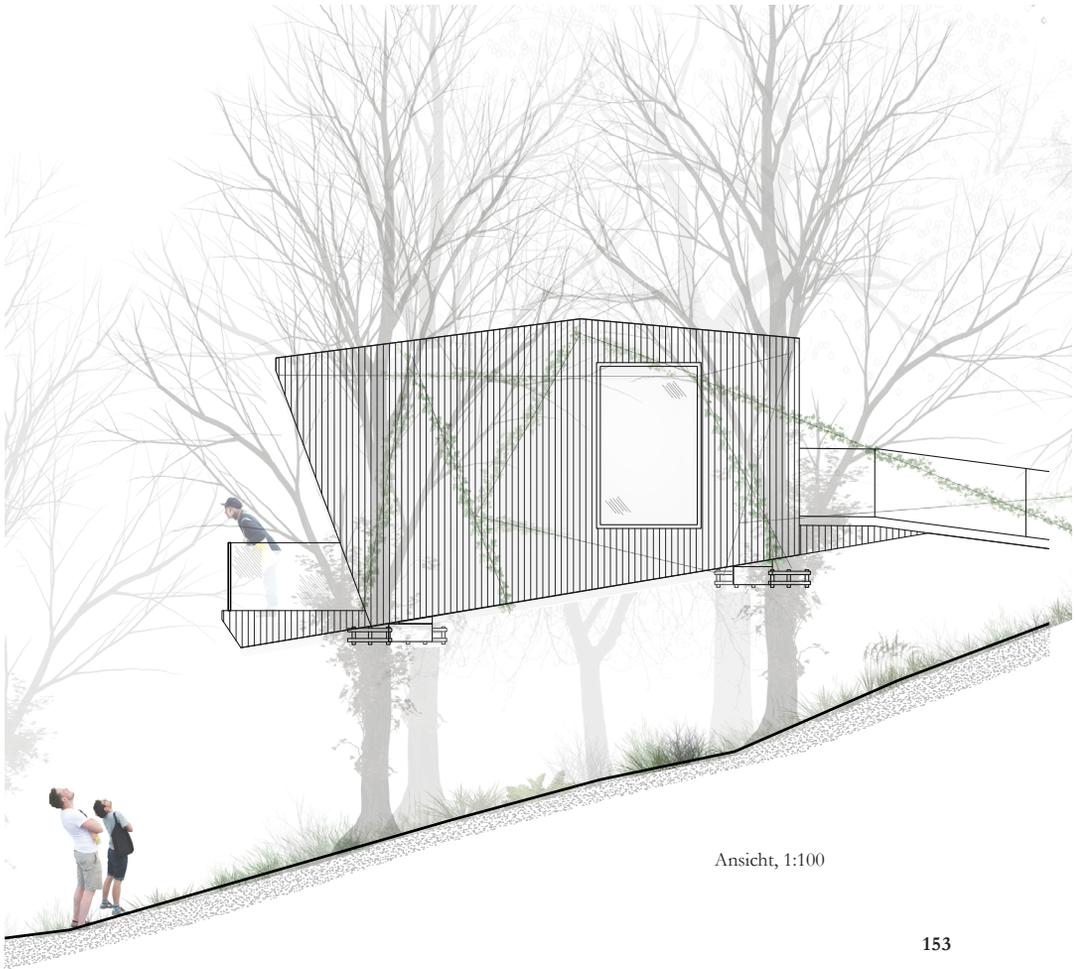


Grundriss überarbeitet, 1:50



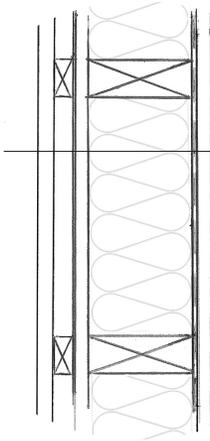


Schnitt A-A, 1:50



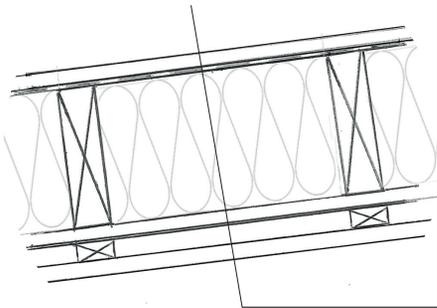
Ansicht, 1:100

Aufbauten



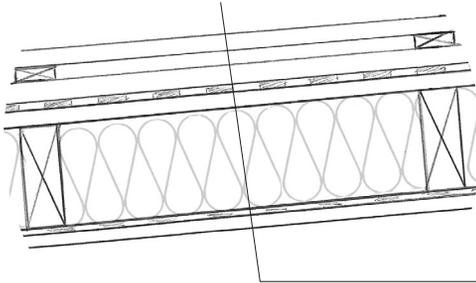
Wandaufbau von innen nach außen:

- Innenbeplankung mit Sperrholzplatten
- Dampfbremse
- Holz-Riegel-Konstruktion mit Steinwolle gedämmt
- Außenbeplankung mit bituminierten Naturfaserplatten
- Traglattung
- Außenschalung



Bodenaufbau von innen nach außen:

- Innenbeplankung mit OSB-Platten
- Dampfbremse
- Holz-Riegelkonstruktion mit Steinwolle gedämmt
- Außenbeplankung mit bituminierten Naturfaserplatten
- Traglattung
- Außenschalung



Dachaufbau von innen nach außen:

- Innenbeplankung mit Sperrholzplatten
- Dampfbremse
- Holz-Riegel-Konstruktion mit Steinwolle ausgefüllt
- Außenbeplankung mit OSB-Platten
- Abdichtungsbahn
- Lattung in Gefällerrichtung
- Konterlattung
- Außenschalung

Versorgung

Ein weiterer Gedanke zur Realisierbarkeit betrifft das Thema der Infrastruktur. Ein Baumhaus, das die im Wettbewerbsprogramm geforderte Ausstattung wie eine voll funktionsfähige Nasszelle haben soll, benötigt eine grundlegende Infrastruktur. Diese muss zumindest die Versorgung mit Frischwasser, Energie und eventuell Klimakontrolle (Heizen und oder Kühlen) zur Verfügung stellen, außerdem müssen Abwässer abgeführt werden. Im Ökosystem Wald ergeben sich natürlich besondere Anforderungen an die Umweltverträglichkeit des erforderlichen Eingriffs in die Biosphäre, die zur Errichtung und Erhaltung solcher Systeme notwendig ist. Durch den generellen aktuellen Trend der Energieversorgung hin zu ökologisch und ökonomisch verträglichen, lokalen Klein- und Kleinstlösungen, ergibt sich eine Vielfalt an Möglichkeiten für die Umsetzung eines solchen Systems. Welche Variante für ein konkretes Vorhaben die richtige Wahl ist, hängt stark von den örtlichen Gegebenheiten und den erforderlichen Kapazitäten der geplanten Nutzung ab.

Die Bereitstellung von sauberer Energie ist eines der größten Probleme im Lebensraum Wald. Da die Bäume bereits eine effiziente Nutzung der Sonne für sich in Anspruch nehmen, muss jegliche Art von Energiegewinnung, die unterhalb der Baumkronen lokalisiert sein soll, auf den Primärenergieträger Sonne und damit auf Photovoltaik und Solarthermie verzichten. Ein Rohstoff, der jedoch lokal und im Überfluss zur Verfügung steht, ist Brennholz. Die simpelste Lösung für eine kurzfristige Nutzung, wie z.B. als Wochenendhaus ist die direkte Verfeuerung von Brennholz zur Wärmegewinnung und Brauchwassererwärmung. Eine Brennstoffzelle könnte effizient die geringe Menge des benötigten Stroms aus den Verbrennungsgasen oder der zurückbleibenden Kohle gewinnen.

Eine weitere Möglichkeit der Energiegewinnung ist die Fermentation⁹² von Biomasse und eventuell auch den erzeugten Abwässern zur Gewinnung von Brenn-

⁹² Als Fermentation wird die Umsetzung von Stoffen durch mikrobiologische Verdauung bezeichnet.

stoff für eine Methanol- oder Methanbrennstoffzelle. Diese könnte aufgrund der hohen Betriebstemperaturen ebenfalls zur sekundären Gewinnung von Wärme/Kälte zusätzlich zum erzeugten Strom eingesetzt werden. Auch die Installation einer Brennstoffzelle mit Methanoltank, wie sie auch bei Wohnmobilen zum Einsatz kommt, wäre zur Abdeckung des Strombedarfs möglich.

Eine weitere sinnvolle Lösung, die jedoch sehr ortsabhängig ist, ist die Gewinnung von Strom mittels Wasserkraft durch ein kinetisches Kleinstkraftwerk, das in einem nahegelegenen Bach - ohne großen Eingriff in die örtliche Fauna und Flora - eingebracht werden kann. Wärme/Kälte könnte in diesem Fall rein elektrisch (Brennstoffzelle) oder über einen Erdwärmetauscher (größerer Eingriff) realisiert werden.

Die Frischwasserversorgung erfolgt idealerweise ebenfalls aus einem nahegelegenen Fließgewässer, bei einer Lösung mit Kleinstkraftwerk können Energieversorgungs- und Förderleitungen sinnvoll kombiniert werden. Eine Regenwasserspeicherung kann ebenfalls den Bedarf an Frischwasser decken, ist aber für eine durchgehende Nutzung eher ungeeignet.

Zur Abwasserentsorgung ist - neben der teilweisen Verwertung zur Energiegewinnung - eine Wurzelraumkläranlage eine Lösung. Bei einer solchen biologischen Kläranlage wird das Abwasser innerhalb des Wurzelraums eines Pflanzenbeets gereinigt.

Dieses Pflanzenbeet wird überwiegend mit Schilfrohr, unterstützend aber auch mit Pflanzen wie Rohrkolben, Binsen oder Seggen bepflanzt. Die Wurzeln der Pflanzen dienen als Lebensraum für Mikroorganismen, die den Abbau der Inhaltsstoffe des Abwassers bewirken. In einer Absetzgrube sammeln sich die Feststoffe und werden nach und nach im Wasser gelöst. Das Abwasser durchrieselt dann das gegen Bodenversickerung abgedichtete Pflanzenbeet. Schließlich

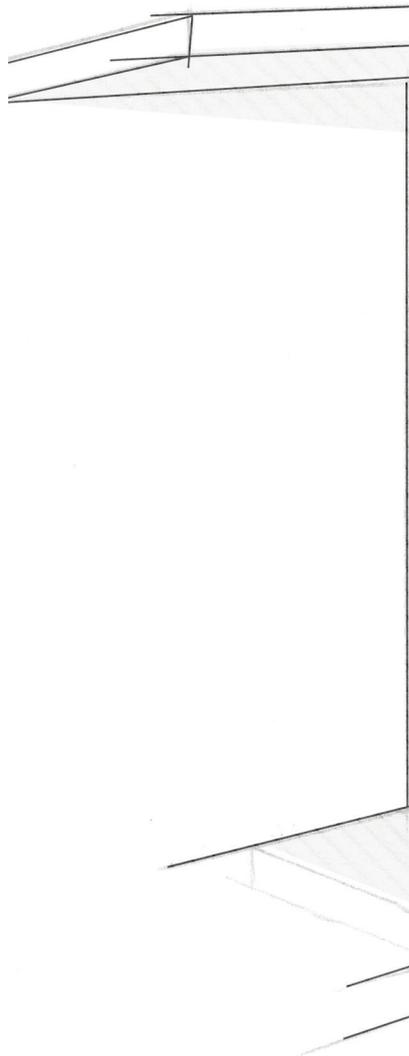
gelangt das Wasser in einen Kontrollschacht, von dem aus es beispielsweise über ein Verrieselungssystem zu versickern oder direkt in die Vorflut⁹³ zu gelangen. Auf welche Art das geklärte Wasser ins Grundwasser geleitet werden darf, entscheidet die zuständige wasserrechtliche Behörde.⁹⁴



⁹³ Als Vorflut wird die Sammlung überschüssigen Wassers bezeichnet, die sonst zu einer Gefahr für die Bodennutzung werden kann. Üblicherweise geschieht dies über Gräben oder auch Rohrleitungen, die das überschüssige Wasser durch das natürliche Gefälle ableiten. Diese Maßnahme dient zum Schutz vor Überschwemmungen.

⁹⁴ Vgl. <http://www.gutschkerdongus.de/Ingenieurplanung/Pflanzenkläranlagen.aspx> (Stand:15.05.2014)

Das Bild zeigt eine solche Wurzelsaumkläranlage (auch Pflanzenkläranlage genannt).





SCHLUSSWORT

Aufgrund des steigenden Umweltbewusstseins geht auch in der Architektur der Trend wieder in Richtung nachhaltiges Bauen. Die Natur zu schützen und menschliche Eingriffe in respektvollem Umgang mit den natürlichen Ressourcen zu tätigen, wird in Zukunft immer wichtiger werden. Baumhäuser sind gerade in den letzten Jahren besonders in Europa zu einer beliebten Möglichkeit geworden, der Natur wieder näher zu kommen und sich Rückzugsorte fernab der Hektik der Städte zu schaffen. Durch die intensive Auseinandersetzung mit dem Thema der Baumhausarchitektur wurde eine Herangehensweise dokumentiert, die sich mit den verschiedenen Problemen des Bauens in Bäumen beschäftigt. Durch die Teilnahme am Wettbewerb und der weiterfolgenden Analyse wurden viele Erkenntnisse gewonnen, sowohl das eigene Projekt, als auch die Siegerkonzepte betreffend. Es wurde ein Konzept erarbeitet, dass die Anforderungen des Wettbewerbs erfüllt und den Anspruch verfolgt, Bäume so schonend wie möglich zu behandeln. Bei der Analyse des Wettbewerbs wurde deutlich, dass ein starkes Konzept von der Jury stärker gewichtet wurde, als die reine Einhaltung der Kriterien und die tatsächliche Umsetzbarkeit. Durch den eigenen Versuch, sowohl die Kriterien zu erfüllen, als auch den Eingriff an den Bäumen zu minimieren, entstand letztendlich ein Entwurf, der durch seine vielen Zugeständnisse an Umweltverträglichkeit und Machbarkeit immer mehr an Identität verloren hat. Letztendlich hat der starre Blick auf die Anforderungen den Entwurf zu etwas werden lassen, das zwar von den Bäumen getragen wurde, aber dennoch mehr einem „Haus zwischen Bäumen“ entsprach, als einem Baumhaus. Daher galt es, diese Vorgaben zu überdenken. Bringt man die Menschen der Natur wirklich näher, indem man sämtlichen Luxus einfach zwischen Bäume verfrachtet? Ist ein Baumhaus wirklich ein Ort mit solch einem Komfort oder macht ein Baumhaus nicht gerade aus, dass man sich gänzlich der Natur übergibt mit all ihren Unannehmlichkeiten? Ein abgeschiedenes Baumhaus

mit sämtlicher Infrastruktur zu versorgen erfordert immer Eingriffe in die Natur. Auch die Recherche über verbleibende Möglichkeiten, um im Wald autark zu sein, hat ergeben, dass immer ein gewisser Aufwand von Nöten ist, der letztendlich vielleicht nicht für jeden der Sinn der Sache ist. Die Annehmlichkeiten des modernen Lebens mit sich in die Abgeschiedenheit zu nehmen, mag einigen Menschen zusagen - sich in die Natur zurückzuziehen kann aber auch bedeuten, auf etwaigen Komfort wie etwa fließend Wasser oder Strom verzichten zu müssen.

In Anbetracht dieser grundlegenden Überlegungen wird deutlich, dass sich Konzepte für Baumhäuser an die individuellen Erwartungen anpassen müssen, die an diese Form des Bauens gestellt werden. Allein deshalb ist das Bestreben, ein Baumhaus zu entwickeln, das allen etwaigen Erwartungen gerecht werden kann ein unmögliches. Es kann einzig der Versuch unternommen werden, ein Konzept zu entwerfen, welches möglichst vielen Grundvorstellungen gerecht wird, bei dem allerdings gleichzeitig gewisse Abstriche unvermeidbar sind.

„In den Wald gehen, tief in den Wald hinein, [...] sich gänzlich dem Wald überlassen, das ist es immer gewesen, der Gedanke, nichts anderes, als selbst Natur zu sein.“

Thomas Bernhard





ANHANG

QUELLENVERZEICHNIS

Bücher:

Aikman, Anthony: Treehouses. London 1988

Jünger, Ernst: Sämtliche Werke. 18 Bände und 4 Supplement-Bände, Band 12: Fassungen I, Stuttgart 2002

Bernatzky, Aloys: Baum und Mensch. Frankfurt am Main 1973

Bernhard, Thomas: Holzfällen. Eine Erregung, Frankfurt am Main 1984

Hesse, Hermann: Bäume. Betrachtungen und Gedichte, Frankfurt am Main 1984.

Jodidio, Philip: Tree houses. fairytale-castles in the air, Köln 2012

Linford, Jenny: Bäume. Wunder der Welt, Bath 2005

Mader, Günter/Neubert-Mader, Laila: Bäume. Gestaltungsmittel in Garten, Landschaft und Städtebau, Stuttgart 1995

Rodd, Tony./Stackhouse, Jennifer: Wissen neu erleben. BÄUME, München 2008

Sachs, Nelly: Zeichen im Sand. Die Szenische Dichtungen der Nelly Sachs, Frankfurt am Main 1962

Sinn, Günter: Baumstatik. Stand- und Bruchstabilität von Bäumen an Straßen, Parks und in der freien Landschaft, Braunschweig 2003

Seytre, Dominique: Bäume und Wälder der Erde. Bielefeld 2010

Wenning, Andreas: Baumhäuser. Neue Architektur in den Bäumen, Berlin 2009

Wessoly/Erb: Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle. Berlin 1998

Aufsätze:

Demandt, Alexander: Der Baum in der Kulturgeschichte, in: Demandt, Girot u. a. (Hg.): Mensch und Baum. Pamphlet, Zürich 2013, 11-27

Schöpe, Klaus: Der Baum und das Baumhaus. In: Wenning, Andreas: Baumhäuser. Neue Architektur in den Bäumen, Berlin 2009, 30-37

Torwesten, Hans: Faszination Baum, in: Míček,
Kellner u. a. (Hg): Bäume. Weltwunder der Natur,
Weitra 2009, 9-12

Rebsamen, Johannes: Arborem Video, in:
Demandt, Girot u. a. (Hg): Mensch und Baum.
Pamphlet, Zürich 2013, 29-35

Zeitschriften:

Raymann, Toni: Lasst die Bäume in den Himmel
wachsen. In: anthos 2006, Nr. 2 , 33-35

Internetquellen:

<http://www.sag-baumstatik.org/methodik/zug-pruefungen/grundlagen.html> (Stand: 30.01.2014)

http://www.baumstatik.de/pages/frames/frame_baumstatik.html (Stand: 02.02.2014)

<http://www.forstbetrieb-kahmann.de/fbk/baumgutachten/schalltomographie/index.php> (Stand: 02.02.2014)

http://www.baumstatik.de/pages/frames/frame_baumstatik.html (Stand: 04.02.2014)

<http://www.archtriumph.com> (Stand: 05.03.2014)

<http://hometreehome.wordpress.com/2012/06/01/489/> (Stand: 01.05.2014)

http://www.german-architects.com/de/projects/31739_Claras_Baumhaus (Stand: 01.05.2014)

<http://tiny-houses.de/baumhaus/baumhaus-bauen/> (Stand: 01.05.2014)

http://www.cyren.se/works/files/Treehotel_presentation.pdf (Stand 02.05.2014)

<http://www.baumraum.de/articles/36/froschkoenig/> (Stand: 02.05.2014)

<http://www.baumraum.de/articles/38/kupferkubus/> (Stand: 02.05.2014)

<http://www.treehotel.se/?pg=bluecone> (Stand: 02.05.2014)

<http://www.archtriumph.com/viewResultslist.asp?sid=50295> (Stand: 15.05.2014)

<http://www.e-architect.co.uk/london/triumph-architectural-treehouse-award> (Stand: 15.05.2014)

<http://www.gutschker-dongus.de/Ingenieurplanung/Pflanzenkläranlagen.aspx> (Stand:15.05.2014)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Alle Abbildungen in der vorliegenden Arbeit, die nicht hier angeführt sind, stammen von der Verfasserin. Sofern nicht extra angeführt, wurden für die Bildunterschriften dieselben Quellen verwendet, wie für die Abbildungen.

Seite 12/13:

Geist eines Baumes, <http://muniaelena.deviantart.com/art/Tree-silhouette-189328222> (Stand: 18.05.2014)

Seite 18/19:

Bleistiftzeichnung von Birkenbäumen, <http://fineartblogger.com/wp-content/uploads/2013/01/realistic-pencil-drawing-of-birch-tree.jpg> (Stand: 18.05.2014)

Seite 24/25:

Baumgruppe, <http://randallt.wordpress.com/category/photography/black-white-photography/page/2> (Stand: 18.05.2014)

Seite 30/31:

Luftwurzeln und Brettwurzeln, Rodd/Stackhouse 2008, 46.

Seite 34/35:

Stammquerschnitt, emer – Fotolia.com.
Beschriftung: <http://www.biofachforum.ch/BIO-PIC/plant/picplantio3.html> (Stand: 02.05.2014)

Seite 37:

Blattskelett, David Candlish - <http://500px.com/photo/25260567/leaf-skeleton-37-365-by-david-candlish> (Stand: 18.05.2014)

Seite 41:

Sequoia, <http://www.americanforests.org/magazine/article/giant-sequoia/> (Stand: 02.05.2014)

Seite 45:

Bäume und Überschwemmung, Rodd/Stackhouse 2008, 85.

Seite 46:

Waldbrand, <http://blog.greenpeace.de/blog/2012/07/31/firefighter-camp-auf-den-spueren-der-zerstorerung/> (Stand: 02.05.2014)

Seite 47:

Myrtenheide, Rodd/Stackhouse 2008, 84.

Seite 50/51:

Zerstörung des Regenwaldes, <http://electric-treehouse.com/wp-content/uploads/2011/01/Rainforest-Deforestation.jpg> (Stand: 18.05.2014)

Seite 54/55:

Baum und Mensch, <http://markusmessererblog.wordpress.com/2013/03/30/kunst-etwas-durchsichtig/> (Stand: 18.05.2014)

Seite 57:

Zedernbretter, Rodd/Stackhouse 2008, 226.

Seite 58:

Adam und Eva, <http://glaubensreform.de/media/pdf/Dem%20Teufel%20auf%20der%20Spur.pdf> (Stand: 18.05.2014)

Seite 59:

Assyrisches Steinrelief, Rodd/Stackhouse 2008, 225.

Seite 60/61:

Äste, http://hosanna-the-highest.blogspot.co.at/2012/03/blog-post_06.html (Stand: 18.05.2014)

Seite 66/67:

Baumhäuser der Korowai, <http://www.angryboar.com/index.php/korowai-tribe-and-their-tree-houses-in-papua/> (Stand: 07.05.2014)

Seite 68:

Baumbewohner, Aikman 1988, 26.

Seite 69:

Baumhäuser im Orinocco-Delta, Aikman 1988, 27-28.

Seite 72:

Pratolino-Baumhaus, Aikman 1988, 36.

Seite 75:

Baumhaus von Pitchford Hall, <http://www.blue-forest.com/a-brief-history-of-treehouses/> (Stand: 02.05.2014)

Seite 76/77:

Blattskelett, [http://fr.wikipedia.org/wiki/Nervure_\(feuille\)#mediaviewer/Fichier:Vein_skeleton_of_a_leaf_%28de-ghosted%29.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Nervure_(feuille)#mediaviewer/Fichier:Vein_skeleton_of_a_leaf_%28de-ghosted%29.jpg) (Stand: 18.05.2014)

Seite 80/81:

Schalltomographie, Philipp Lehner – Baumsicht (<http://baumsicht.de>)

Seite 84:

Druckzwiesel, <http://www.baumteam.de/zwiesel.html> (Stand 02.05.2014)

Seite 84:

Druckzwiesel, <http://www.baumteam.de/zwiesel.html> (Stand 02.05.2014)

Seite 87:

Flaggenbaum, Barry Rambling - <http://barryh2.wordpress.com/2011/02/03/the-grey-cliffs-of-sussex-or-3-grey-days-and-2-sunsets/> (Stand 01.05.2014)

Seite 92:

Braunfäule, Thomas Reich, http://www.wsl.ch/totholz/fotogalerie/index_DE (Stand: 02.05.2014)

Seite 92/93:

<http://www.ruhrnachrichten.de/staedte/olfen/Moderfaule-Kastanien-waren-nicht-mehr-zu-retten;art1051,1197419> (Stand: 02.05.2014)

Seite 96:

Garnier-Schraube und Vorbohrung, <https://harrisonsreehouse.wordpress.com/category/planning/parts/> (Stand: 01.05.2014)

Seite 103:

Baumsilhouette, <http://www.pinterest.com/pin/243194448598658416/> (Stand: 18.05.2014)

Seite 104:

Beachrock Treehouse, <http://travelhub.insure-andgo.com.au/2014/03/8-craziest-coolest-tree-houses-world/> (Stand 01.05.2014)

Seite 106:

Claras Baumhaus, <http://www.schreinerei-hein.de/claras-baumhaus.html> (Stand 01.05.2014)

Seite 107:

Claras Baumhaus Innenaufnahme, Jörg Hempel - http://www.german-architects.com/de/projects/31739_Claras_Baumhaus (Stand 01.05.2014)

Seite 108:

Froschkönig, Alasdair Jardine - <http://www.landschaftsgaertner.org/baumhaus.htm> (Stand 01.05.2014)

Seite 110/111:

Kupferkubus, Markus Bollen - <http://www.baumraum.de/articles/38/kupfer-kubus/> (Stand 02.05.2014)

Seite 112:

The Cabin, <http://www.trecheotel.se/?pg=cabin>
(Stand 01.05.2014)

Seite 114/115:

Blue Cone, http://www.trecheotel.se/_files/_filhanterare/Bildspel_i_sidan/Stora/Blue_Cone/440_blue_cone_exterior_3a.jpg (Stand: 18.05.2014)

Seite 117:

Trockene Äste, <http://lensandpensbysally.wordpress.com/2014/01/20/phoneography-challenge-the-phone-as-your-lens-black-and-white-black-vs-white/> (Stand: 18.05.2014)

Seiten 135,137:

Originaldarstellungen des Wettbewerbssiegers,
<http://www.archtriumph.com/viewResultslist.asp?sid=50295> (Stand: 15.05.2014)

Seiten 139,141,143:

Renderings der Wettbewerbsteilnehmer,
<http://www.archtriumph.com/viewResultslist.asp?sid=50295> (Stand: 15.05.2014)

Seite 158:

Pflanzenkläranlage, <http://www.maschinenringe-oberfranken.de/media/Kleinklaeranlagen/PKA.jpg> (Stand: 15.05.2014)

Seite 166/167:

Vögel, <http://i815.photobucket.com/albums/zz79/gyrogeerlose/BirdArt3.jpg> (Stand: 18.05.2014)

DANKE!

Vielen Dank an Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Arch. Dr.sc.ETH Urs Leonhard Hirschberg und Dipl.-Ing. Christian Freißling für die geduldige Betreuung der Diplomarbeit.

Ein herzlicher Dank gilt auch meinen Freunden, für ihre Unterstützung, ihre Talente und ihre bloße Existenz. Besonders hervorheben möchte ich Elisabeth Bauer, für ihr Gesamtpaket - aber vor allem für ihren nicht unwesentlichen Beitrag zu meiner Persönlichkeit; Tanja Lafer für ihren beständigen Irrsinn, ob in Graz oder München; Florian Meixner für die herrlichen Seltsamkeiten des Alltags und sein Talent, diese heraufzubeschwören; Franziska Plüschke für die akute Telefonseelsorge zwischendurch, den Mitgliedern des Tanzprojekts für ihre Großartigkeit und meinen Studienkollegen, für die vielen gemeinsamen Nächte ohne Schlaf und den dafür nötigen Humor.

Besonderer Dank geht an Mirli Klamminger und Jürgen Münzer, für ihren kollegialen Beistand und ihr hilfreiches Feedback.

Der wohl größte Dank richtet sich an meine Eltern, für ihre unaussprechlichen Mühen, mir ein Studium zu ermöglichen und ihre unendliche moralische sowie finanzielle Unterstützung, ohne die diese Arbeit weder begonnen noch beendet hätte werden können – Danke.

Danke auch an meinen Bruder, obwohl er Danksagungen nicht mag.

Vielen Dank für jede helfende Hand, die direkt oder indirekt mit dieser Arbeit in Berührung gekommen ist und auch jenen, die wohl nicht mehr an ein Fertigwerden geglaubt haben, für die nötige Geduld.

